ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΕΔ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ»

Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και τηλεπικοινωνιακά δίκτυα – Η προσέγγιση της κοινωνικής φυσικής σε μελέτες τηλεπικοινωνιακής κίνησης, σχεδιασμού και λειτουργίας ασύρματων δικτύων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Δημήτριος Γ. Ξενικός

Αθήνα, Απρίλιος 2011

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΕΔ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ»

Κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και τηλεπικοινωνιακά δίκτυα
–
Η προσέγγιση της κοινωνικής φυσικής σε μελέτες τηλεπικοινωνιακής κίνησης, σχεδιασμού και λειτουργίας ασύρματων δικτύων

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Δημήτριος Γ. Ξενικός

Συμβουλευτική Επιτροπή: Μιχαήλ Ασημακόπουλος
Φίλιππος Κωνσταντίνου
Αριστείδης Μπαλτάς

Εγκρίθηκε από την επταμελή εξεταστική επιτροπή την …14η Απριλίου2011…..

……	……..	……
Μ. Ασημακόπουλος	Φ. Κωνσταντίνου	Α. Μπαλτάς
Αν. Καθηγητής ΕΜΠ	Καθηγητής ΕΜΠ	Καθηγητής ΕΜΠ
……	……..	……
Α. Χατζής	Γ. Κουζέλης	Α. Τύμπας
Επίκ. Καθηγητής ΕΚΠΑ	Καθηγητής ΕΚΠΑ	Επίκ. Καθηγητής ΕΚΠΑ
	……..	
	Ι. Καλογήρου	
	Αν. Καθηγητής ΕΜΠ	

Αθήνα, Απρίλιος 2011

……
Δημήτριος Γ. Ξενικός
Διπλωματούχος Φυσικός Ε.Κ.Π.Α.

Copyright © Δημήτριος Γ. Ξενικός, 2011
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Περίληψη

Αντικείμενο της διατριβής είναι η μελέτη κοινωνικών συσχετισμών που αναδύονται κατά την ανάπτυξη και χρήση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Στόχος είναι να συσχετισθεί η δυναμική των μακροσκοπικών οργανωτικών δομών με καθολικά χαρακτηριστικά διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης, που αφορούν τη διαχείριση του προσωπικού χρόνου των δρώντων και τη διάθεσή του σε συλλογικά εγχειρήματα. Το ευμετάβλητο των κοινωνικών δεσμών, καθώς και ο ορθολογικός ή ο μη ορθολογικός τρόπος διάθεσης προσωπικού χρόνου, δίνουν τη δυνατότητα συγκρίσεων με σύγχρονες αναλυτικές προσεγγίσεις στην κοινωνιολογία, την εθνομεθοδολογία και την οικονομική επιστήμη.

Ως μεθοδολογία ανάλυσης ακολουθείται αυτή της κοινωνικής φυσικής, η οποία χειρίζεται σύγχρονα στατιστικά μαθηματικά εργαλεία και μελετά μακροσκοπικά κοινωνικά φαινόμενα παράλληλα με την τοπολογία και τη δυναμική των αλληλεπιδράσεων μεταξύ δρώντων. Οι μελέτες στη διατριβή διερευνούν στοιχεία ατομικής ταυτότητας και διαπροσωπικής επικοινωνίας σε συλλογικές δραστηριότητες, που αφορούν και ταυτόχρονα καταγράφονται από ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Σε τεχνικό επίπεδο, αποτελούν στατιστικές μαθηματικές αναλύσεις δικτύων. Σε θεωρητικό επίπεδο, στοχεύουν στη διεύρυνση του πλαισίου εφαρμογής της κοινωνικής φυσικής, σε φαινόμενα όπου ο χρόνος δεν σηματοδοτεί απλά διαδοχή γεγονότων, αλλά επηρεάζει διαπροσωπικές σχέσεις και μεταβάλλει οργανωτικές δομές, εκφερόμενος ως διάρκεια, ως ρυθμός ή ως προθεσμία.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αφορούν στη διάδοση κινητών επικοινωνιών στην Ευρώπη (περίοδος 1994-2004), καθώς και στην ανάπτυξη και χρήση ασύρματων συστημάτων στην Ελλάδα, κατά την προετοιμασία και διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων 2004. Περιλαμβάνουν δεδομένα υιοθέτησης της τεχνολογίας (διάδοση κινητής τηλεφωνίας στις αγορές), δεδομένα χρήσης της τεχνολογίας (όπως καταγράφονται από την τηλεπικοινωνιακή κίνηση των αντίστοιχων συστημάτων), καθώς και στοιχεία οργάνωσης και διοίκησης εταιρικών σχημάτων, που υλοποιούν και επιβλέπουν τη λειτουργία μεγάλων ασύρματων τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Η διάδοση, χρήση και υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων περιγράφεται σε σχέση με κοινωνικά δίκτυα που αναδύθηκαν *ad hoc,* στη βάση της αντίληψης των δρώντων για το χρόνο που, είτε θεωρείτο αναγκαίος είτε ήταν διαθέσιμος για τη διαμόρφωση και τη διατήρηση των αντίστοιχων κοινωνικών συσχετισμών.

Οι μελέτες στη διατριβή εκμεταλλεύονται την αξιοσημείωτη ατομικοποίηση των υπηρεσιών από ασύρματες /κινητές επικοινωνίες από την δεκαετία ’90, και οι οποίες μεσολαβούν σχεδόν κάθε προσωπικής επικοινωνίας και αποτελούν αναπαράσταση της ατομικής δραστηριότητας και της θέσης των δρώντων στο κοινωνικό πεδίο. Για πρώτη φορά διαπιστώνεται ότι οι δικτυακές οργανωτικές δομές, που αναδύονται σε κοινωνικές ομάδες είτε μέσω διαλογικής συζήτησης είτε κατά τη διάδοση τηλεπικοινωνιακών διατάξεων, εμφανίζουν καθολικά χαρακτηριστικά, κοινά σε άτομα με διαφορετικές πολιτικές, οικονομικές, πολιτισμικές καταβολές. Αντίθετα, οι μελέτες που αναφέρονται σε τηλεπικοινωνιακά έργα για τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας, εμφανίζουν ισχυρά χαρακτηριστικά εταιρικής (και ενδεχομένως εθνικής) κουλτούρας και μπορούν να αναγνωσθούν ως εξαιρετικά επιτυχημένα συλλογικά εγχειρήματα τής, συχνά αμφισβητούμενης διεθνώς, ελληνικής οργανωτικής πρακτικής.

Σε μεθοδολογικό επίπεδο, για πρώτη φορά στα πλαίσια της κοινωνικής φυσικής, ο χρόνος διερευνάται ως στοιχείο ανταλλαγής στη διαπροσωπική επικοινωνία. Συγκεκριμένα, οι δικτυακές μελέτες προτείνουν ότι ο προσωπικός χρόνος δεν διατίθεται σε συλλογικά εγχειρήματα στη βάση αποκλειστικά ορθολογικού υπολογισμού ή κινήσεων τακτικής με ωφελιμιστικούς στόχους. Ενδέχεται ο χρόνος να εκφέρεται και ως προσφορά προς την κοινότητα, η οποία αφενός μεν δημιουργεί κοινωνικό δεσμό μέσω της υποχρέωσης ανταπόδοσης που έμμεσα εγείρει, αλλά ταυτόχρονα ισχυροποιεί τον δεσμό αυτό, συγκαλύπτοντας τον ανταποδοτικό της χαρακτήρα και τονώνοντας το αίσθημα εμπιστοσύνης σε μακροπρόθεσμους κοινωνικούς συσχετισμούς.

Λέξεις Κλειδιά

Κοινωνική φυσική, δίκτυα, πολυπλοκότητα, δυναμικά φαινόμενα, μικροί κόσμοι, διάχυση τεχνολογίας, ασύρματες επικοινωνίες, κινητή τηλεφωνία, τηλεπικοινωνιακός φόρτος, διοίκηση τεχνολογίας, ιεραρχική διοικητική δομή, Ολυμπιακοί Αγώνες.

Abstract

This thesis studies social associations that emerge during the development and use of telecommunication systems. The aim is to correlate the dynamics of macroscopic social organization with generic characteristics of interpersonal interaction, concerning the management of personal time of actors that participate in collective projects. The observed ease of modification of social associations, as well as the rational (or the irrational) way of dedicating personal time, allow comparison of the present analysis to other contemporary approaches in sociology, ethnomethodology and economic studies.

The research follows the analytical methodology of social physics, which uses recent advances in statistical physics to study macroscopic social phenomena in parallel to the topology and the dynamics of associations among actors. The case studies examine elements of personal identification and interpersonal interaction, which pertain to and are simultaneously recorded by wireless technologies. The purpose is to broaden the domain of application of social physics to cases where time, not only indicates the succession of events, but also affects personal relations and transforms social organization structures, while expressed as duration, rate, or deadline.

The research material used refers to the diffusion of mobile communications in Europe (period 1994-2004), as well as the development and use of wireless systems in Greece, during the preparation and the operation of Olympic Games 2004. It includes statistical data on technology adoption (the market penetration of mobile telephony), data on technology use (from records of telecommunications traffic of the corresponding systems), as well as management and organization data of corporations that develop and supervise the operation of large wireless telecommunication networks. The social networks supporting diffusion, use and implementation of telecommunication systems are described in terms of the actors' impression about the amount of time needed or the excess (or scarcity) of the time available, for shaping and retaining the corresponding social bonds.

The case studies take advantage of the remarkable personalization of the mobile/ wireless services since the '90s, which mediate almost all personal communications and provide a representation of the activity and the placing of individuals in the social milieu. For the first time it is noted that network organization structures, which emerge in social groups either through the process of dialogue or during the diffusion of telecommunication artifacts, exhibit generic features, regardless of political,

economic, cultural difference. In contrast, case studies on telecommunications works for the Athens Olympic Games indicate strong corporate (even national) cultural characteristics and can be read as reports of extremely successful projects of the, often disputed, Greek organizational practice.

Methododically, time is examined for the first time in the framework of social physics as an element of exchange in personal communications. In particular, the studies suggest that the personal time contributed to collective projects is not based solely on rational calculation or utilitarian tactics. Time may also be offered to the community in a way that, not only creates social bond by inducing indirectly the urgency to reciprocate, but also strengthens such bond, by disguising its reciprocal character and enhancing trust in long-term social association.

Key Words

Social physics, networks, complexity, dynamical phenomena, small worlds, technology diffusion, wireless communications, mobile telephony, telecommunications traffic, technology management, hierarchical management structure, Olympic Games.

Στον πατέρα μου.

Ευχαριστώ θερμά τον Μιχάλη Ασημακόπουλο για την συμπαράσταση και την καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της ερευνητικής πορείας. Τον Πέτρο Βούδδα για τον διεξοδικό και εποικοδομητικό σχολιασμό των πρώτων κειμένων. Τον Αβραάμ Ασημακόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια στην επιμέλεια των σχημάτων της διατριβής.

Εκφράζω επίσης την απέραντη ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, που στήριξε με αγάπη, αδιάλειπτα και επί μακρόν την προσπάθειά μου αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ 13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 15
1.1. Κοινωνική δικτύωση και κοινωνική δυναμική 15
1.2. Η μέθοδος της κοινωνικής φυσικής 24
1.2.1. Μοντέλα εκπροσώπησης 24
1.2.2. Αναδυόμενη κοινωνική οργάνωση – ατομικά κίνητρα, ορθολογικές αποφάσεις 29
1.2.3. Κοινωνική διασύνδεση – *Μορφολογία* οργανωτικών δομών 37
1.2.4. Κοινωνική διασύνδεση – *Λειτουργία* οργανωτικών δομών 44
1.3. Η έννοια του Δικτύου στις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες 49
1.3.1. Η ορολογία του Δικτύου στις κοινωνικές επιστήμες 49
1.3.2. Μη ντετερμινιστικές προσεγγίσεις στην κοινωνική φυσική 55
1.3.3. Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση – ανταλλαγή/ προσφορά «δώρου» 61
1.4. Σύνοψη της ερευνητικής εργασίας – κοινωνικά δίκτυα και χρόνος 65
1.4.1. Η γενεαλογία των αναλυτικών εργαλείων της κοινωνικής φυσικής (Κεφ. 2&3) 65
1.4.2. Ανάλυση διαλόγων κινητής τηλεφωνίας (Κεφ. 4) 69
1.4.3. Διείσδυση τηλεπικοινωνιακών προϊόντων στην αγορά (Κεφ. 5) 71
1.4.4. Οργάνωση και διοίκηση σε μεγάλα τηλεπικοινωνιακά έργα (Κεφ. 6) 74
2. Η ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΠΟΡΕΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ – ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΠΡΟΣΩΠΗΣΗΣ 77
2.1 Υπάρχουν νόμοι που περιγράφουν ανθρώπινες συλλογικές δραστηριότητες; 77
Α. 77
Β. 78
Γ. 82
Δ. 83
2.2 Διαχωρίζοντας πολιτική και πείραμα 86
2.2.1 Thomas Hobbes – ξεκινώντας από πρώτες αρχές 86
2.2.2 Robert Boyle – πείραμα και επιστημονική κοινότητα 92
2.2.3 Η ανάγκη για νέα εργαλεία ανάλυσης 95
2.3 Μετρώντας την κοινωνία 98
2.3.1 Άτομα και συλλογικότητες 98
2.3.2 Η κληρονομιά του Νεύτωνα 98
2.3.3 Μετρώντας κοινωνικές παραμέτρους - *Statistik* 101
2.3.4 Ενδεχόμενα και πιθανότητες 103
2.3.5 Το άνυσμα του χρόνου 107
2.3.6 Ελεύθερη βούληση και ανθρώπινη μοίρα 109
2.4 Δυναμικά φαινόμενα & στατιστική – εντροπία, πληροφορία, ιστορία 113
2.4.1 Το παράδοξο του χρόνου – εντροπία και πληροφορία 114
2.4.2 Καταστάσεις ισορροπίας και μετασχηματισμοί φάσης 121
2.4.3 Ιστορία και μη αντιστρεπτές διαδικασίες 128
2.4.4 Θερμικό τέλος του κόσμου δεν θα επέλθει 132
2.5 Συλλογική κίνηση – μόρια, βακτήρια, ζώα και άνθρωποι 135
2.5.1 Μορφολογικές δομές ανάπτυξης όντων έμβιων ή μη 135
2.5.2 Κίνηση βιολογικών οργανισμών – *Cellular Automata* 140
2.5.3 Ανθρώπινη μετακίνηση – αυτενέργεια και όχλος 145
2.6 Υπολογιστικά μοντέλα εκπροσώπησης 152
2.6.1 Ομοιομορφισμός και εκπροσώπηση 152
2.6.2 Ταξινόμηση μοντέλων εκπροσώπησης 156
2.6.3 Δυνατότητες και περιορισμοί των μοντέλων εκπροσώπησης 161
2.7 Οικονομία και κοινωνική φυσική 165
2.7.1 Οικονομικές συναλλαγές και νόμοι της αγοράς 167
2.7.2 Διακυμάνσεις στις αγορές από εξωγενή ή ενδογενή αίτια 169
2.7.3 Εκλογίκευση, ανομοιογένεια, σταθερότητα και μοντέλα εκπροσώπησης 176
2.7.4 Κατανομή του πλούτου 183
2.7.5 Ο νόμος του Zipf στις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες 188
2.8 Δυνατότητες επιλογής, παιγνίδια και κοινωνική φυσική 193
2.8.1 Τα πειράματα του Stanley Milgram 193

2.8.2 Κοινωνική προσαρμογή – Το παιγνίδι της μειοψηφίας 195
2.8.3 Κοινωνικά παιγνίδια και ατομικά οφέλη 198
3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ 204
3.1 Ετερογενή σύνολα αλληλεπιδρώντων ατόμων 204
3.2 Άνθρωποι και μηχανές 206
3.3 Συστήματα – Πληροφορία και σύνορο 214
3.4 Δίκτυα – Ταυτότητα και αλληλεπίδραση 218
3.5 Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση (“Social Network Analysis”) 221
3.5.1 Μοντέλα δικτύων στη φύση και την κοινωνία – Μικροί κόσμοι 223
3.5.2 Ανάπτυξη δικτύων – Δίχως κλίμακα δίκτυα (“Scale-free networks”) 231
3.5.3 Δυναμική δικτύων – Διάδοση πληροφορίας και ασθενειών 235
3.5.4 Δυναμική της ανθρώπινης συμπεριφοράς – “Human dynamics” 240
3.6 Κοινωνική αυτορρύθμιση σε οικονομικές και κοινωνιολογικές θεωρίες 246
3.6.1 Κοινωνική φυσική και επιστημονικός ντετερμινισμός 247
3.6.2 Κοινωνική φυσική και Σπουδές Επιστήμης και Τεχνολογίας (ΣΕΤ) 251
3.6.3 Η χρήση της έννοιας του συστήματος στην κοινωνιολογία 257
3.6.4 Η γενεαλογία της έννοιας του δικτύου σε κοινωνιολογία, οικονομία 264
3.6.5 Δίκτυα μεταξύ ιεραρχίας και αγοράς 269
3.6.6 Δίκτυα ως κέντρα υπολογισμού 275
3.7 Ο χαρακτήρας της αλληλεπίδρασης στα κοινωνικά δίκτυα 282
3.7.1 Αλληλεπίδραση βάσει υπολογισμού – πληροφορία, εμπιστοσύνη, δώρο 283
3.7.2 Δικτυακή αλληλεπίδραση – δώρο που προσφέρεται, δώρο που ανταλλάσσεται 285
3.8 Το ζήτημα του χρόνου στα δίκτυα – διάρκεια, συχνότητα, όριο 287
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 293
4. ΣΥΝΟΜΙΛΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΟΜΗ 295
4.1 Η σύζευξη κοινωνικής δομής και λεκτικής επικοινωνίας 295
Α. 295
Β. 296
Γ. 298
Δ. 301
4.2 Η πρόταση της κοινωνικής φυσικής και οι κατανομές πιθανότητας 303
4.3 Κοινωνική φυσική και κινητή τηλεφωνία 308
4.4 Διερεύνηση κοινωνικών σχέσεων από δεδομένα ομαδικών κλήσεων κινητής τηλεφωνίας 317
4.4.1 Μελέτη ομαδικών κλήσεων κινητής τηλεφωνίας 317
4.4.2 Μορφή ομαδικών συνομιλιών μέσω κινητών τερματικών TETRA 319
4.4.3 Ανάλυση των δεδομένων 325
4.4.4 Ένα μοντέλο για την συνομιλία 330
4.4.5 Χρόνος και χρήμα 333
4.4.6 Μορφολογία δικτύου επικοινωνίας 336
4.4.7 Δύο προσανατολισμοί της συνομιλίας και δύο εκφράσεις κοινωνικής ευθύνης 341
5. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ 344
5.1 Διάδοση τεχνολογικών αντικειμένων – βιβλιογραφική αναφορά 345
5.1.1 Μοτίβα διάχυσης τεχνολογιών – Μοντέλα πλήρους ανάμειξης 349
5.1.2 Μοντέλα δομημένων πληθυσμών – διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις 356
5.1.3 Ατομικές αποφάσεις και χρόνος 361
5.2 Πειραματική μελέτη Ι – Διάδοση κινητής τηλεφωνίας 368
5.3 Διάχυση Weibull και μοντέλα δομημένου πληθυσμού 380
5.4 Προτεινόμενο μοντέλο – Ομαδοποίηση ατομικών αποφάσεων 386
5.5 Πειραματική μελέτη ΙΙ – Επιδημιολογία: Αφθώδης πυρετός 391
5.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων – προτάσεις για περεταίρω μελέτη 399
6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΙΕΡΑΡΧΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ – ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΣΑΦΕΙΑΣ ΕΡΓΟΥ ΥΠΟ ΧΡΟΝΙΚΟΥΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ 403
6.1 Ιεραρχικές οργανωτικές δομές και μικροί κόσμοι 405
6.2 Μελέτη Ι: Υλοποίηση δικτύου Ολυμπία Radio – απουσία χρονικών περιορισμών 417
6.2.1 Στόχοι υλοποίησης, πρότερη κατάσταση 420
6.2.2 Αρχική εισήγηση, προδιαγραφές, διαγωνιστική διαδικασία 421
6.2.3 Υλοποίηση και παραλαβή του έργου 424
6.2.4 Αντιδράσεις κατοίκων, μελέτες επιπέδων ακτινοβολίας 424
6.2.5 Μεθοδολογικά σχόλια – ιεραρχία και ομάδες έργου 426

6.2.6 Αντιμετώπιση επειγόντων και ασαφών προβλημάτων 428
6.3 Μελέτη ΙΙ: Υλοποίηση δικτύου TETRA Ολυμπιακών Αγώνων – Έργα μη υποκείμενα σε κατάτμηση 431
6.3.1 Κατάσταση κατά την έναρξη του αεροδρομίου Ελ. Βενιζέλος 433
6.3.2 Κανονιστικό πλαίσιο υλοποίησης του δικτύου OTElink 437
6.3.3 Ασάφεια στο πλαίσιο ανάπτυξης του δικτύου 441
6.3.4 Δικτυακή ανάπτυξη την περίοδο Ιουλίου 2001 – Ιουλίου 2004 443
6.3.5 Εμπορική ανάπτυξη OTElink (περίοδος Ιούλιος 2001 - Ιούλιος 2004) 456
6.3.6 Περίοδος μετά τους Ολυμπιακούς – μεθοδολογικά σχόλια 462
6.4 Μελέτη ΙΙΙ: Οργάνωση και λειτουργία δικτύου OTElink στους Ολυμπιακούς Αγώνες 2004 – κατεπείγοντα ασαφή προβλήματα 469
6.4.1 Κατάσταση πριν την έναρξη των Ολυμπιακών 469
6.4.2 Επείγοντα ασαφή προβλήματα κατά τη λειτουργία του δικτύου 471
6.4.3 Οργανωτικές λύσεις για προβλήματα λειτουργίας 476
6.4.4 Η παράλληλη λειτουργία ιεραρχικής και δικτυακής οργάνωσης 478
6.4.5 Οι τηλεπικοινωνίες ως σκοπός και ως μέσο 481
6.5 Ο μεταβαλλόμενος ρόλος των μηχανικών 489
6.6 Μεταβολή και εμμένεια οργανωτικών δομών 493
ΠΡΟΣΩΠΑ ΠΟΥ ΣΥΝΕΙΣΕΦΕΡΑΝ ΣΤΟ Κεφ. 6 495
7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 500

<u>ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ</u>: ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Το κείμενο της διατριβής χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνεται αναφορά στον βασικό προβληματισμό, τις μεθόδους και το αντικείμενο μελέτης της κοινωνικής φυσικής, όπως διαμορφώθηκαν ιστορικά και όπως σήμερα χρησιμοποιούνται με την εξέλιξη της στατιστικής φυσικής την τελευταία δεκαετία. Στόχος είναι να γίνει μια λεπτομερής εισαγωγή του τομέα στην Ελληνική βιβλιογραφία.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η κυρίως ερευνητική εργασία της διατριβής, με θέμα κοινωνικά δίκτυα που αναδύονται μέσα από διαδικασίες διαλόγου, επιλογής και υιοθέτησης τεχνημάτων, καθώς και οργάνωσης και διοίκησης μεγάλων τηλεπικοινωνιακών τεχνικών έργων. Οι πρωτότυπες μελέτες χρησιμοποιούν δεδομένα από την υλοποίηση και χρήση ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων τη δεκαετία 1994-2004, που προηγήθηκε των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας.

Σχήμα 1: *Χάρτης τμήματος του διαδικτύου που δημιουργήθηκε από το "The Opte Project" και αναρτήθηκε στο Boston Museum of Arts (http://www.bing.com/reference/semhtml/Internet)*

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κοινωνική δικτύωση και κοινωνική δυναμική

Ζούμε σε ένα κόσμο διασυνδεδεμένο. Αυτό που συμβαίνει σε μακρινά μέρη του κόσμου όχι μόνο δεν μας είναι αδιάφορο, αλλά εν δυνάμει επηρεάζει τη ζωή μας και τις προσδοκίες μας για το μέλλον. Η εξαφάνιση ενός βιολογικού είδους σε υγροβιότοπους, η εμφάνιση της γρίπης σε αποδημητικό πουλί στην Ινδοκίνα, η

κατασκευή μιας τεχνολογικής νανο-διάταξης σε εργαστήριο των Ηνωμένων Πολιτειών, μια εμφυλιο-πολεμική σύρραξη στην Αφρική, επηρεάζουν παντού εθνικές πολιτικές για το περιβάλλον, την υγεία, την οικονομία, την μετανάστευση ή την ασφάλεια. Η έννοια της «κοινωνικής δικτύωσης» περιλαμβάνει μεν τις δομές οργάνωσης που δημιουργεί ο άνθρωπος, για να επιτύχει συλλογικά κάτι που δεν μπορεί να επιτευχθεί σε ατομικό επίπεδο, αλλά δεν αφορά αποκλειστικά συντονισμένες ενέργειες και δράσεις. Αφορά επίσης τη μετάδοση πληροφορίας, κεφαλαίου, απόψεων και ιδεών, συναισθημάτων, καταστάσεων ευεξίας. Υπεισέρχεται ζητημάτων διάχυσης τεχνολογικών αντικειμένων, ασθενειών, πανικού στις οικονομικές αγορές, τρομοκρατικής βίας. Η κοινωνική δικτύωση αποτελεί μια έννοια με χρήση καθημερινή και ένα εργαλείο ανάλυσης της πολιτικής κατάστασης, της διοικητικής γραφειοκρατίας, της δυνατότητας εύρεσης εργασίας, της αναζήτησης ερωτικού συντρόφου. Διάχυτη πλέον στο δημόσιο λόγο και την κοινωνική αντίληψη και πρακτική, κινδυνεύει να καταλήξει ασαφής εννοιολογική μεταφορά, να αποκοπεί από τα προβλήματα που καθόρισαν τη γενεαλογία της και να χάσει κάθε αναλυτική της ακρίβεια, σε απόπειρες να περιγράψει τα πάντα και, ως εκ τούτου, τίποτα απολύτως.

Ερωτήματα που προκύπτουν αυθόρμητα από μια μεθοδολογική προσέγγιση της κοινωνικής δικτύωσης είναι πολλά. Ποιες είναι οι οντότητες που διασυνδέονται; Άτομα, βιολογικοί οργανισμοί, αντικείμενα, διαδικασίες, μορφές γνώσης; Και ποια είναι τα χαρακτηριστικά της διασύνδεσης, τι είναι αυτό που προσφέρεται ή ανταλλάσσεται μεταξύ των διασυνδεόμενων οντοτήτων; Υπάρχει κάποια μετα-γλώσσα που μπορεί να περιγράψει την αρχιτεκτονική ή τη δυναμική μιας τέτοιας κοινωνικής οργάνωσης; Και αν η οργάνωση υποστηρίζεται από σχέσεις εξουσίας, πώς μια τέτοια μετα-γλώσσα για την κυριαρχία δεν θα υποπέσει στο φαύλο κύκλο να χρησιμοποιηθεί η ίδια ως μέσο άσκησης κυριαρχίας; Μήπως η επίκληση μιας συλλογικής κοινωνικής πορείας λειτουργεί ως επίφαση για τη σταδιακή παράκαμψη στοιχείων της προσωπικής αυτονομίας;

Παράλληλα, τα ερωτήματα για τη διερεύνηση των χαρακτηριστικών της κοινωνικής διασύνδεσης άπτονται και γενικότερων ζητημάτων. Για παράδειγμα, αφορούν τον προβληματισμό για την ύπαρξη ή τη δυνατότητα διατύπωσης κοινωνικών νόμων. Για τα όρια και τις δυνατότητες της ανθρώπινης αυτενέργειας μέσα στα πλαίσια

συλλογικής κοινωνικής έκφρασης. Για το ενδεχόμενο πιθανολογικής περιγραφής και τους περιορισμούς ασφαλών προβλέψεων. Για το πρόβλημα της αντίληψης του χρόνου, που χαρακτηρίζει κάθε ανθρώπινη ή συλλογική προσπάθεια και εμπειρία.

Φυσικά, δεν υπάρχει πλήρης απάντηση σε ο,τιδήποτε από τα παραπάνω. Η προσέγγιση που ακολουθείται στην παρούσα εργασία στηρίζεται στην παρατήρηση πώς σημαντικό μέρος του ανωτέρω προβληματισμού προήλθε από την παράλληλη πορεία φυσικών και κοινωνικών επιστημών. Η θέση αυτή έχει εκτενώς αναλυθεί από τον Phillip Ball.[1] Η επιτυχία των φυσικών επιστημών στη δυνατότητα υπολογισμού και πρόβλεψης αποτελούσε διαχρονικά ένα κίνητρο για διατύπωση νόμων, που θα αφορούσαν την κοινωνία και που θα διέθεταν ενδεχομένως την ακρίβεια νόμων της φυσικής. Αντίστροφα, η στατιστική φυσική, που στη βάση της είναι η μελέτη αλληλεπιδρώντων σωμάτων, οφείλει πολλά στο δανεισμό εννοιών και μεθόδων. Είναι αυτός ακριβώς ο εννοιολογικός δανεισμός, ανάμεσα σε επιστημονικά κείμενα και σε αφηγήσεις κοινωνικών καταστάσεων, ο οποίος ιστορικά τροφοδότησε τη δημιουργική σύνθεση στις φυσικές και κοινωνικές σπουδές, αλλά ταυτόχρονα υπήρξε και πηγή εννοιολογικής ασάφειας και σύγχυσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αναφορικά με τη μεταφορική χρήση της κοινωνικής δικτύωσης.

Η μεθοδολογία που υιοθετεί η παρούσα διατριβή, για να συσχετίσει μακροσκοπικές κοινωνικές παραμέτρους με μικροσκοπικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ δρώντων, είναι αυτή της «κοινωνικής δικτυακής ανάλυσης» (“social network analysis”), ενός σύγχρονου ρεύματος στην κοινωνική φυσική, που εφαρμόζει μεθόδους στατιστικής μηχανικής. Ο τύπος αυτός της ανάλυσης παρουσιάζει μεγάλη ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία, επικουρούμενος από την πρόσβαση σε μεγάλες βάσεις δεδομένων, που καταγράφουν κοινωνικές συμπεριφορές και που είναι πλέον διαθέσιμες εξ αιτίας της μεγάλης ανάπτυξης της πληροφορικής. Η έρευνα έχει ήδη προχωρήσει στην ανάλυση ποικίλων κοινωνικών διασυνδέσεων στη βάση της οικονομίας, της επαγγελματικής συνεργασίας, της φιλίας, της ερωτικής σχέσης, κλπ. Οι διασυνδέσεις αυτές εξετάζονται στο πλαίσιο της κοινωνικής δικτυακής ανάλυσης, ως προς την τοπολογία τους και ως προς τη δυναμική τους εξέλιξη. Το κύριο σώμα της διατριβής εστιάζει στα δυναμικά χαρακτηριστικά των διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων και

[1] Ball, P. (2004). *Critical Mass*. New York: Farrar, Straus and Giroux.

συγκεκριμένα την αίσθηση του χρόνου που έχουν άτομα, όταν συμμετέχουν σε συλλογικές δράσεις και εγχειρήματα.

Ιστορικά, ο χρόνος εμφανίζεται με ποικίλους τρόπους στη βασική βιβλιογραφία της κοινωνικής φυσικής, αναφορικά με τη σύζευξη μικρο- και μακρο-επιπέδων. Στα πρώτα κεφάλαια, η διατριβή ακολουθεί την ιστορική αυτή πορεία. Εδώ αναφέρουμε επιγραμματικά:

- *Ο χρόνος ως κατεύθυνση δυναμικής συμπεριφοράς αλληλεπιδρώντων σωμάτων.* Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής, οι βάσεις της στατιστικής μηχανικής από τον Boltzmann, οι δομές κατανάλωσης ενέργειας του Prigogine, η ενσωμάτωση της θεωρίας του χάους στη δυναμική συστημάτων μακράν της ισορροπίας, όλα τα παραπάνω αμφισβήτησαν την μηχανιστική επιστημονική θέση για τον κόσμο, που κρατούσε από την εποχή του Γαλιλαίου. Ο κόσμος μακροσκοπικά (ενδεχομένως και μικροσκοπικά) δεν είναι αντιστρέψιμος, δεν κινείται απολύτως κυκλικά, το μέλλον δεν επιστρέφει στο παρελθόν. Η καθημερινή πρακτική, που διαρκώς υποδεικνύει ότι η γέννηση και η καταστροφή δεν είναι συμμετρικές έννοιες, δεν αποτελεί ανθρώπινη φαντασίωση. Σύμφωνα με τον Prigogine,[2] η ενσωμάτωση του βέλους του χρόνου στη μεθοδολογία της φυσικής σηματοδοτεί την απαρχή της άρσης μιας βασικής ασυμμετρίας, που εθεωρείτο ότι διαχώριζε τις φυσικές από τις κοινωνικές επιστήμες. Δυνητικά, το αντικείμενο της μελέτης της φυσικής μπορεί πλέον να επεκταθεί στον κοινωνικό τομέα, εφαρμόζοντας, για παράδειγμα, το κριτήριο της διαψευσιμότητας. Παράλληλα όμως, ο πλήρως ντετερμινιστικός χαρακτήρας της εκλείπει: Στον κόσμο της κοινωνικής φυσικής ο άνθρωπος, το άτομο, διαθέτει επιλογές για το μέλλον του.

- *Ο χρόνος ως διάστημα αντίδρασης, ανάδρασης, απέναντι σε εξωτερικά ερεθίσματα.* Η ανάδυση της Κυβερνητικής και της συστημικής θεώρησης, μέσα από την έρευνα οπλικών συστημάτων για το Β' Παγκόσμιο και τον ψυχρό πόλεμο, υπέδειξε μια νέα μεθοδολογία διερεύνησης της λειτουργίας

[2] Prigogine, I. and Stengers, I. (1984) *Order out of Chaos: Man's dialogue with nature*. London: Random House Inc.
Επίσης, Prigogine, I. (2003). *Οι νόμοι του χάους, μεταφρ. Π.Α. Χριστοδούλου, Επιμ. Ι.Ε. Αντωνίου*. Αθήνα: Τραυλός.

βιολογικών και τεχνικών οργανισμών, μέσω της αυτορρύθμισής τους ή της προσαρμογής τους στο περιβάλλον.[3]

- *Ο χρόνος ως κόστος συναλλαγής μεταξύ δρώντων,* ως αξία που μπορεί να υπολογισθεί στα πλαίσια μιας οικονομικής (και όχι μόνον) διαπραγμάτευσης. Από διμερείς αλληλεπιδράσεις, στηριγμένες σε υπολογισμούς κόστους-οφέλους, μπορούν να προκύψουν μακροσκοπικές μορφές οργάνωσης και διοίκησης – οι αγορές, οι ιεραρχίες και τα δίκτυα.

Όμως ο χρόνος υπεισέρχεται στην κοινωνική ζωή με πολύ περισσότερους τρόπους από την υπόδειξη κατεύθυνσης μη αναστρέψιμων γεγονότων, από παράμετρος ανάδρασης ή από στοιχείο υπολογισμού. Το κύριο σώμα της παρούσας διατριβής αναφέρεται στη δυναμική των κοινωνικών συσχετισμών, όπου ο χρόνος δεν θεωρείται μια απλή παράμετρος που χαρακτηρίζει κάθε δραστηριότητα. Για παράδειγμα, η κοινωνική αλληλεπίδραση οδηγεί σε διαφορετική αίσθηση *της χρονικής διάρκειας ή του επείγοντος από μια χρονική προθεσμία,* την οποία έχει κανείς σε διαφορετικές συγκυρίες. Ένα άτομο μπορεί σε μια μόνο στιγμή να αποδίδει μεγαλύτερη σημασία από εκείνην που αντιστοιχεί σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα φαινομενικής στασιμότητας. Άλλοτε πάλι δημιουργείται η εντύπωση ότι ο καιρός πέρασε γρήγορα, άλλοτε αργά. Η προσωπική αυτή αίσθηση του ατόμου έχει μεγάλη σχέση με την κοινωνική του ζωή, από την οποία εξαρτάται είτε η ισχύς των κοινωνικών σχέσεων που διατηρεί, είτε η δομή κοινωνικής οργάνωσης ή διοίκησης, την οποία ενδεχομένως ανέχεται ή στην οποία ανήκει.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, <u>ο χρόνος χαρακτηρίζει το ευρύτερο πλαίσιο δραστηριοποίησης του ατόμου</u>, τη μέθοδο με την οποία ισχυροποιεί και διατηρεί μακροχρόνιους δεσμούς, τον τρόπο που δημιουργεί ή εκλαμβάνει το κλίμα συνεργασίας γύρω του. Αναφέρεται περισσότερο σε ζητήματα ατομικής στρατηγικής παρά τακτικής, δίχως φυσικά να αποκλείονται και αυτά. Εδώ η επιστημονική διερεύνηση βρίσκεται ακόμη σε πρωταρχικά στάδια. Η υπερτίμηση της τακτικής έναντι της στρατηγικής είναι εμφανής σε θεωρίες που μελετούν κοινωνικές δομές, οι οποίες στηρίζονται σε υπολογισμό και ανταποδοτικότητα της αλληλεπίδρασης. Οι

[3] Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge Massachusetts: The MIT Press.

σχέσεις ελέγχου/εξουσίας της Θεωρίας Δικτύου Δρώντων (Actor Network Theory), ή η ανάλυση κόστους συναλλαγών (Transaction Cost Analysis) θα μπορούσαν να περιληφθούν στις θεωρίες αυτές. Αντίθετα, όπως αναφέρει ο R. F. Thompson[4], η προσφορά «δώρου», που δεν βασίζεται σε υπολογισμό, μπορεί υπό συνθήκες να δημιουργήσει ένα πλαίσιο για μελλοντική συνεργασία ανάμεσα σε δρώντες. Η θέση που διατυπώνεται στη διατριβή είναι ότι η τελευταία αυτή θεωρητική κατεύθυνση μπορεί να ενσωματωθεί στην κοινωνική δικτυακή ανάλυση, η οποία παραμένει αγνωστικιστική στον τύπο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Υπό αυτό το πρίσμα, διερευνά τρεις αρκετά διαφορετικές πειραματικές περιπτώσεις κοινωνικής αλληλεπίδρασης, στον τομέα των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και δικτύων, στη δεκαετία 1994-2004. Αυτές είναι η διάρκεια διαλόγων επαγγελματικού χαρακτήρα, η διάχυση τεχνολογικών αντικειμένων στο κοινωνικό σύνολο, και η διακυβέρνηση μεγάλων τεχνικών έργων.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα διατριβή πραγματεύεται σε 6 ενότητες-κεφάλαια τα παρακάτω:

Στην εισαγωγή (1^{ο} κεφάλαιο) αναφέρονται συνοπτικά βασικά στοιχεία, που θα αναλυθούν πληρέστερα σε επόμενα κεφάλαια. Αυτά είναι η μεθοδολογία της κοινωνικής φυσικής, η παράλληλη χρήση της έννοιας του δικτύου στις κοινωνικές και τις φυσικές επιστήμες, η θεώρηση του χρόνου ως στοιχείου αλληλεπίδρασης που δεν στηρίζεται αναγκαστικά σε ωφελιμιστικά κίνητρα, καθώς και μία μικρή περίληψη της πειραματικής εργασίας.

Στο 2ο κεφάλαιο επιχειρείται μια ιστορική αναδρομή της αλληλεπίδρασης φυσικών και κοινωνικών επιστημών, όπου παρουσιάζεται η γενεαλογία των μεθοδολογικών εργαλείων («μοντέλων εκπροσώπησης»), με τα οποία η κοινωνική φυσική προσεγγίζει κατά καιρούς κοινωνικά προβλήματα, κοινωνικούς νόμους, κοινωνική δυναμική. Πέραν των λόγων πληρότητας της περιγραφής του γνωστικού αντικειμένου, η αναδρομή αυτή είναι συνεπής με τη βασική θέση της διατριβής ότι η ιστορικότητα ενδέχεται να καθορίζει την κατεύθυνση που τελικά ακολουθείται, ότι η

[4] Thompson, R. F. (2003). *Between hierarchies and markets: The logic and limits of network forms of organization*. Oxford: Oxford Univ. Press.

πορεία ίσως οδηγεί στην έκβαση των πραγμάτων με μοναδικότητα, μέσα από διαδικασίες μη-αντιστρέψιμες και αλληλεπιδράσεις μη επαναλήψιμες.

Το 3ο κεφάλαιο αναφέρεται στην αναλυτική μέθοδο της κοινωνικής φυσικής για τη μελέτη των κοινωνικο-οικονομικών μορφών οργάνωσης και διοίκησης (ιεραρχιών, αγορών και δικτύων), όπως διαμορφώθηκε από τα μέσα του 20ού αιώνα. Παράλληλα γίνεται αναφορά σε κοινωνιολογικές και οικονομικές θεωρίες με αντίστοιχο αντικείμενο έρευνας. Επισημαίνεται η χρήση κοινών εννοιολογικών μεταφορών, μέσα από την οποία μπορούν να ενσωματωθούν νέα στοιχεία στην περιγραφή των μικροσκοπικών αλληλεπιδράσεων από την κοινωνική φυσική. Εστιάζοντας σε αυτό το σημείο, η παρούσα διατριβή προτείνει νέα χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης, τα οποία εμπεριέχουν τον χρόνο σε ένα ρόλο πολύ διαφορετικό από τον συνήθη στην στατιστική (στην οποία χρησιμοποιείται για να σηματοδοτεί τη δυναμική μακράν της ισορροπίας). Αυτός ο τύπος αλληλεπίδρασης εμφανίζεται σε δικτυακές οργανωτικές δομές (και όχι σε ιεραρχίες ή αγορές), δεν στηρίζεται απαραίτητα σε υπολογισμό με ωφελιμιστικά κίνητρα από τους δρώντες και υποκρύπτεται σε πλήθος κοινωνικών συμπεριφορών, που μόλις πρόσφατα άρχισαν να διερευνώνται στα πλαίσια της κοινωνικής δικτυακής ανάλυσης.[5]

Τα κεφάλαια 4, 5 και 6 περιλαμβάνουν τις εμπειρικές μελέτες της διατριβής, όπου αναδεικνύεται ένας μη τετριμμένος ρόλος του χρόνου στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Αποτελούν μελέτες πάνω στην ανάπτυξη και την χρήση τηλεπικοινωνιακών δικτύων, στα οποία το κύριο αντικείμενο ήταν, ανέκαθεν, η διαχείριση του χρόνου και η συρρίκνωση των αποστάσεων. Από τα τέλη του 20ού αιώνα, όπου η ψηφιακή τεχνολογία συνδυάστηκε με τη δυνατότητα κινητής τηλεφωνίας, οι τηλεπικοινωνίες έπαψαν να διασυνδέουν απλά κοινωνικές ομάδες (επαγγελματικές, οικογενειακές, κλπ). Τηλεπικοινωνιακές διατάξεις, όπως το κινητό τηλέφωνο ή τα laptops με σύνδεση στο διαδίκτυο, αποτελούν πλέον προσωπικά αντικείμενα καθημερινής και διαρκούς χρήσης, μεσολαβώντας σε κάθε έκφραση κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Στατιστικά στοιχεία, που καταγράφουν την εξάπλωση και τη χρήση των διατάξεων αυτών, αποτελούν πλέον καλούς δείκτες του τύπου και

[5] Cristakis, N. A. and Fowler J. (2010) *Connected: Amazing Power of Social Networks and How They Shape Our Lives*, London: Harper Press. Μετάφραση στα Ελληνικά: Εκδόσεις Κάτοπτρο.
Barabási, A.-L. (2003) *Linked*. New York: Plume.
Watts, D. J. (2003) *Six degrees*, London: Vintage.

της δυναμικής διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων. Ταυτόχρονα, η φύση των τηλεπικοινωνιών απαιτεί μια ομοιογένεια του τηλεπικοινωνιακού δικτύου (όπως και των τερματικών συσκευών) στο χώρο. Σήμερα, όμοια δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (πχ, GSM) ή ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο (πχ, Wifi) χρησιμοποιούνται παγκοσμίως. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η ανάπτυξη των κινητών τεχνολογιών δεν αποτελεί απλώς δείκτη διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης, αλλά και δείκτη συμπεριφορών που εμφανίζουν παγκόσμια εμβέλεια, είτε σε ατομικό επίπεδο, αναφορικά με τη διαχείριση του προσωπικού χρόνου, είτε σε επίπεδο οργάνωσης και δυναμικής επαγγελματικών δραστηριοτήτων. Αυτή είναι η κατεύθυνση, την οποία διερευνούν οι μελέτες της διατριβής.

Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 4 εξετάζεται η διάρκεια διαλόγων σε ασύρματες επαγγελματικές επικοινωνίες. Στατιστικά της χαρακτηριστικά συσχετίζονται με τον τύπο αλληλεπίδρασης μεταξύ των συνομιλητών. Διερευνάται η διάθεση προσωπικού χρόνου στο διάλογο ως προσφορά, στα πλαίσια μιας φιλικής συνομιλίας ή μιας επικοινωνίας που στοχεύει στην άμεση λύση ενός επαγγελματικού θέματος. Τα αποτελέσματα της μελέτης αντιδιαστέλλονται με επικρατούσες απόψεις στην κοινωνιολογική και στην εθνομεθοδολογική προσέγγιση για τον ανθρώπινο διάλογο.

Στο Κεφάλαιο 5 εξετάζεται το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί για την υιοθέτηση ενός τεχνολογικού αντικειμένου, από την εισαγωγή του στην αγορά. Η στατιστική ανάλυση δεδομένων διάχυσης της τεχνολογίας έχει εξαιρετικά εκτεταμένη βιβλιογραφία, η οποία και περιγράφεται συνοπτικά. Η μελέτη της διατριβής αναφέρεται στη διείσδυση στην αγορά της κινητής τηλεφωνίας στις Ευρωπαϊκές χώρες (δυτικές αλλά και του πρώην σοβιετικού μπλοκ) και την Ιαπωνία. Για πρώτη φορά αναδεικνύονται στατιστικές παράμετροι, που αφορούν τη δυναμική της δικτυακής οργάνωσης των χρηστών, οι οποίες είναι ανεξάρτητοι από εθνικά, πολιτισμικά, οικονομικά ή τοπικά χαρακτηριστικά, και αντανακλούν καθολικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης φύσης και διαπροσωπικής επικοινωνίας.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 6, μελετάται ένας ακόμα τρόπος με τον οποίο ο χρόνος υπεισέρχεται σε κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, υπό την μορφή προθεσμίας για αναγκαστική ολοκλήρωση κάποιου έργου ή λειτουργίας στο δίκτυο. Συγκεκριμένα, μελετάται η ανάδυση οριζόντιων οργανωτικών δομών μέσα σε ιεραρχίες, με

αποκλειστικό στόχο να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες δράσεις με σκληρούς χρονικούς περιορισμούς. Η μελέτη αναδεικνύει το βαθμό επιτυχίας αλλά και τις σημαντικές αποκλίσεις από πρόσφατες θεωρητικές μελέτες στην Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση, οι οποίες εξετάζουν την αποτελεσματικότητα μετάδοσης της πληροφορίας σε δίκτυα με συγκεκριμένη δομή (αναφέρεται σε ιεραρχίες και δίκτυα «μικρών κόσμων»). Περιγράφει τρεις περιπτώσεις απόλυτα επιτυχούς οργάνωσης τεχνικού έργου, που χαρακτηρίζονταν από διαφορετικό βαθμό ασάφειας προβλημάτων και επείγοντος χαρακτήρα. Εδώ, αντίθετα με τις μελέτες των Κεφαλαίων 4 και 5, οι οργανωτικές λύσεις που ακολουθήθηκαν δεν αντανακλούν καθολικά χαρακτηριστικά διακίνησης πληροφορίας σε δίκτυα. Αντίθετα, εμφανίζουν ισχυρά χαρακτηριστικά εταιρικής και ενδεχομένως εθνικής κουλτούρας στην αντιμετώπιση σύνθετων τεχνικών έργων, στην Ελλάδα. Υπό αυτή την έννοια, οι μελέτες του τελευταίου Κεφαλαίου, που αναφέρονται σε τηλεπικοινωνιακά έργα για τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας, μπορούν να αναγνωσθούν και ως εξαιρετικά επιτυχημένα συλλογικά εγχειρήματα τής, συχνά αμφισβητούμενης διεθνώς, ελληνικής οργανωτικής πρακτικής.

1.2. Η μέθοδος της κοινωνικής φυσικής

1.2.1. Μοντέλα εκπροσώπησης

Στην επιστήμη της φυσικής, η γενική μεθοδολογία ανάλυσης ανάγει μακροσκοπικά φυσικά φαινόμενα στην αλληλεπίδραση στοιχειωδέστερων σωμάτων, μέσω της θεωρίας πεδίου και της μηχανικής. Η θεωρία πεδίου περιγράφει την αλληλεπίδραση των σωμάτων στη βάση κάποιας θεμελιώδους ιδιότητάς τους (μάζα, φορτίο, κλπ).[6] Ο φορμαλισμός της μηχανικής συνδέει άρρηκτα τη μικροσκοπική περιγραφή αλληλεπίδρασης σε ατομικό επίπεδο με την παρατηρούμενη μακροσκοπική οργάνωση και δυναμική της ύλης.[7] Η ικανότητα πρόβλεψης, που διαθέτει αυτή η μεθοδολογία, της προσέδωσε ιδιαίτερη αίγλη από την Αναγέννηση ως σήμερα, παρά την αμηχανία που παράλληλα εμπνέει, μπροστά στην επικινδυνότητα του τεχνικού κόσμου που κατασκευάζεται με τη συνδρομή της.

Η κοινωνική φυσική εμφανίζεται ακόμα πιο φιλόδοξη. Αντί φυσικών φαινομένων, αποσκοπεί να εξετάσει μακροσκοπικές κοινωνικές δομές και δυναμικές, που εμφανίζουν επαναληψιμότητα. Στόχος είναι η αναγωγή αυτών των κοινωνικών εκφάνσεων στην αλληλεπίδραση στοιχειωδέστερων σωμάτων, η οποία μπορεί να μελετηθεί μέσω της στατιστικής μηχανικής. Το κίνητρο για τέτοιου είδους ανάλυση είναι ότι οι ίδιες συλλογικές συμπεριφορές εμφανίζονται σε πολύ διαφορετικά σύνολα ανθρώπων, βακτηριδίων ή μορίων νερού. Παρά τις διαφορές τους, οι οντότητες αυτές μοιράζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά στον τρόπο που κινούνται ή που αλληλεπιδρούν. Έτσι, ο κοινωνικός φυσικός περιγράφει συλλογικές συμπεριφορές οντοτήτων, *χωρίς να είναι ανάγκη να γνωρίζει ή να λαμβάνει υπόψη του όλα τα ιδιαίτερά τους χαρακτηριστικά*. Όταν εμφανίζεται, για παράδειγμα, φωτιά σε ένα κλειστό χώρο, κάθε βιολογικός οργανισμός αντιδρά με τον ίδιο περίπου τρόπο,

[6] Τα σώματα με την ιδιότητά τους ως μάζες αλληλεπιδρούν βαρυτικά, ως φορτία αλληλεπιδρούν ηλεκτρομαγνητικά, ως quarks μέσω «ισχυρής αλληλεπίδρασης», ως στοιχειώδη σωματίδια συγκεκριμένου τύπου μέσω «ασθενούς αλληλεπίδρασης». Θεωρείται ότι κάθε σώμα αλληλεπιδρά με το πεδίο (βαρυτικό, ηλεκτρομαγνητικό, κλπ) που παράγεται από τα άλλα σώματα στο περιβάλλον.
[7] Ανάλογα με τη σωματιδιακή/κυματική φύση των αλληλεπιδρώντων σωμάτων και το πλήθος τους, μπορεί να χρησιμοποιείται κλασσική μηχανική, στατιστική μηχανική, κβαντομηχανική, χρωμοδυναμική.

προς αναζήτηση εξόδου διαφυγής. Παρότι ο οργανισμός (πχ, άνθρωπος) εμφανίζει εξαιρετική πολυπλοκότητα, ελάχιστες ιδιότητές του αρκούν για να περιγραφεί αυτή η αναζήτηση, όπως η ταχύτητα μετακίνησής του στο χώρο ή η αντίληψη της κίνησης των γειτόνων του. Άλλες ιδιότητες (πχ, χρώμα ματιών και μαλλιών, ενδυματολογικές απόψεις, ερωτικές προτιμήσεις, κλπ) θεωρούνται ότι λίγη συνάφεια φέρουν με το πρόβλημα.

Σχήμα 2: *Η πρόταση της κοινωνικής φυσικής για τη σύζευξη «μίκρο-μάκρο» αναφορικά με τη δυναμική διαδικασία S→ F(S). Οι αρχικές και οι τελικές μακροσκοπικές καταστάσεις, S και F(S), απεικονίζονται, μέσω του ομοιομορφισμού E, στους «εκπροσώπους τους» E(S) και E(F(S)), αντίστοιχα, στο μικροσκοπικό επίπεδο. Η συνάρτηση μεταφοράς s→ f(s) αποτελεί μοντέλο του φυσικού συστήματος όταν το πεδίο ορισμού s και το πεδίο τιμών f(s) ταυτίζονται με την ομοιομορφική απεικόνιση των αρχικών και τελικών καταστάσεων του συστήματος, αντίστοιχα.*[8]

Η γενίκευση των ανωτέρω παρουσιάζεται στο Σχ. 2. Η μέθοδος σύζευξης μακροσκοπικής και μικροσκοπικής περιγραφής στην στατιστική φυσική (και κατ' επέκταση στην κοινωνική φυσική) πραγματοποιείται μέσω ομοιομορφισμού, με τα «μοντέλα εκπροσώπησης». Ας υποθέσουμε ότι μελετούμε τη δυναμική εξέλιξη ενός κοινωνικού φαινομένου που εμφανίζει καταστάσεις {S} τη χρονική στιγμή t και

[8] Miller, J. H. and Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems*, Prinston & Oxford: Prinston Univ. Press, p. 38-40.

καταστάσεις {F(S)} την χρονική στιγμή t+1. Η συνάρτηση F(S), ήτοι ο τρόπος που εξελίσσεται το φαινόμενο, μας είναι άγνωστη. Ο φυσικός «απλοποιεί» το πρόβλημα, θεωρώντας ότι αυτό μπορεί να περιγραφεί από την εξέλιξη της ατομικής δράσης απλούστερων σωμάτων («εκπροσώπων» - “agents”). Σε μαθηματική γλώσσα, ομαδοποιεί τις καταστάσεις {S}, περιορίζοντας τον αριθμό τους σε s=E(S), όπου κάθε s αντιστοιχεί σε έναν «εκπρόσωπο». Σε δεύτερο στάδιο, βρίσκει τη συνάρτηση μεταφοράς f(s), που περιγράφει τη δράση του εκπροσώπου s, και η οποία απεικονίζει όσο το δυνατόν πιστότερα την τελική κατάσταση. Δηλαδή, αναζητά την f ώστε να ισχύει f(s)=E(F(S)).

Πολύπλοκα φαινόμενα στη φύση ενδέχεται να έχουν περισσότερα από δύο επίπεδα. Για παράδειγμα, τα μόρια του αέρα (μικρο-επίπεδο) μπορούν υπό κάποιες συνθήκες να οργανωθούν σε έναν ανεμοστρόβιλο (μέσο-επίπεδο). Κατόπιν, η οντότητα του ανεμοστροβίλου δημιουργεί ειδικές μετεωρολογικές συνθήκες και αλληλεπιδρά με ειδικό τρόπο στην ξηρά και την θάλασσα (μάκρο-επίπεδο). Ένα άλλο παράδειγμα στην κοινωνική ζωή είναι όταν άνθρωποι (μίκρο) οργανώνονται σε ομάδες επαγγελματικού χαρακτήρα ή όταν κατασκευάζουν εργαλεία (μέσο επίπεδο). Με αυτά αλληλεπιδρούν υπό νέους κανόνες για να φέρουν εις πέρας ένα έργο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η κοινωνική φυσική μπορεί να μελετήσει συνεχόμενα επίπεδα ανά δύο, σύμφωνα με το διάγραμμα στο Σχ. 2, μελετώντας δύο διαφορετικούς ομοιομορφισμούς. Ένα τέτοιο ζήτημα θα μελετηθεί στο Κεφάλαιο 6, όπου χρονικοί περιορισμοί στην αποπεράτωση ενός έργου (μάκρο) οδηγούν σε μεταβολή της οργανωτικής δομής των ατόμων στο μέσο επίπεδο από ιεραρχική σε οριζόντια-δικτυακή.

Η απαίτηση, σύμφωνα με την οποία ο μακροσκοπικός κόσμος και το μικροσκοπικό μοντέλο εκπροσώπησης συσχετίζονται με αυτόν τον τρόπο, ονομάζεται ομοιομορφισμός (homomorphism). Όμως δεν υπάρχει μία γενική μέθοδος για εύρεση αυτού του ομοιομορφισμού, ήτοι του κατάλληλου συνόλου των εκπροσώπων {s} και του τρόπου f(s) που αλληλεπιδρούν και εξελίσσονται. Ιστορικά, η πρώτη επιτυχής μελέτη έγινε από τον Boltzmann, ο οποίος μελέτησε με επιτυχία το μοντέλο εκπροσώπησης σε ένα φυσικό φαινόμενο – την κίνηση των αερίων (πχ, σε ένα σύννεφο, σε ένα μπαλόνι που ξεφουσκώνει). Εμπνεόμενος, όπως θα φανεί στο Κεφάλαιο 2, από δεδομένα στις ανθρώπινες κοινότητες, υπέθεσε κάτι πραγματικά

ρηξικέλευθο για την εποχή του, ότι δηλαδή το αέριο αποτελείται από άτομα-εκπροσώπους που υπακούουν στον νόμο του Νεύτωνα, και κατέστρωσε την αντίστοιχη συνάρτηση f(s) που αποτελεί τη βάση της στατιστικής φυσικής. Η σωματιδιακή φύση της ύλης αμφισβητήθηκε έντονα από την επιστημονική κοινότητα και, δυο χρόνια προτού αναγνωριστεί η σημασία του έργου του, πικραμένος αυτοκτόνησε.

Από τα παραπάνω αναδεικνύεται ότι η κοινωνική φυσική κάνει μια παραμετροποίηση ενός κοινωνικού φαινομένου, ανάγει τις μακροσκοπικές αυτές παραμέτρους S σε παραμέτρους s στον μικρόκοσμο σωματιδίων και βρίσκει μια στατιστική συνάρτηση μεταφοράς των τελευταίων, που ενσωματώνει τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις και που είναι συνεπής με τη δυναμική του μακροσκοπικού συστήματος. Η φύση των σωματιδίων είναι ένα από τα θέματα ανάλυσης στην κοινωνική φυσική. Μπορεί το σύνολο των σωματιδίων να είναι ομοιογενές ή να αποτελεί ανάμειξη έμβιων και μη οργανισμών, τεχνημάτων, επιχειρήσεων, ομάδων κοινωνικής πίεσης, κλπ. Η ανάλυση των σωματιδίων σε στοιχειωδέστερα εξακολουθεί έως ότου τα σωματίδια θεωρηθεί ότι *στερούνται προθεσιακότητας*. Ότι είναι άβουλα όντα (εκτός του ότι τηρούν τους κανόνες αλληλεπίδρασης), δίχως εσωτερική δομή και εσωτερικές καταστάσεις που θα μπορούσαν να μεταβάλουν απροσδόκητα τη συμπεριφορά τους. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων, καθώς και αυτών με το περιβάλλον τους, είναι εκείνες αποκλειστικά που καθορίζουν τη δυναμική τους εξέλιξη. Είναι δε οι ίδιες που έχουν καθορίσει τη δυναμική τους και στο παρελθόν.

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωματιδίων εκφράζουν την επιρροή που έχει καθένα από αυτά σε γειτονικά του.[9] Στην φυσική, οι θεμελιώδεις αλληλεπιδράσεις της ύλης είναι τέσσερις (βαρυτική, ηλεκτρομαγνητική, ισχυρή και ασθενής), με καλά καθορισμένα χαρακτηριστικά. Στην κοινωνική όμως πρακτική, οι αλληλεπιδράσεις εμφανίζουν εξαιρετική ποικιλία. Μπορεί να εκφράζουν σχέσεις γειτνίασης, συνάφειας, συγγένειας, εξουσίας. Μπορεί να είναι σχέσεις αμφίδρομες και συμμετρικές μεταξύ των σωμάτων ή μονομερείς. Να έχουν διαφορετική ένταση, να

[9] Η επιρροή αυτή στις γειτονικές οντότητες μπορεί να αφορά τη μετάδοση μορφολογικών χαρακτηριστικών (πχ, χρώμα), την μεταβολή στην κινητική κατάσταση των γειτόνων (πχ, θέση, ταχύτητα), την πιθανότητα απόκτησης από τον γείτονα κάποιου ποιοτικού χαρακτηριστικού (πχ, προσβολή από ασθένεια, προσηλυτισμός σε θρησκευτική οργάνωση), την ποσοτική μεταβολή περιουσιακών του στοιχείων (πχ, πλούτο, κινητά τηλέφωνα, αυτοκίνητα), κλπ.

έχουν διαβαθμίσεις από πολύ ισχυρές ως εξαιρετικά ασθενείς. Να είναι επιλεκτικές ή μη, χρονικά μεταβαλλόμενες ή μη, να στηρίζονται σε ωφελιμιστικούς υπολογισμούς του ατόμου ή σε ανιδιοτελή διάθεσή του για κοινωνική προσφορά. Να εκφράζουν κινήσεις τακτικής για την επίτευξη κάποιου στόχου ή να αποσκοπούν στη διαμόρφωση μιας στρατηγικής για ενδεχόμενη μελλοντική συνεργασία. Να πηγάζουν από διαφορετικά κίνητρα όπως την επιβίωση, την κυριαρχία, τον περιορισμό του κινδύνου, την αναζήτηση γνώσης, την προσέγγιση του αισθητικά ωραίου. Να αφορούν σχέσεις οικονομικές, πολιτικές, οικογενειακές, επαγγελματικές, ερωτικές. Ο τρόπος που ενσωματώνονται (αν ενσωματώνονται) οι ποικίλες αυτές αλληλεπιδράσεις μεταξύ έμβιων ή μη έμβιων οντοτήτων στην ανάλυση της κοινωνικής φυσικής είναι ένα ζήτημα ανοιχτό, που θα μας απασχολήσει εκτενώς στην παρούσα εργασία. Αφορά όχι μόνον τις δυνατότητες της κοινωνικής φυσικής ως αναλυτικό εργαλείο, αλλά και τον τρόπο εφαρμογής του εργαλείου αυτού. Προς το παρόν, ας αναφερθεί ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωματιδίων στην κοινωνική φυσική (αναλογικά με τη φυσική) διαθέτουν πέντε χαρακτηριστικά[10]:

- Πρόσημο – είναι ελκτικές /απωστικές (αναφορικά με την κινητική κατάσταση των σωματιδίων) ή χαρακτηρίζουν θετική /αρνητική ανάδραση (στη γενική περίπτωση αλληλεπίδρασης).
- Ισχύ – στο βαθμό που μπορούν να αλλάζουν την κατάσταση των γειτονικών ατόμων.
- Εμβέλεια – εμφανίζονται μόνο σε μικρές κλίμακες σε σχέση με το μέγεθος των ατόμων ή επηρεάζουν μεγάλο αριθμό ατόμων σε μεγάλες αποστάσεις.
- Επιλεκτικότητα – χαρακτηρίζουν αλληλεπιδράσεις που περιορίζονται σε συγκεκριμένο αριθμό ατόμων (πχ, των άμεσων γειτόνων) ή εμφανίζονται σε άτομα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά (σε ετερογενή σύνολα).

[10] Η φορμαλιστική διατύπωση των ιδιοτήτων αυτών ως χαρακτηριστικά κοινωνικών αλληλεπιδράσεων έγινε από τον ψυχολόγο Jacob Moreno με το βιβλίο Moreno, J. (1934) *Who Shall Survive?* New York: Beakon Press και με την ίδρυση του επιστημονικού περιοδικού “Sociometry”. Ο Μορενο διερευνούσε τη συσχέτιση της ψυχολογικής υγείας ενός ατόμου με αυτή ατόμων του περιβάλλοντός του. Συνέλαβε την ιδέα του «κοινωνιογράμματος» (sociogram), όπου τα άτομα αντιστοιχίζονται σε σημεία και οι σχέσεις τους σε ακμές που τα διασυνδέουν, και όπου όλα τα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης μπορούν να απεικονισθούν (πχ, η φορά απεικονίζεται ως άνυσμα). Το κοινωνιόγραμμα αποτελεί τη βάση της «Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης», ένα ρεύμα της Κοινωνικής Φυσικής που αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και στηρίζεται στην έννοια του κοινωνικού *δικτύου* και τη μαθηματική ανάλυση της θεωρίας γράφων (graph theory).

- Φορά – υποδεικνύει την κατεύθυνση της αλληλεπίδρασης (πχ, φορά μετάδοσης πληροφορίας).

Σε ποιο βαθμό τα πέντε αυτά χαρακτηριστικά μπορούν να περιλάβουν τον πλούτο της κοινωνικής αλληλεπίδρασης; Όπως είναι αναμενόμενο και θα αναλυθεί περαιτέρω, η απάντηση δεν είναι αβίαστα καταφατική. Ειδικότερα, είναι πολύ σημαντικό να καθοριστούν τα όρια της ανάλυσης, αφού ένα αναλυτικό εργαλείο που επιδιώκει να περιγράψει τα πάντα, καταλήγει τελικά να μην περιγράφει τίποτα. Κατ' αρχήν πάντως επισημαίνεται πως η γενικότητα, με την οποία μπορούν να διατυπωθούν οι ατομικές αλληλεπιδράσεις, δίνει τη δυνατότητα στην κοινωνική φυσική να αποπειραθεί τη μαθηματική αναπαράσταση φαινομένων σε επιστημονικούς τομείς τόσο διαφορετικούς όπως η φυσική, η βιολογία, η επιδημιολογία, η οικονομία, καθώς και οι αγορές, η οργάνωση και διοίκηση, η αρχιτεκτονική πόλεων, η γλωσσολογία, η τεχνολογική δημιουργία ή τα κοινωνικά δίκτυα στο διαδίκτυο.

1.2.2. Αναδυόμενη κοινωνική οργάνωση – ατομικά κίνητρα, ορθολογικές αποφάσεις

Ο φυσικός κόσμος γύρω μας είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Η ύλη εμφανίζεται με διαφορετικές φάσεις (αέρια, υγρή και στερεά), που συνυπάρχουν στο κορμί μας, στην τροφή μας, στα αντικείμενα που μας περιβάλλουν. Επί πλέον, κάθε μια από αυτές τις μορφές μεταπίπτει σε άλλη υπό κάποιες συνθήκες (πχ, το νερό εξατμίζεται ή παγώνει). Μετά τα μέσα του 18^{ου} αιώνα άρχισε να προωθείται με την εργασία των James Clerk Maxwell και Ludwig Boltzmann η ιδέα ότι οι μορφές αυτές της ύλης δεν είναι παρά μορφές οργάνωσης στοιχειωδέστερων σωματιδίων, των μορίων, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ένα χρόνο μετά τη διατύπωση της δυναμικής εξίσωσης του Boltzmann για τη δυναμική των αερίων, ο Johannes Diderik van der Waals έδειξε πως, χωρίς να μεταβληθεί καθόλου η αλληλεπίδραση μεταξύ των μορίων, η ύλη μπορεί (κάτω από διαφορετικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως θερμοκρασία και πίεση) να περάσει από την αέρια φάση στην υγρή ή το αντίστροφο. Από τις μελέτες αυτές προέκυψε η στατιστική μηχανική ως ξεχωριστός κλάδος της φυσικής. Για πρώτη φορά είχαν αναλυθεί μακροσκοπικές εκφάνσεις της ύλης ως συλλογική συμπεριφορά αλληλεπιδρώντων σωματιδίων και ταυτόχρονα είχε περιγραφεί η

κινητική τους κατάσταση (Boltzmann) και οι μεταπτώσεις μιας φάσης στην άλλη (van der Waals). Και αντίστροφα, από σύνολα σωματιδίων στο μικρόκοσμο, που αλληλεπιδρούσαν ακολουθώντας συγκεκριμένους κανόνες, αλλά δίχως συγκεκριμένο στόχο, επιδίωξη ή ηθική, *είχαν αναδυθεί* μακροσκοπικές καταστάσεις της ύλης.

Οργανωτικές δομές και συλλογικές συμπεριφορές μπορεί να αναδυθούν αυθόρμητα, χωρίς σχεδιασμό, από άτομα χωρίς πρόθεση, αλλά με συγκεκριμένους κανόνες συμπεριφοράς απέναντι σε γειτονικά άτομα. Οι κανόνες αυτοί μπορεί να θεωρούνται ορθολογικοί ή μη, ηθικοί ή μη, περίπλοκοι ή απλοϊκοί. Για τον φυσικό, όπως και για τον κοινωνικό φυσικό, αυτό είναι αδιάφορο – αρκεί μόνο να εφαρμόζονται με συνέπεια ή, έστω, και στοχαστική συνέπεια. Υπό αυτή την έννοια, η κοινωνική φυσική προτείνει ένα μαθηματικό παιγνίδι, όπου διάφοροι τύποι μικροσκοπικής αλληλεπίδρασης εξετάζονται μέσω της στατιστικής και διασυνδέονται με μακροσκοπικούς τρόπους συλλογικής οργάνωσης. Στόχος είναι, αυτές οι μορφές οργάνωσης που προκύπτουν από έναν κανόνα αλληλεπίδρασης, να προσιδιάζουν καταστάσεις που παρατηρούνται στην καθημερινή κοινωνική πρακτική. Πάντως, κατά κανόνα, το πρόβλημα έχει περισσότερες της μιας λύσεις, η ίδια δηλαδή οργανωτική δομή να μπορεί να διασυνδεθεί και με κάποιο άλλο τύπο αλληλεπίδρασης. Απλώς, εάν βρεθεί ένας τρόπος διασύνδεσης ενός μικρόκοσμου άβουλων αλληλεπιδρώντων ατόμων και της μακροσκοπικής τους οργάνωσης, αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλαπλά. Μπορεί, για παράδειγμα, να επαναπροσδιορίσει και να αποφορτίσει συλλογικές συμπεριφορές από το ηθικό βάρος που τους αποδίδεται. Ή αντίστροφα, να υποδείξει φαινομενικά αθώες συμπεριφορές και πρακτικές, από όπου μπορούν να ξεπηδήσουν ανεπιθύμητα μακροσκοπικά αποτελέσματα. Αυτό γίνεται φανερό στα δύο παραδείγματα που ακολουθούν – το πρόβλημα της ανάδυσης φυλετικών διαχωρισμών και την κατανομή πλούτου στα εθνικά κράτη.

Το πρόβλημα του κοινωνικού φυλετικού διαχωρισμού (segregation) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Πριν σαράντα χρόνια, ο Thomas Schelling, νομπελίστας οικονομολόγος του Harvard, πρότεινε το εξής μαθηματικό παιγνίδι.[11] Θεώρησε μια μεγάλη σκακιέρα, όπου κάθε τετράγωνό της κατοικείται από ένα άτομο, είτε λευκό

[11] Schelling, T. (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Society* 1, 143-146.

είτε μαύρο (δες Σχ. 3). Κάθε άτομο δεν είχε κανένα πρόβλημα να έχει γειτονικά άτομα διαφορετικού χρώματος, αρκεί να μην βρισκόταν φυλετικά σε ακραία μειοψηφία. Αν, για παράδειγμα, οι γείτονές του είχαν διαφορετικό χρώμα σε πλειοψηφία άνω του 50%, τότε και μόνον τότε μετεκινείτο σε άλλο σημείο της σκακιέρας. Ο κανόνας αυτός δεν είναι παράλογος, γιατί κάθε άτομο που επιζητεί έναν αριθμό ομοίων γύρω του, με τους οποίους επικοινωνεί ευκολότερα, δεν μπορεί αυτομάτως να χαρακτηρισθεί ρατσιστικό. Ο Schelling ξεκίνησε από μια τυχαία κατανομή λευκών και μαύρων ατόμων και έκανε όλες τις μετακινήσεις στη σκακιέρα ώστε να ακολουθηθεί ο κανόνας του 50%. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η τελική κατάσταση χαρακτηριζόταν από νησίδες όπου υπήρχαν μόνον λευκοί και νησίδες, που κατοικούσαν μόνο μαύροι. Μια κατάσταση φυλετικού διαχωρισμού είχε αυθόρμητα αναδυθεί.

Σχήμα 3: *Αριστερά: Σε ένα τετραγωνικό πλέγμα 16×16 τοποθετούνται με τυχαίο τρόπο κύκλοι (αντιπροσωπεύουν άτομα λευκά) και διέσεις (άτομα μαύρα). Μερικές θέσεις αφήνονται κενές για ευκολία μετακίνησης. Κατόπιν, τα άτομα αυτά μετακινούνται σε νέα θέση, όταν πάνω από το 50% των γειτόνων τους είναι διαφορετικού χρώματος. Δεξιά: Η κατάσταση ισορροπίας μετά το σύνολο των μετακινήσεων των ατόμων. Το δείγμα κατανέμεται σε ζώνες φυλετικής ομοιομορφίας (segregation).*

Τι μπορεί να προτείνει ένα τέτοιο πείραμα; Η ανθρώπινη κοινότητα δεν μοιάζει καθόλου με σκακιέρα. Κάθε άτομο έχει πολύπλοκους τρόπους να επικοινωνεί με γείτονές του, οι οποίοι επίσης δεν είναι μόνο οκτώ (8), όσοι στη σκακιέρα. Η δύναμη της ανάλυσης του Schelling δεν βρίσκεται στο ότι αναπαρέστησε με ακρίβεια μια κοινωνική πραγματικότητα ως πλέγμα, ως διδιάστατο δηλαδή στερεό με τετραγωνική συμμετρία. Εκτιμώντας όμως ότι η ακριβής γεωμετρική αναπαράσταση δεν ήταν

καθοριστική για το αποτέλεσμα της μελέτης, ο Schelling υπέδειξε ότι δεν είναι ανάγκη η ανθρώπινη κοινότητα να είναι ρατσιστική για να διαχωριστεί φυλετικά. Αρκεί μια πολύ ελαφρότερη, περισσότερο ρεαλιστική υπόθεση. Η ηθική καταδίκη του ρατσισμού και μόνον ενδέχεται να μην επιλύει προβλήματα που αναδύονται σε παρόμοιες καταστάσεις, αφο ύ η προκατάληψη μπορεί να μην αποτελεί αρχική συνθήκη, αλλά αποτέλεσμα μιας καθημερινής, αθώας σχετικά πρακτικής. Υπό αυτή την έννοια, στο μαθηματικό παιγνίδι του Schelling, ο μικρόκοσμος και μακρόκοσμος διασυνδέονται – όμως ο κόσμος στο ένα επίπεδο *δεν εξηγεί πλήρως* τον κόσμο στο άλλο. Απλά, η συσχέτιση κάποιων χαρακτηριστικών συμπεριφοράς υποδεικνύει πως ο κόσμος μπορεί να είναι απλούστερος από ό,τι μπορούσε κάποιος αρχικά να φανταστεί.

Παράλληλα με την κοινωνική φυσική, οι οικονομικές επιστήμες είναι ένας ακόμα τομέας που εξετάζει τη σχέση μακροσκοπικών φαινομένων με τα ανθρώπινα κίνητρα, πεποιθήσεις και τη λήψη αποφάσεων. Η επικάλυψη του αντικειμένου μελέτης στους δύο επιστημονικούς τομείς υποδεικνύεται σε πολλά βιβλία της κοινωνικής φυσικής, τα οποία, από τις πρώτες ήδη σελίδες τους, αναφέρουν στοιχεία της οικονομικής θεωρίας του Adam Smith. Σύμφωνα με τον θεμελιωτή της οικονομικής επιστήμης, άτομα που δρουν πλήρως ορθολογικά και που εκτελούν μεταξύ τους οικονομικές πράξεις με αποκλειστικό γνώμονα το προσωπικό τους συμφέρον, οδηγούν τις αγορές σε ισορροπία. Αν κάποιος επιθυμεί ένα αγαθό και βρίσκει συμφέρουσα την απόκτησή του, θα το αποκτήσει. Χωρίς κεντρικό σχεδιασμό ή διοίκηση, η μακροσκοπική κατάσταση ισορροπίας στις αγορές αναδύεται αυθόρμητα, ως εάν την κατεύθυνε ένα «αόρατο χέρι». Δεδομένου λοιπόν ότι είναι και αυτή μια μακροσκοπική κατάσταση που αναδύεται από αλληλεπιδράσεις ατόμων, γρήγορα βρέθηκε στο στόχαστρο της μελέτης της κοινωνικής φυσικής.

Για πάνω από αιώνα, η μεταφορά του «αόρατου χεριού» βρίσκεται στο κέντρο της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας. Οι οικονομολόγοι εξετάζουν σε ποιο βαθμό η ατομική ωφελιμιστική επιδίωξη μπορεί να οδηγήσει σε συλλογικό όφελος και να περιγράψει τη μακροσκοπική ισορροπία και τις διακυμάνσεις της αγοράς, τη δομή των επιχειρήσεων, την κατανομή του πλούτου.[12] Τις τελευταίες δεκαετίες έχει

[12] Αντίθετα με τη νεοκλασική οικονομική θεωρία, η Αυστριακή σχολή των οικονομικών δίνει έμφαση, όχι στην ισορροπία της αγοράς, αλλά στη δυναμική που αναπτύσσεται μέσω της καινοτομίας. Η αγορά

προταθεί, παράλληλα με την κυρίαρχη οικονομική θεωρία, η εναλλακτική θεωρητική προσέγγιση των «συμπεριφοριστικών οικονομικών» (“behavioral economics”), η οποία παραδέχεται ότι οι άνθρωποι δεν είναι πλήρως ορθολογικά όντα, αλλά συχνά ενεργούν συναισθηματικά ή επηρεάζονται από το τι κάνουν οι γύρω τους. Η προσέγγιση αυτή έχει επιδείξει σημαντικά αποτελέσματα, αλλά και αυτή στηρίζει την ανάλυση στις δυνατότητες και τους περιορισμούς λήψης ορθολογικών αποφάσεων. Η κοινωνική φυσική προσφέρει μια τρίτη προσέγγιση στο πρόβλημα. Αδιαφορώντας για το αν ο άνθρωπος είναι ορθολογικός, μη ορθολογικός ή κάτι εντελώς διαφορετικό, εξετάζει τη δυνατότητα μακροσκοπικά φαινόμενα στην οικονομία να συνδέονται με γενικά χαρακτηριστικά διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης.

Σε ποιο τύπο αλληλεπιδράσεων μπορεί κανείς να ανάγει, για παράδειγμα, την κατανομή πλούτου των λαών; Ένα τέτοιο μοντέλο αποτελεί τη βάση για την ανάλυση των δεδομένων της διατριβής στο Κεφάλαιο 4. Δεν προκαλεί καμία έκπληξη ότι σε ανθρώπινες κοινότητες υπάρχουν λίγοι πλούσιοι και πολλοί φτωχοί. Η διαφοροποίηση στο οικονομικό καθεστώς, στην εθνική κουλτούρα και την ιστορία, ανά τον κόσμο, αλλά και διαχρονικά, προσφέρει μικρό έρεισμα στο να αναμένει κανείς γενικούς κανόνες στην απόκτηση περιουσιακών στοιχείων. Το 1897 όμως, ο Ιταλός μηχανικός και οικονομολόγος Vilfredo Pareto ανέδειξε κάτι αναπάντεχο. Η κατανομή πλούτου στις εθνικές οικονομίες ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή, η οποία έκτοτε φέρει και το όνομά του (κατανομή Pareto). Η ίδια κατανομή εμφανίζεται στις οικονομίες σημερινών κρατών, όπως το Ηνωμένου Βασίλειο (Σχ. 4), η Ινδία, οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Ιαπωνία, η Αϊτή και το Ζαΐρ. Εμφανίζεται όμως και στο μέγεθος των κατοικιών στην πόλη Akhetaken της αρχαίας Αιγύπτου, όπως έδειξαν πρόσφατες ανασκαφές. Το πρόβλημα μάλιστα αποκτά μεγαλύτερο ενδιαφέρον, καθώς η κατανομή Pareto είναι η ίδια στατιστική κατανομή που αναδύεται σε πλήθος ασυσχέτιστων φαινομένων, όπως η συχνότητα χρήσης λέξεων σε σύγχρονες γλώσσες, η συχνότητα εμφάνισης μουσικών φθόγγων σε έργα του Μπαχ, ή η ένταση της γήινης σεισμικής δραστηριότητας.[13] Είναι απίθανο ο ανθρώπινος ωφελιμισμός να βρίσκεται

βρίσκεται σε συνεχή κατάσταση μη ισορροπίας, όπου η πληροφορία διαχέεται διαρκώς για να χρησιμοποιηθεί έγκαιρα για δημιουργία νέων προϊόντων, προτού καταλήξει με την πάροδο του χρόνου μη αξιοποιήσιμη. Παρά τις διαφορές από τη νεοκλασική οικονομική θεωρία, η Αυστριακή Σχολή θεωρεί επίσης ότι η ανθρώπινη (ή εταιρική) λήψη αποφάσεων καθοδηγείται από ορθολογικό υπολογισμό του συγκριτικού οφέλους της αντίστοιχης δραστηριότητας.

[13] Πλήθος μετρήσεων που χρονολογούνται από τις μελέτες του γλωσσολόγου για τη χρήση των λέξεων George Kingsley Zipf στην αρχή του 20ού αιώνα υποδεικνύουν την ίδια κατανομή Pareto (καλείται

στο κέντρο της εξήγησης ή της περιγραφής τόσο διαφορετικών δεδομένων. Έτσι ο κοινωνικός φυσικός επιχειρεί τη διασύνδεση αυτής της μακροσκοπικής κανονικότητας (της κατανομής Pareto) με μια γενική μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ ατόμων, ανεξάρτητη από προθεσιακότητα ή λεπτομέρειες συμπεριφορών που μπορεί να διαφέρουν στο χώρο, το χρόνο ή τη φύση των σωματιδίων που αλληλεπιδρούν.[14]

Όπως θα αναφερθεί διεξοδικά στο Κεφάλαιο 2 της διατριβής, η έρευνα της κοινωνικής φυσικής υποδεικνύει συχνά όχι ένα, αλλά πολλά στατιστικά μοντέλα, στα οποία συλλογικές συμπεριφορές ακολουθούν την κατανομή Pareto. Καθώς το φαινόμενο είναι εξαιρετικά σύνθετο, δεν προκαλεί εντύπωση ότι *υπάρχουν πολλοί τρόποι* αυτό να απλοποιηθεί και να αναλυθεί μέσω ενός ομοιομορφικού στατιστικού μοντέλου, για να καταλήξει κανείς στην απάντηση που γνωρίζουμε εκ των προτέρων. Πιο συγκεκριμένα, οι οικονομικές συναλλαγές που οδηγούν στη συσσώρευση πλούτου έχουν κατά καιρούς προσεγγιστεί διαφορετικά, θεωρώντας για παράδειγμα ότι το ποσό που ανταλλάσσεται σε κάθε συναλλαγή είναι κάποιο ποσοστό του συνολικού πλούτου των δύο μερών ή ότι κάποιο ποσό από την περιουσία δεν χρησιμοποιείται σε συναλλαγές, αλλά αφήνεται από τους συναλλασσόμενους στην άκρη, ως προσωπική ασφάλεια. Άλλοι ερευνητές έχουν προτείνει μοντέλα, στα οποία ο πλούτος σταδιακά αυξάνεται. Παράλληλα, το μοντέλο του Per Bak με την ονομασία “self organized criticality” (αυτο-οργανωνόμενη κρίσιμη κατάσταση) προσπαθεί να μελετήσει τη γενικότερη εμφάνιση της κατανομής Pareto στη φύση, όχι μόνο στην κατανομή πλούτου. Κάθε μια από τις παραπάνω θεωρήσεις διερευνά το βαθμό που κάποια μορφή μικροσκοπικής αλληλεπίδρασης μπορεί να οδηγήσει στην πειραματικά μετρούμενη κατανομή πλούτου. Στο σημείο αφετηρίας τους, δεν θέτουν καμία προϋπόθεση για την φύση, τις πεποιθήσεις ή την ορθολογικότητα των συναλλασσόμενων οντοτήτων.

επίσης εμπειρική κατανομή Zipf). Οδήγησαν τον Zipf να την θεωρήσει νόμο με γενική ισχύ παρόμοια με εκείνην των νόμων της φυσικής.

[14] Για μια κριτική των θέσεων της κοινωνικής φυσικής στην ανάλυση της κατανομής πλούτου δες Gallegati M, Keen S, Lux T, Ormerod P (2006) Worrying trends in econophysics, *Physica A* 370:1–6. Πολλά από τα σημεία της κριτικής αυτής απαντώνται στο Yakovenko, V. M. (2009). Econophysics, statistical mechanics approach to. In *Encyclopedia of Complexity and System Science*, edited by R. A. Meyers, Berlin, Springer.

Σχήμα 4: *Κατανομή πλούτου στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η κατανομή Pareto πάνω από κάποια τιμή πλούτου ή εισοδήματος έχει τη μορφή ευθείας, όταν απεικονίζεται σε λογαριθμική κλίμακα και στους δύο άξονες.*

Στοιχεία από τις επιπτώσεις της ανάλυσης της κοινωνικής φυσικής μπορεί να επισημανθούν εξετάζοντας λεπτομερέστερα ένα από τα μοντέλα, όπως αυτό των J.-P. Bouchaud και M. Mézard (B-M)[15]. Είναι ένα μοντέλο αρκετά γενικό ώστε να μπορεί να συμπεριλάβει διαφορετικούς τύπους συναλλαγών, και θα χρησιμοποιηθεί εκτενώς για τη μελέτη διαλόγων στην πρωτότυπη ερευνητική εργασία του Κεφαλαίου 4. Στηρίζεται σε δύο αρχές. Πρώτον, ότι οι συναλλασσόμενοι αλληλεπιδρούν ανά δύο, ανταλλάσσοντας πλούτο (όσο συνεισφέρει ο ένας αποδίδεται στον άλλο). Δεύτερον, κάθε συναλλασσόμενος αυξάνει τον πλούτο του (πχ, από επενδύσεις) με ρυθμό ανάλογο του πλούτου που κάθε στιγμή διαθέτει. Έτσι, οι οικονομικές ανισότητες έχουν την τάση να διευρυνθούν, καθώς ο πλούσιος έχει μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης περιουσιακών στοιχείων από τον φτωχό ("the rich get richer"). Από τη στατιστική επεξεργασία των δύο αυτών αρχών, δίχως καμία επιπρόσθετη θεώρηση για τα κίνητρα ή τη στρατηγική των συναλλασσόμενων, προκύπτει η κατανομή πλούτου Pareto, σε πολύ καλή συμφωνία με τα εμπειρικά δεδομένα.

[15] Bouchaud, J-P. and Mézard, M. (2000). Wealth condensation in a simple model of economy. *Physica A* 282, 536.

Το μοντέλο Β-Μ δεν αποσκοπεί στο να *εξηγήσει* το φαινόμενο που μελετά, πολύ περισσότερο από άλλα ομοιομορφικά μοντέλα που επιχειρούν το ίδιο, αλλά ξεκινούν από διαφορετικές υποθέσεις. Απαντά όμως στην ερώτηση «τι θα συμβεί αν…». Υποδεικνύει ότι υπάρχει ένας απλός τρόπος για να προκύψει η ανισότητα φτωχών και πλουσίων, ο οποίος δεν έχει να κάνει με την συχνά αποδιδόμενη ευφυΐα ή ιδιαίτερη ικανότητα για απόκτηση πλούτου. Όπως και με το παράδειγμα το υ φυλετικού διαχωρισμού που προαναφέραμε, απομυθοποιεί και αποφορτίζει κοινωνικά στερεότυπα.[16] Η ακριβής αναπαράσταση του δικτύου ή του ρυθμού των συναλλαγών ουδόλως επηρεάζει το αποτέλεσμα. Όπως έδειξαν οι Β-Μ, η ίδια κατανομή Pareto προκύπτει όταν οι συναλλασσόμενοι που αλληλεπιδρούν βρίσκονται διατεταγμένοι σε ποικίλες κοινωνικές διατάξεις, όπως η σκακιέρα του Schelling, ιεραρχίες, τυχαία δίκτυα, κλπ. Αυτό όμως που μπορεί ποσοτικά να μεταβληθεί, όπως έδειξαν οι Β-Μ, είναι η *αναλογία* πλούσιων και φτωχών. Σύμφωνα με το μοντέλο, για παράδειγμα, η αυξομείωση του φόρου εισοδήματος επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο τα χαρακτηριστικά της κατανομής (όπως, την κλίση της ευθείας σε μεγάλες τιμές πλούτου στο Σχ. 4) από ό,τι ο φόρος επί του κεφαλαίου. Όπως και στη γενικότερη περίπτωση των μοντέλων εκπροσώπησης, η μεθοδολογία των Β-Μ δεν εξηγεί πλήρως το φαινόμενο, αλλά μπορεί να υποδείξει εξαρτήσεις μεταβλητών και να απαντήσει σε ερωτήσεις τύπου «τι θα συμβεί, δεδομένων των συγκεκριμένων παραδοχών του μοντέλου». Διακηρύσσει βεβαιότητα πρόβλεψης, μόνο στο βαθμό που οι αρχικές παραδοχές (και μόνον αυτές) πληρούνται. Ακόμα όμως και υπό αυτόν τον ισχυρότατο περιορισμό, η ανάλυση της κοινωνικής φυσικής κατορθώνει να απλοποιεί τα προβλήματα, αναδεικνύοντας νέες ατομικές συμπεριφορές και κοινωνικές στρατηγικές, που θα οδηγούσαν στο να ενταθεί (ή να αποδυναμωθεί) η εμφάνιση κάποιου επιθυμητού (ή ανεπιθύμητου) συλλογικού φαινομένου.

Συμπερασματικά, η κοινωνική φυσική θεωρεί ότι μακροσκοπικά κοινωνικά φαινόμενα μπορούν να μελετηθούν ως συνάρτηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ατόμων. Στα άτομα καθ' εαυτά δεν αποδίδεται καμία αυτενέργεια ή στρατηγική πρόθεση, πέραν από το ότι ακολουθούν με συνέπεια (ή, τουλάχιστον, στοχαστική

[16] Υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι πλούτος και ταλέντο είναι ασυσχέτιστα. Δες, Levy, M. (2003). Are rich people smarter? *Journal of Economic Theory* 110, 42-64. Αυτό, για παράδειγμα, αντίκειται στην επικρατούσα άποψη στις δυτικές κοινωνίες (πχ, η πίστη στους «γκουρού» της οικονομίας και του χρηματιστηρίου) ή στην άποψη των αρχαίων Αθηναίων, όπου δικαίωμα ψήφου είχαν όσοι διέθεταν ακίνητη περιουσία (όσοι, δηλαδή, διέθεταν τις ικανότητες να την αποκτήσουν και να την διατηρούν).

συνέπεια) έναν κανόνα αλληλεπίδρασης. Επίσης, η αρχιτεκτονική της κοινωνικής δικτύωσης είναι πολλές φορές ιδιαίτερα σημαντική. Αντίθετα από τα προαναφερθέντα παραδείγματα του φυλετικού διαχωρισμού και της κατανομής πλούτου, ο τρόπος κοινωνικής δικτύωσης συχνά τροποποιεί ριζικά το μακροσκοπικό φαινόμενο. Για παράδειγμα, για τη διάδοση ασθενειών σε μια σταθερή δομή συνδεδεμένων ατόμων, μεγάλη σημασία έχει η ύπαρξη κεντρικών δικτυακών κόμβων με μεγάλο πλήθος συνδέσεων. Η διασυνδεσιμότητα των κόμβων έχει επίσης μεγάλη σημασία στην ταχύτητα διάδοσης πληροφορίας σε κοινωνικά δίκτυα, στον τρόπο λειτουργίας των μηχανών αναζήτησης στο διαδίκτυο, στον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας αποκεντρωμένων ή ιεραρχικών οργανισμών, κλπ. Η διερεύνηση της αρχιτεκτονικής της κοινωνικής οργάνωσης αφενός, και του είδους των κανόνων αλληλεπίδρασης αφετέρου, βρίσκονται στο κέντρο της σύγχρονης πορείας της κοινωνικής φυσικής. Η μελέτη της αρχιτεκτονικής δίνει έμφαση *στη μορφολογία* των κοινωνικών μορφών οργάνωσης και τα δυναμικά χαρακτηριστικά που προκύπτουν από αυτή. Η διερεύνηση των κανόνων αλληλεπίδρασης δίνει έμφαση *στη λειτουργία* των κοινωνικών οργανωτικών δομών. Οι ερευνητικές προσπάθειες πάνω στους δύο αυτούς πόλους ανάλυσης, την μορφολογία και τη λειτουργία, αναφέρονται συνοπτικά αμέσως παρακάτω.

1.2.3. Κοινωνική διασύνδεση – *Μορφολογία* οργανωτικών δομών

Τα κοινωνικά φαινόμενα, που ανάγονται μέσω της μεθοδολογίας της κοινωνικής φυσικής σε συλλογικές στατιστικές συμπεριφορές, προϋποθέτουν την αναγνώριση παρόμοιων μορφών οργάνωσης σε πολύ διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς. Σαν σημείο αφετηρίας, οι γενικοί τύποι οργάνωσης μπορούν να παραλληλιστούν με τις φάσεις της ύλης. Αυτές υποδεικνύουν συσχετισμούς και αλληλεπιδράσεις, οι οποίες είτε διασυνδέουν στοχαστικά όλα τα άτομα μεταξύ τους (αναπαράσταση ρευστού) είτε επιτρέπουν σταθερές διασυνδέσεις μεταξύ των ατόμων (πλέγμα, δίκτυο). Την τελευταία δεκαετία, η έρευνα έχει να καταδείξει τεράστια πρόοδο στη δεύτερη κυρίως κατεύθυνση. Αυτό επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση χαρακτηριστικών κοινωνικής δικτύωσης σε αναπαραστάσεις θεωρίας γράφων (graph theory), που αποτελεί διαρκή στόχο της κοινωνικής φυσικής.

Ιστορικά, προηγήθηκε η ανάπτυξη των μοντέλων «πλήρους ανάμειξης» ("fully mixed models"). Αφορά την ανάδυση οργανωτικών μορφών σε σύνολα ατόμων, των οποίων οι μικροσκοπικές καταστάσεις (πχ, θέση, κίνηση) περιγράφονται από τυχαίες μεταβλητές και τα οποία έχουν, κατ' αρχήν, την ίδια πιθανότητα να αλληλεπιδράσουν με οποιοδήποτε άλλο μέλος του συνόλου. Υπό κάποιες συνθήκες, το σύνολο αυτό των ατόμων εξελίσσεται, και η τυχαιότητα δίνει τη θέση της σε μακροσκοπικά οργανωμένες δομές ή συλλογική δυναμική. Στο φυσικό κόσμο, κάτι τέτοιο συμβαίνει, για παράδειγμα, στη μετάβαση από τη ρευστή φάση στη στερεή. Στην κοινωνική φυσική, όπου εξετάζονται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων (που κατά τα άλλα στερούνται προθεσιακότητας), μοντέλα πλήρους ανάμειξης έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για να περιγράψουν τη δημιουργία και τη μορφολογία δομών όπως τις αποικίες βακτηρίων, αλλά και τις νιφάδες χιονιού. Επίσης, τη μορφολογία της δόμησης και των ελεύθερων χώρων στο ανθρώπινο αστικό περιβάλλον. Την συλλογική κίνηση σμήνους βιολογικών οργανισμών με πολύ διαφορετική νοητική ικανότητα (εντόμων, πτηνών ή ψαριών). Την κίνηση αυτοκινήτων στους αυτοκινητόδρομους. Τη χάραξη της διαδρομής μονοπατιών στα πάρκα από περιπατητές. Τις κινήσεις και τις αποφάσεις όχλου. Μαζικά ατυχήματα από την προσπάθεια διαφυγής από χώρους που εγκυμονούν κινδύνους (πχ, από χώρους που εμφανίζεται φωτιά) ή από φαινομενικά ανύπαρκτες αιτίες (όπως η σύνθλιψη 21 φιλάθλων στην μισόκλειστη πύλη του σταδίου Καραϊσκάκη μετά από ποδοσφαιρικό αγώνα στις 8-2-1981). Τη διάδοση και τον κύκλο ζωής τεχνολογικών αντικειμένων στις ανθρώπινες κοινότητες.

Η ανάδυση μακροσκοπικών συλλογικών συμπεριφορών, μέσα από τυχαία μεταβαλλόμενες ατομικές παραμέτρους, προκύπτει από τα θεωρήματα μεγάλων αριθμών στη στατιστική. Το πρώτο τέτοιο θεώρημα οφείλεται στον Gauss και αφορά την κανονική κατανομή πιθανοτήτων που ακολουθούν τα αποτελέσματα από συνδυασμούς τυχαίων παραμέτρων (πχ, του τυχαίου αποτελέσματος από ρίψη *δύο* ζαριών). Αναφορικά με τον άνθρωπο, η κατανομή αυτή υποδεικνύει ότι υπάρχει μια μέση τιμή για τα ατομικά χαρακτηριστικά, είτε μορφολογικά (όπως ύψος ή πάχος), είτε για γενικότερα χαρακτηριστικά, όπως η διάρκεια ζωής, ο ρυθμός γεννήσεων, κλπ. Το στατιστικό αυτό θεώρημα μεγάλων αριθμών άσκησε κατά καιρούς μεγάλη επίδραση στην πολιτική σκέψη, όπως δείχνει η πνευματική σύλληψη του «μέσου ανθρώπου» ("l' homme moyen") ως ιδεώδες της Γαλλικής επανάστασης και της

δημοκρατίας ή η δημιουργία της «ευγονικής» για τη συστηματική βιολογική βελτίωση του ανθρώπινου είδους, από τα τέλη του 19ου αιώνα.[17]

Πέρα από την ηθική φόρτιση της οικειοποίησης επιχειρημάτων της στατιστικής και τη μεταφορική χρήση τους σε άλλους τομείς της κοινωνικής ζωής, η κοινωνική φυσική εξακολουθεί να αναζητά νέα θεωρήματα μεγάλων αριθμών, για τις περιπτώσεις όπου τα άτομα χαρακτηρίζονται μεν από τυχαίες μεταβλητές, αλλά επίσης αλληλεπιδρούν. Παρατηρείται πολύ συχνά ότι, παρά τη θεωρητική ελευθερία δράσης των ατόμων, οι επιλογές τους όταν αλληλεπιδρούν λιγοστεύουν και οι διακυμάνσεις γύρω από τις επιλογές αυτές μειώνονται. Η εμφάνιση αυτού του φαινομένου σχετίζεται με τον τρόπο που το σύνολο *συμπεριφέρεται και λειτουργεί*, ο οποίος διερευνάται, όπως θα φανεί παρακάτω, από τη Θεωρία Παιγνίων και την Κυβερνητική. Ανεξάρτητα όμως από τον μηχανισμό που τη δημιουργεί, η μορφολογία των οργανωτικών διατάξεων που προκύπτουν εμφανίζει μεγάλη συμμετρία, όπου οι κινήσεις μεταξύ των ατόμων συντονίζονται και οι κοινωνικές δομές αποκλίνουν από την αναπαράσταση του πλήρως ανανεμειγμένου συνόλου, υιοθετώντας την τοπολογία του δικτύου.

Σε ένα δίκτυο, τα άτομα αλληλεπιδρούν *με συγκεκριμένα μόνον άτομα, με τα οποία είτε γειτνιάζουν χωρικά είτε συναλλάσσονται στη βάση κάποιας κοινής τους ιδιότητας.* Ένα παράδειγμα αποτελεί το διαδίκτυο, τμήμα του οποίου φαίνεται στο Σχ. 1. Ένα άλλο δίκτυο φαίνεται στο Σχ. 5, που περιγράφει την αλληλεπίδραση των μελών της τροφικής αλυσίδας στο δίκτυο της χλωρίδας του οικοσυστήματος Benguela, στη θάλασσα της Νοτιοδυτικής Αφρικής. Παρότι δεν γίνεται οπτικά αντιληπτό από τα διαγράμματα, οι τοπολογίες αυτές έχουν κοινά δικτυακά χαρακτηριστικά. Προκύπτει λοιπόν ένα ζήτημα ταξινόμησης για τα είδη δικτυακών τοπολογιών που μπορεί να περιγράφουν αλληλεπιδράσεις στη φύση και την κοινωνία.

[17] Hacking, I. (1990) *The taming of chance.* Cambridge: Campridge University Press.

A simplified food web for the Northwest Atlantic. © IMMA

Σχήμα 5: *Τροφική αλυσίδα στο δίκτυο της χλωρίδας του οικοσυστήματος Benguela, στη θάλασσα της Νοτιοδυτικής Αφρικής.*
(http://www.ifaw.org/images_custom/join_campaigns/Save_Baby_Seals_End_the_Seal_Hunt/End_The_Seal_Hunt/foodweb_large.jpg)

Πριν το φθινόπωρο του 1998, η λίστα των γνωστών έως τότε τοπολογιών δικτύων αντιμετώπιζε μεγάλη δυσκολία για να περιγράψει κοινωνικές δομές. Η μαθηματική

θεωρία γράφων (“graph theory”) ασχολείτο κυρίως με *ντετερμινιστικά δίκτυα*, που μπορούσαν να εφαρμοστούν σε καλά καθορισμένες και σταθερές κοινωνικές καταστάσεις. Στις περιπτώσεις αυτές μπορούσε να διερευνηθεί ο τρόπος που η δικτυακή τοπολογία καθόριζε από μόνη της συμπεριφορές και δυνατότητες στην κοινωνική πρακτική.[18] Ντετερμινιστικά δίκτυα είναι το κρυσταλλικό πλέγμα ή η δενδροειδής δομή που εμφανίζεται σε ιεραρχίες διοίκησης. Πολύ μεγαλύτερο πεδίο εφαρμογής στις ανθρωπιστικές επιστήμες υπόσχονταν τα *στοχαστικά δίκτυα*, όπου κάθε κόμβος έχει συγκεκριμένη πιθανότητα διασύνδεσης με γειτονικούς κόμβους. Όμως, τα δίκτυα που είχαν μελετηθεί διεξοδικά έως τα τέλη του 20ού αιώνα ήταν μόνο τα *τυχαία δίκτυα* (όπου η πιθανότητα διασύνδεσης μεταξύ κόμβων ήταν τυχαία μεταβλητή). Το πρόβλημα με τα τυχαία δίκτυα είναι ότι αδυνατούσαν να περιγράψουν τα στατιστικά χαρακτηριστικά σε τοπολογίες όπως του διαδικτύου ή εκείνης του Σχ. 5. Δύο σημαντικές δημοσιεύσεις, από τους Watts και Strogatz[19] το 1998 και τους Barabási και Albert[20] το 1999, αντίστοιχα, ήρθαν να αναγεννήσουν το ενδιαφέρον των ερευνητών, αναδεικνύοντας δύο νέους τύπους στοχαστικών δικτύων, που απέκλιναν σημαντικά από τα τυχαία δίκτυα:

- Σύμφωνα με τους Watts και Strogatz, η μια απόκλιση σχετίζεται με την ύπαρξη αλυσίδας *από μικρό αριθμό διασυνδέσεων* που μεσολαβεί ανάμεσα σε δυο οποιουσδήποτε κόμβους του δικτύου. Οδήγησε στα θεωρητικά δικτυακά μοντέλα των «μικρών κόσμων» (“small worlds”).

- Σύμφωνα με τους Barabási και Albert, δεύτερη απόκλιση από τα τυχαία δίκτυα αφορά τη στατιστική κατανομή του αριθμού των γειτόνων («βαθμού») κάθε δικτυακού κόμβου. Ενώ στα τυχαία δίκτυα ο βαθμός ακολουθεί κανονική κατανομή γύρω από κάποια μέση τιμή, εδώ τέτοια χαρακτηριστική τιμή δεν υπάρχει (“scale free”). Αμέσως μετά την επιστημονική δημοσίευση που τα υπέδειξε, διαπιστώθηκε ότι πλήθος δικτύων στη φύση, την κοινωνία, τη γλώσσα, τις τέχνες, την οικονομία, την ιστορία, κλπ, ανήκουν στην

[18] Το πρώτο επιλυμένο ντετερμινιστικό πρόβλημα δικτύου αφορά τις επτά γέφυρες της πόλης Königsberg, τις οποίες οι περιπατητές της πόλης προσπαθούσαν να περάσουν όλες διαδοχικά, περνώντας όμως μόνο μια φορά από την καθεμία. Ο μαθηματικός Leonard Euler απέδειξε το 1765 ότι μια τέτοια λύση ήταν αδύνατη. Η τοποθεσία και η διασύνδεση των γεφυρών, η δομή δηλαδή του δικτύου, προεξοφλούσε το αδύνατον του εγχειρήματος των περιπατητών.

[19] Watts, D. J. and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature* 393, 440.

[20] Barabási, A. L. and Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science* 286, 509.

ιδιαίτερη αυτή κατηγορία των δικτύων με τοπολογία δίχως χαρακτηριστική κλίμακα (“scale free networks”).

Σχήμα 6: *Ο αντίκτυπος των δύο σημαντικών δημοσιεύσεων από τους Watts-Strogatz (κίτρινο τρίγωνο) και Barabási-Albert (γαλάζιο ×): Κανονικοποιημένες (στο 100) τιμές του αριθμού αναφορών των δημοσιεύσεων αυτών, οι οποίες εμφανίζονται μονότονα αυξητικές σε σύγκριση με τις αναφορές δύο τυπικών δημοσιεύσεων στο ίδιο περιοδικό. Σημειώνεται επίσης ενδεικτικά πως ο συνολικός αριθμός δημοσιεύσεων σε περιοδικά στατιστικής φυσικής, που περιείχαν στον τίτλο τον όρο “networks”, άρχισε να αυξάνει κατακόρυφα μετά το 1999.* [21]

Οι προαναφερθείσες δύο εργασίες έφεραν τεράστια ανάπτυξη του επιστημονικού αυτού τομέα, όπως υποδεικνύεται από το Σχ. 6. Πρακτικά διάνοιξαν νέες κατευθύνσεις στην έρευνα, μέρος της οποίας φιλοδοξεί να αποτελέσει και η παρούσα εργασία. Μερικές από τις κατευθύνσεις αυτές, που αφορούν τη μορφολογία των δικτύων, περιλαμβάνουν:

[21] Csermely, P. (2006). *Weak Links.* Berlin: Springer.

- Τους κανόνες σύμφωνα με τους οποίους νέα άτομα μπορούν να προστίθενται στο δίκτυο χωρίς να μεταβάλλεται η δικτυακή τοπολογία (πχ, πώς αυξάνονται οι ιστοσελίδες στο Web χωρίς να μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά του).
- Τον τρόπο που επηρεάζει η τοπολογία την ταχύτητα διάδοσης ασθενειών και πληροφορίας στο δίκτυο. Για παράδειγμα, δείχτηκε ότι οι ασθένειες που εμφανίζονται σε οποιοδήποτε σημείο ενός δίχως-κλίμακα δικτύου, ακόμα και σε ένα και μοναδικό απομακρυσμένο άτομο, έχουν τη δυνατότητα να εξαπλωθούν παντού σε αυτό.[22] Αντίστοιχη δυνατότητα μετάδοσης έχει και μια φήμη, οσοδήποτε μακριά πρωτοπαρουσιαστεί σε ένα πληροφοριακό δίκτυο.
- Την σταθερότητα των κοινωνικών δικτύων, όπως προκύπτει από τα τοπολογικά τους χαρακτηριστικά (πχ, πόσοι routers πρέπει να σταματήσουν να λειτουργούν για να καταρρεύσει το διαδίκτυο ή πώς η εξαφάνιση κάποιου βιολογικού οργανισμού επηρεάζει την επιβίωση ενός οικοσυστήματος).

Πρόσφατα, κοινωνιολόγοι όπως ο John Urry[23] προτείνουν ότι η δικτυακή αναπαράσταση των κοινωνικών συσχετισμών οφείλει να εμπλουτισθεί εκ νέου. Η σταθερότητα των διασυνδέσεων μεταξύ των ατόμων δεν μπορεί σήμερα να θεωρείται ικανοποιητική προσέγγιση των κοινωνικών σχέσεων σήμερα, στην εποχή της μεγάλης κινητότητας και ευκολίας ταξειδιού. Ίσως πρέπει να επιχειρηθεί μια εκ νέου επιστροφή σε μοντέλα «πλήρους ανάμειξης». Όπως προαναφέρθηκε, τα δικτυακά μοντέλα προτάθηκαν όταν ελήφθησαν υπόψη οι περιορισμοί των ατομικών επιλογών, που προκύπτουν από τις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις σε πλήρως ανανεμειγμένα σύνολα. Αυτό που τώρα προτείνεται είναι το αντίστροφο. Οι δικτυακές αλληλεπιδράσεις ατόμων με μεγάλη κινητικότητα αλλοιώνουν τη σταθερότητα των κοινωνικών σχέσεων, προτείνοντας μια αναπαράσταση των συσχετισμών αυτών που προσομοιάζει στη ρευστή φάση της ύλης. Προτείνουν επίσης ότι οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις διαπλέκουν παραμέτρους από διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα, καθώς μια εξέλιξη σε μακροσκοπικό επίπεδο μεταβάλλει συμπεριφορές σε κάποιο χαμηλότερο επίπεδο και τανάπαλιν. Αυτό θέτει φυσικά μεθοδολογικά ζητήματα για την ισχύ του ομοιομορφισμού του Σχ. 2. Το ζήτημα παραμένει λοιπόν ακόμα ανοικτό.

---

[22] Pastor-Satorras, R. and Vespignani, A. (2001) Epidemic spreading in scale-free networks, *Phys. Rev. Lett*. 86, 3200.
[23] Urry, J. (2004). *Small worlds and the new "social physics"*. Global Networks 4 (2), 109.

1.2.4. Κοινωνική διασύνδεση – *Λειτουργία* οργανωτικών δομών

Όταν κανείς μελετά την τοπολογία των δικτυακών συσχετισμών, αρκείται στο να συσχετίσει κάποιο στοιχείο της ταυτότητας των κόμβων. Για παράδειγμα, διασυνδέει μεταξύ τους φιλικά πρόσωπα, ηθοποιούς που έπαιξαν μαζί σε κινηματογραφικές ταινίες, βιολογικούς οργανισμούς σε τροφική αλυσίδα, υπολογιστές που επικοινωνούν απ' ευθείας ενσύρματα ή ασύρματα, ηλεκτρικές μονάδες που συνδέονται μέσω του δικτύου υψηλής ηλεκτρικής τάσης, εταιρείες με τις θυγατρικές τους, κλπ. Για τον πλήρη χαρακτηρισμό της διασύνδεσης μεταξύ κόμβων επαρκεί η πληροφορία για την ιδιότητα της ταυτότητάς τους, με την οποία συντάσσονται στην συγκεκριμένη οργανωτική δομή. Η αναπαράσταση όμως του δικτύου, με βάση την πληροφορία αυτή, μπορεί να πετυχαίνει να περιγράψει τη μορφολογία του, είναι όμως σχεδόν αδύνατον να περιγράψει τη λειτουργία του. Στα κοινωνικά δίκτυα δεν ανταλλάσσεται απλώς πληροφορία με στόχο την καταγραφή και μετάδοση ατομικών ιδιοτήτων. Στα δίκτυα εταιρικής οργάνωσης, η μετάδοση πληροφορίας υποδηλοί άσκηση εξουσίας, στα δίκτυα προσωπικών φίλων ανταλλάσσονται δώρα, στα δίκτυα επιστημονικής συνεργασίας αποδίδεται αναγνωρισιμότητα (μέσω ονομαστικών αναφορών), στα δίκτυα τροφικής αλυσίδας καταναλώνονται ζωντανοί οργανισμοί. Είναι εξ αιτίας της λειτουργίας τους που τα δίκτυα υιοθετούν αρχικά κάποια τοπολογία και εξελίσσονται διατηρώντας ή μεταβάλλοντάς την, ενώ πεθαίνουν αποσυνθέτοντας την. Η μελέτη της λειτουργίας του δικτύου *αφορά στην επιρροή και όχι στην ταυτότητα*, και επομένως σχετίζεται, αλλά είναι ταυτόχρονα πολύ διαφορετική από τη μελέτη της δικτυακής τοπολογίας.

Το ζήτημα της λειτουργίας στην κοινωνική φυσική ξεκίνησε να μελετάται μετά τον 2^{ο} Παγκόσμιο Πόλεμο. Η Κυβερνητική (Cybernetics) και η θεωρία παιγνίων (Game Theory) γεννήθηκαν και αναπτύχθηκαν, η μεν πρώτη από την ανάγκη για κατασκευή αποτελεσματικότερων οπλικών συστημάτων, η δε δεύτερη μέσα από την πολιτική και τον ανταγωνισμό του ψυχρού πολέμου. Έκτοτε, αποτελούν επιστημονικούς τομείς που προσεγγίζουν τη λειτουργία του κόσμου που μας περιβάλλει, με ένα τρόπο που

επιτρέπει την αναλυτική περιγραφή οργανωτικών δομών, αλλά και την εφαρμογή μεθόδων επέμβασης σε αυτές.

Η Κυβερνητική διατύπωσε μια γενική μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ κόμβων, που περιγράφει την επιρροή ενός κόμβου στον άλλο, καθώς και τη συλλογική συμπεριφορά που προκύπτει. Η γενική αυτή αλληλεπίδραση ονομάστηκε «ανάδραση». Υπάρχουν δύο τύποι ανάδρασης, η αρνητική ανάδραση, που έθεσε τις βάσεις της «Κυβερνητικής πρώτης τάξης» ("1st order Cybernetics") και τη θετική ανάδραση, που μελετήθηκε κυρίως στην «Κυβερνητική δεύτερης τάξης» (2nd order Cybernetics").

- Η αρνητική ανάδραση οδηγεί σε αυτορρύθμιση της συμπεριφοράς δύο αλληλεπιδρώντων κόμβων. Ένα παράδειγμα σχετικό, που αναφέρει ο Wiener, είναι αυτό της πλοήγησης του πλοίου στον ποταμό. Κάθε φορά που το πλοίο προσεγγίζει την όχθη, ο κυβερνήτης στρίβει αντίθετα το τιμόνι για να αποφύγει την πρόσκρουση και να επαναφέρει το πλοίο προς τη μέση του ρου του ποταμού. Η πληροφορία της απόστασης πλοίου-όχθης προκαλεί (μέσω της διακυβέρνησης) αρνητική ανάδραση και επαναρρύθμιση της πορείας του πλοίου. Η πληροφορία χαρακτηρίζει μεν τη συσχέτιση πλοίου-όχθης, αλλά είναι η ανάδραση αυτή που προσδιορίζει τη λειτουργία της αλληλεπίδρασης. Γίνεται επίσης φανερό από το παράδειγμα ότι η αλληλεπίδραση περιλαμβάνει ανθρώπους (κυβερνήτη), αντικείμενα (όχθη ποταμού), όπως επίσης και μηχανές (πλοίο, τιμόνι, αισθητήρες υπολογισμού απόστασης, κλπ). Οι ετερογενείς κόμβοι, έμβιοι ή μη, που αλληλεπιδρούν, αποτελούν ένα «σύστημα».

- Η θετική ανάδραση δεν περιορίζει τις αποκλίσεις – αντίθετα, μεγαλώνει τις διαφορές, οδηγώντας το σύστημα σε νέες καταστάσεις που αναδύονται από τη διαδικασία ("emergence"). Οι νέες καταστάσεις μπορεί να σημαίνουν τον θάνατο ενός κόμβου (πχ, του πλοίου, στο οποίο ο πλοίαρχος κυβερνούσε επιταχύνοντας την πορεία προς την όχθη) ή την προσαρμογή ("adaptation") σε νέες μορφές λειτουργίας. Παράδειγμα, η μετάλλαξη βιολογικού οργανισμού που τον βοηθά να επιζήσει αλλαγών του περιβάλλοντος.

Ένα σύστημα, στο οποίο κάποιας μορφής ανάδραση παίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία του, ονομάζεται «πολύπλοκο» (“complex”). Εάν σε ένα πολύπλοκο σύστημα αφαιρεθεί ένα τμήμα, τότε το σύστημα κινδυνεύει να εξοντωθεί (πχ, το πηδάλιο από το πλοίο ή η καρδιά από ένα ζωντανό οργανισμό). Αντίθετα, σε ένα σύστημα δίχως πολυπλοκότητα (complicated), η αφαίρεση ενό ς τμήματο ς θα περιορίσει τις δυνατότητες λειτουργίας του, αλλά δεν θα το καταστρέψει (πχ, η αφαίρεση ενός καθίσματος από το αυτοκίνητο). Στη γενικότερη περίπτωση, η λειτουργία ενός συστήματος είναι συνήθως συνισταμένη πολλών τύπων ανάδρασης, θετικής και αρνητικής, μεταξύ των κόμβων. Η δράση κάθε κόμβου καθορίζεται τοπικά από την προσαρμογή στις καταστάσεις γειτονικών του κόμβων, με τους οποίους αυτορρυθμίζει τη λειτουργία του ή εξελίσσεται παράλληλα. Οι νέες καταστάσεις που προκύπτουν μακροσκοπικά στην πάροδο του χρόνου περιγράφονται μαθηματικά από έναν ελκυστή (“attractor”). Αν αυτός αποτελείται από ένα μόνον κόμβο, τότε το σύστημα ισορροπεί σε μια κατάσταση. Ενδέχεται βέβαια οι καταστάσεις του συστήματος να είναι πολύ περισσότερες αλλά πεπερασμένες ή να περιορίζονται σε κάποια περιοχή του διαγράμματος φάσης. Ή ακόμα και να αριθμούν δισεκατομμύρια σημεία (“strange attractors”), με τρόπο που η δυναμική στο σύστημα να εμφανίζει μεγάλη ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες. Οι τύποι αυτοί δυναμικής συστημάτων έχουν ευρύτατα μελετηθεί στον τομέα της φυσικής και οι βασικοί όροι της Κυβερνητικής (*ανάδυση*, *προσαρμογή*, *αυτοποίηση*, *ανάδραση*, κλπ), έχουν χρησιμοποιηθεί στην κοινωνική φυσική, παρά τις δυσκολίες στο μαθηματικό τους φορμαλισμό.

Σημαντική για την κοινωνική φυσική αποτελεί η έννοια της διακλάδωσης (bifurcation). Ένα σύστημα που εξελίσσεται ομαλά, σε κατάσταση μη ισορροπίας, μπορεί να φτάσει στο σημείο, όπου θα πρέπει να επιλέξει ανάμεσα από δύο διαφορετικές πορείες στο διάγραμμα φάσης. Μετά από μια επιλογή (ή, πολύ περισσότερο, μετά από μια σειρά από διαδοχικές επιλογές), το σύστημα είναι πρακτικά αδύνατον να γυρίσει στην πρότερη κατάσταση. Το ιστορικό του είναι καθοριστικό για την μετέπειτα πορεία του.[24] Αυτή η επιλογή ανάμεσα στις δύο

[24] Μέλη αποικίας μυρμηγκιών ανακαλύπτουν μια από τις δύο διόδους, που υπάρχουν από το στήσιμο του πειράματος και που οδηγούν σε αποθέματα τροφής. Έκτοτε την ακολουθούν με συνέπεια, δίχως να ψάχνουν για την εναλλακτική δίοδο. Το σύστημα έχει κάνει οριστικά μια επιλογή. Επίσης, από τη

δυνατότητες, που ανοίγονται στο σημείο της διακλάδωσης, μπορεί να γίνει απολύτως τυχαία. Τι γίνεται όμως αν μια τέτοια απόφαση παρθεί ενσυνείδητα; Την ερώτηση αυτή απαντά η θεωρία παιγνίων. Το απλούστερο σύστημα αποτελούν δύο άτομα που έχουν να επιλέξουν μεταξύ δύο επιλογών (το παιγνίδι αυτό ανήκει στην κατηγορία των παιγνίων 2×2). Υπάρχουν δηλαδή συνολικά $2^2=4$ συνδυασμοί αποτελεσμάτων. Κανένα άτομο δεν διαθέτει τρόπο να προβλέψει την επιλογή του άλλου (πέραν ίσως από τη γνώση κάποιας πρότερης συμπεριφοράς του ατόμου, όταν το παιγνίδι επαναλαμβάνεται). Αποφασίζει εκτιμώντας το κέρδος ή την επίπτωση που θα έχει, στην περίπτωση που έλθει ένα από τα δυνατά αποτελέσματα.

Το πρώτο τέτοιο παιγνίδι είχε περιγράψει ο Hobbes στην κοινωνία του Λεβιάθαν. Είναι αυτό που πολύ αργότερα ονομάστηκε «Δίλημμα του φυλακισμένου»: Σε δύο φυλακισμένους, που περιμένουν την απόφαση για την καταδίκη τους, δίδεται η επιλογή να καταδώσουν ή όχι τον άλλο. Εάν ένας μόνον καταδώσει, τότε ο καταδότης αφήνεται ελεύθερος και ο άλλος τιμωρείται εξαιρετικά βαριά. Εάν και οι δύο καταδώσουν, τιμωρούνται αμφότεροι με μια ελαφρότερη ποινή. Εάν κανείς δεν καταδώσει, τιμωρούνται πάλι, αλλά πολύ ελαφρά. Ο Hobbes πρότεινε ότι η αποδοχή μιας ελαφράς ποινής δεν καταστρέφει τη ζωή κανενός. Αρκεί *και οι δύο* εμπλεκόμενοι να θυσιάσουν συνειδητά το όνειρο της πλήρους ελευθερίας (που θα σήμαινε συνεχή αντιπαλότητα και έριδες). Μεταφέροντας το δίλημμα στην πολιτική πρακτική, οι πολίτες επιλέγουν να μειώσουν την ελευθερία τους, παραχωρώντας εξουσίες στον Άρχοντα, ώστε να εξασφαλιστεί ένα ελάχιστο κοινό καλό και μια κοινωνική ισορροπία. Ανεξάρτητα από το είδος της κοινωνίας που οραματίστηκε ο Hobbes, το σημαντικό είναι ότι συνειδητές αποφάσεις ατόμων όχι μόνο καθορίζουν την επιβίωση και την ιστορική τους πορεία, αλλά επίσης *οδηγούν σε μακροσκοπική κοινωνική οργάνωση*.[25]

Πόσοι τύποι οργανωτικών δομών υφίστανται; Παρά τον πολύπλοκο τρόπο σχηματισμού τους, μέσω διαφόρων τύπων ανάδρασης και επιλογών σε σημεία

στιγμή που θα ανακαλυφθεί η πηγή τροφής, η ιστορία της αποικίας έχει αλλάξει μη αντιστρεπτά. (Ilya Prigogine, *Νόμοι, του Χάους*)

[25] Όπως δείχθηκε στο τελευταίο τέταρτο του 20ού αιώνα, υπάρχουν και άλλοι συνδυασμοί επιλογών του διλήμματος του φυλακισμένου που οδηγούν σε τάξη και διαιώνιση του συστήματος. (Axelrod, R. and Hamilton W. D. (1981) The evolution of cooperation. *Science* 211, 1390-1396.)

διακλάδωσης, οι οργανωτικές μορφές μπορούν να καταταγούν σε τρεις μόνον γενικές κατηγορίες. Τις ιεραρχίες, τις αγορές και τα δίκτυα:

- Ιεραρχίες: Δομημένος μηχανισμός ελέγχου, προορισμένος για τη διοίκηση μεγάλων οργανισμών. Προβλέπει πολύ-επίπεδη οργάνωση, που προκύπτει για να βελτιστοποιήσει την λειτουργία συστημάτων.[26] Αυτό που χαρακτηρίζει τις αλληλεπιδράσεις ατόμων σε διαφορετικά επίπεδα είναι η κατεύθυνση του ελέγχου, καθώς ανώτερα επίπεδα διαθέτουν και εξασκούν προς τα κατώτερα μεγαλύτερη ισχύ και εξουσία.

- Πλήρως ανανεμειγμένα σύνολα - Αγορές: Σε αυτού του είδους την οργανωτική δομή, κάθε άτομο έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδράσει με οποιοδήποτε άλλο, σύμφωνα με κάποια κριτήρια αλληλεπίδρασης που καθιστούν τα άτομα «γειτονικά». Στην οικονομία, όπου η οργάνωση αυτή ονομάζεται «αγορά» (“market”), τα κριτήρια στηρίζονται σε ένα θετικό προϋπολογισμό οφέλους, έναντι του κόστους από σύναψη οικονομικών πράξεων μεταξύ των γειτόνων. Επίσης, μπορεί να στηρίζονται στο αποτέλεσμα των επιλογών που υιοθετείται από αυτούς με τη διαδικασία ενός 2 ×2 παιγνίου. Στη γενικότερη πάντως περίπτωση, αφορά σε αλληλεπίδραση, αμφίδρομη και συμμετρική, ως προς τα δύο άτομα που συμμετέχουν.[27]

- Δίκτυα: Οργανωτικές δομές με τη μορφολογία που μας απασχόλησε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο. Εδώ δεν είναι ξεκάθαρο το τι μεταβιβάζεται ή τι ανταλλάσσεται μεταξύ κόμβων. Είναι μια συμμετρική αλληλεπίδραση όπως

[26] Ιδού ένας απλός τρόπος ανάδυσης ιεραρχικής δομής, που υποδείχθηκε από τον H. Simon, με την παραβολή δύο ωρολογοποιών Tempus και Hora. Και οι δύο αυτοί κατασκεύαζαν εξαιρετικά ρολόγια από 1000 κομμάτια ο καθένας, εργάζονταν όμως με διαφορετικό τρόπο – ο πρώτος με συστημικό και ο δεύτερος με γραμμικό τρόπο. Ο Hora ακολουθούσε ένα γραμμικό τρόπο κατασκευής του ρολογιού, όπου, εάν αναγκάζονταν να σταματήσει πριν το ολοκληρώσει, τότε αυτό απεσυντίθετο και ξεκινούσε πάλι από την αρχή. Ο Tempus κατασκεύαζε υποσυστήματα (modules) των 10 στοιχείων, που ήταν λειτουργικά αυτοδύναμα. Έτσι, πρώτα έφτιαχνε 100 υποσυστήματα των 10 τεμαχίων. Μετά, σε ένα δεύτερο επίπεδο πολυπλοκότητας, συνέθετε ανά 10 τα προκατασκευασμένα υποσυστήματα των 10 στοιχείων. Σε τρίτο επίπεδο συνέθετε τα 10 προκατασκευασμένα υποσυστήματα των 100 στοιχείων, ολοκληρώνοντας το ρολόι. Αν σε οποιοδήποτε βήμα αναγκαζόταν να σταματήσει, απεσυντίθεντο μόνο τα 10 στοιχεία που επεξεργαζόταν εκείνη τη στιγμή. Η ιεραρχική δομή του συστήματος (ρολογιού) εξασφάλιζε την σχετικά εύκολη κατασκευή του, σε αντίθεση με τα ρολόγια του Hora, που κινδύνευε να μην καταφέρει ποτέ ολοκληρώσει ρολόι.

[27] Αυτό ισχύει και στην φυσική, όπου όλες οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ οντοτήτων σε πλήρως ανανεμειγμένα σύνολα (πχ, ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση, χημικοί δεσμοί, κλπ) είναι αμφίδρομες και συμμετρικές στα δύο σωματίδια.

στις αγορές; Είναι πληροφορία που αποσκοπεί τον έλεγχο, όπως στις ιεραρχίες; Διαισθητικά κινούμενος, θα μπορούσε κανείς να αμφισβητήσει ότι ένα δίκτυο φίλων έχει τις βάσεις του σε εκδήλωση πλήρως ωφελιμιστικών πρακτικών, ορθολογικών παιγνίων ή άσκησης ελέγχου. Κατά καιρούς έχουν τεθεί σημαντικά ζητήματα από κοινωνιολόγους, οικονομολόγους και φιλοσόφους, που αφορούν στο είδος των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, στη φύση των δικτυακών κόμβων και στο διαχωρισμό εξωτερικού-εσωτερικού χώρου σε δίκτυα. Τα θέματα αυτά, ιδιαίτερα εκείνα που σχετίζονται με την πρωτότυπη πειραματική έρευνα της παρούσας εργασίας, διερευνώνται διεξοδικά.

1.3. Η έννοια του Δικτύου στις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες

1.3.1. Η ορολογία του Δικτύου στις κοινωνικές επιστήμες

Οι ανθρωπιστικές σπουδές χρησιμοποιούν ευρύτατα δικτυακή ορολογία, με τρόπο όμως που δεν αποδίδονται σε αυτήν ντετερμινιστικά χαρακτηριστικά. Παρότι αυτό βρίσκεται φαινομενικά σε αντίθεση με τη θεώρηση του δικτύου στη στατιστική φυσική, θα διαφανεί παρακάτω ότι, τα τελευταία χρόνια, έχουν γίνει μεγάλα βήματα σύγκλισης φυσικών και κοινωνικών επιστημών.

Η φυσική, όπως και η κοινωνική φυσική, συσχετίζει τη δράση αλληλεπιδρώντων οντοτήτων με τη συλλογική μακροσκοπική τους συμπεριφορά. Οι οντότητες αυτές, ενδέχεται να είναι οργανωμένες σε δίκτυα μέσω της τοποθέτησής τους στο χώρο, αλλά και μέσω γενικών χαρακτηριστικών που αφορούν μεταξύ τους συσχετίσεις. Όπως διατυπώθηκε παραπάνω, η κοινωνική φυσική χειρίζεται με ομοιομορφισμούς τη μορφή και την αλληλεπίδραση στο δίκτυο, την τοπικότητα και την λειτουργία, μέσω των μοντέλων εκπροσώπησης. Ο ομοιομορφισμός υποδηλώνει πως η ταυτότητα κάθε εκπροσώπου καθορίζεται σε σχέση με το μικροσκοπικό περιβάλλον του (τοπικότητα), αλλά και σε σχέση με παραμέτρους της μακροσκοπικής δυναμικής του δικτύου (λειτουργία). Το δίκτυο δεν «βρίσκεται κάπου», αλλά «τοποθετείται κάπου» για να συσχετίσει μικρόκοσμο και μακρόκοσμο. Μέσω της μαθηματικής

(στατιστικής) αυτής μεθόδου, το δίκτυο δεν αποτελεί μόνον μια οργανωτική δομή – είναι επίσης ένα αναλυτικό εργαλείο κατανόησης και περιγραφής της οργανωτικής αυτής δομής.

Ο ομοιομορφισμός της κοινωνικής φυσικής διαφέρει από τον τρόπο που οι κοινωνιολόγοι εξετάζουν τα δίκτυα. Υπάρχει πάντα η σκιά του ντετερμινισμού, με τον οποίο φυσικοί επιστήμονες (όχι όλοι, φυσικά) αντιμετωπίζουν το αναλυτικό αυτό εργαλείο. Αυτοί συχνά θεωρούν ότι:

- Υπάρχει δυνατότητα να περιγραφεί η σύνθετη ανθρώπινη συμπεριφορά με μετρήσιμες παραμέτρους. Ακόμη και όταν μελετάται η μορφολογία και η κίνηση (ήτοι, το κύριο αντικείμενο της φυσικής), η κοινωνική φυσική πρέπει να αγνοήσει προθεσιακότητα στο άτομο, ως εάν να μην ήταν έμβιο σώμα.

- Υπάρχει δυνατότητα «αντικειμενικής» αποτύπωσης ενός προβλήματος και κατανόησής του με τη χρήση μαθηματικών τύπων, διαγραμμάτων, χαρτών, πινάκων ή καταλόγων. Υπάρχει μια βασική φορμαλιστική διατύπωση που μπορεί να περιγράψει κάθε κατάσταση.

- Το κίνητρο και η στοχοθεσία προηγείται των γεγονότων. (Αντίθετη στην ντετερμινιστική αυτή άποψη είναι ότι οι «στόχοι» κατασκευάζονται εκ των υστέρων, για να εξηγήσουν την ανάδυση εμφανιζόμενων καταστάσεων.)

- Η πρακτική ακολουθεί τη θεωρία. Η θεωρία είναι γενικότερη, οι τεχνολογίες αναπτύσσονται ως εφαρμογές της. Αποκλίσεις από θεωρητικές προβλέψεις μελετώνται ως διαταραχές και σφάλματα, τα οποία μπορούν να ποσοτικοποιηθούν στοχαστικά.

Στην κοινωνιολογία έχουν προταθεί πολλές θεωρήσεις συσχέτισης τοπικότητας και λειτουργίας σε δικτυακές οργανωτικές δομές, που χρησιμοποιούν τις έννοιες του δικτύου και του συστήματος, με τρόπο που διαφοροποιείται ριζικά από τις παραπάνω ντετερμινιστικές θέσεις. Οι θεωρήσεις αυτές σχετίζονται με τη δημιουργία, την αναπαραγωγή, την διαφοροποίησή τους στο κοινωνικό πλαίσιο, και αφορούν στον

καθορισμό και την τοποθέτηση των δρώντων, στον ρόλο των αλληλεπιδράσεων και των πρακτικών. Παράλληλα, έχουν προταθεί πολλοί τρόποι θεώρησης του δικτύου, είτε ως αναλυτικού εργαλείου (περιγραφής της κοινωνικής συμπεριφοράς), είτε και ως αντικειμένου ανάλυσης (μορφή οργάνωσης).

Η οπτική τους συχνά ακολουθεί πραγματιστικές θέσεις. Σύμφωνα με αυτές, οι νόμοι, οι μαθηματικοί τύποι ή τα κείμενα δεν αποτελούν μορφές γνώσης, αλλά εργαλεία έρευνας. Η γνώση που ενσωματώνεται σε συνήθειες και πρακτικές με τη μορφή της άρρητης γνώσης (tacit knowledge) είναι η μόνη δυνατή μορφή γνώσης. Δεν ισχύει πως η θεωρία και η πράξη αποτελούν διαφορετικούς τρόπους προσέγγισης, ούτε δύο ανεξάρτητες δραστηριότητες. Υπάρχει μόνον η πρακτική – η θεωρία αποτελεί μια μορφή πράξης. Τα δίκτυα δεν ορίζονται από κανόνες, οι οποίοι έχουν αναλυθεί διεξοδικά στα πλαίσια μιας θεωρίας. Ορίζονται μέσα από πρακτικές (συσχετισμούς) ή/και μέσα από τα κείμενα που τις περιγράφουν. Παρακάτω αναφέρουμε επιγραμματικά μερικές προσεγγίσεις κοινωνιολόγων, όπως ταξινομούνται από τον R.F. Thompson:[28]

- Η κοινωνική κατασκευασιοκρατία δίνει έμφαση στον τρόπο και την αναγκαιότητα της δημιουργίας κοινωνικών δικτύων, μέσα και από το κοινωνικό τους πλαίσιο. Σύμφωνα με τον Hacking[29], τα συστατικά τους είναι «είδη πραγμάτων» ('species of things') και «τρόποι αλληλεπίδρασης» ('interactive kinds'). Τα δίκτυα αποτελούν συνέπεια (*consequence*) της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε ιδέες και έννοιες, «προβλήματα», ανθρώπους, θεσμικούς φορείς, κοινωνικές πρακτικές, μορφές γνώσης. Προκύπτουν ως πλέγμα ετερογενών στοιχείων, εμβαπτισμένα στο κοινωνικό γίγνεσθαι. Επίσης, το δίκτυο δεν αποτελεί μια απλή κατασκευή, αλλά εμπεριέχει δυναμική, που εξασφαλίζει την αναπαραγωγή και την σταδιακή μεταβολή του, μέσω διαρκούς σύνθεσης των στοιχείων του δικτύου με τις κατά καιρούς επικρατούσες συνθήκες. Η κοινωνική δραστηριότητα, όχι μόνον εγγυάται την ανάδυση της οργάνωσης δικτύου από δρώντα κοινωνικά στοιχεία, αλλά την αναπαραγωγή και αναμόρφωσή του. Το δίκτυο παράγει ένα αποτέλεσμα με

[28] Thompson (2003), p. 6-15.
[29] Hacking, I. (1999). *The social construction of what?* Cambridge MA: Harvard University Press.

τον ίδιο τρόπο, με τον οποίο είχε και αυτό το ίδιο προηγουμένως κατασκευασθεί.

- Δίκτυο ως «ανοικτό σύστημα»: Ένα δίκτυο μπορεί να εμφανίζει διάφορες λειτουργίες, και επομένως διάφορους τρόπους να προσεγγισθεί και να περιγραφεί. Η ίδια μορφολογία δεν προεξοφλεί παρόμοια λειτουργία. Χρησιμοποιώντας την αναλογία που αναφέρεται στον Thompson[30], το ίδιο άλογο μπορεί να καλπάζει, να περπατά, να πηδά εμπόδια, κλπ. Κάθε τρόπος κίνησης υποδεικνύει διαφορετικό τρόπο που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον και που καθοδηγείται από τον αναβάτη. Παρόμοια, η λειτουργία ενός δικτύου μπορεί να ενσωματώνεται σε διαφορετικούς κάθε φορά κανόνες, πρότυπα, θεσμικούς περιορισμούς. Οι δικτυακές διασυνδέσεις ενδέχεται να χαρακτηρίζονται από διαφορετικό τρόπο αμοιβαίου ελέγχου και εξάρτησης μεταξύ δικτυακών κόμβων, ο οποίος αντανακλά διαφορετικές δυνατότητες εξέλιξης και προσαρμογής του δικτύου. Το δίκτυο μελετάται ως «ανοικτό σύστημα» ('open network'), με δυνατότητα εξελικτικής αυτό-οργάνωσης. Είναι μια θεωρητική κατεύθυνση που ακολουθείται σε πρόσφατες προσεγγίσεις της Θεωρίας Δικτύου Δρώντων.[31]

- Ένας άλλος τρόπος να ειδωθεί ένα δίκτυο είναι μέσω της οπτικής των κειμένων. Ένα κείμενο «ευθυγραμμίζει» γεγονότα, αντικείμενα, διηγήσεις, πρακτικές, μηχανισμούς. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πρότυπα, κανόνες ή θεσμικοί περιορισμοί δένονται μεταξύ τους για να υποστηρίξουν το πλέγμα των ετερογενών στοιχείων. Τα δίκτυα εξασφαλίζουν κοινωνική τάξη. Χαρακτηριστικό είναι το παρακάτω εδάφιο του Foucault:

> *…A 'system of elements' – a definition of the segments by which the resemblances and differences can be shown, the types of variation by which those segments can be altered, and lastly, the threshold above which there is a difference and below which there is a similitude – is indispensable for the establishment of the simplest order. Order is […]*

[30] Αποδίδεται στους Giles και Deluze: Δες G.F. Thompson (2003) p, 6.
[31] Law, J and Hassard, J. (Eds) (1999) *Actor Network Theory and After*. Oxford: Basil Blackwell Publishers.

that which is given in things as its inner law, the hidden network that determines the way they confront one another, and also that which has no existence except in the grid created by […] a language: and it is only in the blank spaces of this grid that order manifests itself…[32]

M. Foucault

Τα κείμενα δεν εκφράζουν αντιπαράθεση ανάμεσα σε κάτι «εκεί έξω» με την αναπαράστασή του «εδώ μέσα», ανάμεσα σε πράγματα και λέξεις. Αποτελούν όμως τον κανόνα *που ορίζει* την τάξη των πραγμάτων, τις πρακτικές που προσδιορίζουν συστηματικά τα πράγματα στα οποία αναφέρονται. Τα γλωσσικά σύμβολα και οι λογικές εκφράσεις εξυφαίνουν συσχετισμούς μεταξύ στοιχείων που έχουν τη δυνατότητα για ανάδυση, απόρριψη και προσδιορισμό.

- Ως δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί <u>ένα σύστημα συσχετισμών</u>, οι οποίοι μπορεί να είναι κοινωνικο-οικονομικοί, διανοητικοί, τεχνολογικοί, συμβολικοί, ακόμα και φανταστικοί. Σε ένα τέτοιο δίκτυο οι κόμβοι είναι συσχετισμοί (πχ, η θέση των δένδρων στο δάσος, η φωτιά ξύλων), ενώ οι ακμές είναι διασυνδέσεις συσχετισμών (η φωτιά στο δάσος). Συστήματα τέτοιων σχηματισμών παρουσιάζουν κανονικότητες στο χώρο και τον χρόνο, οργάνωση, τάξη. Οντότητες δημιουργούνται από τους συσχετισμούς τους, ζουν μέσα σε αυτούς, κατασκευάζονται ως αποτέλεσμα της δικτύωσης. Η ανάλυση εστιάζει σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ δρώντων και αντικειμένων, αδιαφορώντας για τη φύση που διαθέτουν αυτές οι οντότητες όταν απουσιάζουν οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Η αναπαράσταση του κόσμου ως δίκτυο συσχετισμών είναι ολογραφική, υπό την έννοια ότι οι δικτυακές σχέσεις μπορούν να αποτελούν είτε ακμές είτε δικτυακούς κόμβους. Έτσι, τα δίκτυα μπορούν να εμφανίζουν πολλές μορφολογίες και πολλές διαφορετικές δυναμικές, σε διαφορετικές χωρικές και χρονικές κλίμακες, ως αυτο-οργανούμενες διατάξεις. Παράλληλα, η δικτυακή αυτή αναπαράσταση εμφανίζει πολυπλοκότητα, δεδομένου ότι οι συσχετίσεις,

[32] Foucault, M. (1970). *The order of things*. London: Tavistock Publications, p. xx (preface).

με τις οποίες θεμελιώνεται, προκύπτουν από συσχετισμούς διαφορετικών μορφών γνώσης: γνώση κωδικοποιημένη, γνώση ενσωματωμένη ως τεχνική σε αντικείμενα και πρακτικές, μη συστηματικά παρεχόμενη πληροφορία, κλπ. Νέες καταστάσεις μπορούν να αναδυθούν ανά πάσα στιγμή, που περιλαμβάνουν την καταστροφή, την κατάτμηση ή την προσαρμογή του δικτύου, καθώς αυτό εξελίσσεται μη αντιστρεπτά επιλέγοντας, εκδοχές σε σημεία διακλάδωσης (bifurcations).

- Μια περισσότερο συμβατική θεώρηση του δικτύου διερευνά τη διάκριση εσωτερικού – εξωτερικού χώρου. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, αν η δικτυακή ανάλυση διατηρεί κάποια αναλυτική δύναμη, οφείλει να μην είναι υπερβολικά γενική ώστε να καταλήγει ασαφής – δηλαδή, να μην συμπεριλαμβάνει στα αντικείμενα μελέτης *οποιαδήποτε μορφή* οργάνωσης. Έτσι, το δίκτυο ως οργανωτική δομή οφείλει να έχει καθαρές διαχωριστικές γραμμές από άλλες μορφές οργάνωσης (πχ, ιεραρχίες, αγορές). Όταν δε το δίκτυο θεωρείται ταυτόχρονα αναλυτικό εργαλείο και αντικείμενο ανάλυσης (οργανωτική δομή), όπου έχει ορισθεί τι *δεν* μπορεί να εξεταστεί αναλυτικά και τι *δεν* περιλαμβάνεται μορφολογικά, συγκεκριμένοι μόνον τύποι αλληλεπιδράσεων *εμφανίζονται συνεπείς με τα όρια αυτά*. Αυτό επισημαίνεται από τον R. F. Thompson. Για παράδειγμα, σε ένα τέτοιο δίκτυο υπάρχουν σαφείς λόγοι που αποκλείουν αλληλεπιδράσεις που βασίζονται πάνω σε ορθολογικούς υπολογισμούς κόστους-οφέλους (που προβλέπεται σε δίκτυα της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας) ή πάνω σε σχέσεις άσκησης εξουσίας από απόσταση (που προβλέπει η Actor Network Theory).

Στην εργασία εξετάζονται κάποιες από τις παραπάνω θεωρήσεις των φυσικών και κοινωνικών επιστημών, με βάση τον τρόπο που προσεγγίζουν τα δίκτυα ως εργαλεία ανάλυσης και ως μορφές οργάνωσης. Θέση της παρούσας εργασίας είναι ότι *η κοινωνική φυσική αναπτύσσεται επί τέσσερις αιώνες παράλληλα με κοινωνιολογικές θεωρήσεις και ενσωματώνει στοιχεία, όχι μόνον εξελίσσοντας τη μέθοδο που ακολουθεί, αλλά μετακινώντας κυρίαρχες μεταφορές από την ανάλυση του ενός επιστημονικού τομέα στον άλλο. Η πορεία αυτή διευρύνει σταδιακά το αντικείμενο μελέτης της κοινωνικής φυσικής (πχ, από ομοιογενή σύνολα σε ετερογενή, από τη μελέτη μορφής και συσχέτισης σε μελέτης λειτουργίας, κλπ) και μεταβάλλει διαχρονικά*

τη φιλοσοφική της στάση απέναντι στις δυνατότητες περιγραφής της σχέσης γνώσης, πρακτικής και λόγου.

1.3.2. Μη ντετερμινιστικές προσεγγίσεις στην κοινωνική φυσική

Ως το 1998, η κοινωνική φυσική χρησιμοποιούσε αναπαραστάσεις των κοινωνικών συσχετισμών που προσομοίαζαν σε φάσεις της ύλης και δίκτυα ντετερμινιστικά ή τυχαία. Όπως προαναφέρθηκε, η ανακάλυψη δύο νέων τύπων στοχαστικών δικτύων («δίκτυα μικρών κόσμων» και «δίχως κλίμακα δίκτυα»), προσέδωσε νέες κατευθύνσεις στην έρευνα. Η ανακάλυψη αυτή έγινε δυνατή μόνο με την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων και την διερεύνηση πολύ μεγάλων βάσεων δεδομένων, οι οποίες κατέγραφαν, μεταξύ άλλων, την ίδια τη διασύνδεση και λειτουργία των υπολογιστικών συστημάτων που τις υποστήριζαν.

Το πιο αξιοσημείωτο γεγονός, που συνέβη τη δεκαετία του ’90 στο τομέα των υπολογιστών και των βάσεων δεδομένων, ήταν η ανάπτυξη του διαδικτύου. Έκτοτε ζούμε στην εποχή όπου κάθε υπολογιστής μπορεί να διασυνδεθεί μέσω δρομολογητών (routers) με οποιονδήποτε άλλον υπολογιστή, από πρακτικά οπουδήποτε. Ζούμε επίσης στα χρόνια του “web”. Πάνω από 100 εκατομμύρια ιστοσελίδες, όπου η μια παραπέμπει σε άλλες, «ζουν» μέσα στο διαδίκτυο και είναι προσβάσιμες για να παρέχουν κάθε είδους πληροφορία. Το διαδίκτυο και το web αποτελούν παραδείγματα οργανωτικής δομής πολύ διαφορετικής από πλήρως ανανεμειγμένα σύνολα ή ιεραρχίες. Συνακόλουθα, το πρώτο κύριο μέλημα της κοινωνικής δικτυακής ανάλυσης από τα τέλη το υ ’9 0 ήταν η περιγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της τοπολογίας τους. Επί πλέον, όμως, η κοινωνική φυσική σήμερα επιχειρεί να διερευνήσει το ζήτημα της διαδικασίας *σχεδιασμού* μιας τέτοιας τοπολογίας. Πώς αυτή η μορφή προέκυψε, αναπτύχθηκε και διατηρείται σε τέτοια έκταση; Είναι φανερό πως δεν προέκυψε από κανένα υπολογιστικό κέντρο που διέθετε ή διαθέτει τον κεντρικό έλεγχο αυτών των δικτύων. Ούτε στηρίχθηκε στον ανταγωνισμό και την συμμετρική αλληλεπίδραση σε ένα πλήρως ανανεμειγμένο σύνολο δρώντων, επιστημόνων ή μη. Αποκλείοντας, επομένως, ιεραρχίες και αγορές, απομένει η πρόταση πως ο σχεδιασμός της *προέκυψε* από δίκτυα. Μπορεί η έννοια

του δικτύου να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει αυτή τη διαδικασία; Να θεωρηθεί δηλαδή το δίκτυο ως εργαλείο ανάλυσης, παράλληλα με τον χαρακτήρα του ως οργανωτική δομή;

Η απάντηση της κοινωνικής φυσικής είναι καταφατική. Όμως έρχεται με κόστος: Τη μετατόπιση της έμφασης από κυρίαρχες μεταφορές ανάλυσης όπως η αιτιότητα και η τεχνολογική ουδετερότητα σε άλλες, όπως κοινότητα και μετάφραση, που μπορούν να ενταχθούν ευκολότερα σε ένα πραγματιστικό ή ερμηνευτικό φιλοσοφικό πλαίσιο. Η μετατόπιση αυτή οδηγεί σε αλλαγή στάσης των φυσικών για τη μελέτη της κοινωνικής λειτουργίας και στην προσέγγιση εννοιολογικών χαρακτηριστικών που προτείνονται από κοινωνιολόγους, κάποιες από τις οποίες αναφέρθηκαν στην προηγούμενη υπο-ενότητα.

Η σταδιακή μετατόπιση της κοινωνικής φυσικής προς τον πραγματισμό διαφαίνεται από την βαθμιαία υποβάθμιση της έμφασης στις ντετερμινιστικές θέσεις που διατυπώθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Για παράδειγμα, η έννοια της αιτιότητας χάνει την κεντρική της θέση στην ανάλυση. Τη θέση αυτή καταλαμβάνει η έννοια της κοινότητας. Αυτό γίνεται φανερό στην διερεύνηση του ποιος καθοδηγεί την ανάπτυξη του διαδικτύου. Μήπως αυτή η τεχνολογία σχεδιάστηκε με την πίστη του σχεδιαστή για αιτιακά καθορισμένα αποτελέσματα ή προέκυψε με την συνεισφορά της κοινότητα που την χρησιμοποιεί; Μήπως η τεχνολογία αναπτύχθηκε υποθέτοντας πως ο σχεδιαστής γνώριζε καλύτερα από τους χρήστες (που συμμορφώθηκαν σε κάποιο τεχνολογικό μοντέλο συμπεριφοράς) ή μήπως δοκιμάστηκε και εξελίχθηκε μέσα από την καθημερινή ανθρώπινη πρακτική; Η απάντηση είναι προφανής, φέρνοντας απλά στο νου τις δυνατότητες που έχουν οι χρήστες να συνθέτουν και να διασυνδέουν υπολογιστικά συστήματα από τα μέρη τους (πχ, μικροεπεξεργαστές, περιφερειακά, κάρτες δικτύου, κλπ) προσαρτώντας τα στο διαδίκτυο, αλλά και τις δυνατότητες που διαθέτουν να κατασκευάζουν οι ίδιοι ιστοσελίδες και να διασυνδέονται στο χώρο του web. Υπό αυτή την έννοια, *η απόδοση έμφασης στην κοινότητα υποβαθμίζει την αιτιότητα ως μοντέλο της ανθρώπινης οργάνωσης και της τεχνολογικής ανάπτυξης*. Εκεί όπου ο ορθολογισμός επισημαίνει τη σημασία του ατόμου ως φορέα ανεξάρτητης άποψης, η πραγματιστική αντίληψη εστιάζει στην κοινωνική φύση της ανθρώπινης δράσης.

Παρά την αλλαγή στην έμφαση που της αποδίδεται, η έννοια της αιτιότητας στην κοινωνική φυσική δεν αποδυναμώνεται. Περιορίζεται όμως στη στατιστική μηχανική, της οποίας η μαθηματική αυστηρότητα παραμένει στο απυρόβλητο. Αντίθετα, ο μακρόκοσμος και ο μικρόκοσμος αντιστοιχούνται στα στατιστικά μαθηματικά μοντέλα μέσω ομοιομορφισμού, του οποίου *η χρήση δεν υπόκειται σε προκαθορισμένους κανόνες*. Ο μαθηματικός φορμαλισμός στην κοινωνική φυσική χρησιμοποιείται με *μη μοναδικό* τρόπο για να προσεγγιστεί κάποιο συλλογικό φαινόμενο, όπως η συμπεριφορά ανθρώπινων συνόλων, η ανάπτυξη αποικιών βακτηριδίων ή φυτών, οι διαταραχές στις αγορές χρήματος. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν ότι για το συγκεκριμένο φαινόμενο μπορεί να προταθούν πολλά μοντέλα. Κατ' αυτόν τον τρόπο, σύμφωνα με τον Coyne, η κοινωνική φυσική δεν αποτελεί θεωρία εξήγησης, αλλά προσφέρει μαθηματικά μοντέλα που επιχειρούν προβλέψεις μόνο υπό προϋποθέσεις.[33] Τα μοντέλα αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν «υποθετικές θεωρίες», «μη αιτιακές θεωρίες» ή «μαθηματικές διερευνήσεις» ("mathematical treatments"[34]). Παράλληλα, στα μοντέλα της κοινωνικής φυσικής η παρομοίωση και η αντιστοιχία χρησιμοποιείται μόνο μεταξύ του μελετώμενου φαινομένου και του φορμαλισμού συμβόλων και αριθμών, αντίθετα από τη πρακτική που ακολουθείται γενικότερα στη διατύπωση μοντέλων, όπου συγκρίνεται το μελετώμενο φαινόμενο με άλλο που έχει πληρέστερα διερευνηθεί.[35] Αυτό βοηθά την κοινωνική φυσική στην προσπάθεια διατύπωσης μιας μετα-επιστήμης, στην οποία αποφεύγονται παρακινδυνευμένες μεταφορές, πέραν εκείνων που χρησιμοποιούν μαθηματικά εργαλεία.

Η μεταβολή στη θεώρηση του ρόλου του μαθηματικού φορμαλισμού εμφανίζεται σταδιακά. Παράδειγμα αποτελούν οι απόψεις των κοινωνικών φυσικών για το σχεδιασμό. Ως σημείο αφετηρίας ντετερμινιστικών απόψεων για το σχεδιασμό μπορεί να αναφερθεί η πίστη του Herbert Simon, επιφανούς ερευνητή της Κυβερνητικής, ότι

[33] Coyne, R. (1995). *Designing information technology in the postmodern age*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press, p. 220.
[34] Όρος που αποδίδεται στον M. Black, δες Black, M. (1962) *Models and Metaphors*. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press.
[35] Η δύναμη των μοντέλων στη φυσική βρίσκεται στις ομοιότητες και τις διαφορές που αναδεικνύουν ανάμεσα σε κάτι άγνωστο και σε κάτι άλλο που έχει κατανοηθεί. Μέσα, για παράδειγμα, από την αναλογία που παραλληλίζει τα κύματα στο νερό ως κύματα στον αέρα αναδεικνύονται οι κοινές κυματικές ιδιότητες, αλλά και οι διαφορές τους, οι οποίες προσφέρουν τροφή για νέους παραλληλισμούς και νέα μοντέλα, κοκ. Στην κοινωνική φυσική όμως, η αναλογία είναι πάντα μεταξύ ενός μακροσκοπικού φαινομένου και της μαθηματικής (στατιστικής) απεικόνισης της συμπεριφοράς αλληλεπιδρώντων σωματιδίων.

η κατανόηση ιστοριών και καταστάσεων μπορεί να αποδοθεί με χειρισμό του κατάλληλου φορμαλισμού ή ότι είναι δυνατόν να εξευρεθεί μια (ντετερμινιστική) «επιστήμη του σχεδιασμού» ("a science of design, a body of intellectually tough, analytic, partly formalizable, partly empirical, teachable doctrine about the design process"[36]). Πιο πρόσφατα όμως, ο G. Broadbent αναγνωρίζει πώς «ο σχεδιασμός δεν μπορεί ποτέ να είναι αποτέλεσμα απολύτως αυτοματοποιημένης διαδικασίας».[37] Όσο περισσότερο παρακολουθεί κανείς τη δράση των ειδημόνων, τόσο περισσότερο διαπιστώνει πως αυτοί δυσκολεύονται να διατυπώσουν με συνέπεια και φορμαλιστική ακρίβεια δίκτυα και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις έννοιες που χρησιμοποιούν.[38] Ο μαθηματικός φορμαλισμός δεν παύει φυσικά να χρησιμοποιείται σαν ικανότατο εργαλείο ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων. Αυτό που δεν επιτρέπει ακριβή και μονοσήμαντη περιγραφή της σχεδιαστικής δραστηριότητας είναι η μη πληρότητα της περιγραφής του ομοιομορφικού μοντέλου.

Με την πάροδο λοιπόν του χρόνου, η αναζήτηση μιας μετα-επιστήμης από την κοινωνική φυσική γίνεται υπό νέους όρους. Σύμφωνα με τους Laughlin and Pines,

> *"The central task… is no longer to write down the ultimate equations but rather to catalogue and understand emergent behavior… We are witnessing a transition from reductionism to the study of complex adaptive matter".*[39]

Δεν αναζητάται πλέον κάποια υποβόσκουσα εσωτερική δομή του κόσμου, μεταφυσικές θέσεις περιορίζονται, ενώ αυτό που θεωρείται σταθερό είναι μόνον η ισχύς της στατιστικής μαθηματικής θεώρησης.[40] Η δύναμη της κοινωνικής φυσικής βρίσκεται στην ισχύ των εργαλείων της, που προσφέρουν στην επιστημονική κοινότητα που τα χειρίζεται τη δυνατότητα να επεξεργάζεται παρατηρήσεις και πειράματα, να καταγράφει, να συγκρίνει και να ερμηνεύει αποτελέσματα. Αυτό αποτελεί σύγκλιση προς πραγματιστικές θέσεις, στο μέτρο που οι κοινωνικοί φυσικοί

---

[36] Coyne (1995), p. 205.
[37] Broadbent, G. (1998). *Design and architecture: Architecture and human sciences.* London: David Fulton. Δες Coyne (1995), p. 49.
[38] Coyne (1995), p. 50.
[39] Buchanan M. (2002). *NEXUS - Small Worlds and the Science of Networks*. New York and London: W.W. Norton and Co.
[40] Το θεώρημα του Gödel και η απροσδιοριστία του Heisenberg μπορούν να εκληφθούν ότι υποσκάπτουν ντετερμινιστικές θέσεις, ή αντίθετα ότι αποτελούν τεκμήριο της καθολικής φύσης της θεωρητικής (ντετερμινιστικής) κατεύθυνσης. Δες Winograd and Flores, στο Coyne (1995), p. 25

δεν θεωρούν την δραστηριότητά τους σήμερα ως μέτρο για να αποκλειστούν ή να αξιολογηθούν άλλες φιλοσοφικές προσεγγίσεις.[41] Από την άλλη μεριά, η εξέλιξη των μαθηματικών εργαλείων διευρύνει το αντικείμενο μελέτης της κοινωνικής φυσικής, που καλύπτει σταδιακά όλο και μεγαλύτερο μέρος του κόσμου. Η στατιστική μηχανική μπορεί σήμερα να μελετά, όχι μόνον κλειστά (απομονωμένα) συστήματα, αλλά και ανοικτά συστήματα μακράν της ισορροπίας. Σύμφωνα με την Gulbenkian Commission on the Restructuring of the Social Science στις ΗΠΑ, όπου συμμετείχε ο νομπελίστας φυσικοχημικός Ilia Prigogine (θεμελιωτής της στατιστικής ανοικτών συστημάτων), τα όρια μεταξύ φυσικού και κοινωνικού υποχωρούν, και οι δύο κόσμοι μπορούν να αναλυθούν "based on dynamics of non-equilibria, with its emphasis on multiple features, bifurcation and choice, historical dependence, and… intrinsic and inherent uncertainty".[42] Όσο αναπτύσσεται η στατιστική μηχανική, τόσο διευρύνεται το αντικείμενο μελέτης της κοινωνικής φυσικής. Δεν προκαλεί λοιπόν έκπληξη ότι η πρόσφατη ανακάλυψη (το 1998) των «μικρών κόσμων» και των «δίχως κλίμακα δικτύων» προκάλεσε πολύ μεγάλη αύξηση στον αριθμό των δημοσιεύσεων στον τομέα.

Η ανάπτυξη της στατιστικής μηχανικής δεν είναι η μόνη κατεύθυνση προόδου στην κοινωνική φυσική. Μία δεύτερη κατεύθυνση (που σηματοδοτεί και την πειραματική έρευνα της παρούσης εργασίας) αφορά την υιοθέτηση νέων χαρακτηριστικών ομοιομορφισμού, που αντιστοιχίζουν παραμέτρους του μακροσκοπικού κόσμου σε στοιχεία που μπορεί να χειριστεί η στατιστική μηχανική. Τα χαρακτηριστικά αυτά, που αποδίδονται στα μικροσκοπικά σώματα και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, αποτελούν σε μεγάλο βαθμό υποθέσεις *εξωτερικές* του πλαισίου της κοινωνικής φυσικής – εξελίσσονται μέσα από διάλογο με φιλοσοφικές απόψεις για τη φύση των ατόμων, της πληροφορίας, των κοινωνικών συσχετισμών, κλπ. Ένα παράδειγμα τέτοιου διαλόγου παραθέτει ο Peter Galison, αναφερόμενος στην κριτική του François Lyotard στην Κυβερνητική, από τη σκοπιά του μετα-μοντερνισμού. Η κριτική αυτή δεν αφορά στην άποψη της συστημικής θεώρησης πως το σύστημα είναι κάτι πολύ περισσότερο από το σύνολο των μερών[43], αλλά *στον τρόπο που τα μέρη*

[41] Coyne (1995), p. 213.
[42] Wallerstein, I. (1996). *Open the Social Sciences: Report of the Gulbenkian Commission on the restructuring of the Social Sciences*. Standford, CA: Standford University Press.
[43] Η άποψη αυτή στην κοινωνική φυσική έχει τη γενεαλογία της, που θα αναφερθεί στα κεφάλαια 2 kai 3 της διατριβής. Τον 17^{ο} και 18^{ο} αιώνα, για παράδειγμα, η κατανόηση της λειτουργίας του συνόλου

αλληλεπιδρούν, σε στοιχεία δηλαδή του ομοιομορφισμού της Κυβερνητικής που στηρίζεται στην ανάδραση. Μεταξύ άλλων[44], ο Lyotard θεωρεί τον «αγωνιστικό χαρακτήρα της κοινωνίας» ("agonistic aspect of society") ως προϋπόθεση για την κατανόηση των κοινωνικών συσχετισμών και ισχυρίζεται πως αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη στο πλαίσιο της Κυβερνητικής. Ο Galison, όχι μόνον παραθέτει στο άρθρο του στοιχεία για το αντίθετο, αλλά και προχωρεί αντιστρέφοντας το επιχείρημα, καταλογίζοντας στον Lyotard ότι είναι αυτός που υιοθέτησε βασικές μεταφορές της κοινωνικής φυσικής:

> *"We track Lyotard's postmodernist and game-theoretical worldview back deep into the heart of Manichean sciences [operational analysis, game theory and cybernetics]. As we study the postwar science, then, it seems to me of outmost importance not to seize uncritically the central metaphors of operational analysis, game theory and cybernetics and make them our own, while claiming all the while a new "postmodern" periodization"*[45].

Άποψη του γράφοντος είναι ότι το κύριο ζήτημα δεν είναι αν ο ανταγωνισμός είναι εγγενής ή όχι της έννοιας της ανάδρασης στην Κυβερνητική ή το ποιος την οικειοποιήθηκε πρώτος. Η κοινωνική φυσική αποδεικνύεται ευέλικτη να αφομοιώσει νέες έννοιες και να προχωρά μέσα από το διάλογο με πραγματιστικές και μεταμοντέρνες θέσεις. Η αντιπαράθεση των απόψεων Galison-Lyotard για τη δικτυακή αλληλεπίδραση είναι ένα μόνον στιγμιότυπο που υποδεικνύει τον ευρύτατο δανεισμό ορολογίας εκατέρωθεν, όπου έννοιες όπως σύστημα, δίκτυο, ανταγωνισμός, κυριαρχία, έλεγχος, πληροφορία χρησιμοποιούνται διαρκώς από αμφότερα τα μέρη. Σε μια πιο μετριοπαθή στάση, θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε την πρόταση του Coyne, σύμφωνα με την οποία κοινωνική φυσική και μεταμοντερνισμός (ή πραγματισμός) μπορούν να θεωρηθούν διαφορετικά Kuhnian παραδείγματα, με τη δική τους συλλογιστική, επιστημονική κοινότητα, και προς επίλυση προβλήματα.

ταυτιζόταν με την γνώση της λειτουργίας των μερών. Την δεκαετία του 1950 και 1960, η συστημική άποψη ήταν η βάση για μια συζήτηση της Κυβερνητικής στα πλαίσια του μεταμοντερνισμού, ο οποίος δεν αντιτίθεται, κατ' αρχήν, σε αυτήν. Δες Coyne (1995), p. 205.

[44] Ο Lyotard τονίζει ότι διαφορετικά είδη πληροφορίας (που παρέχουν ενημέρωση, εντολές, έλεγχο, κλπ) παραβλέπονται από την Κυβερνητική. Επίσης κατακρίνει τις δυνατότητες ριζικής αναβάθμισης των κανόνων λειτουργία μιας μηχανής, προγραμματισμένης σύμφωνα με τις αρχές της Κυβερνητικής. Και τα δύο αυτά επιχειρήματα καταρρίπτονται πειστικά από τον Galison.

[45] Galison, P. (1994). The ontology of the enemy: Nobert Wiener N. and the Cybernetic vision, *Critical Inquiry*, Vol. 21, No. 1, p. 259.

Αυτό δεν καθιστά το ένα ανώτερο του άλλου, ούτε αποκλείει τις μεταξύ τους αναφορές, δάνεια και αντιπαραθέσεις. Ούτε επίσης αποκλείει την εξέλιξη των βασικών μεταφορών στο κάθε παράδειγμα, που ενδεχομένως σηματοδοτούν συγκλίσεις και διαφορές στην επιχειρούμενη ανάλυση.

1.3.3. Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση – ανταλλαγή/ προσφορά «δώρου»

Στο κεφάλαιο 3 της διατριβής διερευνάται εκτενώς η μετακίνηση βασικών μεταφορών στην κοινωνική φυσική, με δάνεια εννοιών από την κοινωνιολογία και την οικονομική θεωρία που αφορούν τα χαρακτηριστικά του ομοιομορφισμού – ήτοι τη φύση των δικτυακών κόμβων και αλληλεπιδράσεων. Προκειμένου να αναδειχθεί ο γενικευμένος τρόπος δικτυακής αλληλεπίδρασης που θα χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση των δεδομένων της διατριβής, αντιπαραβάλλεται με δύο πολύ διαδεδομένες εναλλακτικές προσεγγίσεις, οι οποίες εξετάζουν τα δίκτυα ως αναλυτικά εργαλεία και ως οργανωτικούς μηχανισμούς. Αυτές είναι η Θεωρία Ανάλυσης Κόστους Συναλλαγών (“Transaction Costs Analysis” - TCA) και η Θεωρία Δικτύου-Δρώντων (“Actor Network Theory” - ANT). Η πρώτη (TCA) ξεκίνησε από οικονομική θεωρία, η δεύτερη (ANT) από θεωρία τεχνολογικής δημιουργίας. Οι προσεγγίσεις αυτές πολύ γρήγορα εφαρμόστηκαν σε πλήθος ζητημάτων στις ανθρωπιστικές επιστήμες – τη γνωσιολογία, την πολιτική, τη διοίκηση, κλπ.

Οι δύο θεωρίες έχουν συγκεκριμένες και πολύ διαφορετικές θέσεις, για το πώς δημιουργούνται και αναπτύσσονται δίκτυα. Παρά τις μεγάλες τους όμως διαφορές αναφορικά με τη φύση, την αναπαράσταση και τη λειτουργία των δικτύων, έχει επισημανθεί μια κοινή τους αντίληψη περί δικτυακής αλληλεπίδρασης, *ως αμοιβαίας ανταλλαγής*.[46] Αυτό αποτελεί μια πολύ ειδική χρήση της μεταφοράς του «δώρου» που ανταλλάσσεται μεταξύ δικτυακών κόμβων (εκπροσώπων/ δρώντων), η οποία και στις δύο περιπτώσεις αφορά σε αλληλεπιδράσεις αμφίδρομης ανταλλαγής, μετά από υπολογισμό κόστους/οφέλους των συναλλασσομένων και με σκοπό τον έλεγχο του παραλήπτη του δώρου από τον προσφέροντα.

[46] Thompson (2003), pp. 81, 96.

Η αμοιβαιότητα και η συμμετρία αλληλεπίδρασης βάσει υπολογισμού κόστους/οφέλους από τους συναλλασσομένους καθορίζει στην TCA το χώρο, μέσα στον οποίο είναι δυνατόν να υπάρξουν συναλλαγές με βάση την υπολογιζόμενη εμπιστοσύνη ("calculative trust") και, επομένως, αποτελεί «εσωτερικό χώρο» δημιουργίας και ανάπτυξης δικτύων.

Αντίστοιχα, στην ANT, οι αλληλεπιδράσεις χαρακτηρίζονται ως αμοιβαία ανταλλαγή ενός τεχνήματος ("immutable mobile"), που έχει το χαρακτήρα αμφίδρομης ανταλλαγής πληροφορίας-δώρου (reciprocal gift) με στόχο τον έλεγχο. Η «δράση από απόσταση» ("action at a distance") στην ANT προϋποθέτει την αμοιβαία ανταπόκριση με αποδοχή και ανταπόδοση δώρου. Η ανταπόκριση στο δώρο δεν γίνεται αυθόρμητα, αλλά μετά από υπολογισμούς κόστους/οφέλους εκ μέρους όλων των δρώντων, που μεσολαβούν για την καθιέρωση μιας σχέσης στο δίκτυο. Σύμφωνα με τον Callon, ο διαχωρισμός μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου αντικατοπτρίζει τη σχέση της δυνατότητας υπολογισμού κόστους/οφέλους που προαπαιτείται της ανταλλαγής.[47]

Και στις δύο περιπτώσεις, TCA και ANT, αυτό που χαρακτηρίζει τον εσωτερικό χώρο είναι η αμοιβαιότητα και συμμετρία βάσει υπολογισμού, ενώ αυτό που αφορά τον εξωτερικό χώρο συνεπάγεται μη ανταπόδοση ή ασυμμετρία (στη βάση κάποιου υπολογισμού) στην ανταλλαγή του δώρου. Από την πλευρά της κοινωνικής φυσικής θα μπορούσε να διατυπωθεί η κριτική ότι η παραπάνω άποψη αφορά κυρίως καταστάσεις δυναμικής ισορροπίας: Ό,τι δεν υπολογίζεται, φαίνεται να παραμένει για πάντα στον εξωτερικό χώρο. Αντίθετα όμως, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν καταστάσεις, όπου το εσωτερικό διαθέτει κάποιο μεθοδολογικό εργαλείο για να επεκταθεί πέρα από τα σύνορά του.

Η παραπάνω χρήση της μεταφοράς του «δώρου» είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Υπό διαφορετικά όμως χαρακτηριστικά, μπορεί να συμπεριλάβει κοινωνικές σχέσεις που δεν στηρίζονται σε ωφελιμιστικούς υπολογισμούς, σε αμοιβαία ανταπόδοση ή σε συγκυριακό ανταγωνισμό. Ανοίγεται έτσι η δυνατότητα να διευρυνθεί το αντικείμενο μελέτης με νέα είδη δικτύων. Όπως έχει προαναφερθεί, η κοινωνική φυσική δεν

[47] Ο ορισμός «εξωτερικού» χώρου στα δίκτυα είναι γενικά προβληματικός, καθώς όλα μπορούν να θεωρηθούν εν δυνάμει συνδεδεμένα, οσοδήποτε ασθενώς.

τρέφει καμία προκατάληψη για τους κανόνες που ορίζουν την δικτυακή αλληλεπίδραση – απαιτείται μόνον οι κανόνες αλληλεπίδρασης να ακολουθούνται (τουλάχιστον στοχαστικά). Για τον κοινωνικό φυσικό, το δώρο μπορεί να στηρίζεται σε ανταγωνισμό ή να αποτελεί κοινωνική προσφορά ή οτιδήποτε άλλο. Είναι φανερό από τα παραπάνω ότι σε κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις, ο εξωτερικός και ο εσωτερικός χώρος των δικτύων προσδιορίζεται διαφορετικά. Πέραν της διαφαινόμενης μεθοδολογικής ευελιξίας, το ζήτημα είναι αν υπάρχουν πλεονεκτήματα από μια τέτοια θεώρηση, στη γενική περίπτωση που το δίκτυο εξετάζεται είτε ως οργανωτική δομή είτε ως αναλυτικό εργαλείο.

Η προσφορά δώρου, ως έκφραση κοινωνικής αλληλεπίδρασης, έχει διεξοδικά μελετηθεί κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα. Έχει παρατηρηθεί ότι, κατά κανόνα, τα δώρα που οι άνθρωποι προσφέρουν είναι οικονομικά μη ανταποδοτικά. Το άτομο που τα δέχεται δεν εκτιμά την αξία τους, σε σχέση με το όσο κόστισαν σε αυτόν που τα προσφέρει. Υπό αυτή την έννοια, το δώρο *καταστρέφει* πλούτο. Κι όμως, οι άνθρωποι εξακολουθούν να επαναλαμβάνουν αυτό το «λάθος» εθελοντικά και στο διηνεκές. Και όχι μόνο αυτό, πολλές φορές ο δωρητής προσπαθεί να καταστρέψει οποιαδήποτε ένδειξη ότι επιθυμεί κάποια μελλοντική ανταπόδοση στο δικό του δώρο. Κάποιες φορές, το δώρο εκφράζει περίσσεια προσφοράς, πέρα από υποχρεώσεις και υπολογισμούς. Κάποιες άλλες, προσφέρεται σε φίλους ως υπενθύμιση της παρουσίας του δωρητή, ως στοιχείο της ταυτότητάς του. Σύμφωνα με τον Derrida, τέλειο δώρο είναι αδύνατον να υπάρξει.[48] Διότι είναι αδύνατον να μην δημιουργήσει το αίσθημα της ανάγκης για ανταπόδοση, είναι αδύνατον να συγκαλυφθεί τόσο αποτελεσματικά σε σημείο που να μην θεωρηθεί δώρο. Εξετάζοντας την ακραία περίπτωση που ο άνθρωπος αρνείται την ανταπόδοση με το να προσφέρει την ίδια του τη ζωή για κάποιο σκοπό, φαίνεται ότι το δώρο εμπεριέχει ταυτόχρονα το στοιχείο της καταστροφής (που τονίστηκε παραπάνω) αλλά και το στοιχείο της πίστης.[49] Είναι μαζί καταστροφικό και συμβολικό. Η συμβολική του δε διάσταση δημιουργεί *κοινωνικό δεσμό*, ακόμα και στην ακραία περίπτωση που κάποιος προσφέρει τη ζωή του, αποχωρώντας οριστικά από το κοινωνικό σύνολο.

---

[48] Αναφορά του R. F. Thompson (2003) στο Derrida, J. (1992) *Given time: I. Counterfeit money*. Chicago: The University of Chicago Press.

[49] Δες αναφορά του Thompson (2003), p. 94, στο Derrida, J. (1995) *The Gift of Death*. Chicago: The University of Chicago Press.

Ένα δώρο μπορεί επομένως να χαρακτηρίζεται από απουσία υπολογισμού, από περίσσεια προσφοράς πλέον οποιασδήποτε οφειλής, αποτελώντας στοιχείο ατομικής ταυτότητας, ταυτόχρονα καταστροφικό και συμβολικό. Υπό αυτή την έννοια, η προσφορά δώρου μπορεί να οδηγήσει σε μια νέα διατύπωση της αλληλεπίδρασης στα κοινωνικά δίκτυα.[50] Για παράδειγμα, στα πλαίσια της TCA, τέτοια δίκτυα διαφοροποιούνται πλήρως από τις υπόλοιπες δύο οργανωτικές μορφές της ιεραρχίας και της αγοράς, καθώς στηρίζονται σε μια πλήρως ασύμβατη έννοια «εμπιστοσύνης» από εκείνη ("calculative trust") στην TCA. Επίσης, στα δίκτυα δρώντων της ANT, είναι αυτή ακριβώς η προσφορά εγγενών δώρων που, αντίθετα από την «αλληλεπίδραση από απόσταση» των Latour και Callon, μπορεί να προωθήσει τα σύνορα του δικτύου ελέγχοντας και κατακτώντας νέους δρώντες στον εξωτερικό χώρο.

Τι σημαίνει μια τέτοια χρήση της μεταφοράς του δώρου στο φορμαλισμό της αλληλεπίδρασης στην κοινωνική φυσική; Με την πρωτότυπη έρευνα των Κεφαλαίων 4-6 της διατριβής, η παρούσα εργασία εστιάζει στην έννοια του χρόνου και την έννοια της στρατηγικής. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι αυτή της Δικτυακής Κοινωνικής Ανάλυσης, στην οποία όμως ενσωματώνονται οι έννοιες της μη ανταποδοτικότητας και της απουσίας υπολογισμού στις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Με αυτό τον τρόπο αναδεικνύονται και οι καθαρές διαχωριστικές γραμμές του δικτύου από άλλες οργανωτικές δομές, ήτοι από ιεραρχίες και από αγορές.

[50] Thompson (2003), p. 87.

1.4. Σύνοψη της ερευνητικής εργασίας – κοινωνικά δίκτυα και χρόνος

Η παρούσα διατριβή ανατρέχει σε μια εκτενή αλλά και ετερογενή βιβλιογραφία από τις φυσικές επιστήμες (φυσική, κοινωνική φυσική, στατιστική μηχανική, υπολογιστικά μοντέλα) και τις ανθρωπιστικές σπουδές (κοινωνιολογία, οικονομική θεωρία, οργάνωση και διοίκηση). Βασικός στόχος είναι να παρουσιαστεί πρωτότυπη εμπειρική έρευνα με δεδομένα από την ανάπτυξη και τη χρήση τηλεπικοινωνιακών δικτύων, βασιζόμενη στην ανάλυση της κοινωνικής φυσικής που φέρει την επονομασία Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση και εμφανίζει τεράστια ανάπτυξη μετά το 1998. Ταυτόχρονα επιδιώκεται να παρουσιαστεί η συνεισφορά της πειραματικής αυτής έρευνας σε κεντρικούς προβληματισμούς στην κοινωνική φυσική και την κοινωνιολογία, που αφορούν την ανάλυση συλλογικών συμπεριφορών, τη μορφολογία και λειτουργία κοινωνικών οργανωτικών δομών, την καταγραφή και διερεύνηση κοινωνικών φαινομένων που εμφανίζουν επαναληψιμότητα, τα όρια (ή, ενδεχομένως, το ανέφικτο της σύνθεσης) μιας μετα-γλώσσας για περιγραφή κοινωνικών αλληλεπιδράσεων.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάλυση των πειραματικών στοιχείων στις μελέτες της διατριβής προτείνει νέους τρόπους προσέγγισης της έννοιας του χρόνου, πέρα από την θεώρησή του ως παραμέτρου που χαρακτηρίζει τη δυναμική εξέλιξη συστημάτων. Μέσα από έρευνα διερευνάται ο τρόπος, με τον οποίο ο προσωπικός χρόνος εκφέρεται (καταμετρείται, προσφέρεται) στα κοινωνικά δίκτυα ως χαρακτηριστικό της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης – ως διάρκεια αλληλεπίδρασης, ως συχνότητα επαφών, ως παράγοντας στρατηγικής και πράξης διοίκησης. Κάποιες από αυτές τις κατευθύνσεις εξετάζονται για πρώτη φορά στη βιβλιογραφία στο πλαίσιο της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης.

1.4.1. Η γενεαλογία των αναλυτικών εργαλείων της κοινωνικής φυσικής (Κεφ. 2&3)

Τα ζητήματα που αφορούν τη δυνατότητα και τους όρους προσέγγισης φυσικών και ανθρωπιστικών επιστημών δεν αποτελούν σύγχρονο φαινόμενο. Εκφράζονται από τα

πρώτα βήματα της φυσικής επιστήμης κατά την Αναγέννηση, από πλήθος επιστημόνων, φιλοσόφων, πολιτικών, οικονομολόγων, κλπ, που διαβλέπουν την ύπαρξη κοινωνικών νόμων σε συλλογικές συμπεριφορές, καθώς και στατιστικών νόμων για επιλογές και αποκλίσεις προσωπικής συμπεριφοράς, όπως αυτές διαμορφώνονται στο κοινωνικό περιβάλλον. Κατά την μακρόχρονη αυτή ιστορική διαδρομή και μέσα από τον πολύπλευρο διάλογο κοινωνικών και φυσικών επιστημών, διαμορφώθηκαν σταδιακά τα μεθοδολογικά εργαλεία ανάλυσης της κοινωνικής φυσικής. Κεντρική θέση της παρούσης εργασίας είναι ότι μεγάλες ανακαλύψεις, που αφορούν την αναλυτική αυτή μέθοδο, προέκυψαν ως αποτέλεσμα διεπιστημονικού διαλόγου, της προσπάθειας διερεύνησης παρόμοιων προβλημάτων από διαφορετικές οπτικές, αλλά και της επιδίωξης εννοιολογικών παραλληλισμών και κοινής χρήσης μεταφορών από τις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες.

Έως περίπου τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, τα μεθοδολογικά εργαλεία εστίαζαν στην ανάλυση της μορφολογίας κλειστών συστημάτων και δυναμικών καταστάσεων που έτειναν σε ισορροπία. Όπως θα αναφερθεί διεξοδικά στο Κεφάλαιο 2 της διατριβής, την εποχή αυτή οριοθετήθηκε η μέθοδος της κοινωνικής φυσικής ως μελέτη της συσχέτισης μακροσκοπικών φαινομένων με αλληλεπιδράσεις στον μικρόκοσμο μεγάλου αριθμού σωματιδίων, τα οποία υπακούουν τους κανόνες της στατιστικής μηχανικής. Το Θεώρημα των Μεγάλων Αριθμών του Gauss, η διατύπωση της στατιστικής μηχανικής από τον Boltzmann και το μοντέλο των μεταβολών φάσης της ύλης από τον van der Waals ήταν τα βασικά μαθηματικά εργαλεία της θεωρίας. Η έννοια του «μέσου ανθρώπου», η μελέτη ισορροπίας των οικονομικών αγορών, η θεωρία της εξέλιξης των ειδών, η δημιουργία της ευγονικής επιστήμης ως κλάδου της βιολογίας είναι κάποιες από τις εφαρμογές που προέκυψαν το αντίστοιχο χρονικό διάστημα στην πολιτική, την οικονομία και τη βιολογία. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, η μέθοδος της κοινωνικής φυσικής εμπλουτίστηκε – κυρίως με την Κυβερνητική, τη θεωρία παιγνίων και τη στατιστική μηχανική για μελέτη σε συστήματα μακράν της ισορροπίας. Τα μεθοδολογικά αυτά εργαλεία, που περιγράφονται στα Κεφάλαια 2 και 3 της διατριβής, παρουσιάζουν διαφορετικής τάξης μεγέθους δυνατότητες. Για παράδειγμα, η Κυβερνητική έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης πρωτόγνωρων οπλικών συστημάτων μαζικής καταστροφής αλλά και αυτοματισμών που οδήγησαν τον άνθρωπο στο φεγγάρι. Η θεωρία παιγνίων υπέδειξε μεθοδεύσεις πολιτικής, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πλήρη καταστροφή κατά

την περίοδο του Ψυχρού Πολέμου, όπως και άλλες, ηπιότερες, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τη διαμόρφωση κοινής γνώμης. Η στατιστική θεωρία των συστημάτων μακράν την ισορροπίας προσφέρει, μεταξύ άλλων, το πλαίσιο επέμβασης στον κώδικα DNA των βιολογικών οργανισμών, αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας νέων φαρμάκων για ίαση ασθενειών.

Γίνεται πλέον φανερό ότι απαιτείται λεπτομερέστερη μελέτη στον τρόπο που η αλληλεπίδραση φυσικών και ανθρωπιστικών σπουδών οδηγεί σε παρόμοια εργαλεία ανάλυσης. Το νεότερο από αυτά είναι η Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση, η οποία εμφανίζει τεράστια ώθηση την τελευταία δεκαετία, και στην οποία εντάσσονται οι πειραματικές ερευνητικές μελέτες της παρούσης εργασίας. Το Κεφάλαιο 3 επανέρχεται σε αυτό ακριβώς το σημείο. Αναλύει τον τρόπο που χρησιμοποιείται η έννοια του δικτύου από φυσικούς επιστήμονες, κοινωνιολόγους και οικονομολόγους. Παραθέτει προβληματισμούς για τις δυνατότητες που αναδύονται όταν η μορφολογία και η λειτουργία της δικτυακής κοινωνικής οργανωτικής δομής εξετάζεται στο πλαίσιο μιας πραγματιστικής ή ερμηνευτικής προσέγγισης, απομακρυνόμενη από ντετερμινιστικές μεταφυσικές θέσεις. Αναφέρεται διεξοδικά στη δυνατότητα ευρύτερου ορισμού της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, που αποκλίνει από κυρίαρχες θεωρίες στην κοινωνιολογία και τις οικονομικές επιστήμες, και που δεν βασίζεται σε σχέσεις εξουσίας (ANT) ή σε ορθολογικά, ωφελιμιστικά κριτήρια (TCA). Συγκεκριμένα, κάτω από τη θεώρηση του «προσφερόμενου, δίχως απαίτηση ανταπόδοσης δώρου» μπορούν να συμπεριληφθούν πλήθος τύποι συσχετισμών, χωρίς να ποσοτικοποιούνται, προσδιορίζοντας μόνον τα γενικά χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης που απαιτεί η κοινωνική φυσική (πχ, να μπορεί να ορισθεί με συνέπεια αν οι αλληλεπιδράσεις είναι ελκτικές ή απωστικές, προτρεπτικές ή αποτρεπτικές, αν ασκούν ισχυρή ή ασθενή, επιλεκτική ή μη επιρροή σε μεγάλο αριθμό κόμβων, κλπ).

Η παρούσα διατριβή αναδεικνύει δύο κύριες επιπτώσεις από την παραπάνω θεωρητική κατεύθυνση.

Πρώτον, χρησιμοποιεί μεθόδους της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης σε τύπους δικτύων που περιγράφονται σε μελέτες κοινωνικών σπουδών. Όπως επισημάνθηκε στην ενότητα 1.3.1, τέτοια κοινωνικά δίκτυα μπορεί να προκύπτουν από

συσχετισμούς διαφορετικών μορφών γνώσης, να εμφανίζουν πολλές μορφολογίες και πολλές διαφορετικές δυναμικές, σε διαφορετικές χρονικές και χωρικές κλίμακες. Παρά την γενικότητά τους, η οποία είναι ελκυστική για να συμπεριλάβει ποικίλα κοινωνικά φαινόμενα, παρουσιάζουν υπερβολικά μεγάλη πολλαπλότητα. Εάν η διατήρηση κάθε δικτυακού δεσμού απαιτεί κάποιο κόστος, τότε τα δίκτυα αυτά έχουν θεωρητικά ανάγκη από υπερβολικούς πόρους για να υπάρξουν και να διατηρηθούν. Εδώ η κοινωνική φυσική προσφέρει πολύτιμη υπηρεσία. Το κύριο αποτέλεσμα της ανάλυσης που προτείνει είναι *η συσχέτιση παραμέτρων* ανάμεσα σε διαφορετικές κλίμακες μάκρο- και μίκρο-. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι βαθμοί ελευθερίας λιγοστεύουν, η πολλαπλότητα των δικτύων συρρικνώνεται. Ανεξάρτητα αν αυτό αρκεί για να επιλύσει το πρόβλημα, προσφέρει μια ακόμη ένδειξη για τα οφέλη που μπορεί να προκύψουν από το διάλογο και την παράλληλη πορεία φυσικών και κοινωνικών επιστημών.

Δεύτερον, στα πλαίσια αυτού του διευρυμένου ορισμού της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, προτείνεται μια νέα ερευνητική κατεύθυνση για να εξεταστούν φαινομενικά ασύνδετες εκφάνσεις του χρόνου σε κοινωνικά σύνολα. Συγκεκριμένα, ένα δίκτυο με αλληλεπιδράσεις προσφοράς δώρου εκφράζει στρατηγικές (ταυτόχρονα με τη δράση σε επίπεδο τακτικής), χρησιμοποιεί διαδικασίες μη αντιστρεπτές, προϋποθέτει συχνές επαφές. Ο χρόνος έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση, όπου αποφάσεις του παρόντος επηρεάζουν το μέλλον. Ως ρυθμός, ο χρόνος εκφράζει κύκλους και πλαίσια επικοινωνίας, επαναλαμβανόμενες κοινωνικές επαφές. Ως διάρκεια, ο χρόνος δεν χειραγωγείται με βάση αποκλειστικά ορθολογικούς υπολογισμούς – είναι στοιχείο που ενισχύει ή αποσυνθέτει αλληλεπιδράσεις, οργανώνει δρώντες γύρω από την επίτευξη έργων με χρονικούς περιορισμούς, όπου η επίτευξη του στόχου είναι ένα δώρο που προσφέρουν όλοι οι συμμετέχοντες στον ατομικό και συλλογικό τους εαυτό.

Τα κεφάλαια 4-6 της διατριβής εξετάζουν τις διαφορετικές αυτές εκφάνσεις του χρόνου στα δίκτυα, ξεχωριστά.

1.4.2. Ανάλυση διαλόγων κινητής τηλεφωνίας (Κεφ. 4)

Πιο συγκεκριμένα, στο Κεφάλαιο 4 μελετάται ο διάλογος. Η συνομιλία είναι ένας από τους τρόπους που μπορεί κανείς να προσεγγίσει τις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, δεδομένου ότι αποτελεί έκφραση κάθε προσωπικού ανθρώπινου συναισθήματος που σχετίζεται με τον κοινωνικό περίγυρο (έμβια όντα, αλλά και αντικείμενα) και συνοδεύει ανθρώπινες αποφάσεις ή ενέργειες. Ταυτόχρονα, οι μορφές και το περιεχόμενο της συνομιλίας μπορούν να θεωρηθούν ως ένδειξη ή έκφραση κοινωνικών δομών που στηρίζονται σε προσωπικές σχέσεις, άτυπες ομάδες, ηλικιακές ομάδες, φύλα, εθνικές μειονότητες, κοινωνικές τάξεις, κλπ. Η συμφωνία και οι αποκλίσεις των κατευθύνσεων κοινωνιολογίας, εθνομεθοδολογίας και κοινωνικής φυσικής, αναφορικά με τη μελέτη της λεκτικής επικοινωνίας, αναδεικνύονται μέσα από τρεις αντιπροσωπευτικές πειραματικές έρευνες.

- Μετά από την παράθεση των βασικών θεωρητικών αρχών για τη μελέτη «μίκρο-μάκρο» σε ζητήματα λεκτικής επικοινωνίας, η πρώτη βασική αναφορά αποτελεί η πειραματική έρευνα των West και Zimmermann[51] για τη συχνότητα που οι άνδρες και οι γυναίκες διακόπτουν το συνομιλητή τους στις συζητήσεις.

- Η πειραματική μελέτη των Onnela *et al.*[52] παρουσιάζεται ως ενδεικτική πρόσφατων εξελίξεων στον τομέα της έρευνας κοινωνικών συσχετισμών, οι οποίες αναδεικνύονται από τις συνομιλίες μέσω κινητών τηλεφώνων και οι οποίες ελέγχουν παλαιότερες έρευνες κοινωνικο/ οικονομικών συσχετισμών του Grannoveter.[53]

- Τέλος, η οικεία πειραματική μελέτη *ομαδικών κλήσεων* κινητής τηλεφωνίας αναδεικνύει νέα χαρακτηριστικά διαλόγων, τα οποία μπορούν αξιοποιηθούν στο θεωρητικό πλαίσιο κοινωνικής φυσικής και εθνομεθοδολογίας.

---

[51] Boden, D. and Zimmermann, D. H. (eds.). (2007). *Talk and Social Structure*. Campbridge: Polity Press.
[52] Onnela, J.-P. , Saramäki, J., Hoyvönen, J., Szabó, G., Lazer, D., Kaski, K., Kertész, J., and Barabási, A.-L. (2007). Structure and tie strengths in mobile communication networks. *Nature* 104, 7332.
[53] Granovetter, M. (1973) The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78, 1360-80. Επίσης, Granovetter, M. (1995). *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Chicago: Chicago University Press, 2nd Ed.

Τα πειραματικά δεδομένα της ερευνητικής εργασίας για τη μελέτη διαλογικών συζητήσεων μεταξύ ομάδων, που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4 της διατριβής, συνελέγησαν από συνδιαλέξεις κινητής τηλεφωνίας την περίοδο του Β΄ εξαμήνου 2004 στην Ελλάδα και περιλαμβάνουν επαγγελματικές συνομιλίες συντελεστών στη διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας. Τα δεδομένα αυτά υποδεικνύουν ότι η διάρκεια συνομιλιών κατά τη διάρκεια της ημέρας υπακούει διαφορετική στατιστική κατανομή σε σχέση με συνομιλίες την νύχτα. Η ανάλυσή τους με βάση το μοντέλο των J.-P. Bouchaud και M. Mézard (B-M), που αναφέρθηκε στην ενότητα 1.2.2, υποδεικνύει ότι οι συνομιλίες την νύχτα σχετίζονται με στενότερες διαπροσωπικές σχέσεις από εκείνες την ημέρα. Οι αλληλεπιδράσεις κατά την ημέρα απλοποιούν τη δομή των συνομιλιών, καθώς τα άτομα ακολουθούν συχνά δοκιμασμένες πρακτικές επαγγελματικής δραστηριότητας.

Παράλληλα, η επιτυχής χρήση του φορμαλισμού B-M υποδηλώνει ότι το μοντέλο δεν περιγράφει μόνον οικονομικές αλληλεπιδράσεις με βάση την ανταλλαγή και υπολογισμό κόστους/ οφέλους μεταξύ των ατόμων (για το λόγο, δηλαδή, που προτάθηκε από τους δημιουργούς του). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση, κατά την οποία αυτό που ανταλλάσσεται είναι χρόνος, που από τη φύση του δεν υπόκειται σε ακριβείς υπολογισμούς κατά τη διάρκεια της συνομιλίας. Στην ορολογία της προηγούμενης ενότητας, ο χρόνος εδώ αποτελεί ένα «δώρο» που προσφέρεται από τον ομιλούντα για τη διατήρηση της συνομιλίας και την επίτευξη συμφωνίας μέσα από την επικοινωνία με συνομιλητές. Η έννοια αυτή του χρόνου στις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις προτείνεται για πρώτη φορά στο πλαίσιο της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης. Προσεγγίζει τις απόψεις εθνομεθοδολόγων για το διάλογο, οι οποίες ξεκινούν από διαφορετικά δεδομένα, για να καταλήξουν πως προϋπάρχουσες κοινωνικές δομές δεν καθορίζουν πλήρως τους τύπους της λεκτικής επικοινωνίας. Οι ίδιοι άνθρωποι, σε διαφορετικό πλαίσιο (πχ, τη μέρα ή τη νύχτα) συνομιλούν πολύ διαφορετικά. Ο διάλογος αποτελεί *αιτία του κοινωνικού συσχετισμού* και όχι αποτέλεσμα υφιστάμενης κοινωνικής σχέσης – υφίσταται ως άποψη των συμμετεχόντων, ως προσπάθεια και ως αμοιβαία δέσμευση στη συζήτηση, ενταγμένη στο πλαίσιο (context) των συνθηκών όπου αυτή εξελίσσεται.[54]

[54] Στοιχεία από την πειραματική έρευνα και ανάλυση περιλαμβάνονται στα:

1.4.3. Διείσδυση τηλεπικοινωνιακών προϊόντων στην αγορά (Κεφ. 5)

Η προσέγγιση της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης για το χρόνο επεκτείνεται στο Κεφάλαιο 5 σε ένα διαφορετικό τομέα, που αφορά θέματα οικονομίας και αγορών (αλλά έχει επίσης ισχυρή επικάλυψη με επιδημιολογία ή μελέτες διάδοσης πληροφορίας). Εδώ διερευνάται η διάχυση τηλεπικοινωνιακών τεχνημάτων, η ταχύτητα δηλαδή με την οποία υιοθετούνται τεχνολογίες. Η απόκτηση ενός τεχνήματος (όπως ενός κινητού τηλεφώνου) είναι αποτέλεσμα προσωπικής απόφασης, η οποία όμως εξαρτάται από το κοινωνικό περιβάλλον. Εξ αιτίας της οικονομικής του σημασίας, το ζήτημα έχει ευρύτατα μελετηθεί στα πλαίσια οικονομικών θεωριών μάρκετινγκ, με στόχο τη διατύπωση γενικών κανόνων με τους οποίους μπορεί να περιγραφεί, να προβλεφθεί ή να ελεγχθεί η διάχυση προϊόντων και υπηρεσιών.

Σε γενικές γραμμές, η διάχυση ακολουθεί τον «κύκλο του προϊόντος», που χαρακτηρίζεται από μια σιγμοειδή καμπύλη στο χρόνο, όπου η κλίση της αντικατοπτρίζει το ρυθμό διείσδυσης του προϊόντος στην αγορά: Αρχικά, η κλίση είναι μικρή, αφού η διάχυση του νεοεισερχόμενου προϊόντος είναι αργή. Σε κάποιο χρονικό σημείο, η κλίση της καμπύλης αυξάνεται απότομα, δεδομένης της ραγδαίας αύξησης του ρυθμού απορρόφησης του προϊόντος. Προοδευτικά, το προϊόν χάνει τη δυναμική του, ο ρυθμός διείσδυσης στην αγορά πέφτει, και η κλίση της καμπύλης διάχυσης μικραίνει και τελικά μηδενίζεται, ολοκληρώνοντας την «σιγμοειδή» μορφή της. Τα γενικά χαρακτηριστικά της σιγμοειδούς (η κλίση σε κάθε φάση της, η χρονική διάρκεια μεταξύ αρχικής και τελικής φάσης, κλπ), καθώς και οι αποκλίσεις από αυτήν για κάποια προϊόντα, εκφράζουν ποσοτικά την επιτυχία ή την αποτυχία να προσελκυθούν αγοραστές. Σε γενικές γραμμές αναμένεται η επιτυχία ή αποτυχία αυτή να εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, που αφορούν το προϊόν (τη μορφή, το κόστος, την ευκολία χρήσης, το αν εξακολουθεί να αλλάζει και να βελτιώνεται κατά

Xenikos, D. G. (2009). Modeling human dialogue – the case of group communications in trunked mobile telephony. *Physica A*, Vol. 388, 4910-19.
Xenikos, D. G. (2008). Self-similarity in voice group communications in trunked mobile telephony. *Proceedings of NetSci08, International Workshop and Conference on Complex Networks and its Applications*, Norwich UK 23-27 June.

τη διαδικασία της διάχυσης) αλλά και τον κοινωνικό περίγυρο – όπως την οικονομική συγκυρία κατά την εισαγωγή του προϊόντος, πολιτισμικά στοιχεία της κοινότητας, τη διαφήμιση, τεχνική υποστήριξη, κλπ.

Για την κοινωνική φυσική, κάθε παράγοντας στο πολύπλοκο αυτό φαινόμενο αντικατοπτρίζεται σε διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις. Το άτομο συνυπολογίζει κάποιους από τους παράγοντες που θεωρεί σημαντικούς, και οι οποίοι ενεργούν θετικά ή αρνητικά στην απόκτηση του τεχνήματος κάποια στιγμή. Παράλληλα, το άτομο «πολιορκείται» μέσω κοινωνικών επαφών (διαφήμιση στα μέσα ενημέρωσης, απόψεις φίλων, κλπ), με επιχειρήματα που τονίζουν ότι το τέχνημα διευκολύνει προσωπικές δραστηριότητες, την κοινωνικότητα, τη δυνατότητα μετακίνησης και ταξειδιού, κλπ. Στα μοντέλα εκπροσώπησης, το τέχνημα μεσολαβεί κοινωνικών συσχετισμών, αποτελεί χαρακτηριστικό της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, γίνεται *στοιχείο της ταυτότητας του εκπροσώπου*, με το οποίο αλληλεπιδρά κοινωνικά. Ως εκ τούτου, η διάδοσή του έχει μεγάλες αναλογίες με τη διάδοση των ασθενειών στον κοινωνικό ιστό, ή τη διάδοση μιας φήμης. Η κοινωνική φυσική εξετάζει πολλά από αυτά τα φαινόμενα μάρκετινγκ, επιδημιολογίας ή πληροφορικής (που φυσικά μελετώνται επί μέρους επιστημονικές προσεγγίσεις) παράλληλα.

Σε αυτό το σημείο, και μετά από παράθεση των κύριων μοντέλων κοινωνικής φυσικής για τη διάχυση τεχνολογιών, παρουσιάζονται τα πειραματικά δεδομένα από την διάδοση των κινητών τηλεφώνων στις Ευρωπαϊκές χώρες και την Ιαπωνία. Η τεχνολογία αυτή επιλέχθηκε γιατί, μέσα σε λίγα μόλις χρόνια, υιοθετήθηκε από το μισό περίπου πληθυσμό της γης. Στόχος είναι να μελετηθούν αλληλεπιδράσεις που δεν εξαρτώνται τόσο από πολιτιστικά, οικονομικά, κοινωνικά στοιχεία που εμφανίζουν τοπικά χαρακτηριστικά. Και όντως, δείχνεται, για πρώτη φορά στη σχετική βιβλιογραφία, ότι η αύξηση του αριθμού N των συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας GSM *είναι συναρτησιακά πανομοιότυπη* στις χώρες που μελετάμε, υπακούοντας την συναρτησιακή σχέση $N \sim t^{\beta}$, όπου t είναι ο χρόνος και $2.2<\beta<4.5$ εκθέτης που εξαρτάται από τη χώρα. Η σχέση αυτή υποδεικνύει ότι ο ρυθμός ανάπτυξης $dN/dt \sim N^{1-1/\beta}$ δεν εξαρτάται από το σύνολο N των εγγεγραμμένων στο δίκτυο, αλλά από ένα μικρό, αργά μεταβαλόμενο υποσύνολό του $\sim N^{1-1/\beta} << N$. Κάθε δηλαδή υποψήφιος συνδρομητής στηρίζει τις αποφάσεις του στο αν υπάρχουν ήδη συνδρομητές σε *μια μικρή γειτονιά* γύρω του. Το δεύτερο αξιοσημείωτο

χαρακτηριστικό της διείσδυσης της κινητής τηλεφωνίας είναι η σταθερότητά της. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, η ανάπτυξη του GSM παρουσιάζει την ίδια δυναμική ($N \sim t^{4.5}$), είτε όταν οι συνδρομητές στη χώρα αριθμούν 30 χιλιάδες είτε 20 εκατομμύρια.

Τα παραπάνω αποτελούν ένδειξη ότι το δίκτυο των χρηστών κινητής τηλεφωνίας μεγεθύνεται διατηρώντας αναλλοίωτο το περιβάλλον και τις αλληλεπιδράσεις, υπό τις οποίες κάθε δυνητικός χρήστης πείθεται να γίνει συνδρομητής. Το ακριβές *περιεχόμενο* μιας τέτοιας αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών και δυνητικών χρηστών, που δεν εξαρτάται από τοπικά, εθνικά, πολιτιστικά, οικονομικά χαρακτηριστικά, παραμένει ανοικτό ζήτημα και θα πρέπει να διερευνηθεί από άλλου τύπου κοινωνιολογικά δεδομένα. Η προσέγγιση της εργασίας (στα πλαίσια της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης) είναι ότι η απόφαση του χρήστη να εγγραφεί στην υπηρεσία, τόσο αναλλοίωτη στον τόπο και τον χρόνο, δεν μπορεί παρά να στηρίζεται σε ένα βασικό ανθρώπινο χαρακτηριστικό.

Το χαρακτηριστικό αυτό αναζητάται ως στοιχείο διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων. Σύμφωνα με τις κατευθύνσεις της κοινωνικής φυσικής, η πειθώ μπορεί να θεωρηθεί ως μορφή αλληλορύθμισης της δραστηριότητας κοινωνικών εταίρων που, με την έννοια που καθιερώθηκε από την Κυβερνητική, απαιτεί επαναλαμβανόμενες επαφές και συνεννοήσεις. Οι επαφές αυτές δεν γίνονται μετά από ορθολογικό υπολογισμό κόστους/ οφέλους, αλλά αντιστοιχούν σε κοινωνικές επαφές που προσφέρονται ως «δώρο» στα πλαίσια της διατήρησης μιας κοινωνικής σχέσης. Κάθε άτομο διατηρεί στη μνήμη του τον αντίκτυπο που του προκάλεσε κάθε προηγούμενη επαφή (ήτοι, κάθε προηγούμενο «δώρο»). Σε αυτό το πλαίσιο, τα πειραματικά δεδομένα της εργασίας περιγράφονται πλήρως αρκεί να υποτεθεί ότι η απόφαση του ατόμου να υιοθετήσει ένα τέχνημα εξαρτάται από τον αντίκτυπο των προηγούμενων επαφών με τον κοινωνικό του περίγυρο πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα. Η υιοθέτηση του τεχνήματος επέρχεται τόσο πιο γρήγορα, *όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός των θετικών ερεθισμάτων που λαμβάνει το άτομο, και όσο μεγαλύτερο βάρος τους προσδίδει και με το οποίο τα εγγράφει και τα διατηρεί στη μνήμη του*. Υπό αυτό το πρίσμα, η διάχυση

του τεχνήματος ανάγεται σε ένα πρωτόλειο μηχανισμό λειτουργίας της ανθρώπινης μνήμης.[55]

1.4.4. Οργάνωση και διοίκηση σε μεγάλα τηλεπικοινωνιακά έργα (Κεφ. 6)

Ένας ακόμα τρόπος, με τον οποίο ο χρόνος που υπεισέρχεται σε κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, είναι υπό την μορφή περιορισμού και αναγκαστικής ολοκλήρωσης κάποιου έργου ή λειτουργίας στο δίκτυο. Αυτός διερευνάται στο Κεφάλαιο 6 της εργασίας. Εδώ μελετάται η ανάδυση οριζόντιων οργανωτικών δομών μέσα σε ιεραρχίες, με αποκλειστικό στόχο να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες δράσεις με σκληρούς χρονικούς περιορισμούς. Τα δεδομένα της έρευνας προέρχονται από οργανωτικά σχήματα που εμφανίστηκαν στον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία δικτύων ασύρματων επικοινωνιών "TETRA", για τις ανάγκες παροχής κρίσιμων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στο διάστημα των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας.

Η ανάλυση γίνεται στα πλαίσια της προσέγγισης της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, που εξετάζει την αποτελεσματικότητα μετάδοσης της πληροφορίας σε δίκτυα με συγκεκριμένη δομή (εδώ ιεραρχίες). Η εργασία επεκτείνει την αριθμητική μελέτη του Duncan Watts σε δίκτυα «μικρών κόσμων» ("small worlds"), η οποία εξετάζει το χρόνο αποκλειστικά ως κόστος για τη μετάδοση πληροφορίας μεταξύ ιεραρχικών επιπέδων. Οριζόντια οργανωτικά σχήματα προκύπτουν μέσω συγκεκριμένου τύπου (ήτοι, μη τυχαίων) διασυνδέσεων σε αυτά τα δίκτυα για μείωση κόστους. Για λόγους μεθοδολογικούς, τα πειραματικά δεδομένα του δικτύου των Ολυμπιακών Αγώνων παραλληλίζονται με εκείνα της ανάπτυξης ενός άλλου τηλεπικοινωνιακού δικτύου (Ασύρματου Δικτύου Ασφάλειας Θάλασσας –"Olympia Radio"), ίσου περίπου κόστους, που υλοποίησε ο ΟΤΕ για λόγους εθνικής σπουδαιότητας, λίγα μόλις χρόνια πριν – και υπό πλήρως ιεραρχικές οργανωτικές διαδικασίες.

[55] Ξενικός, Δ. Γ. (2009). Μεγάλα δίκτυα τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα στα τέλη του 20ού αιώνα – Ο μεταβαλλόμενος ρόλος των μηχανικών. *Πρακτικά συνεδρίου «170 χρόνια Πολυτεχνείο, οι Μηχανικοί και η Τεχνολογία στην Ελλάδα»*, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 4-5 Μαρτίου.

Τα δεδομένα της μελέτης δείχνουν πως ο χρονικός περιορισμός δεν μεταβάλει μόνον τη μορφολογία της οργανωτικής δομής. Η ανάλυση αναδεικνύει από έναν ιδιότυπο συνδυασμό ιεραρχικής και δικτυακής οργάνωσης, με τον οποίο βρέθηκε ο χώρος για να προσαρμοστεί αποτελεσματικά μια πανσπερμία τύπων διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης. Η λύση που ακολουθήθηκε αποκλίνει σαφώς από την πρόβλεψη του Watts, παρουσιάζοντας έντονα πολιτισμικά χαρακτηριστικά, αναφορικά με εταιρικές πρακτικές, με διαπροσωπικούς συσχετισμούς ή με το βαθμό ατομικής ευαισθησίας σε κοινωνικές διεκδικήσεις. Αντίθετα από τις μελέτες στα κεφάλαια 4 και 5, εδώ απαιτείται περεταίρω κωδικοποίηση ατομικών συμπεριφορών, προσφέροντας την ευκαιρία για μελλοντική έρευνα του management στον Ελληνικό χώρο. Αυτό είναι συνεπές με τη γενική άποψη της κοινωνικής φυσικής, ότι κάθε προσέγγιση παραμένει ελλιπής, μη δυνάμενη να περιγράψει πλήρως μια λύση που εξαρτάται από ποικίλα πολιτισμικά στοιχεία.

Πάντως, το επίτευγμα της επιτυχούς διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων αποτελεί μια από τις μοναδικές εκείνες περιπτώσεις, που η ευρύτατη διαφοροποίηση της εκφοράς της ατομικής δραστηριότητας αξιοποιήθηκε στην Ελλάδα σε μέγιστο βαθμό. Οι σκληροί χρονικοί περιορισμοί δεν επέδρασαν μόνο στην αλλαγή δομών διοίκησης. Μετέβαλλαν επίσης και το είδος της αλληλεπίδρασης μεταξύ των δρώντων ατόμων, των οποίων οι ρόλοι έπαυαν να είναι σταθεροί και προκαθορισμένοι κάτω από την ανάγκη επείγουσας αντιμετώπισης ασαφών προβλημάτων. Αυτό είναι συνεπές με μελέτες στη βιβλιογραφία που επισημαίνουν ότι, σε οριζόντια οργανωτικά σχήματα, τεχνικά επαγγέλματα, μάρκετινγκ και πολιτική φαίνονται σήμερα ότι "συγκλίνουν". Οι δρώντες μετατρέπονται σε επαγγελματικά "υβρίδια" που οδηγούνται από τις διαρκώς μεταβαλλπόμενες απαιτήσεις της αγοράς και τα μη προβλέψιμα αιτήματα των χρηστών. Οι νέοι μηχανικοί είναι κάτοχοι MBA, διοικητικά στελέχη, σπουδάζουν οικονομικά. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα της τεχνικής ορολογίας υποχωρεί μέσω της δημιουργίας διεθνών προτύπων. Οι προτυποποιημένες τεχνολογίες γίνονται εργαλεία εν είδει «μαύρου κουτιού», ώστε να αναφέρονται εύκολα από μη-μηχανικούς, παραμερίζοντας τεχνικές λεπτομέρειες. *Μια κοινή γλώσσα* εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του Ολυμπιακού δικτύου TETRA, όπου τα ζητήματα εθνικής σημασίας και μάρκετινγκ ήταν κυρίαρχα, οι τεχνολογικοί όροι ήταν τυποποιημένοι και οι διαμάχες ήταν συνήθως πολιτικές παρά τεχνικές. Η

αλληλεπίδραση μεταξύ των δρώντων από διαφορετικά επαγγέλματα, εργασιακό περιβάλλον ή πολιτική θέση έγινε ευκολότερη και ομοιογενής. Η κοινή, κατανοητή γλώσσα επιτάχυνε διαδικασίες και διευκόλυνε την παράκαμψη γραφειοκρατικών αγκυλώσεων. Με ορολογία δικτύου, η παράκαμψη ιεραρχικών επιπέδων μειώνει αποστάσεις ανάμεσα σε δρώντες φορείς, δημιουργώντας έναν «μικρό κόσμο» ("small world") διοίκησης και ελέγχου.[56]

[56] Στοιχεία της παραπάνω πειραματικής εργασίας και ανάλυσης για τη λειτουργία οριζόντιων διοικητικών δομών περιέχονται στο:
Papagiannopoulos, P., Xenikos, D. G., and Vouddas, P. (2009) Event management and group communications– The case of the Olympic Games 2004 in Athens. *Event management* Vol. 13 (2), pp. 103-116.
Επίσης, αποτελέσματα της πειραματικής έρευνας παρουσιάστηκαν στο συνέδριο *«170 χρόνια Πολυτεχνείο, οι Μηχανικοί και η Τεχνολογία στην Ελλάδα»* του ΕΜΠ, που προαναφέρθηκε.

2. Η ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΠΟΡΕΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ – ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΠΡΟΣΩΠΗΣΗΣ

2.1 Υπάρχουν νόμοι που περιγράφουν ανθρώπινες συλλογικές δραστηριότητες;

Α.

«Όπως έχει αποδειχθεί, ο κόσμος δεν αλλάζει τόσο εύκολα. Και ανεξάρτητα από τη θέληση και τους αγώνες των ανθρώπων, εκείνος στο βάθος θα εξακολουθήσει τη δική του πορεία που του επιβάλλουν μυστικοί νόμοι, ασύλληπτοι από τη λογική και τη βούληση των ανθρώπων. Το είδαμε αυτό στους 2-3 αιώνες που πέρασαν… Σκεφτείτε μόνον με πόσες ελπίδες γέμισαν οι άνθρωποι από τις δυο επαναστάσεις [Γαλλική και Οκτωβριανή] και μετά το τέλος των δύο παγκόσμιων πολέμων. Και τι ακολούθησε; Και τι συμβαίνει σήμερα, όταν εμείς που γνωρίσαμε τον τελευταίο μεγάλο πόλεμο ήμασταν απολύτως βέβαιοι ότι δεν πρόκειται οι άνθρωποι να ξαναπάρουν τα όπλα και να αλληλοσκοτωθούν.

Σε ατομικό όμως επίπεδο, πιστεύω ότι ο κάθε απλός άνθρωπος, αν έχει την κατάλληλη πνευματική, ψυχική και ηθική θωράκιση, μπορεί ακόμα και μέσα στην πιο άγρια θύελλα να διατηρήσει αδιάβροχη και αδιαπέραστη την ατομικότητά του, τα πιστεύω και τις αξίες που τον έχτισαν και τον έκαναν να γίνει αυτός που είναι. Και νομίζω ότι υπάρχουν πολλοί τέτοιοι άνθρωποι. Εκατομμύρια. Παντού. Μόνο που παραμένουν μοναχικοί κι αδύναμοι να αντιδράσουν.»

Μίκης Θεοδωράκης[57]

[57] Θεοδωράκης, Μ., *Δίφωνο,* Τεύχος 154, Σεπτέμβριος 2008.

Το παρόν δεύτερο κεφάλαιο της διατριβής διερευνά την πεποίθηση που διακρίνει επιστήμονες, φιλοσόφους, πολιτικούς, οικονομολόγους, κλπ, οι οποίοι προεξοφλούν την ύπαρξη κοινωνικών νόμων που διέπουν συλλογικές συμπεριφορές, καθώς και στατιστικών νόμων που περιγράφουν επιλογές και αποκλίσεις προσωπικής συμπεριφοράς, όπως αυτές διαμορφώνονται στο κοινωνικό περιβάλλον. Η πεποίθηση αυτή έχει ιστορική διαδρομή, κατά την οποία σταδιακά διαμορφώνονται νέα μεθοδολογικά εργαλεία ανάλυσης, μέσα από την αλληλεπίδραση κοινωνικών κα φυσικών επιστημών.

Η θεματολογία στην ιστορική διαδρομή του παρόντος κεφαλαίου οφείλει το γενικό της κορμό στο βιβλίο *Critical Mass* του P. Ball. Οι αναφορές στη γέννηση της στατιστικής σαν κλάδο των μαθηματικών και της φυσικής εμπλουτίζονται με πληροφορίες από άλλες ιστορικές μελέτες, αλλά και από πρωτογενείς πηγές, όπως κείμενα του T. Hobbes και του J. Graunt. Θέματα στατιστικής, που αποτέλεσαν σημαντικούς σταθμούς στην ιστορική αυτή πορεία και αφορούν δυναμικά φαινόμενα και μεταβολές φάσης, προκύπτουν από εκτεταμένη τεχνική βιβλιογραφία και κείμενα του I. Prigogine. Μεθοδολογικά ζητήματα «μοντέλων εκπροσώπησης» αντλούνται από αναλύσεις πολυπλοκότητας, όπως εκείνες στο *Complex Adaptive Systems* των J. H. Miller και S. E. Page. Ιστορικές αναφορές σε θέματα πολιτικής οικονομίας, πέραν του P. Ball, αποτελούν δάνεια από μελέτες στατιστικών φυσικών, που ανήκουν στο ρεύμα της «οικονο-φυσικής» (“econophysics”). Τέλος, στοιχεία Θεωρίας Παιγνίων και μελετών ανθρώπινης συμπεριφοράς σταχυολογούνται, για τις ανάγκες του παρόντος, από σημαντικές πειραματικές μελέτες όπως των S. Milgram, R. Axelrod και M. Granovetter.

Β.

Τον Νοέμβριο 2007 το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ ανακοίνωσε το επικαιροποιημένο σχέδιο ανάπτυξης του Μητροπολιτικού Πάρκου Ελληνικού. Το σχέδιο περιέγραφε ένα σενάριο οικιστικής ανάπτυξης του αντίστοιχου χώρου, ο οποίος θα μπορούσε

ενδεχομένως να αποτελέσει έναν από τους μεγαλύτερους συνεκτικούς χώρους πρασίνου της πρωτεύουσας. Αντ΄ αυτού το ΥΠΕΧΩΔΕ σημείωνε:

> *«…Στην ανατολική και δυτική πλευρά του Πάρκου, προτείνεται πολεοδομική ανάπτυξη μικτών χρήσεων, κατοικίας, επιχειρήσεων και τουρισμού. Η πολεοδομική ανάπτυξη θα δώσει το έναυσμα για μια μοναδική πολεοδομική ανανέωση αυτής της περιοχής της πρωτεύουσας. Το Πάρκο του Ελληνικού, χάρη στην εύκολη πρόσβασή του από το κέντρο της Αθήνας αποτελεί ιδανικό μέρος για την ανάπτυξη πιλοτικών έργων κατοικίας και επιχειρήσεων που θα πρέπει να αποτελέσουν και παράδειγμα για τέτοιου είδους προγράμματα στην Αθήνα…»*[58]

Συμπτωματικά, πριν κλείσει το 2007, ένας άλλος υπουργός της κυβέρνησης υποχρεώθηκε σε παραίτηση, υπό το βάρος του σκανδάλου της οικοδόμησης πολυτελούς προσωπικής κατοικίας σε προστατευόμενη περιοχή του Υμηττού (τρία ανεξάρτητα κτίρια, πισίνα, κλπ), έχοντας εξασφαλίσει πολεοδομική άδεια ανέγερσης αναψυκτηρίου. Δημοσιογραφική έρευνα ανέδειξε ότι η ίδια νομότυπη οδός είχε χρησιμοποιηθεί για ανέγερση πλήθους ιδιωτικών κατοικιών στην ίδια περιοχή.

Είτε μέσα από κεντρικό σχεδιασμό είτε μετά από καθαρά ιδιοτελείς ενέργειες η πόλη της Αθήνας μεγαλώνει, όπως κάθε πρωτεύουσα. Η διαδικασία διαρκεί χρονικά διαστήματα που καλύπτουν αρκετές γενεές, πολιτικές προσπάθειες, κοινωνικές αλλαγές και οικονομικές περιόδους ανάπτυξης ή ύφεσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες, συνδυαζόμενοι με πολιτιστικές ιδιαιτερότητες και ευαισθησίες του πληθυσμού διαμορφώνουν ένα οικιστικό μωσαϊκό ελεύθερων και κατοικημένων χώρων, φαινομενικά μοναδικό σε κάθε χώρα. Πόσο μοναδικό όμως είναι;

[58] http://archive.enet.gr/online/online_text/c=112,dt=16.01.2008,id=93197328,20144720,28036048

Σχήμα 1: *Από τη μελέτη του αξονικού χάρτη της Αθήνας (πάνω αριστερά), η πόλη τοποθετείται στην ίδια κατηγορία με την Κωνσταντινούπολη, το Λονδίνο ή το Χόνγκ Κόνγκ (πάνω δεξιά). Αυτές οι πόλεις εμφανίζουν μικρότερη διασπορά στο μέγεθος και την απόσταση ελεύθερων χώρων (στο διάγραμμα κάτω αριστερά, η κόκκινη κατανομή αξόνων έχει μισή σχεδόν κλίση από την γαλάζια, που αντιστοιχεί σε πόλεις όπως η Βαρκελώνη). Ο βαθμός κατακερματισμού του αστικού ιστού εμφανίζει δύο τύπους με παγκόσμια χαρακτηριστικά, χωρίς προφανή εξάρτηση από την γεωμορφολογία, την ιστορία ή την κουλτούρα του τόπου, και παρά το ότι συχνά αποτελεί αντικείμενο έντονου κοινωνικού διαλόγου και πολιτικών παρεμβάσεων. Παράδειγμα, η περίοδος 2005-2010 για το χώρο του πρώην αεροδρομίου στο Ελληνικό, με τις απόψεις υπουργών και στελεχών της Νέας Δημοκρατίας υπέρ του κατακερματισμού του (κάτω δεξιά) ή το όραμα του πρωθυπουργού Γ. Παπανδρέου για την ευκαιρία προσέγγισης της αρχιτεκτονικής ελεύθερων χώρων της Βαρκελώνης.*

Ερευνητές που πρόσφατα μελετούσαν την κατανομή των ελεύθερων χώρων σε αστικό περιβάλλον βρέθηκαν μπροστά σε ένα απροσδόκητο αποτέλεσμα.[59] Για να απεικονίσουν την οικιστική δόμηση χρησιμοποιούσαν αξονικούς χάρτες ("axial maps"), σχεδιάζοντας ένα δίκτυο από ευθείς άξονες που περικλείουν ελεύθερους χώρους ή διασυνδέουν γειτονικούς. Εξέτασαν 36 πόλεις σε 14 χώρες. Βρήκαν ότι όλες σχεδόν μπορούσαν να καταταχθούν σε δύο κατηγορίες, αφού η στατιστική κατανομή του μήκους των αξόνων στους χάρτες προσέγγιζαν δύο μόνον συναρτησιακές καμπύλες. Η Αθήνα βρέθηκε στην ίδια ομάδα πόλεων με το Λονδίνο, το Χονγκ Κονγκ και την Κωνσταντινούπολη, ενώ η Βαρκελώνη ήταν στην άλλη ομάδα, μαζί με το Σηάτλ και το Τόκυο. Βασικά χαρακτηριστικά της διασποράς των μη οικοδομημένων χώρων στο σύγχρονο αστικό περιβάλλον φαίνονται ασύνδετα από ιστορικές και κοινωνικές ιδιαιτερότητες κάθε τόπου.

Αποτελεί αυτή η διαπίστωση απαράβατο νόμο; Θα μπορούσε, για παράδειγμα, η Αθήνα να μεταπηδήσει ομάδα και να μιμηθεί τη Βαρκελώνη σε κάποιο βαθμό (όπως διερευνούσε ο πρωθυπουργός Γ. Παπανδρέου στα τέλη του 2009), αναμορφώνοντας με κάποιο τρόπο την κατανομή των ελεύθερων χώρων; Θεωρητικά ναι, με ενοποιήσεις εκατοντάδων (χιλιάδων;) από αυτούς τους χώρους. Η ελπίδα είναι ότι η τεράστια προσπάθεια που απαιτείται είναι πιθανώς μικρότερη από ό,τι σε ένα αντίστοιχο έργο στο Χονγκ Κονγκ. Ίσως πιο ρεαλιστικό σενάριο θα ήταν να δημιουργήσει κανείς θύλακες ελεύθερων χώρων στην πόλη, περιορισμένης βέβαια έκτασης. Ή, τέλος, να μην κάνει τίποτα. Να αφήσει δηλαδή την πόλη να αναπτυχθεί με τον ίδιο τρόπο που πορεύεται ιστορικά, δίχως κεντρικό σχεδιασμό ή με σχεδιασμό που αναπαράγει την ίδια στατιστική κατανομή κατακερματισμένων αξόνων και επεμβαίνοντας μόνον για βελτιώσεις χρήσης χώρων σε τοπικό ή προσωπικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση, η δικτυακή ανάλυση αξονικών χαρτών προσφέρει κριτήρια *για να κατατάξει* κανείς τις παρεμβάσεις της εκτελεστικής εξουσίας, όπως τις προαναφερθείσες του 2007, και να ταξινομήσει τις επιλογές της.

Αν υπάρχει νόμος που περιγράφει την συλλογική συμπεριφορά για τον τρόπο που ο άνθρωπος κατασκευάζει το χώρο όπου ζει, τότε αυτός δεν φαίνεται να περιορίζει σε καμιά περίπτωση τις επιλογές του για αλλαγή ή συντήρηση υφιστάμενων συνθηκών.

[59] Carvalho, R., Iida, S., and Penn, A. (2003). Scaling and universality in the micro-structure of urban space, *Proceedings – 4th International Space Symposium*, London.

Διακρίνει βέβαια τους εύκολους από τους δύσκολους ή τους μάταιους τρόπους υλοποίησης. Φωτίζει δυνατότητες, στηρίζει οράματα, προτείνει δρόμους.

Γ.

Κινούμαστε από χιλιάδες κίνητρα, καθένας από μας με τον δικό του τρόπο. Αντίθετα από άλλα έμβια όντα διαθέτουμε κρίση, ισχυρή μνήμη, φαντασία, αξιοπρέπεια, ιδιαίτερο τρόπο να αφομοιώνουμε γνώσεις και να κατασκευάζουμε εργαλεία. Τι τύχη μπορεί να έχει μια γενίκευση, μια απλουστευμένη περιγραφή της πολύπλευρης και απρόβλεπτης φύσης μας;

Καμία τύχη – αυτή είναι η πρώτη απάντηση που αυθόρμητα προκύπτει. Κι όμως, αυτό δεν εμπόδισε τους ανθρώπους να μελετούν και να κατηγοριοποιούν ατομικά χαρακτηριστικά και συλλογικές δραστηριότητες ή να σχεδιάζουν το μέλλον τους προεκτείνοντας συνιστώσες και γενικεύοντας εκτιμήσεις από το παρελθόν. Η ανάπτυξη της φυσικής από τον 17^{ο} αιώνα πρόσθεσε νέα εργαλεία που παροτρύνουν παρόμοιες προσεγγίσεις. Κάποιες φορές, οι θεωρήσεις αυτές εκφράστηκαν ως πίστη ότι κανονικότητες στον κοινωνικό τομέα όχι μόνον υφίστανται, αλλά και έχουν παρόμοια ισχύ με όσα διέπουν τον φυσικό κόσμο. Άλλοτε πάλι διατυπώθηκαν ως μια ευχάριστη διαπίστωση – ότι διαφαίνεται επί τέλους τάξη στην, κατά τα άλλα, εντυπωσιακή διαφοροποίηση των εκφάνσεων της κοινωνικής μας ζωής.

Φυσικές και κοινωνικές σπουδές έχουν λοιπόν μια παράλληλη ιστορική διαδρομή τουλάχιστον τριών αιώνων. Θέση της παρούσας εργασίας είναι ότι οι δύο γνωστικοί τομείς βρίσκονται σε μια ιδιότυπη αλληλεπίδραση που επιτρέπει δάνεια μεθόδων και μεταφορών εκατέρωθεν. Πολλές φορές, οι ίδιοι οι δημιουργοί αποκαλύπτουν τις ετερογενείς επιδράσεις στη δουλειά τους. Παράδειγμα ο Thomas Hobbes, ο οποίος ομολογεί (*De Cive*, 1642) ότι βάση της πολιτικής του θεωρίας ήταν η απλότητα των αξιωμάτων της γεωμετρίας και η μηχανιστική θεώρηση, που διαπερνούσε τη σκέψη των φυσικών στον καιρό του. Ή όπως ο Adam Smith, αναφερόμενος στο σεβασμό που έτρεφε για το έργο του Γάλλου φυσικού και προέδρου της «φυσιοκρατικής

σχολής» F. Quesnay.[60] Άλλοτε πάλι, ιστορικές μαρτυρίες αποκαλύπτουν ότι οι επιδράσεις μεταξύ εκπροσώπων κοινωνικών σπουδών και φυσικών επιστημών υπήρξαν ουσιαστικά αμφίδρομες, όπως διερευνάται εκτενώς περεταίρω.[61] Εμφανέστατη είναι η αλληλεπίδραση στις περιπτώσεις όπου ορολογίες αναμειγνύονται, όπως, για παράδειγμα, όταν μιλάμε για σταθερότητα του καπιταλιστικού *συστήματος* ή για *δίκτυα* τρομοκρατίας. Η λίστα δανεισμένων όρων και μεθόδων μπορεί να επεκταθεί με την αναφορά στη συμμετρία ανθρώπων και τεχνημάτων στην κυβερνητική αλλά και σε σύγχρονες κοινωνιολογικές θεωρίες, στη γενικευμένη πλέον χρήση της έννοιας του δικτύου στη μελέτη βιολογικών διαδικασιών αλλά και κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, στη χρήση εννοιών όπως η πολυπλοκότητα, η προσαρμογή, η εξέλιξη, η πληροφορία.

Δ.

Στοιχεία της παράλληλης ιστορικής διαδρομής φυσικών και κοινωνικών σπουδών παρατίθενται στα πρώτα κεφάλαια της παρούσης εργασίας. Μέσα από αυτή την παράλληλη διαδρομή αναδύθηκαν τα «μοντέλα εκπροσώπησης» ("agent based models"), τα οποία ενσωματώνουν την άποψη πως η κοινωνική δομή και δυναμική που εμφανίζουν σύνολα ατομικών μονάδων είναι αποτέλεσμα *απλών κανόνων που χαρακτηρίζουν μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις*. Η κεντρική αυτή θέση μπορεί να αντιπαραβληθεί με άλλες θεωρήσεις, όπου στοιχεία κοινωνικής δυναμικής αποδίδονται σε εσωτερικά χαρακτηριστικά του ατόμου (γενετική προδιάθεση, ιδιοσυγκρασία, διαίσθηση, προκατάληψη, κλπ).

Οι αλληλεπιδράσεις που εξετάζονται στην κοινωνική φυσική έχουν (όπως και στη φυσική) πέντε κύρια χαρακτηριστικά – πρόσημο, ισχύ, εμβέλεια, επιλεκτικότητα και φορά. Μεσω αυτών μπορούν να διατυπωθούν με γενικότητα οι ατομικές αλληλεπιδράσεις, παρέχοντας τη δυνατότητα στην κοινωνική φυσική να προτείνει τη μαθηματική αναπαράσταση φαινομένων σε επιστημονικούς τομείς τόσο

[60] Ο Smith θεωρούσε τη μελέτη του Quesnay *Tableau économique* σαν ένα από τα πρώτα έργα οικονομικής θεωρίας. Στο Buchan, J. (2006) *The Authentic Adam Smith: His Life and Ideas*. New York: W. W. Norton & Company.

[61] Θα αναφερθούμε, για παράδειγμα, στα κοινωνικά οράματα του F. Galton, ιδρυτού της Έδρας Ευγονικής στο University College του Λονδίνου (σήμερα Ανθρώπινης Γενετικής), την οποία κατείχαν διάσημοι στατιστικοί μαθηματικοί όπως, ο C. Pearson και ο R. E. Fisher.

διαφορετικούς όπως η φυσική, η βιολογία, η επιδημιολογία, η οικονομία και οι αγορές, η οργάνωση και διοίκηση, η αρχιτεκτονική πόλεων, η γλωσσολογία, η τεχνολογική δημιουργία ή τα κοινωνικά δίκτυα.

Τα μαθηματικά εργαλεία που μπορούν να χειρίζονται τους παραπάνω τύπους αλληλεπιδράσεων, τα «μοντέλα εκπροσώπησης», εξελίσσονται με αργά βήματα, για πάνω από τρεις αιώνες. Το παρόν κεφάλαιο της εργασίας εστιάζει στις βάσεις της στατιστικής θεώρησης για φαινόμενα του φυσικού κόσμου και της κοινωνίας, αφήνοντας για το επόμενο κεφάλαιο θεωρήσεις του δεύτερου μισού του 20ού αιώνα, που βασίζονται στις έννοιες του συστήματος και του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, στο 2^{ο} κεφάλαιο θα εξεταστούν θεωρήσεις όπου *όλοι έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με όλους ή να ανταγωνίζονται τους πάντες*. Η ιδιότυπη συνεργασία επιστημόνων και μελετητών της κοινωνίας καταγράφεται από τα πρώτα της βήματα, το έργο του Thomas Hobbes όπου τα άτομα αλληλεπιδρούν καθώς αντιμάχονται για δύναμη και ισχύ ή το έργο του Adam Smith όπου ανταγωνίζονται στο όνομα της μεγιστοποίησης οικονομικού οφέλους. Αργότερα, η στατιστική εξέταση συστημάτων, όπου συνυπάρχει ελκτική και απωστική αλληλεπίδραση, πρόσφερε τα θεωρητικά εργαλεία για να περιγραφούν μορφολογικές δομές ανάπτυξης όντων έμβιων ή μη, προβλήματα μετακίνησης και μεταφοράς, ζητήματα αυτενέργειας και όχλου.

Παράλληλα με την εξέλιξη των στατιστικών εργαλείων, θεωρητικές έννοιες (όπως το άτομο, ο χρόνος ή η αλληλεπίδραση) αποκτούσαν σταδιακά νέο νόημα, εξελίσσοντας την οπτική και τη φιλοσοφική στάση απέναντι σε πειραματικά δεδομένα από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς. Έτσι, όπως θα φανεί παρακάτω, η διατύπωση της μαθηματικής κατανομής τυχαίων γεγονότων είχε μεγάλη επίδραση στη διαμόρφωση της έννοιας του «μέσου ανθρώπου» ως πρότυπο πολίτη στη δημοκρατικής κοινωνία του 18^{ου} αιώνα. Η στατιστική θεωρία των μεταβολών φάσης της ύλης τον 19ο αιώνα προσέδωσε νέο περιεχόμενο στη σημασία της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ατόμων για τη διαμόρφωση δομών και κανονικοτήτων στη μορφολογία ή τη δυναμική συνόλων, είτε αυτά αποτελούνται από έμβια είτε από μη έμβια άτομα. Ενέπλεξε επίσης με νέο τρόπο τη θεώρηση του χρόνου με υφιστάμενες φιλοσοφικές στάσεις και θρησκευτικές πεποιθήσεις. Έννοιες όπως αυτενέργεια ατόμου ή δυναμική όχλου αντιμετωπίζονται διαφορετικά μετά τη διαπίστωση στις αρχές του 20ού αιώνα ότι ακολουθούν μαθηματικές κατανομές που

στερούνται συγκεκριμένης κλίμακας (“scale free”). Αυτό υποδεικνύει ότι οι συμπεριφορές διέπονται δηλαδή από κοινωνικούς κανόνες που, ακόμα κι αν δεν αναγνωρίζονται πλήρως, παρουσιάζουν περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά με φαινομενικά ασυσχέτιστα ενδεχόμενα στο φυσικό κόσμο – όπως με τον τρόπο που δομείται η γλωσσική έκφραση ή με τη συχνότητα εμφάνισης σεισμών στο γήινο φλοιό. Αντίστοιχα, η μαθηματική ανάλυση, που αναδεικνύει κανονικότητες σε χρονικές διακυμάνσεις οικονομικών μεγεθών και στη δημιουργία κοινωνικής ιεραρχίας πλουσίων-φτωχών, οδηγεί σε επανεξέταση φιλοσοφικές θεωρήσεις και πολιτικές στρατηγικές. Κι ακόμα, μετά τη διατύπωση της θεωρίας παιγνίων από τον von Neumann στα μέσα του 20ού αιώνα και τις μελέτες της αμερικανικής RAND Corporation, οι επιλογές των πολιτικών διαφοροποιούνται σημαντικά.

Όπως κάθε θεωρητικό εργαλείο ανάλυσης, έτσι και τα μοντέλα εκπροσώπησης υπόκεινται διαρκώς σε εξαντλητική κριτική διερεύνηση για το πεδίο ισχύος και τις τυχόν ενδογενείς τους αντιφάσεις, τους περιορισμούς και τις δυνατότητες που εισάγουν. Πώς δικαιολογούνται, για παράδειγμα, οι διαφορές στην ισχύ των αποτελεσμάτων σε διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς, ακόμα και όταν χρησιμοποιούνται παρόμοια ή αντίστοιχα θεωρητικά εργαλεία ανάλυσης; Η φυσική υπήρξε ιδιαίτερα αποτελεσματική στην περιγραφή δυναμικών καταστάσεων της φύσης, από την εποχή του Νεύτωνα. Στις κοινωνικές επιστήμες τα πράγματα δεν είναι ξεκάθαρα *σε επίπεδο πρόβλεψης*. Σε ποια ακρίβεια θα φτάσει άραγε η ανάλυση στη διατύπωση ιστορικών νόμων ή έστω επαναλαμβανόμενων μορφότυπων συλλογικής συμπεριφοράς, την ύπαρξη των οποίων δεν παύουν διαχρονικά να τεκμαίρουν φιλόσοφοι και στοχαστές; Η διατύπωση και η διερεύνηση αυτών και παρόμοιων ερωτημάτων διαπερνούν το σύνολο της εργασίας. Κεντρική θέση του γράφοντος είναι ότι το εγχείρημα της κοινωνικής φυσικής αποσκοπεί να διερευνήσει με ποιο τρόπο σύγχρονα θεωρητικά εργαλεία από τις φυσικές επιστήμες τοποθετούνται στο ευρύτερο ιστορικό πλαίσιο μιας ορθολογικής αναζήτησης, όχι για το πώς η κοινωνία θα έπρεπε να είναι, αλλά για το πώς είναι και πώς εξελίσσεται.

2.2 Διαχωρίζοντας πολιτική και πείραμα

2.2.1 Thomas Hobbes – ξεκινώντας από πρώτες αρχές

«Αγεωμέτρητος μηδείς εισήτω» – Ακαδημία Πλάτωνος

Ο P. Ball αναφέρεται πολύ περιγραφικά στον μύθο, σύμφωνα με τον οποίο γεννήθηκε η ιδέα της κοινωνικής φυσικής στον Hobbes. Βημάτιζε ο Hobbes στη βιβλιοθήκη, λέει ο μύθος[62], όταν το μάτι του έπεσε σε ένα βιβλίο ανοιγμένο στο τραπέζι, τα *Στοιχεία* του Ευκλείδη. Άρχισε να διαβάζει από περιέργεια και βρέθηκε μπροστά στην απόδειξη ενός θεωρήματος. «Αδύνατον», ψέλλισε αλλά συνέχισε συνεπαρμένος καθώς το κείμενο τον παρέπεμπε σε άλλο θεώρημα, το οποίο και διάβασε. Αλλά και εκείνο με τη σειρά του τον παρέπεμπε σε ένα ακόμα, το οποίο και πάλι μελέτησε, και ούτω καθεξής. Στο τέλος κατέληξε σε κάτι προφανές, και πείσθηκε. Εκείνη τη στιγμή, το έτος 1629, μαζί με τη συγκίνηση της απόδειξης μιας αλλόκοτης πρότασης από απλά και προφανή αξιώματα, ο Hobbes είχε αγαπήσει για πάντα τη Γεωμετρία.

Η συνέχεια δεν του επεφύλασσε να γίνει μαθηματικός. Προσπάθησε πάντως, εξερευνώντας σημαντικά ερωτήματα της θεωρίας όπως ο τετραγωνισμός του κύκλου, αλλά τον νου του απασχολούσαν κοινωνικά κυρίως ζητήματα. Δεν μπορούσε να ησυχάσει από την πολιτική κατάσταση στη χώρα του, που διένυε μακρά περίοδο αστάθειας με βίαιες εμφύλιες διαμάχες. Έβαλε λοιπόν στόχο να διατυπώσει μια θεωρία διακυβέρνησης που να διέθετε ισχύ, όπως αυτή της Ευκλείδειας Γεωμετρίας. Αν τα κατάφερνε, τότε, έλεγε,

> *"I do not know what greater contribution human industry could have made for human happiness. For if the patterns of human action were known with the same certainty as the relations of magnitude in figures, then ambition and greed, whose power rests on the false opinions of the common people about right and wrong, would be disarmed, and the human race would enjoy such*

[62] Ο μύθος αυτός έχει καταγραφεί από τον John Aubrey, σύγχρονο του Hobbes. Δες Aubrey, J. (1681). *Brief Lives*, ed. J. Buchanan-Brown (2000), pp. 427-8. London: Penguin.

secure peace that (apart from conflicts over space as the population grew) it seems unlikely that it would ever have to fight again." [63]

Χρειαζόταν απλά αξιώματα για την ανθρώπινη υπόσταση και συμπεριφορά, ει δυνατόν αδιαμφισβήτητα. Την άνοιξη λοιπόν του 1636 ταξείδεψε στη Φλωρεντία να συναντήσει τον Γαλιλαίο.

Δεδομένου ότι τον απασχολούσε ένα πρόβλημα κοινωνικό, δεν είναι προφανές τι γύρευε από έναν φυσικό όπως ο Γαλιλαίος. Άκουσε όμως από τον δάσκαλο ότι κάθε τι στον κόσμο βρίσκεται σε αδιάκοπη κίνηση. Ότι ο μόνος σίγουρος τρόπος να φανεί κάτι ακίνητο σε έναν παρατηρητή δεν είναι παρά αυτός να βρίσκεται επάνω αντικείμενο. Και ότι για να σταθεροποιηθεί κάθε τι, που κινείτο ως προς αυτόν, έπρεπε οπωσδήποτε να του ασκηθεί δύναμη *εξωτερική*. Από τα παραπάνω, ο Hobbes διατύπωσε τα ακόλουθα: Ότι η κίνηση ήταν τόσο γενικός κανόνας που περιλάμβανε και τους ανθρώπους. Ότι ακίνητος άνθρωπος είναι ο νεκρός άνθρωπος και επομένως αισθήσεις και συναισθήματα είναι αποτελέσματα αυτής της κίνησης. Ο άνθρωπος είναι ένας μηχανισμός που κινείται από δυνάμεις *εξωτερικές σε αυτόν*. Ο νους είναι απλά μια υπολογιστική μηχανή που εκτελεί αριθμητικές πράξεις, όπου η αιτιολόγηση ανάγεται σε απλό υπολογισμό. Οι μύες και τα άκρα είναι άβουλα εξαρτήματα, που συνδέονται στο σώμα σαν να ήταν ελατήρια και τροχαλίες. Ο άνθρωπος είναι ένα «αυτόματον» ("automaton").

Δεν είναι η μοναδική φορά που η φυσική δανείζει μια έννοια σε ένα άλλο γνωστικό τομέα μέσα από παραμορφωτικό γυαλί. Έννοιες και διαδικασίες της φυσικής συχνά παρερμηνεύονται, παραμορφώνονται καταστρατηγούνται. Κι όμως, δεν παύουν να εμπνέουν και να παρακινούν νέους στοχασμούς, στο βαθμό μάλιστα που ο στοχαστής θα ορκιζόταν πως δεν προδίδει τις πηγές του. Έτσι και ο Hobbes. Χρησιμοποίησε τη μεταφορά και ανακάλυψε την αφετηρία της θεωρίας που αναζητούσε.

Παρότι η μεταφορά της έννοιας της κίνησης είναι παρακινδυνευμένη, η διατύπωση του ανθρώπινου οργανισμού ως αυτόματο παραμένει πιστή στη μηχανιστική άποψη

[63] Hobbes, T. (1651) *De Cive*, Epistle Dedicatory 6. http://www.constitution.org/th/decive.htm

που έτρεφαν οι φυσικοί για τον κόσμο, για κάπου διακόσια χρόνια. Η τελειότερη τεχνολογική κατασκευή θεωρείτο ο μηχανισμός του ρολογιού. Ο κόσμος ολόκληρος λειτουργούσε σαν καλοκουρδισμένο ρολόι, ρυθμισμένο από το Δημιουργό από κατασκευής του κόσμου, αναδεικνύοντας τη σοφία και την παντοδυναμία Του. Στο ρολόι, το σύνολο ισοδυναμούσε με το άθροισμα των μερών. Για να κατανοήσει κανείς τη λειτουργία του ρολογιού απαιτείτο και αρκούσε να ξεχωρίσει κανείς τα κομμάτια του (ελατήρια, γρανάζια, βίδες, κλπ) και να μελετήσει το καθένα διεξοδικά. Το ίδιο συνέβαινε και με τον κόσμο ολόκληρο – οι φυσικοί είχαν ήδη ξεκινήσει να μελετούν την κίνηση όλων των σωμάτων που τον απαρτίζουν. Το ίδιο και με τον άνθρωπο, όπως ανέφερε και ο Descartes:

> *So likewise [as a clock], if the body of man be considered as a kind of machine, so made up and composed of bones, nerves, muscles, veins, blood, and skin, that although there were in it no mind, it would still exhibit the same motions which it at present manifests voluntarily".*[64]

Ο Hobbes είχε γίνει κοινωνός της μηχανιστικής κοσμοθεωρίας κατά το ταξείδι του στη Ευρώπη το 1634-7, συναναστρεφόμενος τους Γάλλους φιλοσόφους Marrin Marsenne και Pierre Gassendi, σύγχρονους του Descartes.

Το επόμενο βήμα για τον Hobbes ήταν να διατυπώσει τις βασικές αρχές για την ανθρώπινη συμπεριφορά. Ως κίνητρο, το οποίο ωθούσε τον άνθρωπο σε διαρκή κίνηση, θεώρησε τη δίψα για δύναμη. Αυτό φαινόταν αυταπόδεικτο την εποχή που η Αγγλία σπαρασσόταν από συνεχείς εμφύλιους πολέμους, στους οποίους πολύ δύσκολα διέκρινε κανείς ιδεολογικά ερείσματα. Η ανθρώπινη φυσιολογία οπλίζει τον άνθρωπο με φυσική δύναμη, ευφράδεια και φρόνηση, χαρακτηριστικά δηλαδή που αυτός χρησιμοποιεί για να αποκτήσει τα μέσα και τα εργαλεία και να κυνηγήσει ακόμα περισσότερα. Η δύναμη ενός ανθρώπου έχει σχετικό μέγεθος – έχει σημασία μόνον στο βαθμό που ξεπερνά τη δύναμη των άλλων. Χρησιμοποιείται πρώτα από όλα για αυτοσυντήρηση του ατόμου. Εκτός όμως από αυτό, ο άνθρωπος έχει και την προδιάθεση να αποποιηθεί μέρος της δύναμής του, όταν και άλλοι το κάνουν, για το

[64] Desccartes, R. (1641). "Meditations on first philosophy". In *Mediatations and Selections from the Principles of Philosophy*, p. 98. Open Court, La Salle, Ill., 1952. Αναφέρεται στον P. Ball (2004).

κοινό καλό και για την ειρήνη, "και να αρκεστεί σε τόση ελευθερία απέναντι στους άλλους, όση θα επέτρεπε σε άλλους να ασκούν απέναντί του."[65]

Αυτές ήταν οι πρώτες αρχές της θεωρίας του Hobbes. Από εδώ ξεκίνησε για να *παράγει* τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της πολιτείας του, στην οποία έδωσε το όνομα ενός τέρατος της Εβραϊκής μυθολογίας – *Λεβιάθαν*. Σε αυτήν, οι άνθρωποι εξασφαλίζουν την ειρήνη εκλέγοντας άπαξ τον κυβερνήτη τους, στον οποίο παραχωρούν ισόβια απόλυτη εξουσία. Ο κυβερνήτης εξασφαλίζει την ειρήνη, και σε αυτό το βαθμό εκπροσωπεί του πάντες, ενώ (εξ ορισμού) δεν προδίδει ποτέ το λαό του. Τα άτομα διατηρούν το δικαίωμά τους για εξάσκηση δύναμης μόνο για λόγους αυτοσυντήρησης, και γνωρίζουν ότι ανυπακοή στον κυβερνήτη σημαίνει θάνατος. Αυτή είναι ομολογουμένως μια παγερή εικόνα. Όμως ο Hobbes πίστευε βαθειά ότι είχε αποδείξει πως η μοναρχία είναι το καλύτερο σύστημα διακυβέρνησης, *χρησιμοποιώντας μόνο επιστήμη και λογική*. Επιπλέον, είχε βρει για πρώτη φορά μια μεθοδολογία για να ενώσει, μέσα σε μια ειρηνική και ασφαλή κοινότητα, υποκείμενα που ενδιαφέρονται αποκλειστικά και μόνον για τον εαυτό τους.[66] Και δεν έπεφτε έξω στο ότι εξασφάλιση ειρήνης και ασφάλειας αποτελεί ένας από τους θεμελιώδεις στόχους για την ύπαρξη κάθε αυτόνομου κράτους, τότε ή σήμερα.

Φυσικά ο Λεβιάθαν δεν εφαρμόστηκε πουθενά, ποτέ. Η μαύρη αυτή εκδοχή για την ανθρώπινη συνύπαρξη δεν μπορούσε να ικανοποιήσει κανένα, από τον μονάρχη (που στην πράξη δεν εκλέγεται ποτέ δημοκρατικά) ως τον τελευταίο πολίτη. Η κριτική που δέχτηκε ήταν πολλαπλή. Πρώτα από όλα, τα αξιώματα που χρησιμοποίησε ήταν επηρεασμένα από τη μηχανιστική άποψη για την επιστήμη, που δεν ήταν παρά η θεώρηση που επικρατούσε στην επιστημονική κοινότητα της εποχής. Επίσης, παρότι η σκέψη του Hobbes διακατεχόταν από την ιστορική συγκυρία της πολιτικής κατάστασης στη Αγγλία, αγνοούσε οποιεσδήποτε οικονομικές ή κοινωνικές παραμέτρους (πχ, αναδιανομή γης) που συνεισέφεραν στην αναρχία της εποχής του. Παράλληλα δε, πέρα από τον ωμό ανταγωνισμό, αγνοούσε όλες τις συνήθειες και τις πλευρές του χαρακτήρα του ανθρώπου στις οποίες στηρίζει την κοινωνικότητά του,

[65] Hobbes, T. (1651), *Leviathan*, ed. C.B. Macpherson (1985), p. 190, Penguin, London. http://oregonstate.edu/instruct/phl302/texts/hobbes/leviathan-contents.html

[66] Υπό αυτή την έννοια, κατά τον ιστορικό Frederik Nussbaum, «ο Hobbes ανακάλυψε την κοινωνία». Δες Nussbaum, F. L. (1965). *The Triumph of Science and Reason 1660-1685*. New York: Harper & Row, p. 61.

όπως οικογένεια, παραδόσεις και έθιμα.[67] Ο Locke, βλέποντας περισσότερο την καλοπροαίρετη πλευρά της ανθρωπότητας ανέφερε, έχοντας πιθανότατα υπ' όψη του τον Hobbes, ότι *"[There ıs a plain] difference between the state of nature and the state of war"*[68].

Τα παραπάνω ιστορικά στοιχεία, που αναφέρονται στον Ball, μας οδηγούν σε δύο μεθοδολογικά ερωτήματα, που θα μας απασχολήσουν και αλλού στην παρούσα μελέτη. Ακόμα και *αν δηλαδή θεωρήσουμε ότι οι βασικές αρχές του Hobbes ισχύουν,* είναι άραγε ασφαλές να υποτεθεί ότι δεν περιέχουν εσωτερικές αντιφάσεις ή ότι δεν οδηγούν σε περισσότερες από μία εκδοχές του Λεβιάθαν;

Σήμερα διαφαίνεται ότι η απάντηση και στα δυο ερωτήματα είναι αρνητική. Η αντίρρηση για το μονοσήμαντο της λύσης του Λεβιάθαν έχει ως ακολούθως. Η θεώρηση, ότι η ισχύς που αναζητά το άτομο δεν έχει απόλυτα όρια, οδήγησε τον Hobbes να διατυπώσει (χωρίς να γνωρίζει τις επιπτώσεις και ούτε να προσπαθήσει να επιλύσει) ένα σημαντικό πρόβλημα στη διακυβέρνηση και την οικονομία, το οποίο διερευνάται ως σήμερα. Συγκεκριμένα, κατά τον Hobbes, ένα άκρως εγωιστικό άτομο, καθοδηγούμενο από την λογική, προσπαθεί πάντα να ισχυροποιηθεί και να εκμεταλλευτεί τους γύρω του. Σε αυτή την περίπτωση, ένας κερδίζει σε βάρος των υπολοίπων. Είναι δυνατόν όμως, όλα τα άτομα ταυτόχρονα, κινούμενα πάλι από τη λογική, να αποφασίσουν να συνεργαστούν με μικρότερο ίσως ατομικό κέρδος, αλλά ίσο σε όλους.[69] Πάνω σε αυτό το δίλημμα, που θα αναλυθεί εκτενέστερα στην παράγραφο 2.8.3, *υπάρχουν πολλές στρατηγικές που οδηγούν σε κοινωνική ισορροπία,* πολύ διαφορετικές από την υποταγή στον Λεβιάθαν, που δεν απαιτούν καν την ύπαρξη κυρίαρχης εξουσίας.

Το δεύτερο μεθοδολογικό σημείο κριτικής στον Hobbes είναι ότι η λύση που πρότεινε είναι εσωτερικά αντιφατική. Συγκεκριμένα, στην κοινωνία με τα δύο

[67] Mumford, L. (1946). *The Culture of Cities*. London: Secker & Warburg, p. 93.
[68] Locke, J. (1690). 2nd *Treatise of Government*. Στο *Two Treatises on Government*, ed. M. Godie. London: J.M. Dent (1993), p. 117
[69] Ο David Gauthier, πολιτικός επιστήμονας, διέκρινε (το 1969) στα κείμενα του Hobbes τη διατύπωση του «Διλήμματος του φυλακισμένου»: Σε δύο φυλακισμένους, που περιμένουν την απόφαση για την καταδίκη τους, δίδεται η επιλογή να καταδώσουν ή όχι τον άλλο. Εάν ένας μόνον καταδώσει, τότε ο καταδότης αφήνεται ελεύθερος και ο άλλος τιμωρείται εξαιρετικά βαριά. Εάν και οι δύο καταδώσουν, τιμωρούνται αμφότεροι με μια ελαφρότερη ποινή. Εάν κανείς δεν καταδώσει τιμωρούνται πάλι, αλλά πολύ ελαφρά. Στο P. Ball (2004), p. 418 & 424.

ιεραρχικά επίπεδα υπάρχει μία μόνον εξουσία και ένας νόμος – αυτός που εκπορεύεται από τον κυβερνήτη. Τρίτο επίπεδο εξουσίας, όπως ο Θεός, δεν είναι δυνατόν κανείς να επικαλείται. Ο Hobbes επιμένει πως μόνο βρώμικη προπαγάνδα μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα ώστε *"whole Nations be brought to Acquiesce in the great Mysteries of Christian Religion, which are above Reason"*[70]. Στον Λεβιάθαν, το ηθικό είναι το νόμιμο, και το αντίστροφο.[71] Κανείς πολίτης, ούτε και ο ίδιος ο κυβερνήτης, δεν μπορεί για να αυξήσει τη δύναμή του επικαλούμενος όντα τα οποία "*may be in innumerable places, at one and the same time, which is against Reason*"[72]. Εάν επιτρεπόταν να προσφεύγουν σε άϋλες ή υπερβατικές οντότητες όσοι θεωρούν τον εαυτό τους αδικημένο, οι εμφύλιοι θα εξακολουθούσαν. Η θρησκευτική πίστη τιμωρείται, όπως η Αντιγόνη τιμωρείται από τον Κρέοντα. Ο όρος *"Reason"* σημαίνει εδώ το σύνολο των αρχών, από τους οποίους προκύπτει ο νόμος. Και δεν υπάρχει νόμος έξω από την απόδειξή του από πρώτες αρχές.

Σύμφωνα με το έργο των Shapin and Schaffer (1985) και Latour (1991), η αντίφαση στην παραπάνω διατύπωση είναι η εξής. Ο Hobbes εδώ δεν εναντιώνεται μόνον στην επίκληση του Θεού. Αντιτίθεται και στην ίδια την πειραματική φυσική, στο σύνολό της, αφού αυτή δεν προκύπτει ως αποτέλεσμα επαγωγής, αλλά πιστοποιείται με την ανθρώπινη μαρτυρία στο εργαστήριο. Προσπαθώντας ο Hobbes να χτίσει ένα συνεπές οικοδόμημα πάνω σε αδιαμφισβήτητες αρχές της λογικής και της φύσης, εξορίζει για πάντα την αναζήτηση πειραματικής γνώσης από την πολιτεία του.

[70] T. Hobbes, *Leviathan*, Κεφάλαιο XXX.
[71] Στη σύγχρονη δημοκρατία, η επίκληση της φράσης «ηθικό είναι το νόμιμο» από πολιτικό πρόσωπο θεωρείται ακραία αλαζονεία. Αυτό συνέβη και πρόσφατα, για παράδειγμα, όταν την ανέφερε, το 2009, υπουργός της κυβέρνησης, υπονοώντας ότι ηθικό είναι εκείνο που καθορίζεται από τη νομοθετική εξουσία, στην οποία φυσικά ανήκε ο ίδιος.
[72] T. Hobbes, όπως παραπάνω.

2.2.2 Robert Boyle – πείραμα και επιστημονική κοινότητα

"*Nullius in Verba*" – «[μην πιστεύεις] κανενός τον λόγο»[73]

Αυτό επιλέχθηκε ως σήμα της *Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge*, κατά την ίδρυσή της το 1660. Ένα από τα δώδεκα ιδρυτικά της μέλη ήταν ο Robert Boyle, ο οποίος πίστεψε ακράδαντα ότι κανείς δεν υποχρεώνεται να ορκιστεί στο όνομα οποιουδήποτε. Το τήρησε κατά γράμμα, όταν αρνήθηκε τη θέση του πρύτανη στο κολλέγιο που είχε αποφοιτήσει (Eaton), αλλά και του προέδρου της ίδιας της Royal Society, είκοσι χρόνια μετά την ίδρυσή της, μη αποδεχόμενος οδηγίες ή όρκο. Για τον Boyle, αντίθετα από τον Hobbes, δεν θα υπάρξει κανείς αφέντης, ούτε το ίδιο το ινστιτούτο που ίδρυσε.

Ο Ball παραλληλίζει τη ζωή του Boyle με εκείνη του Hobbes, αναδεικνύοντας τις διαφορές στην ανάλυση και την πρακτική τους, αναφορικά με τη λειτουργία του κοινωνικού γίγνεσθαι. Αναφέρει χαρακτηριστικά πως, λίγα μόλις χρόνια μετά τον Hobbes, το 1641, ο Boyle ταξείδεψε και αυτός στη Φλωρεντία για να συναντήσει τον Γαλιλαίο. Αλχημιστής ο ίδιος, ενθουσιάστηκε όχι τόσο από τη βασική αρχή της κίνησης, όσο από τις πειραματικές διατάξεις του Γαλιλαίου και το νέο κόσμο που αναδείκνυαν. Είναι πάνσοφος ο Δημιουργός αυτού του σύμπαντος, ομολογεί, που προσέδωσε όλες αυτές τις ιδιότητες και τις δυνάμεις στους πλανήτες και τα αστέρια. Η φύση είναι μια καλοκουρδισμένη μηχανή, χωρίς αυτενέργεια ή νου. Στα πλαίσια της μηχανιστικής αντίληψης της εποχής, η σύγκλιση με τον Hobbes είναι προφανής – σταματά όμως εδώ. Ο Θεός είναι άπειρος, είναι παντού, κοντά μας ταυτόχρονα μακριά. Μόνο που ο Hobbes θέλησε τον Θεό μακριά από την κοινωνία, ενώ ο Boyle τον κράτησε μεν ζωντανό στην καρδιά του, αλλά τον απομάκρυνε οριστικά από τη διαδικασία της πειραματικής μελέτης της Δημιουργίας του.

Αναφέραμε παραπάνω τη θέση του Hobbes για τη σχέση πειράματος και κοινωνίας. Ο Boyle την προσδιορίζει πολύ διαφορετικά. Το Σχ. 3 δείχνει την αντλία όπου

[73] Προέρχεται από συντόμευση στίχου του Ορατίου *"Nullius addictus iurare in verba magistri"*- «Καμία υποχρέωση να ορκιστείς σε αφέντη» - Οράτιος, Επιστολή Ι. 1.14 προς Maecenas.Δες, http://www.uah.edu/student_life/organizations/SAL/texts/latin/classical/horace/epistulae101.html

πραγματοποίησε σειρά πειραμάτων. Μέσα στο γυάλινο σφαιρικό δοχείο που απεικονίζεται στο κέντρο, ο Boyle έφτιαχνε κενό, μέσα στο οποίο μελετούσε πώς αλλάζει ο τρόπος που κινούνται μικροαντικείμενα και φτερά, και πώς δυσκολεύει η αναπνοή μικρών ζώων. Στο σχήμα φαίνεται επίσης με λεπτομέρεια πλήθος αντικειμένων που χρησιμοποιούσε ο πειραματιστής. Με την ίδια λεπτομέρεια καταγράφονταν και όλες οι ενέργειες του πειραματιστή. Για τους αλχημιστές όλα είχαν τη σημασία τους, στο βαθμό που δεν ήταν ακόμα φανερό (στην αρχή της πειραματικής μεθόδου) τι σήμαιναν επ' ακριβώς για το αποτέλεσμα του πειράματος. Στόχος του Boyle, όπως και στρατηγική της Royal Society, ήταν να μπορεί το πείραμα να *αναπαραχθεί,* οδηγώντας σε ίδιο αποτέλεσμα.

Σχήμα 2: *Η αντλία του Robert Boyle (1661)*

Ως αυτό το σημείο της περιγραφής ενός πειράματος, η κοινωνία είναι απούσα. Εισέρχεται όμως με κάποια μορφή στη διαδικασία της *πιστοποίησης* του πειραματικού αποτελέσματος. Γιατί ποιος θα αποφανθεί για την επαναληψιμότητα μιας πειραματικής διαδικασίας και την αναπαραγωγή ενός φαινομένου; Εδώ, είπε ο Boyle και η Royal Society, απαιτείται η ανθρώπινη μαρτυρία. Όπως στα δικαστήρια, που η ενοχή ή η αθωότητα αποδεικνυόταν με δύο μάρτυρες.[74] Ποιών όμως ανθρώπων είναι χρήσιμη η μαρτυρία στην προκειμένη περίπτωση; Ο Boyle αποκλείει για το ρόλο αυτό κληρικούς, αθώα μικρά παιδιά, ανθρώπους που δεν γνωρίζουν ανάγνωση και γραφή. Κατ' αυτόν, ως μάρτυρες μπορούν να καταθέσουν μόνο άνθρωποι εκπαιδευμένοι, ώστε το εργαστηριακό περιβάλλον να τους είναι οικείο. Μόνο τότε θα μπορούν να μην εξαπατώνται, να είναι αδέκαστοι και αντικειμενικοί. Είναι αυτοί θα αποτελούν την επιστημονική κοινότητα.

Έτσι πρωτο-ορίσθηκε η επιστημονική κοινότητα. Δεν ταυτίζεται με την κοινωνία. Είναι ένα ελάχιστο υποσύνολό της που, διατηρώντας την αποκλειστικότητα της ιδιότυπης έρευνας που κάνει, οπλίζεται με τεράστια δύναμη και επιρροή. Επίσης, δεν ταυτίζεται με την πολιτική εξουσία, ούτε επικαλύπτονται οι δραστηριότητες των δύο. Δεν μπορεί να υπάρξει πολιτική παρέμβαση στο εργαστήριο για να εξαναγκασθεί η στάθμη του υδραργύρου να ανέβει, να κατασκευασθεί κενό, να μεγαλώσει το βάρος του φτερού. Και το αντίστροφο. Η πειραματική επιστημονική δραστηριότητα στο εργαστήριο παραμένει ουσιωδώς ανεξάρτητη από το αν και πώς η πολιτική θα εξασφαλίσει ειρήνη, εργασία, εισόδημα στους πολίτες.

Όπως και για τον Hobbes, έτσι και για τον Boyle πολιτική και πείραμα είναι ανεξάρτητα και αποκομμένα το ένα από το άλλο. Ο Boyle περιχαρακώνει το πείραμα στο πλαίσιο της επιστημονικής κοινότητας και αδιαφορεί για την πολιτική. Με αυτόν τον τρόπο οι επιστήμονες γίνονται οι αποκλειστικοί εκφραστές ενός ολόκληρου κόσμου που ως τότε δεν είχε φωνή, του κόσμου των αντικειμένων. Είναι αυτό ακριβώς που φοβάται ο Hobbes και δεν επιθυμεί την επιστήμη στην πολιτεία του. Η

[74] Ο Boyle επικαλέστηκε εδώ την Πράξη του Clarenton του 1661, που όριζε πως για να πεισθεί το δικαστήριο χρειάζονται δύο μάρτυρες. Στο Shapin, S. and Schafer, S. (1989). *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life.* Princeton: Princeton Univ. Press, p. 327. Σήμερα είναι σύνηθες μια επιστημονική δημοσίευση να έχει προηγουμένως την έγκριση δύο ανώνυμων διαιτητών (referees), μελών της επιστημονικής κοινότητας.

επίκληση παράξενων νόμων που παρακάμπτουν τη δύναμη του κυβερνήτη αφού, ναι μεν φανερώνουν τη σοφία του Δημιουργού (σε συμφωνία με τη μηχανιστική αντίληψη του κόσμου), αλλά δεν μπορούν να ελεγχθούν από την πολιτική εξουσία.

Μέσα σε αυτό το φιλοσοφικό περιβάλλον, πολιτική και πείραμα ξεχώρισαν στα μέσα του 17ου αιώνα, χωρίς όμως να μπορούν να αγνοήσουν αλλήλους. Θεωρητικά, η πολιτική παλεύει για το ευ ζειν των πολιτών ανεχόμενη τη βασική επιστήμη. Η επιστήμη καταγράφει κανονικότητες του φυσικού κόσμου, αγνοώντας την πολιτική κατά την πειραματική έρευνα και επαλήθευση. Ο Θεός είναι παντού και πουθενά. Φυσικά, υπάρχουν αντιφάσεις οπουδήποτε κι αν στραφεί κανείς. Μήπως η πολιτική καθοδηγεί την έρευνα; Η επιστήμη κάνει πολιτική; Ο Θεός παρεμβαίνει όταν τον επικαλούνται αδύναμοι άνθρωποι και κατατρεγμένοι, φωτίζει κάποια πορεία, μπορεί έμμεσα να επιβάλει ηθική στην επιστήμη και πολιτική;

Και σαν να μην έφταναν όλα αυτά, έρχεται σήμερα η επιστήμη, πέρα από τα αντικείμενα, τα ζώα και τα φυτά, να μελετήσει και τις ίδιες τις ανθρώπινες κοινότητες, τις συλλογικές τους επιλογές την έκφραση και τα πάθη τους. Ακούγεται δύσκολο, ακατανόητο με το σκεπτικό του Hobbes ή του Boyle, αλλά γίνεται. Ίσως μάλιστα, σήμερα, να μην μπορούσε να γίνει και αλλιώς.

2.2.3 Η ανάγκη για νέα εργαλεία ανάλυσης

Η *Νέα Ατλαντίδα* ήταν ένα βιβλίο που ο Francis Bacon ποτέ δεν τέλειωσε. Δημοσιεύτηκε ημιτελές το 1627, ένα χρόνο μετά το θάνατό του και δύο χρόνια πριν ο τελευταίος του γραμματέας, ο Thomas Hobbes, ρίξει το πρώτο του βλέμμα στα *Στοιχεία* του Ευκλείδη. Παρότι ο τίτλος παραπέμπει στον Πλάτωνα που ανέφερε τη χαμένη ήπειρο πολλές φορές στο έργο του, ο Bacon προχώρησε να περιγράψει την Πολιτεία του με τον μυθιστορηματικό τρόπο που είχε ακολουθήσει ο More.[75] Σε ένα μακρινό νησί ζει μια χριστιανική κοινότητα, ευγενική και ειρηνική. Διοικείται από τους Πατέρες, επιστήμονες που διαθέτουν τεράστιους πόρους για έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη. Αυτοί διαρκώς βελτιώνουν τις μεθόδους των αλχημιστών,

[75] More, T. (1516) *Utopia. http://oregonstate.edu/instruct/phl302/texts/more/utopia-contents.html*

αναμειγνύουν υλικά και κατασκευάζουν νέα ορυκτά και μέταλλα. Κατασκευάζουν επίσης και ζωντανά όντα. Η έρευνά τους δεν στηρίζεται στην τύχη, αλλά γνωρίζουν εκ των προτέρων και προγραμματίζουν τα αποτελέσματά της. Δεν είναι υποχρεωμένοι να αποκαλύπτουν σε κανέναν τα μυστικά τους, εκτός και αν αυτό τους εξυπηρετεί. Πρέπει να φανταστούμε ότι ο Bacon δεν θα είχε καμία αναστολή να υποστηρίξει σημερινές μελέτες ανάπτυξης γενετικής τεχνολογίας. Για αυτόν, η επιστήμη είναι το όπλο του ανθρώπου ενάντια στη δεισιδαιμονία, τη θρησκεία και το σκοταδισμό. Είναι η δύναμή του, καθώς του δίνεται για πρώτη φορά στην ιστορία η ευκαιρία να πάρει την τύχη στα χέρια του.

Οι αιώνες που πέρασαν από την εποχή του Bacon, του More και του Boyle έχουν πια ξεκαθαρίσει ότι η επιστήμη δεν λύνει πια προβλήματα που αφορούν αποκλειστικά τον έλεγχο φυσικών διαδικασιών. Αυτό που συνέβαινε τα χρόνια που η νεωτερικότητα προσπαθούσε να απελευθερώσει τον άνθρωπο από τα δεσμά και τους περιορισμούς της φύσης βοήθησε την επιστήμη να κρύψει τον σκεπτικισμό για εσωτερικές της αντιφάσεις και να πολλαπλασιάσει τα τεχνήματα στον κόσμο. Σήμερα, το αντικείμενο της επιστήμης είναι τα ίδια της τα τεχνήματα, μαζί με τα προβλήματα και τους κινδύνους που τα συνοδεύουν.[76] Η ανάγκη ελαχιστοποίησης ή εξάλειψης των κινδύνων αυτών οδηγεί σε διαρκώς αυξανόμενη έρευνα, που έχει σαν αποτέλεσμα την κατασκευή νέων τεχνημάτων, τα οποία εμπεριέχουν νέους κινδύνους, και ούτω καθεξής. Σε έναν τέτοιο ατέρμονο κύκλο, οι επιστήμονες αρχίζουν να έχουν δυσκολίες να περιφρουρήσουν την ανεξαρτησία του πειράματος από πολιτικό έλεγχο, την οποία ευαγγελιζόταν ο Boyle.

Το αντίστροφο συμβαίνει επίσης. Υπάρχει σήμερα μια διάθεση να μελετηθούν κοινωνικές συμπεριφορές με επιστημονικά εργαλεία. Υπάρχουν πολύ απλά ζητήματα που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία, τα οποία δεν προϋποθέτουν βαθειά γνώση της ανθρώπινης ψυχολογίας για να περιγραφούν. Όταν, για παράδειγμα, ανάβει φωτιά στο δωμάτιο, όλοι τρέχουν προς την πόρτα πανικόβλητοι να σωθούν, συχνά με καταστροφικά αποτελέσματα. Όταν οι άνθρωποι περπατάνε στο γρασίδι χαράζουν μονοπάτια. Όταν οδηγούν στον αυτοκινητόδρομο προκαλούν συμφόρηση κάτω από παρόμοιες πάντα συνθήκες. Υπάρχουν όμως και περισσότερο σύνθετα προβλήματα,

[76] Beck, U. (1992) *Risk Society – Towards a new modernity*. London: SAGE Publications.

που εμφανίζουν κάποιες κανονικότητες στο χώρο και στον χρόνο. Όταν οι άνθρωποι φτιάχνουν τις πόλεις τους, είναι σαν να ακολουθούν κανόνες που τους είναι παντελώς άγνωστοι. Όταν μοιράζουν τον πλούτο της χώρας τους, το κάνουν με παρόμοιο ποιοτικά τρόπο σε διάφορες χώρες, με ριζικά διαφορετικές κοινωνικο-οικονομικές δομές. Όταν οργανώνονται τείνουν να φτιάξουν ιεραρχίες. Η μελέτη αυτών των κανονικοτήτων ίσως θα μπορούσε να βοηθήσει στον καλύτερο σχεδιασμό εξόδων κινδύνου σε χώρους διασκέδασης, ικανοποιητικότερη αρχιτεκτονική πάρκων, ασφαλέστερους αυτοκινητόδρομους, ομορφότερες πόλεις, δικαιότερη κατανομή πλούτου, αποτελεσματικότερη διοικητική οργάνωση. Αντίθετα με την προτροπή του Hobbes, η κοινωνία δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να εξορίσει από το σώμα της την επιστήμη, ως επικίνδυνη.

Είναι πάντως κάτι περισσότερο από θεμιτό το ότι κοινωνία και επιστήμη δεν αγνοούν αλλήλους. Το αντίθετο δεν είναι πλέον δυνατόν. Η επιστήμη και η τεχνολογία δίνουν νέες δυνατότητες στη άσκηση εξουσίας και είναι στενά συνυφασμένες με την πολιτική. Αυτό γίνεται έντονα φανερό με το πιο μεγάλο πρόσφατο τεχνολογικό εγχείρημα, το διαδίκτυο. Χιλιάδες άνθρωποι κινητοποιούνται μέσα από επικοινωνία στα blogs, χωρίς δυνατότητα αποτροπής από κεντρικούς μηχανισμούς κρατικής εξουσίας, όπως συνέβη στην Αθήνα την επόμενη της καταστροφικής φωτιάς της Ηλείας του 2007. Χιλιάδες άνθρωποι σε ολόκληρο τον κόσμο ενημερώνονται μέσα από πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, παρακάμπτοντας αντικειμενικές δυσκολίες ή εκπαιδευτικές αγκυλώσεις. Και το ταξείδι δεν περιορίζεται μόνον στην διάδοση πληροφορίας. Σε μία παγκοσμιοποιημένη κοινωνία, κεφάλαιο, άνθρωποι ή αντικείμενα, ακολουθούν παρόμοιους δρόμους. Η τεχνολογία είναι βαθειά πολιτική και η πολιτική είναι βαθειά εμποτισμένη από την τεχνολογία, στο βαθμό που οι κοινωνικές μας σχέσεις προσδιορίζονται και εκφέρονται διαμέσου τεχνημάτων.

Είναι προφανές ότι για να μελετήσει ή να ελέγξει κανείς τις διαδικασίες αυτές χρειάζεται νέα εργαλεία. Η πολιτική ζωντανεύει με καινούργιες μορφές μέσα από την επιστήμη και την τεχνολογία. Η επιστήμη απλώνει σήμερα τον ιστό της δικής της ανάλυσης πάνω από το συλλογικό γίγνεσθαι. Έχουμε πια απομακρυνθεί από τη μηχανιστική αντίληψη της φύσης, της πρόβλεψης, αλλά και της ιστορίας, από εκείνην που διαμορφώθηκε τον 17^{ο} αιώνα και που αποδείχτηκε απατηλή.

2.3 Μετρώντας την κοινωνία

2.3.1 Άτομα και συλλογικότητες

Κάθε άνθρωπος στοχάζεται, αυτενεργεί και μπορεί, αν θελήσει, να παραβιάσει οποιοδήποτε κοινωνικό κανόνα. Η τεράστια διαφοροποίηση ατομικών συμπεριφορών που προκύπτει δεν αποκλείει, όμως, την εμφάνιση επαναλαμβανόμενων προτύπων στην κοινωνική ζωή, στο αποτέλεσμα δηλαδή της συλλογικής ανθρώπινης δραστηριότητας. Ο 17^{ος} αιώνας ξεκίνησε αυτή την κοινωνική διερεύνηση καταμετρώντας γεννήσεις, θανάτους, έγκλημα, αυτοκτονίες και γάμους.

Η φυσική ακολούθησε την ανάστροφη πορεία, από τη μακροσκοπική κλίμακα στη μικροσκοπική. Η μηχανιστική αντίληψη του 17^{ου} αιώνα πρότεινε ότι κάθε αντικείμενο για να κατανοηθεί έπρεπε να αναλυθεί στα στοιχεία που το αποτελούσαν. Προέτρεπε δηλαδή την ανάλυση των αντικειμένων σε μικρότερες, ανεξάρτητες μονάδες. Δύο αιώνες μετά, η προτροπή αυτή οδήγησε στην πειραματική ανακάλυψη των *ατόμων* και τη γέννηση της στατιστικής μηχανικής.

Οι δύο αντιπαράλληλες πορείες των κοινωνικών και φυσικών σπουδών, από το μικροσκοπικό κόσμο των ατόμων προς τον μακροσκοπικό κόσμο της συλλογικής συμπεριφοράς (και το αντίστροφο), δεν ήταν ανεξάρτητες. Το θεωρητικό εύρημα στο οποίο κατέληξαν, η στατιστική, ήταν το πρώτο μεθοδολογικό εργαλείο που υποσχόταν να αντιμετωπίσει αντίστοιχα προβλήματα από κοινού στην επιστήμη και την κοινωνία.

2.3.2 Η κληρονομιά του Νεύτωνα

Δεν είναι λάθος να ειπωθεί πως η κατεύθυνση για την επιστήμη που χάραξαν οι Hobbes και Boyle, παρά τις εσωτερικές της αντιθέσεις, ακολουθείται υπό κάποια μορφή ως σήμερα. Η γεωμετρική ερμηνεία της βαρύτητας με τη γενική θεωρία της σχετικότητας ή η αναζήτηση μιας ενοποιημένης θεωρίας αλληλεπιδράσεων στοιχειωδών σωματιδίων εμπίπτουν ίσως σε αυτήν. Πρακτικά όμως, η αδιαμφισβήτητη επιτυχία της διατύπωσης των νόμων της μηχανικής δεν απέκλειε την

ύπαρξη (αντίθετα, είχε εξάψει τη φαντασία και προέτρεπε την αναζήτηση) γενικότερων νόμων στη φύση, που θα περιλάμβαναν και την ανθρώπινη ατομική και κοινωνική δραστηριότητα. Κατά τη διάρκεια της εξελικτικής πορείας της επιστήμης, και παράλληλα στην ντετερμινιστική/ μηχανιστική άποψη που κυριαρχούσε από τον 17^{ο} αιώνα στη φιλοσοφική αναζήτηση κοινωνικών νόμων, άρχισε να αναπτύσσεται και μια *στατιστική* αντίληψη για τη μεθοδολογία προσέγγισης και μελέτης τους.

Το έργο του Νεύτωνα *Principia Mathematica* εκδόθηκε το 1687, αλλά είχε συλληφθεί κάπου είκοσι χρόνια νωρίτερα. Βάδιζε πάνω στις βάσεις της θεωρίας που είχε διατυπώσει ο Γαλιλαίος για την κίνηση και την αδράνεια των σωμάτων. Περιέγραφε τους νόμους της κίνησης των σωμάτων, τόσο αυτών που βρίσκονται στη γη όσο και εκείνων που κινούνται στο διάστημα. Μεθοδολογικά, οι καινοτομίες του έργου του Νεύτωνα σε σχέση με τις αρχές του Αριστοτέλη ήταν πάρα πολλές. Για παράδειγμα, κάθε σώμα κινείται *στο «πεδίο»* που σχηματίζεται από τα υπόλοιπα σώματα στον *εξωτερικό του* χώρο, ενώ σύμφωνα με την Αριστοτελική άποψη ότι κινείται για να φθάσει την κατάσταση ισορροπίας που *είναι εγγεγραμμένη* στη ίδια του τη φύση. Η τροχιά της κίνησης μπορούσε επίσης να μετρηθεί και να αντιπαραβληθεί με σχετική ακρίβεια με τις προβλέψεις της θεωρίας, όπως αυτές προέκυπταν από εξισώσεις *διαφορικού λογισμού*, ενός μαθηματικού εργαλείου που επίσης διατυπώθηκε στο *Principia Mathematica*.[77] Η άκρως ντετερμινιστική αυτή διατύπωση ήταν συμβατή με τη μηχανιστική κοσμοθεωρία που, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πρότεινε ότι ο κόσμος ήταν ένα καλοκουρδισμένο ρολόι φτιαγμένο και βαλμένο σε κίνηση από το Θεό, σε σημείο που ίσως δεν χρειαζόταν καμιά θεϊκή παρέμβαση για την αλλαγή της λειτουργίας του έκτοτε.

Υπήρχαν νόμοι με την ίδια ντετερμινιστική δυνατότητα πρόβλεψης για την κοινωνία, παρόμοια με αυτή που προέκυπτε από τις μελέτες του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα για τη φύση; Η απάντηση που δινόταν κατά καιρούς από φιλοσόφους και επιστήμονες ήταν καταφατική. Ο Ball αναφέρεται σε πολλούς από αυτούς, ξεκινώντας από την Γαλλία, όπου η άποψη αυτή ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής. Ο Βαρώνος de la Brède et de Montesquieu (Charles-Louis de Secondat) την επικαλείται στο έργο του *The Spirit of*

[77] Ιστορικοί αμφισβητούν την πρωτοτυπία του Νεύτωνα στην ανακάλυψη του διαφορικού λογισμού. Ο Leibniz είχε ίσως προηγηθεί, αλλά η ορολογία που χρησιμοποιούμε στις διαφορικές εξισώσεις έως σήμερα είναι εκείνη του Νεύτωνα.

Laws (1748). Ο Jean Théophile Desagulier έγραφε το 1728 ότι η έννοια της ελκτικής δύναμης "διαθέτει γενική ισχύ τόσο στον πολιτικό κόσμο, όσο και στον κόσμο των φιλοσόφων".[78] Ο Claude-Henry de Rouvroy, the Compte de Sain-Simon οραματιζόταν μια κοινωνία που κυβερνάται ορθολογικά, κάτι που θα οδηγούσε στη «Θρησκεία του Νεύτωνα».[79]

Ο πλέον επίμονος ήταν ο Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, Μαρκήσιος του Condorcet, ο οποίος προσπάθησε να ανακαλύψει τις πνευματικές λειτουργίες που βρίσκονται στη βάση κάθε αιτιολόγησης. Πίστευε ότι ο επιστήμονας θα μπορούσε να είναι σε θέση *να προβλέπει* τις αποφάσεις που λαμβάνονται με δημοκρατικές διαδικασίες, αν κυριαρχούσε παντού ορθολογισμός. Εφάρμοσε στην πράξη τις πεποιθήσεις του, καθώς υπήρξε πρωτεργάτης στη μεταρρύθμιση της Γαλλικής επανάστασης για ομογενοποίηση των μέτρων και σταθμών.[80] Στόχος της μεταρρύθμισης ήταν η ορθολογικότητα, η απλότητα και η παγκοσμιότητα των μετρητικών εργαλείων, ώστε να μην υπάρχουν παρεξηγήσεις ή ιδιοτέλειες που προέρχονται από την μεγάλη γεωγραφική διαφοροποίηση τους. Πέρα από αυτό, ο Condorcet πίστευε πως ο ορθολογισμός στον τρόπο επικοινωνίας δεν είναι χρήσιμος μόνον για τις μετρήσεις και την επιστήμη, και γι' αυτό προσπάθησε να συνθέσει μια γλωσσολογική ανάλυση της γνώσης. Ενέπνευσε έτσι την προσπάθεια στη Γαλλία για γλωσσική μεταρρύθμιση με την κατασκευή μιας «διεθνούς γλώσσας».

Στην Αγγλία, ο φιλόσοφος David Hume εξέφρασε την επιθυμία να αναλύσει την ανθρώπινη φύση από πρώτες αρχές μέσω του εμπειρισμού αντί μέσω καρτεσιανών αξιωμάτων. Όπως αναφέρει ο Ball, το 1741, την εποχή που ο Hume πρότεινε ότι *"Politics may be reduced to a science"*[81], η ιδέα ήταν τόσο δημοφιλής ώστε ήταν αντικείμενο σάτιρας: Ο Johnathan Swift είχε βάλει τον ήρωα του μυθιστορήματός του, τον Γκιούλιβερ, να επιτιμά τους Brobdingnagians γιατί δεν είχαν ανάγει την πολιτική σε επιστήμη, όπως είχαν κάνει τα πλέον κοφτερά μυαλά την Ευρώπη.

---

[78] Desagulier, J. T. (1728) *Newtonian system of the world: The best model of government, an Allegorical Poem.* Στο P. Ball (2004) p. 54.
[79] Αναφέρεται στο P. Ball (2004) p. 55.
[80] "L' Académie [des sciences] a cherché à exclure toute condition arbitraire, tout ce qui pourrait faire soupçoner l' influence d' un intérêt particulier de la France ou d' une prévention nationale", στο Flichy, P. (1997). *Une histoire de la communication moderne.* Paris: La Découverte, p. 25.
[81] Τίτλος άρθρου του D. Hume (1741), αναφορά στο P. Ball (2004), p. 57.

Σύγχρονος του Hume υπήρξε ο Adam Smith, που ισχυριζόταν ότι στόχος του ήταν να βρει νόμους για την οικονομία με την ισχύ εκείνων του Νεύτωνα.

Η πίστη σε μια «επιστημονική» πολιτική ανάλυση θεωρείτο χαρακτηριστικό φιλελεύθερης σκέψης. Ο Thomas Jefferson, συντάσσοντας τη Διακήρυξη της Ανεξαρτησίας των ΗΠΑ, πίστευε ότι ένα ελεύθερο και ευτυχισμένο έθνος αποτελείται από άτομα που πιστεύουν στις αξίες του Διαφωτισμού και στη Νευτώνεια (ντετερμινιστική) περιγραφή του κόσμου. Η ευτυχία είναι, ισχυριζόταν, μετρήσιμο μέγεθος. Αντίθετα, ο Edmund Burke, ο οποίος θεωρείται ως Πατέρας του Συντηρητισμού απέρριπτε αυτή τη θέση, χωρίς πάντως να αμφισβητεί την ύπαρξη νόμων που διέπουν την κοινωνία. Ο άνθρωπος, ισχυριζόταν, είναι εξαιρετικά πολύπλοκος για να περιγραφεί «επιστημονικά» και οι νόμοι αποτελούν συνισταμένη εξαιρετικά διαφοροποιούμενων ανθρώπινων παθών και επιδιώξεων. Δεν μπορούν να προκύψουν από πρώτες αρχές αλλά, καθώς είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων στοχαστικών διαδικασιών, αναδεικνύονται εμπειρικά μέσα από ιστορικές διαδικασίες.

Σταδιακά ωρίμαζε η άποψη ότι τα κοινωνικά ζητήματα είναι στοχαστικές διεργασίες που πρέπει να μελετηθούν με μετρήσεις. Πάντως, ο όρος «κοινωνική φυσική» εισήχθη από τον Auguste Comte. Αυτός έγραφε:

> *"Now that the human mind has grasped celestial and terrestrial physics, mechanical and chemical, organic physics, both vegetable and animal, there remains one science, to fill up the series of sciences of observation – social physics. This is what men have now most need of; and this it is the principle aim of the present work to establish."*[82]

2.3.3 Μετρώντας κοινωνικές παραμέτρους - *Statistik*[83]

Δυο χρόνια μετά την ίδρυση της Royal Society των αλχημιστών και των φυσικών, το 1662, ο έμπορος John Graunt έγραφε:

[82] A. Comte, *Cours de Philosophie Positive*, στο P. Ball, p. 58.
[83] Ο όρος "*Statistik*" σήμαινε αρχικά «ενασχόληση με τις καταστάσεις (states) της κοινωνίας».

> *"Moreover, finding some Truths, and not commonly believed Opinions, to arise from Meditations upon these neglected Papers, I proceeded further, to consider what benefit the knowledge of the same would bring to the World".*[84]

Οι αλήθειες (*"Truths"*) που αναζητούσε δεν αφορούσαν τη φύση των μετάλλων ούτε την κίνηση των σωμάτων. Οι μελέτες (*"Meditations"*) που του χάρισαν τελικά μια θέση στη Royal Society, με την εύφημη μνεία μάλιστα το υ Charles II, ήταν η κατάρτιση πινάκων που συστηματικοποιούσαν διάσπαρτες καταγραφές γεννήσεων και θανάτων στην Αγγλία. Η επιστημονική κοινότητα αποδεχόταν και ο βασιλιάς επικροτούσε αυτό που ο Graunt επεσήμανε στα συμπεράσματά του:

> *"I conclude, That a clear knowledge of all these particulars, and many more, whereat I have shot but at rovers, is necessary in order to good, certain, and easie Government, and even to balance Parties, and factions both in Church and in State."*[85]

Η επίγνωση των κοινωνικών μεγεθών (*"social numbers"*) υποβοηθά τη διακυβέρνηση. Η άποψη αυτή εκφράστηκε ακόμα πιο απόλυτα από τον φίλο του Graunt που συνέχισε τη δουλειά του, τον William Petty. Κατ' αυτόν, η πολιτική αριθμητική ("*Political Arithmetik*") *αποτελεί* την επιστήμη της πολιτικής. Ιδρυτικό μέλος της Royal Society, είχε χρηματίσει γραμματέας του Hobbes και ήταν βαθειά επηρεασμένος από τον Bacon. Η απόκλιση από τον Hobbes ήταν πεντακάθαρη:

> *"…for instead of using only comparative and superlative Words, and intellectual Arguments, I have chosen the course (as a Specimen of the Political Arithmetik I have long aimed at) to express myself in Terms of Number, Weight, or Measure; to use only Arguments of Sense, and to consider only such Causes, as have visible Foundations in Nature; leaving those that depend on mutable Minds, Opinions, Appetites, and Passions of particular Men, to the Consideration of others."*

---

[84] Graunt, J. (1662). *Observations upon the Bills of Mortality*, Preface, http://www.edstephan.org/Graunt/bills.html

[85] J. Graunt (1662) *Observations upon the Bills of Mortality*, Conclusions.

Η έρευνα πο υ είχε τις βάσεις της σε αυτή την άπο ψη απέκλινε και από τη μεθοδολογία του Boyle, η οποία θεωρούσε πως η πολιτική δεν είχε θέση στην επιστήμη. Αντίθετα, ο Graunt και ο Petty τοποθετούσαν την κοινωνία στο στόχαστρο, στο αντικείμενο μελέτης της, και θεωρούσαν ότι η πολιτική είναι δράση που μπορεί να ασκηθεί ορθολογικά. Ήταν μια ξεκάθαρη τρίτη κατεύθυνση, αμφιλεγόμενη έως τις μέρες μας.

Η νέα αυτή κατεύθυνση χρειαζόταν ένα ξεχωριστό όνομα. Όπως αναφέρει ο Ball, το 1749 προτάθηκε ο όρος *Statistik* από τον Γερμανό στοχαστή Gottfried Achenwall, για να περιγράψει τη ποσοτική καταγραφή κοινωνικών παραμέτρων στα πλαίσια της αναζήτησης φυσικών καταστάσεων (states) της κοινωνίας. Οι αντίστοιχοι μελετητές ονομάστηκαν στατιστές ("*statists*"). Σιγά-σιγά ο όρος *Statistik* επικράτησε για το σκοπό που εισήχθη, έναν αιώνα πριν χρησιμοποιηθεί στις φυσικές επιστήμες.[86] Εν τω μεταξύ, μετά τη Γαλλική επανάσταση τον είχαν οικειοποιηθεί οι μαθηματικοί, μέσα από το έργο του κοινωνικού οραματιστή και μαθηματικού Μαρκησίου του Condorcet.

2.3.4 Ενδεχόμενα και πιθανότητες

Τυχερά παιγνίδια συντρόφευαν τον άνθρωπο από προϊστορικούς χρόνους. Οι κανόνες που τα διέπουν είχαν αρχίσει να μελετώνται συστηματικά τον 18^{ο} αιώνα, με τη θεωρία παιγνίων. Ο Condorcet, ένας από τους μαθηματικούς αυτούς, επηρεασμένος από τον Γάλλο ακαδημαϊκό Jean le Rond d' Alembert, συνέδεσε την έννοια της πιθανότητας με τις μετρήσεις των στατιστών.

> "*All that is necessary to reduce the whole of nature to laws similar to those which Newton discovered with the aid of calculus, is to have a sufficient number of observations and a mathematics that is complex enough*".[87]

[86] Επαναχρησιμοποιήθηκε, για παράδειγμα το 1791, στον τίτλο του έργου του Σκωτσέζου επισκόπου John Sinclair "*Statistical account of Scotland*". Από το P. Ball (2004), p. 53.
[87] J. –A. –N. de Condorcet (1785). *Essai sur l' application de l' analyse à la probabilité des decisions rendues à la plurité des voix.* Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 54.

Σε αυτό το εδάφιο, ο Condorcet ισχυρίζεται ότι, όπως για εξαγωγή συμπερασμάτων στα τυχερά παιγνίδια απαιτείται μεγάλος αριθμός δεδομένων, έτσι και το δείγμα των στατιστών έπρεπε να έχει μέγεθος *επαρκές*, ώστε οι διαπιστώσεις τους να έχουν την ισχύ των νόμων του Νεύτωνα. Επίσης, όπως ο Νεύτωνας ανέπτυξε το διαφορικό λογισμό, έτσι και εδώ απαιτείται να αναπτυχθεί η κατάλληλη μέθοδος μαθηματικής ανάλυσης επαρκούς πολυπλοκότητας. Αυτή θα ήταν η εξελισσόμενη θεωρία των πιθανοτήτων και η στατιστική.

Η επάρκεια των μετρήσεων στα τυχερά παιγνίδια, ώστε να προκύπτει μια «ηθικά βέβαιη» εκτίμηση για το αποτέλεσμα, είχε απασχολήσει τον Bernoulli στο έργο του *Ars Conjectandi* (Τέχνη της υπόθεσης) που δημοσιεύτηκε το 1713. Από τότε και έως τις ημέρες του Condorcet, η θεωρία των πιθανοτήτων αναπτύχθηκε από μεγάλους μαθηματικούς όπως οι Legendre, Gauss και Laplace για να αναλύσει αστρονομικά δεδομένα. Το 1814 η θεωρία είχε φθάσει σε τέτοια επίπεδα αποδοχής από τους επιστήμονες, ώστε ο Pierre-Simon Laplace ισχυριζόταν ότι οι πιθανότητες δεν ήταν παρά η κοινή λογική μεταφρασμένη σε μαθηματικούς τύπους.[88] Υπό αυτή την έννοια, η θεωρία των πιθανοτήτων μπορούσε να ιδωθεί, όχι μόνον ως εργαλείο αστρονομικής ανάλυσης, αλλά και ως λογισμός της ορθολογικής συμπεριφοράς. Μπορούσε να υπολογίσει, για παράδειγμα, την πιθανότητα των ενόρκων να οδηγηθούν σε λανθασμένη απόφαση, αν μόνον ήταν γνωστή η πιθανότητα του ανθρώπου να εμφανίσει άριστη συμπεριφορά. Μπορούσε επίσης να αναλύσει μετρήσεις στατιστών, αρκεί αυτές να ήταν επαρκείς και να έχουν καταγραφεί από πηγές με μεθόδους γενικής αποδοχής,[89] οδηγώντας τους επιστήμονες σε στατιστικά «βέβαιες» και ασφαλείς προβλέψεις. Από την άλλη μεριά, σύμφωνα με το πνεύμα της Γαλλικής επανάστασης, οι δημοκρατικές διαδικασίες πλειοψηφίας εγγυώντο τη δυνατότητα της κοινωνίας να λαμβάνει ορθολογικές αποφάσεις για την τύχη και το μέλλον της. Από τα παραπάνω, ο Condorcet κατέληγε ότι οι προβλέψεις των κοινωνικών επιστημόνων μπορούσαν να ταυτιστούν με τις αποφάσεις της δημοκρατίας.

Ο Βέλγος μαθηματικός και αστρονόμος Quetelet προχώρησε ένα βήμα παραπέρα το ζήτημα της πρόβλεψης κοινωνικών παραμέτρων. Το 1832 ανέλυσε δημογραφικά

[88] Mankievwicz, R. (2000), *Η ιστορία των μαθηματικών*, Μετάφρ. Λ. Καρατζάς, Αθήνα 2002, p. 154.
[89] Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η προτυποποίηση μέτρων και σταθμών ήταν μία από τις διαρκείς μεταρρυθμιστικές προσπάθειες του Condorcet.

δεδομένα των στατιστών[90] και παρατήρησε ότι οι ρυθμοί γεννήσεων, θανάτων, γάμων και εγκληματικότητας έμοιαζαν να παραμένουν σταθεροί από χρόνο σε χρόνο, εκτός από μικρές αποκλίσεις. Για να περιγράψει το εύρος των αποκλίσεων αυτών στην κοινωνική συμπεριφορά χρησιμοποίησε την κατανομή του Gauss, παρομοιάζοντάς τες με τις αποκλίσεις (σφάλματα) που προέκυπταν σε μετρήσεις της θέσης ουράνιων σωμάτων. Αυτό σήμαινε δύο πράγματα. Πρώτον, ότι υπήρχε μια μέση, μετρήσιμη ανθρώπινη συμπεριφορά. Δεύτερον, ότι η συμπεριφορά αυτή διατηρείτο ανεξάρτητη από οποιαδήποτε κρατική ή άλλη παρέμβαση, διαθέτοντας δηλαδή ισχύ φυσικού νόμου.

Σχήμα 3: Ένα διάγραμμα του Quetelet, το 1846, όπου καταγράφει την κατανομή της περιφέρειας στήθους 5738 Σκωτσέζων στρατιωτών.[91]

Η ακρίβεια της προσέγγισης των αποκλίσεων από την κατανομή Gauss οδήγησε τον Quetelet σε διάφορα συμπεράσματα. Υπολόγισε, για παράδειγμα, ότι από 100,000 εγγεγραμμένους στο Γαλλικό στρατό, 2000 άτομα είχαν δηλώσει χαμηλότερη τιμή από το πραγματικό τους ύψος για να αποφύγουν τη στράτευση. Η ιδέα του «μέσου ανθρώπου» είχε έτσι γεννηθεί. Το ιδεώδες της Γαλλικής επανάστασης, σύμφωνα με τον Quetelet, ήταν ο άνθρωπος που θα είχε μέσες διαστάσεις και φυσικά χαρακτηριστικά, μέση συμπεριφορά και κατ' επέκταση μέσες ηθικές πεποιθήσεις και

[90] Είχε στη διάθεσή του και δημογραφικά δεδομένα μεγάλης ακρίβειας για την πόλη του Λονδίνου από τον αστρονόμο Edmond Halley (1693).
[91] Δες, http://cas.umkc.edu/math/ExtraCaption.asp

αισθητικές προτιμήσεις. Το σημαντικό είναι να είσαι μέσος άνθρωπος, δεδομένου ότι "an individual who epitomized in himself, at a given time, all the qualities of the average man, would represent all the greatness, beauty and goodness of that being".

Όταν ο Darwin έγραψε το *The Origin of Species* (1858), πρότεινε ότι οι αποκλίσεις από την κυρίαρχη «μέση» φυσιολογία και συμπεριφορά μπορούν να αποδειχθούν χρήσιμες σε ένα είδος, ώστε να προσαρμόζεται σε αργές και σταδιακές αλλαγές που παρουσιάζονται στο περιβάλλον του, μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής. Για την υπόθεσή του αυτή διέθετε ισχυρές ενδείξεις από ζώα και φυτά που συνάντησε στα ταξείδια του στα νησιά Γκαλαπάνγκος, αλλά όχι φυσικά αποδείξεις, αφού η φυσική επιλογή στα είδη που μελέτησε απαιτούσε να περάσουν αιώνες για να εκδηλωθεί. Παρόλα αυτά, η θεωρία για την ύπαρξη εξελικτικού νόμου στη φύση, που συνδέει διαφορετικά είδη, άσκησε τεράστια επίδραση στους συγχρόνους του. Με αφετηρία τον προτεινόμενο αυτό νόμο, ο Francis Galton, ανιψιός του Darwin, θεώρησε ότι είναι δυνατή μια ευγονική επιστήμη, η οποία θα στηρίζεται σε μεθοδολογικά αυστηρές βιομετρικές μετρήσεις και θα στοχεύει στην επιλεκτική βελτίωση ανθρώπινων χαρακτηριστικών. Αντί να στηρίζει την εξελικτική πορεία του είδους στην κατανομή σφαλμάτων του Gauss, ανέπτυξε ο ίδιος τη στατιστική θεωρία εισάγοντας την έννοια της παλινδρόμησης και της συσχέτισης.

Η στατιστική δεν αναπτύχθηκε σαν ανεξάρτητος κλάδος των μαθηματικών, αλλά εξελίχθηκε παράλληλα με την πορεία κοινωνικών ανησυχιών. Τα παραδείγματα του αστρονόμου Quetelet (που εφάρμοσε την κατανομή Gauss για να ορίσει τον μέσο άνθρωπο) και του Galton (που εισήγαγε έννοιες της στατιστικής για να εξυπηρετήσει την πίστη του στους στόχους της ευγονικής πρακτικής) δεν είναι τα μοναδικά. Στην έδρα Ευγονικής (σήμερα Ανθρώπινης Γενετικής) που ίδρυσε ο Galton στο University College του Λονδίνου, πρώτος καθηγητής ανέλαβε ο Carl Pearson, τον οποίο αργότερα διαδέχτηκε ο Ronald Elmer Fisher.[92] Το 1900, ο Pearson εισήγαγε το κριτήριο x^2 για να ποσοτικοποιήσει αποκλίσεις δειγμάτων από δεδομένη κατανομή πιθανότητας. Αργότερα ο Fisher εισήγαγε την ανάλυση της διασποράς (1936), που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εγκυρότητας των πειραματικών δεδομένων. Η στατιστική που είχε αρχίσει ως καταγραφή δημογραφικών στοιχείων είχε

[92] Αναφέρεται στο R. Mankiewicz (2000), p. 158

μετεξελιχθεί, *δια μέσου* της χρήσης της στις κοινωνικές σπουδές, σε μία μέθοδο αφηρημένης μαθηματικής ανάλυσης.

2.3.5 Το άνυσμα του χρόνου

Οι κοινωνικές σπουδές δεν ώθησαν μόνον την ανάπτυξη της στατιστικής ως κλάδο των μαθηματικών. Ώθησαν και την ανάπτυξη της στατιστικής μηχανικής, ως κλάδου της φυσικής που υπερέβαινε τους νόμους του Νεύτωνα εισάγοντας την ασυμμετρία των φαινομένων στον χρόνο.

Η διαπίστωση του Quetelet ότι η πολιτική διακυβέρνηση δεν μπορεί να επέμβει σε φυσικούς νόμους είχε μεγάλη επίδραση σε διανοητές του 19ου αιώνα. Ιστορικές μελέτες αναφέρουν πολλές ενδείξεις για αυτό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, ο John Stuart Mill, ο οποίος πίστευε πως η κοινωνία και η ιστορία συνδέονταν με στατιστικούς νόμους τόσο απόλυτους, όσο εκείνοι στις φυσικές επιστήμες.[93] Ο Βρετανός φιλόσοφος Henry Thomas Buckle προχώρησε περισσότερο προτείνοντας ότι η πολιτική διοίκηση δεν θα πρέπει ούτε καν να διανοείται παρεμβάσεων: "lawgivers are nearly always the obstructors of society, instead of its helpers".[94] Παρόμοια με τον Adam Smith, επιχειρηματολογούσε υπέρ της αρχής του "lessez faire" και της ανάγκης των ανθρώπων για αυτοδιάθεση. Η κοινωνία μπορούσε από μόνη της να παράγει τάξη, συμμετρία και νόμο. Ο νόμος αυτός είχε μια ιστορική διαδρομή, που ο Buckle προσπάθησε να περιγράψει στο έργο του *History of Civilization in England,* που εκδόθηκε ανολοκλήρωτο (εξ αιτίας του πρόωρου θανάτου του) μεταξύ 1857 και 1861.

Όπως αναφέρει ο Ball, οι απόψεις των φιλοσόφων επηρέασαν με τη σειρά τους άλλους επιστήμονες. Ο James Clerk Maxwell μελέτησε τα κείμενα του Buckle την εποχή που κυκλοφόρησαν. Έγραψε:

> *"One night I read 160 pages of Buckle's History of Civilization – a bumptious book, strong positivism, emancipation from exploded notions and*

[93] Αναφέρεται στο R. Mankiewicz (2000), p. 156.
[94] H. T. Buckle (1857-61) *History of Civilization in England*, στο P. Ball (2004), p. 65.

that style of thing, but a great deal of actually original matter, the result of fertile study, and not mere brainspinning."[95]

Αργότερα αναγνώρισε ότι το πρόβλημα που προσπαθούσε να επιλύσει, με τα άτομα της ύλης να κινούνται και να συγκρούονται τυχαία και να εμφανίζουν τη μακροσκοπική όψη του αερίου, ανήκε στην ίδια κλάση προβλημάτων με εκείνα που προσπαθούσε να λύσει ο Buckle.

"Those uniformities we observe in our experiments with quantities of matter containing millions of molecules are uniformities of the same kind as those explained by Laplace and wondered at by Buckle arising from the slumping together of multitudes of causes each of which s by no means uniform with the others."[96]

Εκτός από τον Buckle, ο Maxwell αναφέρει επίσης ως πηγή τον Quetelet, καθώς και τον John Herschel, ο οποίος είχε δημοσιεύσει μια ανασκόπηση του έργου του Quetelet το 1850. Το 1859, ο Maxwell υπέθεσε ότι τα μόρια του αερίου κινούνται τυχαία ακολουθώντας την κατανομή Gauss και κατέληξε στην κατανομή των ταχυτήτων τους.

Το επόμενο βήμα στην κινητική θεωρία των αερίων έγινε από τον Ludwig Boltzmann. Αυτός ήταν επίσης γνώστης του έργου του Buckle και αναφερόταν στις ομοιότητες με τις κοινωνικές σπουδές ως εξής:

"The molecules are like to many individuals, having the most various states of motion, and the properties of gases only remain unaltered because the number of these molecules which on the average have a given state of motion is constant".[97]

Ξεκινώντας από την ίδια υπόθεση με τον Maxwell, περί σωματιδιακής φύσης των αερίων, κατέληξε το 1872 σε μια δυναμική εξίσωση που περιγράφει ολόκληρη την

[95] Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 67.
[96] Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 68.
[97] L. Boltzmann (1872), *Weitere Studien über das Wärmergleichgewichtunter Gasmolecülen*, στο P. Ball (2004), p. 69.

χρονική εξέλιξη ενός αερίου από τις αρχικές του συνθήκες. Η κατανομή ταχυτήτων του Maxwell ήταν μια απλή υποπερίπτωση της γενικής λύσης της εξίσωσης, που αντιστοιχούσε στην κατάσταση ισορροπίας.

Η εξίσωση Boltzmann είναι η βάση της στατιστικής μηχανικής. Η εγκυρότητά της δεν αμφισβητείται σήμερα. Την εποχή όμως που δημοσιεύτηκε εξέγειρε τεράστια αντίδραση. Προέβλεπε μη αντιστρεπτές διαδικασίες, καθώς τα σύννεφα δεν γυρνούν πίσω και τα μόρια του αέρα δεν μαζεύονται ποτέ στην άκρη ενός δοχείου. Αυτό ήταν αντίθετο στην μηχανιστική εικόνα του κόσμου ως ρολόι, που πρότειναν οι νόμοι του Νεύτωνα. Κατ' αυτούς η σελήνη διάλεξε τη φορά της περιστροφής της γύρω από τη γη άπαξ στην ιστορία της και την ακολουθεί έκτοτε. Η αντίθετη φορά κίνησης, παρότι δεν θα συμβεί ποτέ, αντιστοιχεί επίσης σε λύση των Νευτώνειων εξισώσεων.

Μετά τον Boltzmann ο χρόνος έχει κατεύθυνση.

Για να υπάρξει όμως αυτή η διανοητική σύλληψη απαιτήθηκαν στάδια στη σκέψη και στην έρευνα, όπου οι φυσικές και οι κοινωνικές επιστήμες πλάθονταν ταυτόχρονα, ανταλλάσσοντας έννοιες και μεθοδολογίες.

2.3.6 Ελεύθερη βούληση και ανθρώπινη μοίρα

Στο έργο του *System of Logic* (1862), ο Stuart Mill έγραφε:

> *"[The] very events which in their own nature appear most capricious and uncertain, and which in any individual case no attainable degree of knowledge would enable us to foresee, occur, when considerable numbers are taken into the account, with a degree of regularity approaching to mathematical."*[98]

Με άλλα λόγια, οι κανονικότητες της κοινωνίας μπορούν να ειδωθούν σε μακροσκοπικό επίπεδο, ακόμα και όταν τα ξεχωριστά άτομα εμφανίζουν

[98] J. S. Mill (1862) *System of Logic*, στο P. Ball (2004), p. 65.

παρορμητική και αβέβαιη συμπεριφορά. Οι κοινωνικοί νόμοι είναι στατιστικοί και φανερώνονται σε μεγάλους αριθμούς του δείγματος.

Παρόλα αυτά, οι άνθρωποι είναι ελεύθεροι να αντισταθούν σε κάθε ορθολογική, μαθηματικοποιημένη μοίρα που τους αποδίδεται από τον Quetelet ή οποιοδήποτε άλλον, ακόμη και αν από αντίδραση χρειαστεί να κινηθούν ενάντια στην ίδια τη λογική ή το προσωπικό τους συμφέρον. Καμιά προδιαγεγραμμένη μοίρα δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή χωρίς αντίρρηση, ούτε στο ατομικό επίπεδο ούτε στο συλλογικό. Όταν μια κοινωνική παράμετρος φαίνεται να μένει σταθερή στο χρόνο ή μεταβάλλεται με συνεπή τρόπο, η προσπάθεια που γίνεται αμέσως είναι να κατανοηθεί *η αιτία της*, ώστε να μπορέσει κάποιος να παρέμβει στη δυναμική της.

Η στατιστική δεν μπορεί να βρει τη σχέση αιτίας – αποτελέσματος. Μπορεί να βρει συσχετίσεις ανάμεσα σε δύο παραμέτρους (πχ, αν και οι δύο αυξάνονται ταυτόχρονα ή κατά πόσο αυξάνεται η μια όταν μειώνεται η άλλη), χωρίς να μπορεί να αποδώσει σε κάποια παράμετρο από αυτές την ιδιότητα του αιτίου σε σχέση με την άλλη παράμετρο. Αυτό παρεξηγείται διαχρονικά, ιδιαίτερα στην πολιτική, δεδομένου ότι η στατιστική είχε ξεκινήσει ως πολιτική επιστήμη. Μόλις το 1830 ο Alphonse de Candolle απηχούσε σημερινές ανησυχίες όταν σημείωνε ότι για τους πολιτικούς η στατιστική μπορούσε να είναι "an inexhaustible arsenal of double-edged weapons". Το 1834, η Statistical Society of London προσπαθούσε να ξεκαθαρίσει την κατάσταση αναφέροντας ότι:

> *"The Science of Statistics differs from Political Economy, because, although it has the same end in view, it does not discuss causes nor reason upon probable effects; it seeks only to collect, arrange, and compare."*[99]

Φυσικά, η στατιστική συσχέτιση παραμέτρων είναι πολύ ισχυρό όπλο του ανθρώπου για να αναδείξει τελικά τις αιτίες κάποιου φαινομένου, μέσω της διαδικασίας του πειράματος. Εκεί βασίζεται, για παράδειγμα, σήμερα ένα σημαντικό μέρος της έρευνας για τα αίτια ασθενειών (όπως ο συσχετισμός της παχυσαρκίας ή του καπνίσματος με καρδιοπάθεια ή καρκίνο). Όμως, τον 19^{ο} αιώνα, το είδος των

[99] Editorial "Introduction". *Journal of the Statistical Society of London 1,* 3 (1838).

παρατηρούμενων δημογραφικών κανονικοτήτων περιέπλεκαν το ζήτημα, καθώς μελετούσαν συστήματα *σε ισορροπία*. Ποια ήταν η αιτία που η αναλογία αγοριών – κοριτσιών στις γεννήσεις διατηρείτο περίπου 1:1; Η προφανής απάντηση ενέπλεκε τη σοφία του Δημιουργού, η οποία εξασφάλιζε με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα μετέπειτα αναπαραγωγής σε όλους. Τότε όμως, ποια ήταν η αιτία για την οποία παρέμενε σταθερός ο ετήσιος ρυθμός αυτοκτονιών; Κι ακόμα, γιατί ο Θεός είχε καθορίσει έναν χρονικά σταθερό ρυθμό εγκλημάτων, όπως κλοπών ή δολοφονιών;

Ο Quetelet για να εξηγήσει τα παραπάνω χρησιμοποίησε ένα ενδιαφέρον επιχείρημα, που βρίσκεται άλλωστε στην καρδιά της διαφωνίας μεταξύ Αριστοτελικού και Νευτώνειου σύμπαντος, και το οποίο είχε διατυπώσει και ο Hobbes. Ο εγκληματίας δεν διαπράττει έγκλημα επειδή έτσι είναι γραμμένο στη φύση του ή στη μοίρα που καθορίζει πώς θα κινηθεί. Η ευθύνη βρίσκεται *στον εξωτερικό χώρο*, στο «πεδίο» στο οποίο κινείται, στο κοινωνικό του περιβάλλον, το οποίο τον ωθεί στην παρανομία. Η ευθύνη είναι κοινωνική. Αυτό αποτελεί μια χρήσιμη δικαιολογία για τους εγκληματίες, ακόμη και σήμερα. Όμως, αν καθορίζεται κάποιος από τον κοινωνικό του περίγυρο, πού βρίσκεται η προσωπική του ελευθερία;[100]

Ακόμη πιο προβληματική στην κοινωνική επιστήμη του 19ου αιώνα ήταν η έννοια της πρόβλεψης. Μπορούσε το γεγονός ότι ένα δημογραφικό δεδομένο διατηρείτο (πχ, ο ρυθμός των θανάτων) να προεξοφλήσει και τη διατήρησή του στο μέλλον; Μαθηματικά, η απάντηση βρίσκεται στη διαφορά ανάμεσα στη στατιστική και τη θεωρία πιθανοτήτων. Η στατιστική είναι η μακροσκοπική έκφραση ενδεχομένων του μικρόκοσμου που εμφανίζονται με *σταθερή πιθανότητα*. Εάν η πιθανότητα για κάποιο ενδεχόμενο αλλάξει, τότε θα μεταβληθεί και το στατιστικά μετρούμενο μακροσκοπικό μέγεθος. Πχ, αν ενσκήψει στην κοινότητα μια πανδημία που σκοτώνει τα αρσενικά μέλη προχωρημένης ηλικίας, τότε ο συνολικός ρυθμός των θανάτων θα αλλάξει, όσο σταθερός και αν είχε διατηρηθεί τα προηγούμενα χρόνια. Η αιτία είναι ότι στο μικροσκοπικό (ατομικό) επίπεδο, η πιθανότητα θανάτου ενός γέροντα θα έχει

[100] Το 1860, ο Πρίγκιπας Αλβέρτος είπε στο International Statistical Congress του Λονδίνου πως η στατιστική μπορεί να ιδωθεί ότι οδηγεί *"αναγκαστικά στην πανθεΐα και τη διάλυση της αληθινής θρησκείας, καθώς αφαιρεί – με την άποψη του ανθρώπου [που προτείνεται] για τον Παντοδύναμο – τη δική του δύναμη για αυτοδιάθεση, μετατρέποντας τον λόγο Του σε απλή μηχανή"*. Στο P. Ball (2004), p. 74.

μεταβληθεί. Τον 19^{ο} αιώνα η διαφορά μεταξύ θεωρίας των πιθανοτήτων και στατιστικής θεωρίας (δηλαδή μεταξύ μικρο- και μακρο-θεωριών) δεν ήταν ξεκάθαρη.

Από τη σημερινή οπτική μπορούν να προστεθούν και άλλα σημεία ως κριτική για την κοινωνική φυσική του 18^{ου} -19^{ου} αιώνα που στηριζόταν κυρίως στην τυχαιότητα και την κατανομή Gauss. Τα κοινωνικά σύνολα που μπορούσαν να μελετηθούν ήταν μόνον ομοιογενή και σε κατάσταση ισορροπίας, πράγμα που, όπως είδαμε, διαστρέβλωνε την άποψη για αιτιότητα ή πρόβλεψη. Η αποσαφήνιση για την ισχύ τέτοιων εννοιών επέρχεται ταυτόχρονα με την μελέτη προς νέες κατευθύνσεις, πέρα από την κατάσταση ισορροπίας. Εκεί βρίσκεται ο πολύπλοκος κόσμος της δυναμικής, από όπου ξεπηδά η ομορφιά της μορφολογίας των χιονονιφάδων ή των δαντελλωτών ακτών, αλλά και ο τρόπος που επικοινωνούμε, που διασκεδάζουμε, που ψηφίζουμε, που κατασκευάζουμε τεχνήματα και που κερδίζουμε το προσωπικό μας εισόδημα. Η στατική εικόνα του μέσου ανθρώπου της απόλυτης κοινωνικής ισορροπίας δεν εμπνέει κανένα όραμα για τον εαυτό μας ή τους αγαπημένους μας. Τα βιβλία που διαβάζουμε θέλουμε να είναι ανθρώπων που κάπου έχουν ξεχωρίσει, οι πολιτικοί που μας κυβερνούν θέλουμε να έχουν κάπου πετύχει. Την επιστήμη, τη φιλοσοφία και την τέχνη την χτίζουν συχνά πολύ ιδιαίτεροι άνθρωποι με αποκλίνουσες προσωπικότητες.

Σήμερα η κοινωνική φυσική έχει ξεκινήσει να μελετά τη δυναμική στις ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις, στο ταξείδι της πληροφορίας στον κόσμο, στη διάδοση των τεχνημάτων. Ο χρόνος δεν έχει απλώς ένα άνυσμα. Έχει σημαντικές στιγμές όπου ο κόσμος αλλάζει απότομα κατάσταση, έχει διάρκεια που σημαδεύει τη ζωή μας ή περνά απαρατήρητη, έχει την ιδιότητα να κουβαλά την ιστορία τη δική μας, της φύσης και της κοινωνίας που μας περιβάλλει. Μαζί με την διερεύνηση όλων αυτών των δυναμικών, κάποια θεωρητικά ζητήματα αναδιατυπώνονται και φαίνεται να επιλύονται. Άλλα επανέρχονται (όπως οι δυνατότητες κοινωνικής παρέμβασης σε κάποιες επιστημονικές πρακτικές), μαζί με νέα που γεννώνται, απαιτώντας επείγουσα αντιμετώπιση σε ένα ταχύτατα, πλέον, μεταβαλλόμενο κόσμο.

2.4 Δυναμικά φαινόμενα & στατιστική – εντροπία, πληροφορία, ιστορία

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται σε σημαντικά βήματα στην εξέλιξη της στατιστικής μηχανικής, από τον Boltzmann έως τις μέρες μας. Η σύζευξη μικρόκοσμου και μακρόκοσμου, που προτείνει η στατιστική, είναι πολύ ελκυστική για εφαρμογές στις κοινωνικές σπουδές. Η μεθοδολογία και η ορολογία της χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα, στην προσπάθεια να βρεθεί κοινός τόπος εφαρμογής με τις φυσικές επιστήμες και να απαντηθούν κρίσιμα ερωτήματα που αποτέλεσαν ή αποτελούν σημείο διαμάχης και έντονης ερευνητικής μελέτης.

Τα επιστημονικά ζητήματα περιγράφονται εδώ στο ιστορικό τους πλαίσιο, χωρίς πολλούς μαθηματικούς συμβολισμούς αλλά με τρόπο που θα διευκολύνει τη μετέπειτα ανάλυσή τους για εφαρμογή στις κοινωνικές επιστήμες. Αφορούν:

- Τη διαμάχη για την ύπαρξη κατεύθυνσης στο χρόνο, που εισάγουν οι θερμοδυναμικά μη αναστρέψιμες διαδικασίες. Όπως παρατήρησε ο sir Karl Popper[101] και αργότερα ο νομπελίστας Ilya Prigogine[102], η διαμάχη αυτή είναι και το κεντρικό πρόβλημα που θεμελιώνει το διαχωρισμό ανάμεσα στις φυσικές και τις ανθρωπιστικές σπουδές.

- Τη γενική θεώρηση για τη σχέση μακρόκοσμου και μικρόκοσμου στη στατιστική μηχανική, όπως διαφαίνεται από τους μετασχηματισμούς φάσης. Αυτή περιλαμβάνει τον ιδιαίτερο τρόπο που εξισορροπούνται ελκτικές και απωστικές αλληλεπιδράσεις, ανάμεσα στις δομικές μονάδες του συστήματος, καθώς και την κοινή εικόνα για το εύρος των διακυμάνσεων, που εμφανίζονται σε όλα τα κρίσιμα σημεία μεταβολών.

- Τα συστήματα εκτός ισορροπίας, στα οποία προκύπτει ότι τυχαία γεγονότα και συμπεριφορές των δομικών μονάδων ενός συστήματος αλλάζουν οριστικά και μη αναστρέψιμα την ιστορία του. Είτε σε ανθρώπινες χρονικές κλίμακες, είτε σε κοσμολογικές, η ιστορία γράφεται διαρκώς και θα εξακολουθήσει να

[101] Popper, K. R. (1965). *Of Clouds and Clocks*. Washington: Washington University. Το κύριο χαρακτηριστικό μιας επιστημονικής θεωρίας είναι η διαψευσιμότητα, την οποία δεν πληρούν οι ανθρωπιστικές επιστήμες.
[102] I. Prigogine (2003), p.23.

γράφεται, ενσωματώνοντας επιλογές. Ακόμα και το εκτιμώμενο από τη θερμοδυναμική «τέλος του χρόνου» εξ αιτίας της εντροπικής αύξησης στο σύμπαν δεν θα φτάσει ποτέ.

2.4.1 Το παράδοξο του χρόνου – εντροπία και πληροφορία

Αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο (§2.3.5) ότι, όπως δηλώνουν κείμενα του ιδίου, ο Boltzmann κατέληξε στη διατύπωση της δυναμικής εξίσωσης των αερίων επηρεασμένος από το έργο μελετητών όπως ο Buckle ή ο Quetelet, που αναζητούσαν κοινωνικούς νόμους. Ακόμα όμως και πέρα από αυτά τα κείμενα, το αποτέλεσμα του έργου του ήταν περισσότερο προσαρμοσμένο στις κοινωνικές επιστήμες. Η πρότασή του, ότι δηλαδή υπάρχουν στη φύση μη αντιστρεπτές διαδικασίες που διακρίνουν το μέλλον από το παρελθόν, φαινόταν απολύτως προφανές στις ανθρωπιστικές σπουδές, αλλά ήταν εξαιρετικά ριζοσπαστικό για τους φυσικούς.

Το παράδοξο του χρόνου είναι ακόμα και στις μέρες μας αντικείμενο αντιπαράθεσης μεταξύ επιστημόνων. Αναφορικά με τις ανθρωπιστικές σπουδές και τη βιολογία, η χρονική κατεύθυνση είναι κάτι παραπάνω από προφανής. Όπως αναφέρει ο Prigogine «καμιά θεωρία, καμιά γνώση δεν επιβεβαίωσε την ισοδυναμία μεταξύ δημιουργίας και καταστροφής, την ταύτιση ανάμεσα σε ένα φυτό που βλασταίνει, ανθίζει και μαραίνεται, και σε ένα φυτό που ανασταίνεται, ανανεώνεται και επιστρέφει στο σπόρο του, ανάμεσα σε έναν έφηβο που ωριμάζει και μαθαίνει και σε έναν άνθρωπο που σταδιακά γίνεται έφηβος, μετά έμβρυο, μετά κύτταρο».[103]

Από την άλλη μεριά, ο μαθηματικός Jules Henri Poincaré έγραφε ότι δεν θα μπορούσε να προτρέψει τους αναγνώστες σε κείμενα του Boltzmann, των οποίων τα συμπεράσματα ήταν σε αντίθεση με τις αρχές της λογικής. Η κριτική που ασκήθηκε στον Boltzmann ήταν ότι οι υπολογισμοί του πρέπει να είχαν υποπέσει σε λογικό σφάλμα, αφού ξεκινούσαν από το νόμο του Νεύτωνα για την αλληλεπίδραση δύο σωματιδίων, που είναι *συμμετρική* ως προς τη φορά του χρόνου (ήτοι στην αντικατάσταση $t \rightarrow -t$), και κατέληγαν σε μια εξίσωση μη αντιστρεπτών διαδικασιών για την κίνηση πολλών σωματιδίων. Σήμερα γνωρίζουμε ότι δεν υπήρχε λογικό

[103] I. Prigogine (2003), σελ. 29.

λάθος αλλά ότι απλώς η εξίσωση του Boltzmann περιέγραφε μία μόνον από τις πιθανές εκδοχές για την εξέλιξη του συστήματος των σωματιδίων, και μάλιστα *την πιο πιθανή*, η οποία και παρατηρείται στην πράξη. Όμως, η κλασσική μηχανική που ταυτίστηκε με το θρίαμβο της επιστήμης από το 17^{ο} αιώνα δεν ήταν πιθανοκρατική και σηματοδοτούσε τη ριζική άρνηση του χρόνου. Επιπρόσθετα, αυτή η άρνηση ήταν συμβατή με τη θεολογική άποψη της εποχής. Σύμφωνα με αυτή, για τον Θεό όλα είναι δεδομένα. Για τους νόμους που έφτιαξε ο Θεός, το παρόν εμπεριέχει παρελθόν και μέλλον. Το καινούργιο, η επιλογή, είναι μόνο στα μάτια του ανθρώπου, ενώ για τον Θεό είναι όλα γνωστά.

Πριν αυτοκτονήσει το 1906, ο Boltzmann προσπάθησε να διατυπώσει ένα παράδειγμα που θα ήταν συμβατό και με τις δύο απόψεις του παραδόξου Όπως φαίνεται στο Σχ. 4, δύο δοχεία που περιέχουν διαφορετικό αριθμό μορίων ενώνονται με ένα σωλήνα. Προφανώς, όσο περνά ο χρόνος, τα μόρια στα δύο δοχεία τείνουν να εξισωθούν. Αυτό προβλέπει και η εξίσωση του Boltzmann. *Όμως, ισχυρίστηκε, αυτό είναι ανθρώπινη ψευδαίσθηση.* Αν περιμέναμε αρκετά θα μπορούσαν να ξαναμαζευτούν τα περισσότερα μόρια στο ένα από τα δύο δοχεία.

Το ίδιο επιχείρημα χρησιμοποίησε ο Richard Feynman για να δικαιολογήσει την αναστρεψιμότητα των φυσικών νόμων στην κλασσική μηχανική, την κβαντομηχανική και τη σχετικότητα.[104] Επίσης, η ενοποίηση των αλληλεπιδράσεων της φύσης (ηλεκτρομαγνητικών, ασθενών, ισχυρών, βαρυντικών) που προτείνει ο Stephen Hawking διατηρεί την ιδιότητα της αντιστρεψιμότητας.[105] Σύμφωνα με αυτή την παράδοση που υποστηρίζεται από πλήθος επιστημόνων ως σήμερα, κάθε τι που διαχωρίζει παρελθόν από μέλλον, κάθε δηλαδή μη αντιστρεπτό συμβάν, είναι απλή ψευδαίσθηση. Δεν είναι εγγενές των φυσικών νόμων, είναι απλά προϊόν του πεπερασμένου της διάρκειας της ζωής του ανθρώπου.

[104] Feynman, R. S. (1965). *Ο χαρακτήρας του φυσικού νόμου*. Cambridge: MIT Press, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1980.
[105] Hawking, S. (1988). *A brief history of Time,* Bantam Books, New York 1988 [στα ελληνικά, *το Χρονικό του Χρόνου*, Κάτοπτρο, Αθήνα]

Σχήμα 4: *Το επιχείρημα του Boltzmann για άρση του παράδοξου του χρόνου. Οι συνδυασμοί των μορίων στη διάταξη Α είναι 20! / (16! 4!) = 4845 ενώ στην Β είναι 20!/ (10! 10!)= 1293292. Εφόσον κάθε συνδυασμός είναι ισοπίθανο ενδεχόμενο, προφανώς η πιθανότητα να εμφανιστεί η διάταξη Β με τους περισσότερους συνδυασμούς είναι πολύ μεγαλύτερη. Αυτό όμως δεν απαγορεύει την επάνω διάταξη μορίων να εμφανιστεί, αν περιμέναμε αρκετά. Η χρονική πορεία από την πάνω στην διάταξη Β δεν είναι αναγκαστική, είναι μια ανθρώπινη ψευδαίσθηση.*

Η προσπάθεια του Boltzmann για λύση του παράδοξου δεν σταμάτησε τις επιστημονικές διενέξεις του καιρού του. Θα αναφερθούμε σε τρεις ακόμη προσπάθειες που άπτονται του ιδίου θέματος εισάγοντας νέες οπτικές, οι οποίες είναι σημαντικές για την ερευνητική δουλειά στην παρούσα εργασία. Η μία είναι «ο δαίμονας του Maxwell», που διατυπώθηκε το 1867 ως παράδοξο που αμφισβητούσε την συνέπεια του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου, συνολικά. Το παράδοξο επιλύθηκε οριστικά πάνω από έναν αιώνα αργότερα, χρησιμοποιώντας την έννοια της πληροφορίας που εισήγαγε ο Shannon, αίροντας την αμφισβήτηση στο νόμο. Η δεύτερη προσπάθεια, στην οποία θα αναφερθούμε, είναι η αυστηρή μαθηματική θεμελίωση της θερμοδυναμικής το 1909 από τον Καραθεοδωρή, με πιθανές επιπτώσεις του στην γνωσιολογία. Η τρίτη προσπάθεια προέκυψε με την ανακάλυψη

των Dissipative Structures (Δομές ενεργειακής κατανάλωσης) από τον Prigogine, ο οποίος τιμήθηκε για αυτή το 1982 με το Νόμπελ Φυσικής.[106,107] Αντίθετα με τη θερμοδυναμική που μελετά διαδικασίες σε ισορροπία, οι δομές αυτές εμφανίζονται σε συστήματα μακράν της ισορροπίας και οδηγούν στην εισαγωγή της πιθανοθεωρίας ακόμα και στην (θεωρούμενη ντετερμινιστική) κλασσική μηχανική.

Ο «δαίμονας του Maxwell» είναι ένα ον, που θα μπορούσε να ζει στο σωλήνα του Σχ. 4Β που ενώνει τα δύο δοχεία, το οποίο, λόγω του μικρού του μεγέθους και της «εξυπνάδας» που διέθετε, θα ξεχώριζε τα μόρια που αποπειρώνται να μεταβούν από το ένα δοχείο στο άλλο ανάλογα με την ταχύτητά τους. Θα μπορούσε λοιπόν να ελέγχει μια πόρτα επιτρέποντας τη διέλευση των μορίων που κινούνται αργά προς τη μία κατεύθυνση και εκείνα που κινούνται γρήγορα προς την άλλη. Δεδομένου ότι η μέση ταχύτητα των μορίων αυξάνει με την θερμοκρασία, αυτό θα σήμαινε ότι τα δύο δοχεία ξεκινούν από την ίδια θερμοκρασία και καταλήγουν σε διαφορετική, παραβιάζοντας τον δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο. Το πρόβλημα, όπως φάνηκε πολύ αργότερα, στη λειτουργία του δαίμονα ήταν ότι η «εξυπνάδα» και οι ενέργειές του απαιτούσαν τη χρήση *πληροφορίας* για την κινητική κατάσταση των μορίων. Το ποσό αυτής της πληροφορίας ήταν τουλάχιστον ίσο με την *εντροπία* που χανόταν από τη μετακίνηση του συστήματος των δοχείων προς την κατάσταση μικρότερης πιθανότητας.

Σε αυτό το σημείο θα δοθεί μια συνοπτική ανάλυση για τις έννοιες της εντροπίας και της πληροφορίας. Αυτές ορίσθηκαν σε χρονικά πολύ διαφορετικές περιόδους. Η εντροπία είχε εισαχθεί από τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής. Πρώτος τον διατύπωσε το 1850 ο Rudolph Clausius διατυπώνοντας κάτι που φαίνεται προφανές – ότι «η θερμότητα μεταβαίνει από το θερμό σώμα στο ψυχρό και όχι αντίστροφα». Την εποχή εκείνη δεν ήταν γνωστή η φύση της θερμότητας και έτσι, για να ποσοτικοποιηθεί η παραπάνω διατύπωση, ο Clausius όρισε μια παράμετρο που αυξάνει όταν μεταφέρεται θερμότητα από ένα σώμα θερμοκρασίας T σε άλλο. Έγραψε δηλαδή $dq=dS/T$, όπου dq είναι η μεταβολή στη θερμότητα και dS η μεταβολή στην εντροπία. Η σχέση αυτή προϋποθέτει ότι η διαδικασία γίνεται τόσο

[106] Nikolis, G. and Prigogine, I. (1977). *Self-organization in Non-equilibrium systems*, New York: Wiley-Interscience.
[107] Prigogine, I. (1980). *From Being to Becoming*. New York: Freeman.

αργά και είναι τόσο μικρή η ανταλλαγή θερμότητας, ώστε δεν μεταβάλλεται η θερμοκρασία T των σωμάτων. Αυτό μπορεί για παράδειγμα να επιτευχθεί όταν κάθε σώμα ακουμπά σε μια πολύ μεγάλη δεξαμενή νερού, η οποία απορροφά τη θερμοκρασία που εκλύεται, διατηρώντας, λόγω μεγέθους, τη θερμοκρασία της σταθερή. Με άλλα λόγια, η ισότητα $dq=dS/T$ στο δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής ισχύει όταν *τα σώματα που ανταλλάσσουν θερμότητα βρίσκονται σε ισορροπία*. Η έννοια της εντροπίας ισχύει και σε συστήματα μακράν της ισορροπίας, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 2.4.3, όχι όμως και η σχέση ισότητας.

Την εποχή του Clausius είχε γίνει φανερό πως κάθε μηχανική διεργασία είχε σαν αποτέλεσμα την «απώλεια» θερμότητας. Οι τριβές, που ποτέ δεν τιθασεύονται απόλυτα, ήταν υπαίτιες για αυτό. Η απώλεια θερμότητας δεν μπορούσε να ξαναμετατραπεί σε μηχανικό έργο, που απλά σημαίνει ότι οι διαδικασίες που παράγουν θερμότητα είναι μη αντιστρεπτές. Επί πλέον σημαίνει ότι, αφού $dq>0$, τότε η σχέση $dq=dS/T$ δίνει $dS>0$, ήτοι *η εντροπία στις μη αντιστρεπτές διαδικασίες αυξάνεται*. Αυτό αποτελεί μια ισοδύναμη διατύπωση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου. Η έννοια της εντροπίας αποσαφηνίστηκε περαιτέρω με τον Boltzmann, που την συσχέτισε με την κινητική κατάσταση των μορίων. Πρότεινε ότι η εντροπία S ενός συστήματος είναι απλώς ανάλογη του λογάριθμου των αριθμού των διαφορετικών καταστάσεων W, οι οποίες αντιστοιχούν στην ίδια μακροσκοπική του κατάσταση. Το 1900, ο Max Plank διατύπωσε μαθηματικά τη σχέση $S= k \log W$, ονομάζοντας τη σταθερά αναλογίας k σταθερά Boltzmann.[108, 109] Η σχέση αυτή είναι χαραγμένη στον οικογενειακό τάφο του Boltzmann δίπλα στην προτομή του.

[108] Για παράδειγμα, στο Σχ. 4 είδαμε ότι υπάρχουν 4845 συνδυασμοί μορίων στα δύο δοχεία που παράγουν την επάνω διάταξη και 1293292 συνδυασμοί για την κάτω. Εάν όλοι ο συνδυασμοί είναι ισοπίθανοι, τότε η πιθανότητα να παρατηρηθεί ο επάνω συνδυασμός είναι $W_A \sim 4845$ και ο κάτω $W_B \sim 1293292$. Με τη σχέση του Boltzmann, $S_A= k \log W_A \sim k \log(4845) =3.7k$ και $S_B= k \log W_B \sim k \log(1293292) =6.1k$. Αφού $S_A < S_B$, το σύστημα των δύο δοχείων του σχήματος έχει την τάση να μεταβεί *μη αντιστρεπτά* στην κατάσταση μέγιστης εντροπίας, δηλαδή στην κάτω διάταξη.

[109] Όταν αναλύουμε ένα σύστημα σε υποσυστήματα, τότε η εντροπία $S= k \log P$ μπορεί να γραφτεί και με έναν άλλο τρόπο. Αν κάθε υποσύστημα i=1,2,3… έχει πιθανότητα παρατήρησης είναι p_i, τότε αποδεικνύεται ότι $S= -k \sum p_i \log p_i$. Πάλι στο παράδειγμα του Σχ.4 και χρησιμοποιώντας τον τύπο του Stirling, $S= k \log W = k \log[N!/(N_1! N_2!)] \approx -k p_1 \log p_1 - k p_2 \log p_2$, όπου $p_1= (N_1/N)$ και $p_2=N_2/N$ οι πιθανότητες παρατήρησης του συνδυασμού των μορίων σε κάθε δοχείο ξεχωριστά.

Η έννοια της πληροφορίας ορίστηκε πολύ αργότερα από την έννοια της εντροπίας, από τον Claude Shannon (το 1948)[110]. Ανεξάρτητα, η έννοια αναφερόταν και στο έργο άλλων ερευνητών την ίδια εποχή, όπως του συνεργάτη του κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου Alan Turing, ή του Wiener που την περιέλαβε σε βιβλίο του αποδίδοντάς τη στον von Neumann.[111] Κατ' αυτούς, η πληροφορία είναι το μέτρο της βεβαιότητας γνώσης μιας τυχαίας μεταβλητής που χαρακτηρίζει ένα σύστημα.[112] Μια τέτοια μεταβλητή μπορεί να περιγράφει την πίεση ή τη θερμοκρασία ενός θερμοδυναμικού συστήματος, την αλληλουχία όρων μιας σειράς ψηφίων, κλπ. Η ακριβής τιμή της μεταβλητής δεν είναι συνήθως γνωστή, γιατί *οι μετρήσεις της* εισάγουν τυχαία και συστηματικά σφάλματα. Όσο αυξάνει η πληροφορία για την τιμή της μεταβλητής, τόσο μειώνεται η εντροπία που εκφράζει την αβεβαιότητα προσδιορισμού της (και ως εκ τούτου της ακριβούς κατάστασης του συστήματος). Ποσοτικά δηλαδή, μεταβολές στην πληροφορία είναι ίσες με τις αντίστοιχες μεταβολές της εντροπίας, αλλά με αντίθετο πρόσημο.

Επί πλέον της ποσοτικής τους συσχέτισης, εντροπία και πληροφορία μπορούν να θεωρηθούν έννοιες ισοδύναμες. Κάθε διατύπωση που περιέχει την έννοια της εντροπίας μπορεί να ξαναγραφεί χρησιμοποιώντας την έννοια της πληροφορίας. Το 1960, για παράδειγμα, ο Ralf Laundauer υπέδειξε ότι υπάρχουν μετρήσεις που δεν αυξάνουν την εντροπία του συστήματος (που αντιστοιχούν δηλαδή σε θερμοδυναμικά αντιστρεπτές μεταβολές του). Χρησιμοποιώντας την έννοια της πληροφορίας, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν μεταβολές του συστήματος (αντίστοιχες με τις αδιαβατικές θερμοδυναμικές μεταβολές) που αντιστοιχούν σε πεπερασμένη μεταβολή της πληροφορίας, η οποία μπορεί να καταγραφεί και να αποθηκευτεί. Η ισοδυναμία εντροπίας και πληροφορίας επίλυσε έτσι το παράδοξο του «δαίμονα του Maxwell», στο οποίο φαινόταν ότι η εντροπία μειωνόταν. Η πληροφορία που απαιτείται να καταγράψει ο δαίμονας για να διαχωρίσει τα γρήγορα από τα αργά κινούμενα μόρια δεν είναι πεπερασμένη. Όπως έδειξε ο Bennett το 1982, όσο μεγάλο buffer και αν διαθέτει ο δαίμονας, κάποια στιγμή θα τον γεμίσει και θα αναγκαστεί να σβήσει καταγεγραμμένη πληροφορία. Αυτό είναι προφανώς μη αντιστρεπτή διαδικασία, η

[110] Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal 27*, 379-423.
[111] Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge Massachusetts: The MIT Press.
[112] Ο όρος σύστημα χρησιμοποιείται εδώ ως ένα σύνολο από μέρη, όπου οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών είναι γνωστές.

οποία αυξάνει τη θερμοδυναμική εντροπία, αντισταθμίζοντας τη μείωση της εντροπίας από τη δράση του δαίμονα.

Το 1909 ο Καραθεοδωρή δημοσίευσε μία εργασία με τίτλο «Έρευνα επί των βάσεων της Θερμοδυναμικής» στο περιοδικό *Mathematische Annalen*[113], που έγινε ευρέως γνωστή στους κύκλους των φυσικών μόνο το 1921, από ένα σχετικό άρθρο του Max Born στο περιοδικό *Physikalische Zeitschrift*. Στην εργασία του 1909 περιέχεται και η περίφημη *Αρχή Καραθεοδωρή*:

> *«Σε κάθε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας ενός συστήματος υπάρχουν μερικές απείρως γειτονικές καταστάσεις ισορροπίας, στις οποίες δεν μπορούμε να φτάσουμε με μεταβολές όπου δεν ανταλλάσσεται θερμότητα (αδιαβατικές μεταβολές)».*

Αυτή είναι μια ακόμη διατύπωση του δεύτερου θερμοδυναμικού νόμου. Στη γλώσσα της πληροφορίας αυτό σημαίνει ότι *συστήματα με απείρως κοντινές καταστάσεις μπορεί να έχουν τόσο σημαντικές διαφορές στην πληροφορία που τα περιγράφει, οι οποίες ξεπερνούν τις δυνατότητες καταγραφής και αποθήκευσης που εμπεριέχουν τα συστήματα αυτά.* Υπό αυτή την έννοια, η διαδικασία ανταλλαγής πληροφορίας θέτει κριτήρια και περιορισμούς, κάτω από τους οποίους δεν είναι όλες οι μεταβολές μιας κατάστασης ποιοτικά παρόμοιες, ούτε οι διαθέσιμες επιλογές μεταξύ τους ισοδύναμες. Όπως θα φανεί και στην 2.8, ο περιορισμός των επιλογών αξιοποιείται πολλαπλά στη σύγχρονη κοινωνική φυσική. Έως σήμερα πάντως, δεν φαίνεται να έχουν διερευνηθεί πλήρως οι γνωσιολογικές επιπτώσεις της αρχής του Καραθεοδωρή.

Η θερμοδυναμική και η στατιστική είναι, μετά τον Καραθεοδωρή και τον Shannon, θεμελιωμένες με μαθηματική αυστηρότητα και δεν μπορούν να αμφισβητηθούν. Η θεωρητική θεμελίωση όμως δεν αναιρεί την παρατήρηση του Feymann ή του Hawkins, ότι η κατεύθυνση του χρόνου αποτελεί ψευδαίσθηση που πηγάζει από το πεπερασμένο της ζωής του ανθρώπου. Όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια του κεφαλαίου 2.4, το παράδοξο του χρόνου αίρεται με διαφορετικό τρόπο με την εξέταση των συστημάτων *μακράν της ισορροπίας* από τον Prigogine. Με αυτόν τον

[113] *Untersuchungen ueber die Grundlagen der Thermodynamik*, Math. Ann., 67 (1909) p. 355-386.

τρόπο, η στατιστική μηχανική στη σημερινή της διατύπωση προτείνει ότι τα συμβάντα του κόσμου, ήτοι οι μη αντιστρεπτές διαδικασίες, δεν είναι ψευδαισθήσεις, αλλά πραγματικότητα που μεταβάλλει απρόβλεπτα και *πιθανοκρατικά* την ιστορία του σύμπαντος.

Η επιμονή μας για αποσαφήνιση αυτού του ζητήματος στη στατιστική μηχανική προκύπτει από τη σημασία μιας αντίστοιχης θέσης για τη σημερινή κοινωνική φυσική. Εάν μπορεί να εφαρμοσθεί μια πιθανοκρατική θεώρηση στο φυσικό κόσμο και κατ' επέκταση στον κοινωνικό στίβο, αυτή θα σημαίνει ότι ο άνθρωπος είναι σε θέση να μεταβάλλει την ιστορία του (και τον κόσμο ολόκληρο) ενεργώντας σε ατομικό επίπεδο μη αντιστρεπτά, καταγράφοντας νέα πληροφορία για τον περίγυρό του και σβήνοντας άλλη, καθώς μεταβάλλει για πάντα τις πρακτικές του, κατασκευάζοντας τεχνήματα. Επί πλέον, μια πιθανοκρατική θεώρηση προτείνει ότι οι συλλογικές συμπεριφορές είναι στατιστικές κανονικότητες που δεν δεσμεύουν το άτομο προσωπικά, αλλά εμφανίζονται μακροσκοπικά στην κοινωνική του ιστορία ως στατιστικοί νόμοι των μεγάλων αριθμών. Οι παραπάνω θέσεις είναι κεντρικές για τη σύγχρονη κοινωνική φυσική. Πρέπει όμως να εξασφαλιστεί ότι αυτές ισχύουν τουλάχιστον στο φυσικό κόσμο, στα θερμοδυναμικά δηλαδή συστήματα και τις μεμονωμένες μονάδες που τα αποτελούν, έξω από κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Αλλιώς τέτοιες μεταφορές αναφορικά με τον φυσικό και τον κοινωνικό περίγυρο θα παραμείνουν στη σφαίρα της εικασίας.

2.4.2 Καταστάσεις ισορροπίας και μετασχηματισμοί φάσης

Η Νέα Υόρκη του 1990 δεν θύμιζε σε τίποτα την Νέα Υόρκη του 1980 στον τομέα της εγκληματικότητας. Μέσα σε δέκα χρόνια, τα παντός είδους σοβαρά εγκλήματα είχαν υποχωρήσει κατά 64%, οι άνθρωποι κυκλοφορούσαν τη νύχτα σε περιοχές που πριν ήταν πρακτικά αδιάβατες. Πολλοί θεώρησαν ότι η τεράστια και ξαφνική βελτίωση οφείλετο στην πολιτική «μηδενικής ανοχής» του δημάρχου Rudolph Giuliani, άλλοι είπαν πως ήρθε ως αποτέλεσμα μιας μακράς σταδιακής βελτίωσης πολλών κοινωνικών δεικτών. Είναι ακριβές όμως, ότι κανείς δεν είχε προβλέψει ούτε μπορεί ακόμα πλήρως να δικαιολογήσει το συνδυασμό της ταχύτητας και του εύρους,

με τα οποία εμφανίστηκε αυτή η ριζική και ολοκληρωτική αλλαγή στη ζωή της πόλης.

Πολλές μεταβολές στην κοινωνία, όπως και στη φύση, δεν είναι σταδιακές. Εμφανίζονται ξαφνικά και αφορούν ολόκληρο το σύστημα. Στη φύση, οι αλλαγές φάσης στην κατάσταση των σωμάτων είναι ένα φαινόμενο αλλαγής της συλλογικής συμπεριφοράς των μορίων, η οποία μελετάται από τη στατιστική φυσική μετά τη θεμελίωσή της από τον Boltzmann και τον Gibbs. Στην κοινωνία κάτι αντίστοιχο είναι δύσκολο να μελετηθεί και, πολύ περισσότερο, να προβλεφθεί. Συχνά ο όρος «μεταβολή φάσης» χρησιμοποιείται εκεί καταχρηστικά, σαν μια χρήσιμη μεταφορά από τη φυσική. Το ερώτημα, που τίθεται σήμερα από τους κοινωνικούς φυσικούς, είναι κατά πόσον μπορούν να εφαρμοστούν μέθοδοι της φυσικής στον τομέα της μελέτης συλλογικής ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Οι φυσικοί έχουν το πλεονέκτημα, σε σχέση με τους μελετητές στις ανθρωπιστικές σπουδές, ότι μελετούν ένα σχετικά επαναλήψιμο και παραμετροποιήσιμο φυσικό κόσμο. Παρόλα αυτά, η μελέτη των μετασχηματισμών φάσης στη φύση διήρκεσε κάπου έναν αιώνα έως ότου διατυπωθεί μια ικανοποιητική γενική περιγραφή τους, σε μια πορεία όπου η καινοτομία και η σημασία επιβραβεύθηκαν αρκετές φορές με το βραβείο Νόμπελ.

Η πρώτη σημαντική συνεισφορά ήλθε από τον Ολλανδό φυσικό Johannes Diderik van der Waals. Το 1873, ένα μόλις χρόνο μετά τη διατύπωση της εξίσωσης του Boltzmann, ο Ολλανδός περιέγραψε στη διδακτορική του διατριβή τη μεταβολή φάσης υγρού-αερίου. Η σύνθεση που πρότεινε χρησιμοποιούσε υλικό από προγενέστερους:

- Ο Maxwell είχε ήδη προτείνει την σωματιδιακή εικόνα της ύλης και την κατανομή ταχυτήτων στα αέρια.
- Ο Laplace είχε προτείνει το 1809 ότι υπάρχει μια *ελκτική* αλληλεπίδραση ανάμεσα στα μόρια του υγρού, η οποία τα κρατά κοντά το ένα στο άλλο και εμφανίζεται στην επιφανειακή τάση. Είναι όμως αλληλεπίδραση μικρής εμβέλειας, και δεν παρουσιάζεται στα αέρια αφού εκεί τα μόρια κινούνται με

μεγάλη ταχύτητα, διατηρώντας σχετικά μεγάλες μέσες αποστάσεις μεταξύ τους.

- Ο Daniel Bernoulli είχε προτείνει ήδη από τον 18^{ο} αιώνα την ύπαρξη μορίων στα ρευστά, τα οποία μάλιστα δεν είναι σημειακά. Το 1863 ο Γάλλος Gustave-Adolphe Hirn είχε ήδη καταγράψει αποκλίσεις από την κατανομή ταχυτήτων του Maxwell, επισημαίνοντας ότι οι πεπερασμένες διαστάσεις των μορίων θα μπορούσαν να εξηγήσουν το φαινόμενο. Σε αυτή την περίπτωση, ο όγκος όπου κινούνται τα μόρια είναι αυτός του δοχείου που περιβάλλει το ρευστό, ελαττωμένος από το συνολικό όγκο των μορίων του. Υπό άλλη διατύπωση, αυτό προϋποθέτει μια *απωστική* αλληλεπίδραση μικρής εμβέλειας ανάμεσα στα μόρια (ενεργεί όταν αυτά πλησιάσουν πολύ κοντά, παρόμοια με σφαίρες που συγκρούονται).
- Η υπόθεση ότι η αλλαγή φάσης αερίου-υγρού μπορεί να είναι συνεχής είχε δειχτεί από τον John Herschel για το νερό, την αλκοόλη και το αιθέρα. Στο νερό για παράδειγμα, πάνω από τους 374° C, η μετάβαση από το υγρό στο αέριο και αντίστροφα αλλάζοντας την πίεση δεν συνοδεύεται από απότομη αλλαγή πυκνότητας - είναι συνεχής.[114]

Από τη σύνθεση των παραπάνω, ο van der Waals έκανε συγκεκριμένες υποθέσεις για την ελκτική αλληλεπίδραση και το μέγεθος των μορίων και κατέληξε ότι, σε κάποια περιοχή πίεσης και θερμοκρασίας, το ρευστό μπορούσε να υπάρξει σε δύο φάσεις. Η φάση με τη μεγαλύτερη πυκνότητα αντιστοιχεί στο υγρό και αυτή με τη μικρότερη πυκνότητα στο αέριο. Αν το ρευστό ψύχεται ή συμπιέζεται, τότε η αέρια φάση γίνεται ασταθής και μεταπίπτει στην υγρή (όπως φαίνεται αριστερά στο Σχ 5) με τον μηχανισμό που ονομάστηκε «μετασχηματισμός φάσης πρώτης τάξεως». Όταν η θερμοκρασία αυξάνει, οι τιμές της πυκνότητας των δύο φάσεων συγκλίνουν. Η διαφορά τους μηδενίζεται ίσες σε κάποια «κριτική θερμοκρασία» (η οποία, όπως είχε βρει ο Herschel, είναι στο νερό 374° C) που σηματοδοτεί έναν «μετασχηματισμό φάσης δεύτερης τάξης» προς μια κατάσταση όπου αέριο και υγρό είναι αδιαχώριστα.

---

[114] *"The solid, liquid and aeriform states of bodies are merely stages in a progress of gradual transition from one extreme to the other, and that, however strongly marked the distinctions between then appear, they will ultimately turn out to be separated by no sudden or violent lines of demarcation, but shade into each other by insensible gradations"* Herchel, J.F.W. (1830). *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* p.188. Longmans Brown, Green & Longmans, London, 1851. Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 83.

Όλα τα παραπάνω σύνθετα αποτελέσματα προκύπτουν ουσιαστικά από την λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην ελκτική και την απωστική αλληλεπίδραση των μορίων. Τα μόρια από μόνα τους δεν έχουν καμία επίγνωση της μακροσκοπικής κατάστασής τους, ούτε της αλλαγής που προκύπτει στο κριτικό σημείο. Τα μόρια κινούνται διατηρώντας τις ίδιες μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις μικρής εμβέλειας, αλλά λεπτές διαφορές θερμοκρασίας και πίεσης οδηγούν σε πολύ συγκεκριμένες (κάποτε διαφορετικές) μακροσκοπικές εικόνες του συστήματος. Μια τέτοια περιγραφή είναι πολύ ελκυστική για να χρησιμοποιηθεί στις κοινωνικές επιστήμες *όπου ελεύθερα αλληλεπιδρώντα άτομα οργανώνονται συλλογικά σε συγκεκριμένες και διακριτές μακροσκοπικές καταστάσεις.*[115]

Σχήμα 5: *Οι μετασχηματισμοί φάσης πρώτης τάξης (αριστερά) και δεύτερης τάξης (δεξιά) διαφέρουν στην εμφάνιση ασυνέχειας σε κάποια μακροσκοπική παράμετρο του συστήματος που εμφανίζεται στο κρίσιμο σημείο.*

Το 1910 ο van der Waals τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ για την περιγραφή της αλλαγής φάσης υγρού-αερίου. Όμως, αυτή δεν είναι η μόνη αλλαγή φάσης που παρατηρείται στη φύση. Εκτός από την αλλαγές που περιλαμβάνουν τη στερεά φυσική κατάσταση υπήρχαν και οι μεταβολές στα μαγνητικά υλικά. Ένας μαγνήτης έχανε πάνω από μια θερμοκρασία τη μαγνήτισή του, όπως έδειξε ο Άγγλος William

[115] Οι οικονομολόγοι M. Campbel και P. Ormeron προτείνουν ένα μοντέλο για την εγκληματικότητα που προβλέπει απότομες αλλαγές όπως εκείνη της Νέας Υόρκης τη δεκαετία του ’80, οι οποίες μπορούν να περιγραφούν με όρους μεταβολής φάσης. Δες P. Ball σελ. 317. Θα επανέλθουμε σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

Barrett την ίδια χρονιά που παρουσίαζε ο van der Waals τη διατριβή του. Άλλα πάλι υλικά βρέθηκε ότι κάτω από μια θερμοκρασία έχαναν κάθε ηλεκτρική αντίσταση (ονομάστηκαν «υπεραγωγοί»).[116] Έτσι η μελέτη συνεχίστηκε έντονα και τον 20ό αιώνα, με στόχο να βρεθούν κοινά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται σε όλες τις αλλαγές φάσεων πρώτης και δεύτερης τάξης.

Χρειάστηκε αρκετός χρόνος για να επιτευχθεί μια γενική περιγραφή μετασχηματισμών φάσης, δεδομένων των μεγάλων διαφορών στα συστήματα που αυτές εμφανίζονταν. Η περιγραφή της μεταβολής φάσης στα μαγνητικά υλικά επιτεύχθηκε όταν κατανοήθηκε η συμπεριφορά των μαγνητικών spin (μπορούν να θεωρηθούν μικροσκοπικές πυξίδες) που αλληλεπιδρούν σε μικρή εμβέλεια, προσπαθώντας να τοποθετηθούν παράλληλα με τους άμεσους γείτονές τους, συνεισφέροντας στη συνολική μαγνήτιση του υλικού.[117] Η θερμότητα όμως τους προσδίδει κινητική ενέργεια που τα αποπροσανατολίζει. Πάνω από μια κρίσιμη θερμοκρασία, η θερμική κίνηση υπερισχύει, ο προσανατολισμός των spin είναι πρακτικά τυχαίος και το υλικό παύει να έχει μαγνήτιση. Όπως και στη μελέτη του van der Waals, η μεταβολή φάσης προκύπτει από τη λεπτή εξισορρόπηση μιας ελκτικής αλληλεπίδρασης που προσανατολίζει και της θερμότητας που αποπροσανατολίζει τα spins.

Αντίστοιχα, μία πρώτη περιγραφή της υπεραγώγιμης μεταβολής φάσης προτάθηκε το 1957.[118] Σύμφωνα με αυτήν, τα ηλεκτρόνια εμφανίζουν ανά δύο μια ελκτική αλληλεπίδραση μικρής εμβέλειας (που οφείλεται στην διέλευσή τους κοντά σε θετικά φορτισμένο ιόν) εκτός από την απωστική αλληλεπίδραση Coulomb εξ αιτίας του ομόσημου ηλεκτρικού φορτίου τους. Κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία, η ελκτική

[116] Ο πρώτος υπεραγωγός που παρατηρήθηκε το 1911 από έναν σπουδαστή του Kamerlingh Onnes με κριτική θερμοκρασία 7.2 K. Ο Onnes, διευθυντής των εργαστηρίων φυσικής στο Leiden όπου δούλευε ο van der Waals, είχε υγροποιήσει τρία χρόνια πριν το He στους 4.2 K και είχε έτσι αποκτήσει τη δυνατότητα να ψύχει υλικά κοντά στη θερμοκρασία του απολύτου μηδενός. Για το επίτευγμα αυτό τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ φυσικής. Το όνομα του μαθητή που είδε πρώτος την υπεραγώγιμη μετάβαση του Hg δεν έγινε γνωστό.

[117] Την εικόνα των αλληλεπιδρώντων spins πρότεινε ο Wilhelm Lenz το 1920 και ο μαθητής του Ernst Ising έκανε το πρώτο μονοδιάστατο μοντέλο ("1-D Ising model") που όμως δεν εμφάνιζε αλλαγή φάσης σε οποιαδήποτε θερμοκρασία. Το 1942, ο Lars Onsager κατόρθωσε να επιλύσει το διδιάστατο "2-D Ising model". Το τρισδιάστατο "3-D Ising model" είναι έως σήμερα άλυτο. Μια προσεγγιστική επίλυσή του ("renormalization") επιτεύχθηκε από τον Kenneth Wilson που τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ 1982.

[118] Θεωρία "BCS", από τα αρχικά των δημιουργών της J. Bardeen, L. N. Cooper και J. R. Schrieffer (οι οποίοι ήταν ο καθηγητής, ο μεταδιδακτορικός ερευνητής και ο υποψήφιος διδάκτορας στο ίδιο πρόγραμμα, αντίστοιχα).

αλληλεπίδραση οργανώνει την συλλογική κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα από τον κρύσταλλο των ιόντων και η ηλεκτρική αντίσταση εξαφανίζεται εντελώς.

Από τα παραπάνω (αλλά και από άλλα αντίστοιχα παραδείγματα στη φυσική που εδώ παραλείπουμε) έγινε φανερό ότι κάθε μετασχηματισμός φάσης είναι αποτέλεσμα δύο αντίθετων αλληλεπιδράσεων (συχνά περιορισμένης εμβέλειας) ανάμεσα στις μονάδες της ύλης. Λεπτές εξισορροπήσεις των δύο οδηγούν σε διαφορετική μακροσκοπική οργάνωση, δίχως ριζικές διαφορές σε μικροσκοπικές παραμέτρους. Όμως, υπάρχει και κάτι ακόμα πιο θεαματικό. Όλοι οι μετασχηματισμοί φάσης δεύτερης τάξης, ανεξάρτητα από τη φύση των αλληλεπιδράσεων (αν δηλαδή είναι ανάμεσα σε μάζες, σε spin, σε φορτία, κλπ) μπορούν να περιγραφούν από *δύο παραμέτρους*, που καλούνται «κρίσιμοι εκθέτες» (“critical exponents”) και παίρνουν τις ίδιες τιμές για ομοειδή συστήματα (“universal behavior”).

Σχήμα 6: *Στο κρίσιμο σημείο οι δύο φάσεις του υλικού (με μαύρο και ανοιχτό χρώμα, αντίστοιχα) συνυπάρχουν. Επί πλέον, καλύπτουν περιοχές με πολύ διαφορετικές διαστάσεις, από πολύ μικρές μέχρι πολύ μεγάλες σε σχέση με τις διαστάσεις του συστήματος. Εμφανίζονται δηλαδή σε όλες τις κλίμακες και στη διεθνή βιβλιογραφία χαρακτηρίζονται “scale-free”.*

Πώς μπορεί να συμβαίνει κάτι τέτοιο; Η πειραματική και θεωρητική έρευνα κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα έδειξε ότι το κοινό σε όλες τις αλλαγές φάσης δεύτερης τάξης είναι η συνύπαρξη διακυμάνσεων (fluctuations) των δύο φάσεων στην περιοχή του κρίσιμου σημείου. Το σχήμα 6 δείχνει μια τέτοια εικόνα διακυμάνσεων. Οι περιοχές των δύο φάσεων ξεχωρίζουν από το λευκό και το μαύρο χρώμα. Μακριά από την κρίσιμη θερμοκρασία όλα τα σωματίδια βρίσκονται στην ίδια φάση, και έστω σημειώνονται με μαύρο. Όσο πλησιάζουμε στην κρίσιμη θερμοκρασία αρχίζουν να εμφανίζονται περιοχές όπου *στιγμιαία* κυριαρχεί η άλλη φάση (σημειώνεται με άσπρο). Πλησιάζοντας ακόμα, οι λευκές περιοχές γίνονται περισσότερες, πιο εκτεταμένες και διατηρούνται για περισσότερο χρόνο, ενώ στην κρίσιμη θερμοκρασία ακριβώς παρουσιάζουν την εικόνα που εμφανίζεται στο Σχ. 6. Όταν η θερμοκρασία συνεχίσει να αλλάζει και απομακρύνεται πάλι από το κρίσιμο σημείο, οι λευκές περιοχές μεγαλώνουν ακόμα περισσότερο σε βάρος των μαύρων, οι οποίες εμφανίζονται για μικρότερα χρονικά διαστήματα και τελικά εξαφανίζονται. *Συμπερασματικά, η χωρική έκταση και η χρονική διάρκεια των διακυμάνσεων αυξάνει απότομα στο κρίσιμο σημείο.*

Έχουμε παραπάνω αναφέρει ότι οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα σωματίδια είναι μικρής εμβέλειας, αφορούν δηλαδή άμεσους γείτονες. Αυτό δεν απαγορεύει στα σωματίδια να *συσχετίζονται* σε μεγάλες αποστάσεις κοντά στο κρίσιμο σημείο, επηρεάζοντας σωματίδια που βρίσκονται πολύ μακριά. Όσο η θερμοκρασία T στο σύστημα πλησιάζει την κρίσιμη τιμή T_C, η μέση απόσταση συσχετισμού ξ αυξάνει από **το** μα $\xi \sim (T/T_C)^{-\nu}$. Επίσης, ο μέσος χρόνος ζωής t αυτών των συσχετισμών αποκλίνει επίσης $t \sim (T/T_C)^{-z\nu}$. Οι σταθερές ν και z είναι οι κρίσιμοι εκθέτες, ίδιοι σε όλες τις μεταβολές φάσης δεύτερης τάξης ($\nu \approx 1.4$ και $z \approx 5$ για τρισδιάστατα υλικά).

Τα παραπάνω συνοψίζουν την εικόνα της στατιστικής μηχανικής για τη διασύνδεση μακροσκοπικών παραμέτρων ενός συστήματος σε ισορροπία και των μικροσκοπικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα σωματίδια που το αποτελούν. Η ύπαρξη και η τιμή των κρίσιμων εκθετών μπορεί να διαπιστωθεί πειραματικά. Η παγκόσμια ισχύς τους σε τόσο διαφορετικά συστήματα υποδεικνύει μια κανονικότητα στο φυσικό κόσμο που ξεπερνά την απλή σύμπτωση. Παρακινούμενοι από αυτή την παγκοσμιότητα (universality), οι κοινωνικοί φυσικοί εφαρμόζουν τη σύζευξη μικρόκοσμου και

μακρόκοσμου της στατιστικής μηχανικής σε πολύ διαφορετικούς τομείς, όπως επιδημιολογία, διάχυση πληροφορίας, μελέτη των αγορών, κλπ.

2.4.3 Ιστορία και μη αντιστρεπτές διαδικασίες

Ποταμῷ γὰρ οὐκ ἔστιν ἐμβῆναι δὶς τῷ αὐτῷ καθ' Ἡράκλειτον οὐδὲ θνητῆς οὐσίας δὶς ἅψασθαι κατὰ ἕξιν (τῆς αὐτῆς).

Ηράκλειτος[119]

Όταν λίγες σταγόνες νερού ψύχονται εξαιρετικά αργά μετατρέπονται σε πάγο λίγα μόλις χιλιοστά του βαθμού κάτω από το σημείο πήξεως. Το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ότι *βρίσκεται καθ' όλη τη διαδικασία σε ισορροπία,* καθώς αυτή μπορεί να γίνει τόσο αργή, ώστε κάθε στιγμή να μην φαίνεται να μεταβάλλεται τίποτα στο σύστημα. Η θερμοδυναμική και η στατιστική μηχανική των καταστάσεων ισορροπίας περιγράφουν τέτοια συστήματα. Αν όμως οι σταγόνες του νερού αφεθούν από μεγάλο ύψος να πέσουν στην ατμόσφαιρα και ταυτόχρονα ψυχθούν απότομα, τότε η μετάβαση στη στερεά κατάσταση είναι διαφορετική. Δεν σχηματίζεται απαραίτητα ένα μικρό κομμάτι πάγου (χαλάζι), αλλά μπορεί να σχηματιστούν νιφάδες χιονιού που παίρνουν χιλιάδες μορφές. Το σύστημα αυτό *δεν βρίσκεται σε ισορροπία.* Η θερμοδυναμική, παρότι προβλέπει την αλλαγή φάσης από υγρό σε στερεό, δεν μπορεί να πει πολλά για τη διαδικασία καθ' αυτή.

Η κατασκευή σταθερών δομών σε καταστάσεις μακράν της ισορροπίας δεν είναι φυσικά προνόμιο των νιφάδων του χιονιού. Αντίθετα μάλιστα, φαίνεται να αποτελούν τον κανόνα στο φυσικό μας κόσμο: Η εναλλαγή παλίρροιας και άμπωτης, η δίνη του νερού όταν διαφεύγει από μια οπή του δοχείου, ένα αυτοκίνητο που κινείται ομαλά στον αυτοκινητόδρομο. Μια πόλη αν αποκοπεί από τον περίγυρό της και δεν μπορεί να τροφοδοτηθεί, θα σβήσει. Σε ένα ποτάμι αν σταματήσει η ροή του νερού, αυτό θα εξαφανιστεί. Το ποτάμι φαίνεται ίδιο, φτιάχνεται όμως από νερό που συνεχώς αλλάζει. Όλες αυτές οι σταθερές δομές επιζούν αλλάζοντας διαρκώς τα στοιχεία που τα αποτελούν (νερό, καύσιμα, τρόφιμα, κλπ), *καταναλώνοντας ενέργεια,*

[119] Ηράκλειτος, Απόσπασμα Β 12. «Δεν μπορούμε να μπούμε δυο φορές στο ίδιο ποτάμι, κατά τον Ηράκλειτο, ούτε ν' αγγίξουμε δυο φορές την ίδια θνητή ουσία».

κατορθώνοντας ταυτόχρονα να διατηρούνται μακριά από θερμοδυναμική ισορροπία. Μερικά συστήματα μάλιστα βρίσκονται σε κατάσταση μη ισορροπίας δίχως καν να μεταβάλλουν τα σωματίδια που τα αποτελούν, αλλά καταναλώνουν ενέργεια μετακινώντας τα σε συγκεκριμένες σταθερές τροχιές. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, αν ζεστάνουμε ένα λεπτό στρώμα ρευστού στο τηγάνι. Σε κατάλληλες συνθήκες διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στη θερμαινόμενη και την ελεύθερη επιφάνεια του ρευστού, σχηματίζονται ρεύματα που μπορούν να «χρωματιστούν» με μόρια κάποιου υλικού και να φωτογραφηθούν. Οι ίδιες ακριβώς μορφές εμφανίζονται σε λεπτά φύλλα υπεραγώγιμου υλικού όταν τοποθετηθεί κάθετα σε ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο, ώστε να δημιουργηθούν υπεραγώγιμα ηλεκτρικά ρεύματα στο υλικό που μπορούν να «χρωματιστούν» με ρινίσματα σιδήρου. Οι μορφές αυτές, που φαίνονται στο Σχ. 7, ανακαλύφθηκαν από τον Ρώσο φυσικό Alexei Abrikosov και συσχετίστηκαν με χαρακτηριστικά της υπεραγώγιμης φάσης από τους ομοεθνείς του L.D. Landau και Vitaly Ginsburg. Οι Abrikosov και Ginsburg τιμήθηκαν για αυτό με το βραβείο Νόμπελ 2003.[120]

Σχήμα 7: *Σταθερές δομές Henri Bénard σε λεπτό στρώμα υγρού, από ρεύματα που θερμαίνονται στον πυθμένα του δοχείου και ανεβαίνουν στην ελεύθερη επιφάνεια όπου και ψύχονται. Αντίστοιχες δομές μακριά από θερμοδυναμική ισορροπία χαρακτηρίζουν τον τρόπο που διαπερνάται επιφάνεια υπεραγωγού από κάθετο μαγνητικό πεδίο. Η διάταξη που εμφανίζεται (γραμμική ή εξαγωνική) εξαρτάται από το υλικό.*

[120] Ο Landau δεν ζούσε πια το 2003. Είχε πάντως ήδη βραβευτεί με το Νόμπελ το 1962 για την εξήγηση του φαινομένου της υπερ-ρευστότητας (“superfluidity”) στο υγρό ήλιο.

Ο Onsager προσπάθησε να διατυπώσει μια γενική θεωρία που θα καθόριζε κριτήρια για το πώς ένα σύστημα σε κατάσταση μη ισορροπίας επιλέγει μια κατάσταση (πχ, μια μορφή νιφάδας) έναντι άλλης. Ξεκινώντας από την αδιαμφισβήτητη αύξηση της εντροπίας (που πρότεινε η θερμοδυναμική), διερεύνησε το *ρυθμό αύξησής* της. Δεν κατόρθωσε να βρει κάποιο γενικό κριτήριο. Παρόλα αυτά, είχε κάνει τα πρώτα βήματα σε ένα τελείως παρθένο τομέα, διευρύνοντας το αντικείμενο μελέτης της φυσικής, και βραβεύτηκε με Νόμπελ το 1968.

Υπάρχουν βάσιμες επιστημονικές ενδείξεις ότι μπορεί τελικά να μην υπάρχουν τέτοια κριτήρια. Ο Prigogine μελέτησε τα συστήματα που καταναλώνουν ενέργεια και εμφανίζουν σταθερές δομές μακράν της θερμοδυναμικής ισορροπίας (*"dissipative structures"*) την δεκαετία του '50 και του '60. Η εικόνα που πρότεινε συμπυκνώνεται στο Σχ. 8. Παρουσία μιας εξωτερικής δύναμης, το σύστημα οδηγείται σε κάποιο σημείο διακλάδωσης (*"bifurcation"*) που έχει δύο ισοπίθανες επιλογές. Για παράδειγμα, ένα άλας σε διάλυμα μπορεί να κρυσταλλωθεί είτε σε οπτικά δεξιόστροφους είτε σε αριστερόστροφους κρυστάλλους. Η επιλογή είναι τυχαία. Μια απειροελάχιστη διαφορά σε κάποια παράμετρο μπορεί να οδηγήσει τους πρώτους κρυστάλλους να είναι αριστερόστροφοι. Αυτοί με τη σειρά τους, εάν υπάρχει ανάδευση στο διάλυμα που τους διασκορπίζει, θα γίνουν οι πυρήνες ώστε όλοι τελικά οι κρύσταλλοι να είναι αριστερόστροφοι. Αν το πείραμα επαναληφθεί πολλές φορές, μισές από αυτές θα οδηγούν σε αριστερόστροφους και οι άλλες μισές σε δεξιόστροφους κρυστάλλους. Η επιλογή του συστήματος στη διακλάδωση είναι πιθανοκρατική. Η πορεία του συστήματος παραμένει ντετερμινιστική μόνον μακριά από διακλαδώσεις.

Σχήμα 8: *Παρουσία εξωτερικής δύναμης ένα σύστημα οδηγείται ντετερμινιστικά έως ότου βρεθεί σε σημείο διακλάδωσης. Εκεί γίνεται επιλογή ενός κλάδου.*

Συνήθως, οι διακλαδώσεις εμφανίζονται σε πυκνή αλληλουχία. Τότε το σύστημα, εξ αιτίας ελάχιστων διαφορών σε αρχικές συνθήκες και τυχαιότητας μπορεί να βρεθεί τελικά σε πολύ διαφορετικές τελικές καταστάσεις, όπως υποδεικνύουν οι χιλιάδες μορφές των χιονονιφάδων. Οι κλάδοι που επιλέγονται εξαρτώνται από τη σειρά με την οποία το σύστημα συναντά διακλαδώσεις. Η ιστορία παίζει εδώ κύριο ρόλο. Παράλληλα, καθώς καταναλώνεται ενέργεια, η πορεία του συστήματος δεν είναι αναστρέψιμη. Η σχέση της μη αντιστρεψιμότητας και της ιστορίας αναδείχθηκε πειραματικά σε χημικούς ταλαντωτές[121] και σε δομές μακράν της ισορροπίας που είχε προβλέψει το 1952 ο Turing[122].

Η σημασία αυτού του συσχετισμού αναγνωρίστηκε με την απονομή του βραβείου Νόμπελ στον Prigogine το 1982. Το έργο του αμφισβήτησε την αιτιοκρατική άποψη ότι μπορούμε να ελέγξουμε πλήρως τις αρχικές συνθήκες, ώστε η επιστήμη να

[121] Σε διάλυμα συνυπάρχουν μόρια από δύο ουσίες, τα οποία όταν συγκρούονται μεταξύ τους εμφανίζουν δύο διαφορετικά χρώματα, αντίστοιχα –για παράδειγμα, κόκκινο και μπλε. Υπό συνθήκες μη ισορροπίας (πχ, ανάδευση) στο διάλυμα δεν εμφανίζεται μια απόχρωση ενδιάμεση του κόκκινου και του μπλε, αλλά μια *χρωματική ταλάντωση* με περιοδική εμφάνιση του κόκκινου το οποίο διαδέχεται το μπλε.

[122] Turing, A. (1952). The Physical Basis of Morphogenesis, στο *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B/237 (1952), p.37.

οδηγηθεί στη βεβαιότητα. Συνεχίζοντας στο δρόμο που χάραξε η διαίσθηση του Boltzmann, έδειξε ότι, για συστήματα πολλών σωματιδίων, μπορεί μαθηματικά να ενσωματωθεί η πιθανότητα *ακόμα και στην κλασική ή την κβαντική μηχανική*. Υπό αυτή την έννοια, η εμφάνιση σταθερών δομών με μη αντιστρέψιμες διαδικασίες μακράν της ισορροπίας προτείνουν το τέλος της βεβαιότητας στη φύση. Αυτό όμως δεν σημαίνει το τέλος της πρόβλεψης ή του ελέγχου. Δηλώνει απλά τη δυνατότητα καινοτομίας, δηλαδή της εξέλιξης και της μονοδιάστατης κατεύθυνσης της ιστορίας.

2.4.4 Θερμικό τέλος του κόσμου δεν θα επέλθει

> *κόσμον τόνδε, τὸν αὐτὸν ἁπάντων, οὔτε τις θεῶν οὔτε ἀνθρώπων ἐποίησεν, ἀλλ᾽ ἦν ἀεὶ καὶ ἔστιν καὶ ἔσται πῦρ ἀείζωον ἁπτόμενον μέτρα καὶ ἀποσβεννύμενον μέτρα.*
>
> Ηράκλειτος[123]

Είδαμε ότι τα βασικά ζητήματα που θέτει η θερμοδυναμική αφορούν τη σημασία των μη αντιστρεπτών διαδικασιών στα μακροσκοπικά φυσικά συστήματα και τη συνεισφορά των μεμονωμένων δομικών τους μονάδων στις διαδικασίες αυτές.

Αναφορικά με το πρώτο ζήτημα, οι αμφιβολίες για τη συνέπεια της θεμοδυναμικής ξεπεράστηκαν με την μαθηματική της θεμελίωση από τον Καραθεοδωρή και την εισαγωγή της (συμπληρωματικής) έννοιας της πληροφορίας, που έλυσε παράδοξα όπως αυτό του «δαίμονα του Maxwell». Επίσης, οι θεωρήσεις ότι η θερμοδυναμική παρέχει μια φαινομενολογική περιγραφή του κόσμου μας εξ αιτίας του πεπερασμένου της ανθρώπινης ζωής αναιρέθηκαν με τη συνεισφορά του Prigogine, ο οποίος κατέδειξε το ρόλο της πιθανότητας σε επιλογές που λαμβάνονται σε συστήματα χημικής μηχανικής, ρευστοδυναμικής και βιολογίας. Ο ρόλος αυτός διαφέρει από εκείνον της πιθανότητας στην κβαντομηχανική, που αφορά την πολλαπλότητα του αποτελέσματος *παρατήρησης* ενός φυσικού συστήματος. Εδώ η πιθανότητα αφορά

[123] Ηράκλειτος, Απόσπασμα Β 30. «Αυτόν εδώ τον κόσμο, τον ίδιο για όλους, ούτε κανείς θεός ούτε άνθρωπος τον έπλασε, αλλ' ήταν από πάντα και είναι και θα είναι αιώνια ζωντανή φωτιά, που ανάβει με μέτρο και σβήνει με μέτρο.»

την πολλαπλότητα των διαθέσιμων *επιλογών*, μία εκ των οποίων θα ακολουθηθεί από το σύστημα μεταβάλλοντας οριστικά τη μετέπειτα πορεία του, καθορίζοντας δηλαδή την ίδια του την ιστορία. Οι επιλογές αυτές δεν αποτελούν ψευδαίσθηση που πηγάζει από τον τρόπο που παρατηρούμε τον κόσμο. Είναι υπαρκτές, μη αντιστρεπτές μεταβολές του κόσμου.

Το θερμοδυναμικό «τέλος του χρόνου», που προτάθηκε το 1850 από τον William Thompson και τον Hermann von Helmholtz, δεν εμφανίζεται πλέον ως πιθανή προοπτική. Σύμφωνα με αυτό, αφού η θερμότητα περνά αδιάκοπα από το θερμό στο ψυχρό, το σύμπαν θα καταλήξει κάποτε αναπόφευκτα σε μια θερμή φάση της ύλης με μη αξιοποιήσιμη ενέργεια. Σύμφωνα όμως με τον Prigogine, η εικόνα αυτή προϋποθέτει ότι ο κόσμος μεταβάλλεται σε συνθήκες θερμοδυναμικής ισορροπίας. Κατά κανόνα, οι μεταβολές γίνονται σε συνθήκες μη ισορροπίας, όπου διαρκώς εμφανίζονται νέες δομές της ύλης που αντιστοιχούν σε περιοχές του σύμπαντος με μικρή αταξία και εντροπία, και που δεν επιτρέπουν τη δημιουργία μια ομογενούς, ισοτροπικής φάσης. Το τέλος του χρόνου δεν θα φτάσει ποτέ.

Το δεύτερο ζήτημα, στο οποίο, όπως ειπώθηκε, η θερμοδυναμική και στατιστική μηχανική καλούνται να απαντήσουν, αφορά στον τρόπο που συνεισφέρουν ξεχωριστά οι δομικές μονάδες του συστήματος στη μακροσκοπική, μη αντιστρέψιμη εξέλιξή του. Αυτό που προτείνεται είναι ότι οι δομές της ύλης εμφανίζονται ως συλλογική συμπεριφορά σωματιδίων με ελκτικές και απωστικές αλληλεπιδράσεις. Από τη λεπτή εξισορρόπηση αυτών των αντιθετικών αλληλεπιδράσεων σε σχέση με την κινητική κατάσταση των σωματιδίων (ήτοι, τη θερμοκρασία) προκύπτουν οι φάσεις της ύλης, χωρίς αυτές να αλλάζουν ποιοτικά. Όπως φάνηκε από την ανάλυση στην 2.4.2, τα σωματίδια *διατηρούν τις ίδιες αλληλεπιδράσεις*, για παράδειγμα, στην υγρή και την αέρια φάση, «αγνοώντας» τη μεγάλη διαφορά στην μακροσκοπική τους εικόνα. Το αντίστροφο επίσης ισχύει: Η μακροσκοπική εικόνα του συστήματος δεν υπόκειται σε κανένα αναγκαστικό περιορισμό να αυξάνει διαρκώς την εντροπία της. Μπορεί κάλλιστα να την ελαττώνει (όπως αναλύθηκε στην 2.4.3), δημιουργώντας σε διακλαδώσεις νέες δομές *εκτός θερμοδυναμικής ισορροπίας,* αυξάνοντας φυσικά την συνολική εντροπία του σύμπαντος όπως ορίζει ο δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος.

Η εικόνα αυτή για την ιστορία και την εξέλιξη είναι πολύ διαφορετική από την από την άποψη του Darwin ή του Galton. Διαφέρει επίσης πολύ από την εικόνα του

Quetelet για τα στατικά χαρακτηριστικά του μέσου ανθρώπου. Αντί για την *καμπύλη* της απόκλισης Gauss από μέσες τιμές σε συστήματα ισορροπίας, στηρίζεται στη δυναμική μη αντιστρεπτών διαδικασιών που εμφανίζονται ως συλλογική συμπεριφορά δομικών μονάδων με πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις. Η επιστήμη σήμερα προτείνει πως η ιστορία της φύσης είναι μια αφήγηση, «γίνεται κάτι σαν νουβέλα, ή σαν μια ιστορία από τις 1001 νύχτες όπου η Σεχραζάτ διακόπτει μια ιστορία για να αφηγηθεί μια ακόμα πιο όμορφη, κοκ. Η κοσμολογία είναι μια όμορφη ιστορία που οδηγεί στην ιστορία της ύλης, μετά στην ιστορία της ζωής και μετά στην ιστορία του ανθρώπου»[124]. Μπροστά σε κάθε διακλάδωση παρουσιάζονται πολλές δυνατότητες. Και η πορεία του κόσμου είναι γεμάτη από επιλογές που ωθούν μη αντιστρεπτά τον κόσμο μπροστά. Το μέλλον είναι όλες αυτές οι επιλογές, δεν είναι σε καμιά περίπτωση δεδομένο, ενώ το τέλος του χρόνου δεν φαίνεται ότι θα φτάσει ποτέ.

---

[124] Prigogine (2003), σελ. 104.

2.5 Συλλογική κίνηση – μόρια, βακτήρια, ζώα και άνθρωποι

> *"One of the principal objects of theoretical research in any department of knowledge is to find the point of view from which the subject appears in its greatest simplicity".*
>
> J. W. Gibbs[125]

Η ανάπτυξη της κοινωνικής φυσικής προϋποθέτει ένα τεράστιο νοητικό βήμα που αφορά την κοινή αντιμετώπιση συλλογικής συμπεριφοράς σε αντικείμενα, βιολογικούς οργανισμούς διαφορετικής πολυπλοκότητας και ανθρώπους. Ένας τρόπος να ιδωθεί αυτή η υπέρβαση παρουσιάζεται σε αυτή την ενότητα. Στηρίζεται στην παράθεση *κοινών μορφολογικών χαρακτηριστικών* της συλλογικής συνύπαρξης και κίνησης.

Τα μορφολογικά αυτά χαρακτηριστικά αποτελούν *ένα μικρό μόνον μέρος* από τη συνολική δραστηριότητα και έκφραση των υπό μελέτη οντοτήτων. Αυτά τα χαρακτηριστικά περιγράφονται στα πλαίσια ομοιομορφικών μοντέλων, που ξεκινούν από έναν επίσης μικρό αριθμό *κοινών αρχικών υποθέσεων, ανεξάρτητα αν εξετάζονται άψυχα αντικείμενα ή βιολογικοί οργανισμοί.*

Τα θεωρητικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι η θεωρία και η ορολογία της θερμοδυναμικής και της στατιστικής μηχανικής μακράν της ισορροπίας. Πρακτικά, τα μοντέλα αυτά υλοποιούνται με προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

2.5.1 Μορφολογικές δομές ανάπτυξης όντων έμβιων ή μη

Ας υποθέσουμε ότι μικροσκοπικές σφαίρες, που μπορούν να προσκολλώνται μεταξύ τους όταν συγκρούονται, κινούνται άτακτα στο χώρο. Καθώς περνά ο χρόνος και η διαδικασία εξελίσσεται, συσσωματώνονται γύρω από μια σταθερή σφαίρα που χρησιμοποιείται ως αρχικός πυρήνας. Τι γεωμετρικό αντικείμενο σχηματίζουν; Μια

[125] Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 118.

πιθανή απάντηση θα ήταν ότι σχηματίζουν κάτι σαν σφαίρα – είναι όμως λάθος. Αντ' αυτού σχηματίζουν ένα fractal. Ένα γεωμετρικό σχηματισμό, δηλαδή, που διατηρεί την ίδια μορφολογία σε πολλές κλίμακες (όταν μεγεθύνουμε την εικόνα του 10 ή 100 φορές βλέπουμε τις ίδιες μορφολογικές λεπτομέρειες).[126] Στην προκειμένη περίπτωση, κάθε κλάδος που δημιουργείται έχει την τάση να μεγαλώνει κυρίως σε μια διάσταση, σχηματίζοντας σχήματα που μοιάζουν με πολύπλοκους αστερίες, αφήνοντας βαθειά κενά ανάμεσα στους κλάδους (Σχ. 9). Η δομή που εμφανίζεται είναι χαρακτηριστική της διαδικασίας που ονομάζεται *diffusion-limited aggregation (DLA)* και εξηγήθηκε θεωρητικά το 1981 από τους Tom Witten και Len Sander. Η ίδια δομή παρουσιάζεται και σε πειράματα εναπόθεσης ιόντων σε ηλεκτρόδια, αλλά δεν είναι δύσκολο να την αναγνωρίσει κανείς και στη μορφολογία νιφάδων χιονιού ή αποικιών από βακτηρίδια.

Ανάμεσα στις 2000 εικόνες χιονονιφάδων που περιλαμβάνονται στο άλμπουμ *Snow Crystals* (1931) των W. A. Bentley και W. J. Humphreys δεν υπάρχει ούτε μία επανάληψη.[127] Οι μορφές έχουν γεωμετρία fractal, είναι κυρίως ακτινικές με εξαγωνική συμμετρία, υπάρχουν όμως και άλλες που ενσωματώνουν εξαγωνικά πλακίδια, εξαγωνικές κολώνες, κλπ. Την ίδια περίπου εποχή, ο Ιάπωνας επιστήμονας Ukichiro Nakaya με συναδέλφους του κατασκεύασε χιονονιφάδες στο εργαστήριο. Αυτές δημιουργούνταν στην άκρη μιας τρίχας κουνελιού, τοποθετημένης σε ρεύμα υγρού αέρα, μέσα σε ένα πολύ κρύο δωμάτιο. Παρότι κανένα σχήμα χιονονιφάδων δε επαναλαμβάνεται επακριβώς, τα γενικά μορφολογικά χαρακτηριστικά τους μπορούν να ελεγχθούν μεταβάλλοντας την υγρασία και τη θερμοκρασία. Βρέθηκε, για παράδειγμα, ότι εξαγωνικές κολώνες εμφανίζονται όταν η θερμοκρασία του δωματίου γίνει μικρότερη από -25˚C, ενώ εξαγωνικά πλακίδια δημιουργούνται σε ξηρότερο αέρα και θερμοκρασίες μεταξύ -5˚C και -22˚C.[128]

---

[126] Μετά την μαθηματική τους περιγραφή από τον Madelbrot, δομές fractal αναγνωρίζονται παντού στη φύση (αποικίες βακτηριδίων, δενδροειδείς διατάξεις, δέλτα ποταμών, ακτογραμμές, κλπ). Ιστορικά, το πρώτο fractal που καταγράφηκε ήταν η ακτή της Μεγάλης Βρετανίας, αφού το μήκος της M εξαρτάται από το μέτρο που κάποιος χρησιμοποιεί για τη μέτρηση: Αν μικρύνει η κλίμακα μέτρησης, δηλαδή αν το μέτρο μικρύνει κατά r φορές, καταγράφονται ολοένα και μεγαλύτερες λεπτομέρειες της ακτογραμμής και το μήκος αυξάνει $M \sim r^{1,24}$ (ο εκθέτης στα fractals δεν είναι ακέραιος) χωρίς να τείνει σε συγκεκριμένη οριακή τιμή. Σε συνήθη γεωμετρικά σχήματα, όπως το τετράγωνο ή ο κύκλος, ο εκθέτης είναι πάντα ακέραιος και υπάρχει οριακή τιμή στο μήκος M.

[127] Bentley, W. A. and Humphreys, W. J. (1931). *Snow Crystals.* New York: McGraw-Hill Book Co., ανατύπωση New York: Dover (1962).

[128] Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 114.

Σχήμα 9: *Η μορφολογία fractal νιφάδας χιονιού*[129] *(αριστερά) και αποικίας βακτηριδίων Bacillus subtilis που δημιουργείται σε ελεγχόμενες συνθήκες στο εργαστήριο*[130] *(δεξιά). Η fractal διάσταση της αποικίας βακτηριδίων είναι ίδια με τη διάσταση συσσωματωμάτων από ιόντα που εναποτίθενται σε ηλεκτρόδια.*

Αντίστοιχη fractal μορφολογία είναι συνήθης και σε αποικίες βακτηριδίων. Στο Σχήμα 9 φαίνεται μια αποικία Bacillus subtilis που αναπτύσσεται ελεγχόμενα σε gel στο εργαστήριο και μελετήθηκε από τον Ιάπωνα Mitsugu Matsushita το 1980.[131] Τα γενικά χαρακτηριστικά της μορφολογίας αυτής παραμένουν ακόμα και όταν το gel τοποθετείται σε υπόστρωμα χαραγμένο με δίκτυο γραμμών σε εξαγωνική συμμετρία, οπότε η αποικία αποκτά την ακτινική εξαγωνική μορφολογία των χιονονιφάδων. Αντίθετα όμως από τα συσσωματώματα από μόρια νερού ή μεταλλικά ιόντα, τα βακτηρίδια είναι οργανισμοί ζωντανοί. Δεν έχουν βέβαια νευρικό σύστημα ή εγκέφαλο που κατευθύνει τις κινήσεις τους, αλλά είναι σίγουρο πως η επιβίωσή τους εξαρτάται από τον τρόπο που οργανώνονται στο χώρο που ζουν. Βιολογικές λειτουργίες, όπως διατροφή και πολλαπλασιασμός, εξυπηρετούνται στο πλαίσιο χωρικών διατάξεων που θα αποκτούσαν ακόμα και αν ήταν προσκολλώμενα απλά μόρια σκόνης. Το επιχείρημα μπορεί να διατυπωθεί και αντίστροφα: Είναι φανερό

[129] Η συγκεκριμένη καταγράφηκε από τον K. Libbrecht, καθηγητή φυσικής στο California Institute of Technology το 2009. Δες, http://www.guardian.co.uk/science/gallery/2009/jan/07/1?picture=341408048

[130] Fujikawa, H. and Matsushita, M. (1989). Fractal Growth of Bacillus Subtilis on Algar Plate. *Journal of Physical Society of Japan* 58, 3875-8.

[131] M. Matsushita *et al* (1984) Phys. Rev. Lett. 53, 286.

πως *το πρώτο βήμα για την κατανόηση βασικών βιολογικών λειτουργιών του B. subtilis είναι να μελετηθεί η κινητική του ως να ήταν μη ζωντανό μόριο σκόνης.* Αυτό το είδος του περιορισμού των παραμέτρων του συστήματος κατέχει κεντρική θέση στις μελέτες της κοινωνικής φυσικής.

Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα της μελέτης του Matsushita είναι ότι η fractal διάσταση της αποικίας του *B. subtilis* βρέθηκε ίδια με τη διάσταση σε συσσωματώματα ιόντων στα πειράματα εναπόθεσης σε ηλεκτρόδια. Αυτό δεν αποδεικνύει ότι ο μηχανισμός δημιουργίας της είναι απαραίτητα DLA, αλλά προτείνει ότι έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με την ανάπτυξη DLA. Η συσχέτιση στατιστικών παραμέτρων δεν αποτελεί απόδειξη αιτιακής σχέσης, όπως ξεκαθάριζε από το 1834 η Statistical Society of London (δες την ενότητα 2.3.6). *Η διατύπωση στατιστικών μοντέλων δεν υποστηρίζει σχέσεις αιτιότητας.*

Φυσικά ο κόσμος παρουσιάζεται σχεδόν πάντα περισσότερο πολύπλοκος από ό,τι προβλέπουν απλοποιημένα θεωρητικά μοντέλα όπως το DLA. Σε αυτή την κατεύθυνση, ο Matsushita μελέτησε όλες τις δυνατές μορφές αποικιών του *B. subtilis* που σχηματίζονται στο gel σε διαφορετικές συνθήκες, ελέγχοντας τις δυνατότητες επέκτασης της αποικίας (αλλάζοντας το ιξώδες του gel) και την ποσότητα της διαθέσιμης τροφής (εμπλουτίζοντας με κατάλληλες χημικές ουσίες το gel). Βρήκε ότι η μορφολογία fractal είναι μία από τις πέντε διατάξεις που εμφανίζονται (Σχ. 10). Μετάβαση από τη μια μορφολογία στην άλλη επιτυγχάνεται με μικρές μόνον αλλαγές στις παραμέτρους ελέγχου. Είναι φανερό ότι το μοντέλο DLA δεν είναι επαρκές για να περιγράψει πλήρως το σύνολο των μορφών που εμφανίζουν οι αποικίες των βακτηριδίων.

Σχήμα 10: *Οι αποικίες του B. subtilis αναπτύσσονται σε διαφορετική μορφολογία ανάλογα με πειραματικές συνθήκες. Η μορφολογία fractal είναι η A, μία από τις πέντε εκδοχές.*

Κάτι τέτοιο βέβαια είναι αναμενόμενο – ότι δηλαδή ο κόσμος εμφανίζεται περισσότερο πολύπλοκος από ό,τι προβλέπουν θεωρητικά μοντέλα, που παίρνουν υπόψη τους ένα υποσύνολο από τις παραμέτρους που τον χαρακτηρίζουν. Αυτό όμως δεν αναιρεί το γεγονός ότι υπάρχουν επαναλαμβανόμενες μακροσκοπικές μορφές σε συσσωματώματα πολύ διαφορετικών οντοτήτων, ζωντανών οργανισμών ή άψυχων αντικειμένων. Είναι εύλογο επομένως να συσχετιστούν *με κινητικά χαρακτηριστικά των μονάδων που τις αποτελούν και όχι με παραμέτρους που οφείλονται σε βιολογικές λειτουργίες.* Αυτό είναι το πρώτο βήμα της κοινωνικής φυσικής στην κατασκευή απλοποιημένων ομοιομορφικών μοντέλων του φυσικού και βιολογικού κόσμου. Το επόμενο βήμα, όπως θα δούμε παρακάτω, είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η μεθοδολογία της στατιστικής φυσικής μπορεί να περιγράψει και το πλήρες διάγραμμα των φάσεων και μορφολογιών, το οποίο παρατηρείται κατά την ανάπτυξη των (έμβιων ή μη) συστημάτων.

2.5.2 Κίνηση βιολογικών οργανισμών – *Cellular Automata*

Χιονονιφάδες, συσσωματώματα ιόντων σε ηλεκτρόδια και αποικίες βακτηριδίων είναι σταθερές δομές που δημιουργούνται μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία. Άπαξ και δημιουργηθούν εμφανίζουν μια σχετική σταθερότητα. Παράλληλα όμως, πλήθος πολύ διαφορετικών βιολογικών συστημάτων μακριά από ισορροπία μπορεί να εμφανίσουν όχι μόνο σταθερότητα στη μορφή αλλά και σταθερότητα *στην κίνηση*, με συστηματική επανάληψη ή διατήρηση διατάξεων συλλογικής κινητικής συμπεριφοράς.

Η πρώτη παρατήρηση κίνησης βιολογικών οργανισμών σε μικροσκοπική κλίμακα έγινε από τον Antony van Leeuwenhoek το 1670. Σε μια επιστολή του προς την Royal Academy του Λονδίνου, στα πρώτα ακόμα χρόνια λειτουργίας της, περιέγραφε έναν κόσμο διαφορετικό από τον συνηθισμένο που του φανερωνόταν μέσα από το μικροσκόπιό του.

Ποιος ήταν ο σκοπός όλης αυτής της κίνησης; Και πώς επιτυγχανόταν; Το 1940, αώνες μετά τον Leeuwenhoek, οι επιστήμονες κατέγραψαν μια περίεργη συμπεριφορά του βακτηριδίου *Bacillus circulans*. Κύτταρα της αποικίας μετακινούντο σε κυκλικές τροχιές εμφανίζοντας δίνες. Πλήθος παρόμοιων παρατηρήσεων ακολούθησαν από τη δεκαετία του ’90, καθώς συστηματικοποιήθηκε η μελέτη των βακτηριδίων. Σε βακτηρίδια όπως το *B. subtilis* του Σχ. 9, το *Paenibacillus vortex* ή το *Myxococcus xanthus* βρέθηκαν κυκλικές απολήξεις των κλάδων της αποικίας (διακρίνονται με μαύρο χρώμα στο Σχήμα 11), όπου περιστρέφονται χιλιάδες επιμήκη κύτταρα που διασπούν μικροβιακή τροφή.[132] Αν κάποια από αυτά τα κύτταρα απομονώνονταν, μπορούν να αποτελέσουν πυρήνες για να ξεκινήσει η ανάπτυξη νέων αποικιών.

---

[132] Ben Jacob, E., *et al.* (2004). Bacterial linguistic communication and social intelligence. *Trends in Microbiology 12* (August): 366–372. Επίσης, Velicer, G. J. & Yu, Y. N. (2003) Evolution of novel cooperative swarming in the bacterium *Myxococcus xanthus. Nature* 425, 75-78.

Σχήμα 11: *Περιστροφική κίνηση ψαριών (επάνω) και βακτηριδίων Paenibacillus vortex (κάτω).*

Θα μπορούσε κανείς να υποθέσει πως τα κύτταρα βακτηριδίων εμπεριείχαν στο γενετικό τους υλικό την τάση τους να σχηματίζουν μια τέτοια συλλογική περιστροφική κίνηση. Όμως, η περιστροφική κίνηση δεν είναι αποκλειστικό προνόμιο συγκεκριμένων τύπων βακτηριδίων. Την ακολουθούν μονοκύτταροι οργανισμοί όπως οι *Dictyostelium discoideun* ή πολυπλοκότερα βιολογικά όντα όπως πολλά είδη ψαριών με πολύ διαφορετικό γενετικό υλικό από τα βακτηρίδια. Αντίστοιχα θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει και άλλου τύπου συλλογικές κινήσεις που είναι επίσης διαδεδομένες σε πολλά είδη στη φύση (όπως η κίνηση εντόμων σε σμήνη, ομάδες με τα ισχυρά ζώα που παίρνουν θέση στην περιφέρεια, πτητικές διατάξεις αποδημητικών πουλιών, κλπ). Αυτές οι πρακτικές αποδεικνύονται εξαιρετικά αποτελεσματικές για την επιβίωση σε επιθέσεις από άλλα ζώα ή για την αντιμετώπιση αντίξοων μετεωρολογικών συνθηκών ή επάρκειας διατροφής. Με ποιο μηχανισμό καταφέρνει ένα είδος με διαφορετικό βαθμό ευφυΐας να εμφανίζει την ίδια

εκείνη οργανωμένη συλλογική πρακτική, ώστε να εξυπηρετεί συγκεκριμένες επιδιώξεις και στόχους;

Οι απαντήσεις που δίνονται σε αυτή την ερώτηση εξαρτώνται εν πολλοίς από τον επιστημονικό τομέα που κάποιος υπηρετεί. Οι ζωολόγοι διερευνούν ατομικά χαρακτηριστικά για να εξηγήσουν συλλογικές συμπεριφορές. Οι βιολόγοι επιμένουν να ψάχνουν την αιτία σε γενετική προδιάθεση. Οι φυσικοί χρησιμοποιούν τα λεγόμενα «μοντέλα εκπροσώπησης» ("agent-based models"), με τα οποία μελετούν τα συστήματα αναλύοντάς τα σε αλληλεπιδρώσες μονάδες, συνδέοντας τη συλλογική κίνηση με το εύρος και το είδος των αλληλεπιδράσεων. Το παράδειγμα της πτήσης των πουλιών που προτάθηκε το 1984 από τον Wayne Potts δείχνει ένα τρόπο προσέγγισης από φυσικούς. Ο Potts πρότεινε ότι οι τροχιές πτήσης προέρχονται από κινήσεις συγκεκριμένων ατόμων που διαδίδονται και υιοθετούνται από την ομάδα των πτηνών σαν κύμα. Κάθε ένα μέλος παρατηρούσε τα υπόλοιπα, αναγνώριζε και ανέμενε την άφιξη του κύματος για να συγχρονίσει την κίνησή του. Το μοντέλο απαιτούσε, δηλαδή, τα μέλη της ομάδας να αλληλεπιδρούν από μεγάλη απόσταση. Η άποψη αυτή συνάδει με τυπικές θεωρήσεις ζωολόγων ή βιολόγων, στο ότι ανάγει συλλογικές συμπεριφορές σε χαρακτηριστικά επικοινωνίας που θα μπορούσαν να εξαρτώνται από ατομικές ιδιομορφίες ή την γενετική προδιάθεση του είδους.

Μια άλλη άποψη διατύπωσε το 1987 ο μηχανικός υπολογιστικών συστημάτων Craig Reynolds. Κατ' αυτόν, η κίνηση των πτηνών μπορούσε να περιγραφεί υποθέτοντας μόνο *μικρής εμβέλειας* μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Αρκούσε κάθε μέλος της ομάδας να παρατηρεί τους άμεσους γείτονές του και να αναπροσαρμόζει την κίνησή του ώστε α) να συμφωνεί με τη μέση ταχύτητα των διπλανών πουλιών, β) να μην συγκρούεται με αυτά, και γ) να μετακινείται διαρκώς προς το κέντρο του σχηματισμού. Με τις τρεις αυτές υποθέσεις συνέταξε υπολογιστικά προγράμματα. Η επιτυχία των αποτελεσμάτων του ήταν τόσο αληθοφανής για περιπτώσεις πτήσης στον ελεύθερο χώρο, αλλά και παρουσία εμποδίων, ώστε το μοντέλο του έχει έκτοτε χρησιμοποιηθεί ως βάση για ειδικά εφφέ σε κινηματογραφικές ταινίες του Hollywood.

Σχήμα 12: *Προσομοιώσεις πτήσης πτηνών με μοντέλο cellular automata όταν παρακάμπτουν εμπόδια (επάνω) και όταν συγχωνεύονται δύο σμήνη (κάτω).*[133]

Σύμφωνα με τον Reynolds, το πτηνό είναι ένα αυτόματο που υπόκειται σε απλούς κανόνες κίνησης. Αυτό αρκεί για να εξηγηθεί η κίνηση. Δεν απαιτείται καμία ευφυΐα από το ον. Μπορεί με τον ίδιο τρόπο να αφορά έναν απλούστερο κυτταρικό οργανισμό ή ένα περισσότερο πολύπλοκο, ένα ζώο, πιθανώς και τον άνθρωπο. Είναι ανεξάρτητο από τις πνευματικές δυνατότητες του είδους συγκεκριμένες ατομικές ιδιότητες κάποιων μονάδων (αρχηγός αγέλης, αρσενικά, θηλυκά μέλη, κλπ). Η συλλογική συμπεριφορά «αναδύεται» (“*emerge*”) από τις ατομικές συμπεριφορές, αλλά είναι πολύ πλουσιότερη από το άθροισμα των ατομικών συμπεριφορών. Τα

[133] Reynolds, C. W. (1987). Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. *Computer Graphics*, 21(4), pp. 25-34.

μοντέλα αυτού του τύπου αποτελούν ειδική περίπτωση δικτύων εκπροσώπησης και ονομάζονται "*cellular automata*", καθώς θεωρούν τις αλληλεπιδρώσες μονάδες ως βιολογικά (κυτταρικά) αυτόματα.

Οι προσομοιώσεις στον υπολογιστή, όπου μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδράσεων μικρής εμβέλειας για να προσαρμοστούν σε διαφορετικά συστήματα, συνιστούν ένα παντοδύναμο εργαλείο. Μέσω αυτού πραγματοποιείται το βήμα από το μικρόκοσμο των στοιχειωδών αλληλεπιδράσεων στον μακρόκοσμο της συλλογικής κίνησης. Αυτό φυσικά αποτελεί και τη βάση της στατιστικής μηχανικής. Το ερώτημα που προκύπτει είναι αν τα υπολογιστικά μοντέλα cellular automata μπορούν να προβλέψουν και τους μετασχηματισμούς φάσης που αποτελούν τη μεγαλύτερη κατάκτηση της στατιστικής.

Η απάντηση στο ερώτημα δόθηκε μερικά χρόνια αργότερα. Το 1994, ο Tamás Vicsek συνεργάστηκε με τον Eshel Ben-Jacob, ο οποίος είχε δείξει τις περιστροφικές δίνες στα βακτήρια *B. subtilis*. Όπως έχει αναφερθεί, το μοντέλο DLA είχε περιορισμένη επιτυχία, αφού παρείχε μια πολύ καλή περιγραφή των δομών fractal στα βακτήρια, αλλά δεν μπορούσε να προβλέψει ούτε την κινητική των βακτηριδίων ούτε τη μετάβαση σε άλλες (μη fractal) φάσεις της αποικίας. Μαζί με τον μαθητή András Czirók, οι ερευνητές έφτιαξαν ένα μοντέλο αλληλεπιδράσεων μικρής εμβέλειας παρόμοιο με αυτό του Reynolds για την πτήση των πουλιών. Θεώρησαν ότι τα βακτηρίδια έχουν τα εφόδια (πχ, τρέφονται) και την προδιάθεση α) να κινούνται με τη ταχύτητα των γειτόνων τους και β) να τείνουν να διατηρήσουν σταθερή την κινητική τους κατάσταση. Επίσης το μοντέλο εισήγαγε θόρυβο (διακυμάνσεις δηλαδή στις υποθέσεις α και β). Όταν ο θόρυβος ήταν μικρός, τα βακτήρια μετακινούνταν προς στην ίδια κατεύθυνση. Πάνω από μια συγκεκριμένη τιμή θορύβου, η κίνηση των βακτηριδίων σε ολόκληρο το σύστημα γινόταν τυχαία. Μελετώντας τα χαρακτηριστικά αυτής της μετάβασης, οι ερευνητές διέκριναν στο σημείο εκείνο τα χαρακτηριστικά ενός μετασχηματισμού φάσης, που θύμιζε την εξαφάνιση της μαγνήτισης ενός μαγνήτη στο σημείο Curie. Για πρώτη φορά είχε έτσι επιδειχθεί με προσομοίωση ένας μετασχηματισμός φάσης, που αποτελεί βασική έννοια της στατιστικής μηχανικής είτε σε συστήματα σε θερμοδυναμική ισορροπία είτε μακράν αυτής.

Έκτοτε, η προσομοίωση στον υπολογιστή έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά συστήματα για να περιγράψει (όχι όμως και να εξηγήσει) είτε τη μορφολογία αποικιών έμβιου πληθυσμού είτε τις σταθερές διατάξεις της κίνησής του. Αντιμετωπίζει όντα, έμβια ή μη, ως αυτόματα, με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία. Τέλος, προτείνει ότι το θεωρητικό υπόβαθρο για να εξηγηθούν με γενικούς όρους τα συλλογικά φαινόμενα που προσομοιάζει είναι η σύζευξη μικρόκοσμου και μακρόκοσμου, στα πλαίσια της στατιστικής μηχανικής.

2.5.3 Ανθρώπινη μετακίνηση – αυτενέργεια και όχλος

> *"There is always a well known solution to every human problem that is simple, neat and wrong."*
>
> H. L. Menchen[134]

Η μεθοδολογία των *cellular automata* προτείνει ότι συλλογικές συμπεριφορές περιγράφονται θεωρώντας *ένα υποσύνολο* των χαρακτηριστικών των υπό μελέτη οντοτήτων. Το ερώτημα που τίθεται εδώ είναι αν (και υπό ποιους όρους) η μεθοδολογία αυτή μπορεί να επεκταθεί πέρα από προβλήματα μορίων ή βιολογικών οργανισμών, για να περιγράψει συμπεριφορές στους ανθρώπους. Παρακάτω γίνεται αναφορά στο ζήτημα αυτό μέσα από πρόσφατες μελέτες σε δύο τύπους κίνησης ανθρώπινων συνόλων – την ενστικτώδη μετακίνηση όχλου και τη μετακίνηση οδήγησης σε αυτοκινητόδρομους.

Είναι εύκολο να υποθέσει κανείς ότι σε καταστάσεις πανικού, πολλά από τα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ανθρώπων περνούν σε δεύτερη μοίρα. Ο Tamás Vicsek αναγνώρισε σε αυτές ένα χαρακτηριστικό της ανθρώπινης συμπεριφοράς, το οποίο ο ερευνητής νομιμοποιείται να απλοποιήσει, θεωρώντας ως κυρίαρχο στοιχείο του το αίσθημα της αυτοσυντήρησης του ατόμου. Παρά τον ειδικό του χαρακτήρα, το ζήτημα είναι ιδιαίτερα σοβαρό, αφού μια απλή παράβλεψη ή αντικειμενική δυσκολία μπορεί να οδηγήσει σε τραγικά συμβάντα. Όπως τον τραγικό θάνατο 21 φιλάθλων στις 8-2-1981 που συνεθλίβησαν προσπαθώντας να βγουν από

[134]Menchen, H. L. (1920) *Prejudices: Second Series.* Αμερικανός δημοσιογράφος και σατυρικός λογοτέχνης (1880-1956). http://www.quotationspage.com/quote/282.html

την μισόκλειστη πύλη του σταδίου Καραϊσκάκη, μετά το τέλος ενός ποδοσφαιρικού αγώνα που είχε διεξαχθεί σε εξαιρετικά ήρεμο κλίμα.[135] Ή το θάνατο 96 ανθρώπων στο Sheffield της Αγγλίας το 1989, καθώς εισέρχονταν μαζικά στο στάδιο προσπαθώντας να καταλάβουν θέσεις για τον ποδοσφαιρικό αγώνα. Καθαρά για λόγους προφύλαξης από τα χειρότερα, όλοι ακούμε αδιαμαρτύρητα τις οδηγίες εκκένωσης του αεροσκάφους κάθε φορά που επιβιβαζόμαστε σε αυτό. Ο πανικός σίγουρα σκοτώνει, αλλά πότε και πώς;

Οι άνθρωποι μπορεί να διαθέτουν πολύπλοκο χαρακτήρα, απροσδιόριστη συμπεριφορά, ξεχωριστή ευφυΐα ανάμεσα στα όντα του φυσικού κόσμου. Όμως ο Vicsek (μαζί με έναν άλλο μαθητή του, τον Illés Farkas, και το συνεργάτη του Dirk Helbing) τα αγνόησε όλα αυτά. Θεώρησε μόνο πως οι άνθρωποι είναι όντα μαλακά και τραυματίζονται όταν πιεσθούν πάνω από κάποιο όριο. Προσομοίωσε στον υπολογιστή την κίνηση ενός συνόλου από αυτά τα όντα σε ένα κουτί που κινούνται προς την μοναδική διαθέσιμη έξοδο. Όσο πιο γρήγορα κινούντο, τόσο περισσότερα διέφευγαν. Μέχρι που η ταχύτητά τους έφτασε σε μια κρίσιμη τιμή ~1.5 m/s. Από εκεί και έπειτα, όσο αυξάνονταν η ταχύτητα, τόσο περισσότερο τα όντα στριμώχνονταν στην πόρτα ξεφεύγοντας μόνο σποραδικά. Στα ~5 m/s άρχισαν να τραυματίζονται. Είναι εύκολο να φανταστεί κανείς αυτή την εικόνα.

Πέρα από το προφανές, ένα μοντέλο πρέπει να είναι αποτελεσματικό και στην πρόβλεψη πλήθους παραπλήσιων καταστάσεων. Η σημασία κατανόησης του μηχανισμού που το χαρακτηρίζει είναι εξαιρετικά σημαντική για να εξασφαλιστεί ασφάλεια χώρων και επάρκεια διόδων κινδύνου ή για να σχεδιαστούν σωστά διαδικασίες μαζικής πλήρωσης ή εκκένωσης χώρων. Τι προβλέπει, για παράδειγμα, το μοντέλο του Vicsek όταν υπάρχουν περισσότερες από μια έξοδοι κινδύνου; Αυτό συμβαίνει σε χώρους νυχτερινής διασκέδασης, αεροπλάνα, κλπ. Αν υπάρχει σκοτάδι ή καπνός στο χώρο, τα μαλακά αυτά όντα, που στο μοντέλο των *cellular automata* αντιπροσωπεύουν ανθρώπους, κινούνται αρχικά προς όλες τις κατευθύνσεις. Ταυτόχρονα, κάθε ένας από αυτούς έχει την τάση να συγχρονίζεται με την κίνηση των γειτόνων του, όταν αντιληφθεί μια ομαδική μετακίνηση προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, πιστεύοντας ότι οι άλλοι ξέρουν κάτι που αυτός αγνοεί. Όσο ο πανικός

[135] Δες http://www.sigmalive.com/sports/football/greece/11089

είναι μεγαλύτερος, τόσο περισσότερο πιθανό είναι μια ομάδα να παρασύρει όλους στο χώρο προς μια μόνον πόρτα εξόδου, αυτήν που θα ανακαλυφθεί πρώτη, όπως φαίνεται στο σχήμα 13. Οι προβλέψεις του μοντέλου είναι ρεαλιστικές. Δεδομένου ότι είναι σπάνιο να γίνονται πειράματα σε ανθρώπους, επιστήμονες στις Φιλιππίνες τις πραγματοποίησαν με ποντίκια. Παρατηρώντας τις προσπάθειες διαφυγής των δύστυχων πειραματόζωων κατέγραψαν κινήσεις πανικού που επιβεβαίωναν τις θεωρητικές προβλέψεις της προσομοίωσης.[136]

Σχήμα 13: *Προσομοίωση διαφυγής από σκοτεινό δωμάτιο με δύο πόρτες εξόδου. Όσο ο πανικός αυξάνει (διάγραμμα δεξιά), τόσο περισσότεροι άνθρωποι-αυτόματα προσπαθούν να διαφύγουν από τη μία έξοδο, την πρώτη που θα βρεθεί.*

Είναι ενδιαφέρον ότι τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για συνθήκες πανικού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε καταστάσεις όπου κυριαρχεί κάποιο διαφορετικό συναίσθημα που σχετίζεται με την επιβίωση του είδους. Το 1980, ο βιολόγος Jean-Louis Deneumourg μελετούσε μυρμήγκια που έψαχναν για τροφή.[137] Υπήρχαν δύο δίοδοι για να φτάσουν, από εκεί που αρχικά βρίσκονταν, στο χώρο που υπήρχε τροφή άφθονη. Κάποια στιγμή ένα μέλος της ομάδας βρήκε τον τρόπο να την φτάσει, περνώντας μια δίοδο, και ειδοποίησε τα υπόλοιπα με τη μέθοδο της έκκρισης φερομονών με την οποία επικοινωνούν αυτά τα έντομα. Όλα τα μυρμήγκια κατέληξαν να ακολουθούν τη δίοδο που είχε ανακαλύψει το πρώτο, αγνοώντας τη δεύτερη διαθέσιμη δίοδο. Στη γλώσσα της στατιστικής μηχανικής μακράν της θερμοδυναμικής ισορροπίας, αυτό σημαίνει πως το σύστημα βρέθηκε μπροστά σε μια

[136] Αναφέρεται στο P. Ball (2004), p. 142.
[137] Dussutour, A., Fourcassié, V., Helbing, D., & Deneubourg, J-L. (2004). Optical traffic organization in ants under crowded conditions. *Nature* 428, 70.

διακλάδωση (bifurcation) και επέλεξε μια από τις διαθέσιμες λύσεις. Αντίστοιχα, τα μαλακά ανθρώπινα όντα του Vicsek στο νυχτερινό κλαμπ επιλέγουν επίσης μια από τις διαθέσιμες εξόδους διαφυγής και πιθανότατα καταστρέφονται. Όταν επιλέγουν, δεν μπορούν να γυρίσουν το χρόνο πίσω, αλλά μεταβάλουν οριστικά τη ζωή τους και την ιστορία τους (καθώς, σε κάποιες περιπτώσεις, πεθαίνουν). Ό,τι και αν προτείνει ο Νεύτωνας ή ο Hawkins, ο χρόνος κινείται πάντα σε μια κατεύθυνση, κι ο κόσμος αλλάζει μη αντιστρεπτά και για πάντα. Παρατηρούμε ότι τα προγράμματα προσομοίωσης, εκτός από τη δυνατότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς μυρμηγκιών και ανθρώπων, μπορούν να αναπαράγουν την κεντρική άποψη της σύγχρονης στατιστικής μηχανικής για το χρόνο.

Η ισχύς της μεθόδου των cellular automata έχει επιδειχθεί και σε διαδικασίες, στις οποίες παίζουν ρόλο πολλά χαρακτηριστικά ανθρώπινης συμπεριφοράς αλλά δεν κυριαρχεί η ενστικτώδης αντίδραση πανικού ή η κυρίαρχη τάση για άμεση εξασφάλιση τροφής και επιβίωση.

Μια τέτοια ανθρώπινη δραστηριότητα, που αποτελεί αντικείμενο εντατικής μελέτης την τελευταία δεκαπενταετία, είναι η οδήγηση σε μεγάλες οδικές αρτηρίες. Εκεί οι οδηγοί περνούν ένα σημαντικό μέρος του χρόνου τους, καθώς μισή μόλις ώρα διαδρομής για την απόσταση σπίτι-δουλειά αντιστοιχεί σε δέκα τουλάχιστον εικοσιτετράωρα στο τιμόνι κάθε χρόνο. Η οδήγηση είναι εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία, καθώς προϋποθέτει διαρκή προσοχή, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να αποτελεί τρόπο προσωπικής έκφρασης, κοινωνικής επίδειξης, αλτρουϊσμού, επιθετικότητας, νομιμοφροσύνης, κλπ. Ως συνολικό αποτέλεσμα δεν είναι σε καμιά περίπτωση μια ομαλή, συνεχής διαδικασία. Κυκλοφοριακή συμφόρηση μπορεί να δημιουργηθεί από πλήθος αιτίων (πολλές φορές αδιευκρίνιστων), ενώ κάποτε τα πράγματα έχουν πολύ κακή έκβαση με καταστροφικά ατυχήματα, που είναι σημαντική αιτία θανάτων και τραυματισμών. Η επιστημονική έρευνα αποσκοπεί στον καλύτερο σχεδιασμό αυτοκινητοδρόμων, στην βελτίωση των συνθηκών ασφάλειας, και στην αποφυγή της κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Πώς μελετούν οι φυσικοί το ζήτημα αυτό; Μια πρώτη προσέγγιση τη δεκαετία του 1950 (από τον μεγάλο φυσικό ρευστοδυναμικής James Lighthill και τον Gerald Whitham καθηγητή στο Manchester University και εξαιρετικά γρήγορο και

ριψοκίνδυνο οδηγό), η οποία δεν μπορεί να συμπεριληφθεί στη μέθοδο των *cellular automata*, συνίστατο στην θεώρηση της κίνησης στο δρόμο ως κίνηση ρευστού σε σωλήνα.[138] Όλες δηλαδή οι ατομικές συμπεριφορές απαλείφονταν και κυριαρχούσε ένας μέσος όρος συμπεριφοράς. Κατά καιρούς, η προσέγγιση αυτή εμπλουτίστηκε με «διακυμάνσεις», που εξέφραζαν ατομικά χαρακτηριστικά οδήγησης που απέκλιναν του μέσου όρου.[139] Επίσης, βελτιώθηκαν τα μαθηματικά ρευστοδυναμικής και διακριτών μεταβλητών που απαιτούντο. Όσο περισσότερο ευαίσθητο γινόταν το μοντέλο σε ατομικά χαρακτηριστικά, τόσο περισσότερο απομακρυνόταν από να αναδείξει βασικά στοιχεία της συλλογικής κίνησης στον αυτοκινητόδρομο.

Το μοντέλο "NaSch" (των Kai Nagel και Michael Schrecknberg) την δεκαετία του 1990 επέστρεψε και πάλι στην κατεύθυνση των *cellular automata*.[140] Παρόμοια με τις υποθέσεις του Reynolds για τις πτήσεις πουλιών ή του Vicsek για τις κινήσεις όχλου σε πανικό, οι ερευνητές θεώρησαν τρία ατομικά οδηγικά χαρακτηριστικά και, βάσει αυτών, προσομοίωσαν τη συλλογική κίνηση στον υπολογιστή. Υπέθεσαν ότι κάθε οδηγός α) έχει την τάση να κινείται με μια σταθερή ταχύτητα κοντά στο επιτρεπτό όριο, β) προσπαθεί να αποφύγει συγκρούσεις διατηρώντας αποστάσεις ασφαλείας από προπορευόμενους, γ) αντιδρά με τρόπο που μπορεί να διαφέρει από άλλους οδηγούς, φρενάροντας γρηγορότερα ή από μεγαλύτερη απόσταση, κινούμενος από συνήθεια είτε γρηγορότερα ή πιο αργά, κλπ.

---

[138] Lighthill, M.J., Whitham, G.B. (1955). On kinetic wave II: a theory of traffic flow on crowded roads. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A,* 229 (1178), 317-345. Επίσης, ανεξάρτητα πρότεινε παρόμοιο μοντέλο ο P.I. Richards. Δες Richards P.I. (1956). Shock waves on the highway. *Operations Research* 4 (1), 42-51.

[139] Ο Rainer Wiedemann στη διδακτορική του διατριβή το 1974 πρόσθεσε ψυχολογικές παραμέτρους που επηρεάζουν την ατομική συμπεριφορά στην οδήγηση. Δες, Wiedemann, R. (1974). Simulation des Straßenverkehrsflusses In *Schriftenreihe des Instituts fürVerkehrswesen der Universität Karlsruhe,* Germany, Heft 8 1974. Στα Αγγλικά δες Wiedemann, R. Modeling of RTI-Elements on Multi-Lane Roads. In *Advanced Telematics in Road Transport,* DG XIII, Commission of the European Community, Brussels, Belgium, 1991.

[140] Nagel, K., and Schreckenberg, M. (1992). *J. Phys. I France* 2, 2221.

Σχήμα 14: *Διάγραμμα της ταχύτητας των οχημάτων στον αυτοκινητόδρομο σε σχέση με την πυκνότητά τους. Με μαύρα τετράγωνα τα οχήματα κινούνται σε «ελεύθερη ροή». Κύκλοι αντιστοιχούν στη συγχρονισμένη κίνηση. Σημεία πάνω στα τόξα (συνεχής κόκκινη γραμμή), που δεν σημειώνονται εδώ, αντιστοιχούν σε «κυκλοφοριακή συμφόρηση».*

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν δύο τύπους κίνησης. Σε συνθήκες «ελεύθερης ροής», όταν αυξάνεται η πυκνότητα των αυτοκινήτων δεν τα εμποδίζει να αυξάνουν την ταχύτητά τους στο δρόμο. Το δεύτερο ενδεχόμενο είναι αυτό της «κυκλοφοριακής συμφόρησης»: Όταν αυξάνει η πυκνότητα των κινουμένων οχημάτων πάνω από κάποια τιμή, τότε αυτά μπορούν είτε να εξακολουθούν να κινούνται στην κατάσταση ελεύθερης ροής, είτε να μειώσουν την ταχύτητά τους και τελικά να σταματήσουν. Οι προβλέψεις του μοντέλου μπορούν να συγκριθούν με πραγματικά δεδομένα. Σε μετρήσεις σε γερμανικό αυτοκινητόδρομο που φαίνονται στο Σχ. 14, τα οχήματα κατά κανόνα κινούντο στην κατάσταση ελεύθερης ροής (σημειώνονται με τετράγωνα), ενώ καταγράφεται και η περίπτωση που για πυκνότητα μεγαλύτερη από 20 οχήματα το χιλιόμετρο άρχισαν να επιβραδύνουν έως ότου σχεδόν σταμάτησαν (συνεχείς γραμμές). Αργότερα άρχισαν πάλι να επιταχύνουν και επανήλθαν στην κατάσταση ελεύθερης ροής σε μια τιμή της πυκνότητας μικρότερη

από εκείνη στην οποία είχαν ξεκινήσει να αποκλίνουν. Η υστέρηση αυτή έχει πάντα την ίδια φορά (σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού) και ποτέ αντίστροφα. Προβάλλει δηλαδή πάλι η εικόνα της στατιστικής μηχανικής. Το σημείο όπου συναντώνται οι δύο διαφορετικές συλλογικές συμπεριφορές ελεύθερης ροής και κυκλοφοριακής συμφόρησης φέρει τα χαρακτηριστικά της μετατροπής φάσης «πρώτης τάξης», όπου η ελεύθερη ροή των οχημάτων είναι φάση μετασταθής.

Φυσικά, όπως μπορεί κανείς να φανταστεί, ο κόσμος μπορεί να εμφανίσει πολύ περισσότερα πρόσωπα. Στο Σχήμα 14, για παράδειγμα, τα οχήματα αποκλίνουν μεν από την ελεύθερη ροή, αλλά ακολουθούν τυχαίες αυξομειώσεις ταχύτητας, χωρίς ποτέ να ακινητοποιηθούν (δεδομένα που σημειώνονται με κύκλους). Αυτό μπορεί να μοντελοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο ένας προτείνει ότι *εξωτερικοί παράγοντες* οδηγούν τους οδηγούς να αλλάξουν την κινητική τους κατάσταση, μπαίνοντας σε μια «συγχρονισμένη κίνηση» που αποτελεί φάση διαφορετική από την «ελεύθερη ροή» ή την «κυκλοφοριακή συμφόρηση».[141] Ο δεύτερος τρόπος προτείνει να προστεθεί στις τρεις υποθέσεις της προσομοίωσης μια τέταρτη: Ότι, δηλαδή, οι οδηγοί προσπαθούν να αποφύγουν απότομες αλλαγές ταχύτητας (ούτε να επιταχύνουν ούτε να επιβραδύνουν απότομα). Η φάση της συγχρονισμένη κίνησης προκύπτει πάλι, αλλά χωρίς την εισαγωγή εξωτερικών παραμέτρων.[142]

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι διαφορετικές υποθέσεις ατομικής συμπεριφοράς μπορούν να οδηγήσουν σε παρόμοιες μορφές συλλογικής συμπεριφοράς. Αυτό επισημαίνεται από πολλούς ερευνητές, όπως τους Perish και Edelstein-Keshet: "*Many sets of rules can lead to lifelike group behavior, so that the results, though visually appealing, may be uninformative – it is not always possible to deduce individual behavior from emergent properties*".[143] Ο ερευνητής βρίσκεται μπροστά σε πλήθος επιλογών, εξετάζοντας παραμέτρους που χαρακτηρίζουν είτε εξωτερικές παρεμβάσεις στο σύστημα είτε αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις δομικές του μονάδες. Οι παρατηρήσεις αυτές αποτελούν συχνά αφετηρία για μια βαθύτερη συζήτηση που δεν

[141] Kerner, B. S. (2001). Complexity of synchronized flow and related problems from basic assumptions of traffic flow theories. *Networks and Spatial Economics* 1, 35-76.
[142] Αυτή είναι η προσέγγιση των Nagel και Schrecknberg (μοντέλο NaSch).
[143] Parrish, J. K. and Edelstein-Keshet, L. (1999). Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science* 284, 99-101.

αφορά μόνο στο νεοτερικό κοινωνικής φυσικής, αλλά σε ολόκληρη την επιστημονική μέθοδο επαλήθευσης των μοντέλων και αιτιολόγησης.

2.6 Υπολογιστικά μοντέλα εκπροσώπησης

Τα *cellular automata* αποτελούν ειδική περίπτωση των λεγόμενων μοντέλων εκπροσώπησης ("agent-based models"), τα οποία στηρίζονται στη χρήση υπολογιστών και με τα οποία προσεγγίζονται προβλήματα κοινωνικής φυσικής. Στις δύο επόμενες ενότητες αναφέρουμε γενικά χαρακτηριστικά των μοντέλων αυτών.

2.6.1 Ομοιομορφισμός και εκπροσώπηση

Στη γενική τους μορφή, τα μοντέλα εκπροσώπησης στην κοινωνική φυσική, όπως αυτό των *cellular automata*, έχουν τη διάταξη που έχει ήδη αναφερθεί στο εισαγωγικό κεφάλαιο της διατριβής. Ανακεφαλαιώνοντας και πάλι, στο Σχ. 15 υποθέτουμε ότι μελετούμε τη δυναμική εξέλιξη ενός συστήματος από τη χρονική στιγμή t στην t+1, όπου οι παράμετροι {S} και {F(S)} χαρακτηρίζουν τις αρχικές και τελικές καταστάσεις του συστήματος.[144] Δεδομένου ότι η συνάρτηση F(S) είναι άγνωστη, ο κοινωνικός φυσικός «απλοποιεί» το πρόβλημα, ομαδοποιώντας τις καταστάσεις του συστήματος σε κλάσεις ισοδυναμίας, περιορίζοντας τις παραμέτρους του συστήματος σε s = E(S). Σε δεύτερο στάδιο, βρίσκει μια συνάρτηση μεταφοράς f(s), που απεικονίζει όσο το δυνατόν πιστότερα την τελική κατάσταση. Δηλαδή, αναζητά την f, ώστε να ισχύει f(s) = E(F(S)). Η απαίτηση, σύμφωνα με την οποία ο κόσμος και το μοντέλο συσχετίζονται με αυτόν τον τρόπο, ονομάζεται ομοιομορφισμός (homomorphism). Οι παράμετροι s ("agents") «πράττουν», εκπροσωπώντας το φυσικό σύστημα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η προσέγγιση του κοινωνικού φυσικού για να εξηγήσει τη μορφή των αποικιών των βακτηριδίων *B. subtilis* έγκειται στο να απλοποιήσει το πρόβλημα, εξετάζοντας μόνο την κινητική τους κατάσταση s. Κάθε άλλη ιδιότητα S

[144] Miller (2007), p. 38-40.

των βακτηριδίων αγνοείται. Η συνάρτηση f(s) δίνεται από το στατιστικό μοντέλο DLA, που προβλέπει πώς προκύπτει η fractal μορφολογία των αποικιών από την αρχική κατάσταση των τυχαία κινούμενων βακτηριδίων. Παρόμοια, στα μοντέλα *cellular automata* του Reynolds (πτήση πτηνών), Vicsek (κινήσεις πανικού) ή NaSch (οδήγηση), τρία χαρακτηριστικά της κινητικής κατάστασης των δομικών μονάδων του συστήματος αρκούν.

Σχήμα 15: *Η σύζευξη «μίκρο-μάκρο» που προτείνει η κοινωνική φυσική μέσω ομοιομορφισμού (δες επίσης Σχ. 2 του Καφαλαίου 1). Οι μακροσκοπικές παράμετροι του φυσικού συστήματος ομαδοποιούνται σε κλάσεις ισοδυναμίας και απεικονίζονται στις παραμέτρους s του μοντέλου (αντιστοιχούν σε ατομικά χαρακτηριστικά στο επίπεδο των αλληλεπιδράσεων). Η συνάρτηση f(s) του μοντέλου περιγράφει τη χρονική εξέλιξη των παραμέτρων s.*

Το κίνητρο για τέτοιου είδους ανάλυση είναι ότι ίδιες συλλογικές συμπεριφορές εμφανίζονται σε πολύ διαφορετικές οντότητες (πχ, άνθρωποι, βακτήρια ή μόρια νερού), τα οποία μοιράζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά στον τρόπο που κινούνται ή που αλληλεπιδρούν. Έτσι, ο κοινωνικός φυσικός περιγράφει συλλογικές συμπεριφορές οντοτήτων, χωρίς να είναι ανάγκη να γνωρίζει όλα τα ιδιαίτερά τους χαρακτηριστικά Ακολουθεί τη ρήση του Gibbs που παρατίθεται στην αρχή του

κεφαλαίου, σύμφωνα με την οποία στόχος είναι να καταγραφεί ο κατά το δυνατόν απλούστερος τρόπος που περιγραφεί πιστότερα ένα φαινόμενο. Έτσι, αρχικές υποθέσεις αφορούν κάποιες (λίγες) παραμέτρους, από τις οποίες προκύπτει ένα ομοιομορφικό μοντέλο του φαινομένου. Όμως:

- Όπως διαπιστώθηκε και στην περίπτωση της οδήγησης στον αυτοκινητόδρομο, πολλές ομάδες από αρχικές υποθέσεις μπορεί να οδηγούν σε παρόμοιο, ρεαλιστικό αποτέλεσμα. Σε αυτή την περίπτωση, το μοντέλο ελέγχεται για τις προβλέψεις του σε διαφορετικές συνθήκες, από όπου μπορεί να διαψευσθεί ή να επιδείξει πληρότητα και ευελιξία περιγραφής. Παράδειγμα αποτελεί η περιγραφή διαφορετικών μορφολογιών εμφάνισης ενός συστήματος και η επίλυσή του για διαφορετικές συνθήκες (όπως η μία ή οι πολλαπλές έξοδοι διαφυγής σε κινήσεις πανικού, κλπ).

- Το είδος των παραμέτρων που εξετάζει το μοντέλο (αυτές δηλαδή που χαρακτηρίζουν τις κλάσεις ισοδυναμίας της ομοιομορφικής απεικόνισης) μπορεί να είναι πολύ διαφορετικών τύπων. Μπορεί να χαρακτηρίζουν αλληλεπιδράσεις μικρής ή μεγάλης εμβέλειας ανάμεσα στις μονάδες του συστήματος. Η μεθοδολογία της στατιστικής μηχανικής στηρίζεται στην ύπαρξη των πρώτων. Επίσης, μπορεί να μην χαρακτηρίζουν αποκλειστικά εσωτερικές αλληλεπιδράσεις στο σύστημα, αλλά να αφορούν εξωτερικές επεμβάσεις με τη μορφή συνοριακών συνθηκών. Αυτό οδηγεί σε μοντέλα ενδογενή ή εξωγενή, αντίστοιχα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι εναλλακτικές απόπειρες προσέγγισης για τους κύκλους ανάπτυξης/ ύφεσης της οικονομίας, που θα αναφερθούν σε επόμενη ενότητα.

- Σε κάθε περίπτωση, ο κόσμος εμφανίζεται αρκετά διαφορετικός ή πολυπλοκότερος από τα μοντέλα που τον προσεγγίζουν. Η διαρκής ανάγκη περιγραφής νέων φαινομένων οδηγεί στην ανάγκη εμπλουτισμού των μοντέλων με πρόσθετες παραμέτρους. Η προσέγγιση του κοινωνικού φυσικού παραμένει σταδιακή και σε κάθε περίπτωση μερική, ξεχωρίζοντας κάθε φορά προς διερεύνηση συγκεκριμένες μόνο επαναλήψιμες καταστάσεις. Κάθε

μοντέλο είναι αφετηρία για το επόμενο, σε μια άπειρη (ίσως) σειρά.[145] Η δύναμη των ομοιομορφικών θεωρήσεων, που στηρίζεται στην απλότητα των αρχικών υποθέσεων, αποτελεί ταυτόχρονα και μειονεκτικό τους χαρακτηριστικό, που αφορά στην ισχύ της επιλεκτικής αυτής πρακτικής.

- Η μεθοδολογία της στατιστικής μηχανικής εξετάζει τη λεπτή εξισορρόπηση ελκτικών και απωστικών αλληλεπιδράσεων για να περιγράψει τη μακροσκοπική μορφολογία και κίνηση. Οι προσομοιώσεις σε υπολογιστή των cellular automata ακολουθούν αυτή τη μεθοδολογία, όπου οι δομικές μονάδες του συστήματος κινούνται στο χώρο όπως τα μόρια στο δοχείο του Boltzmann. Κάθε μόριο μπορεί να αλληλεπιδράσει με τον ίδιο τρόπο, με οποιοδήποτε άλλο μόριο. Υπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις στη φύση όπου αυτή η δυνατότητα καταστρατηγείται. Οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι επιλεκτικές και η ανταλλαγή πληροφορίας να γίνεται ανάμεσα σε συγκεκριμένα μόνον μέλη του συνόλου. Σε αυτή τη περίπτωση, η μεθοδολογία της στατιστικής μηχανικής που εξετάσαμε ως τώρα είναι ανεπαρκής. Αντ' αυτής, όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 3, για αυτού του είδους τα προβλήματα προτείνεται η στατιστική περιγραφή *του δικτύου*. Είναι μια ακόμη αφορμή όπου, στην παράλληλη πορεία τους, οι κοινωνικές σπουδές υποκινούν σε σημαντικό βαθμό την περαιτέρω ανάπτυξη της στατιστικής φυσικής.

- Τα cellular automata προϋποθέτουν ομοιομορφισμούς που έχουν σταθερούς και ομοιογενείς κανόνες για κάθε δομική μονάδα του συστήματος. Αποτελούν ειδική περίπτωση των μοντέλων εκπροσώπησης, στα οποία οι κανόνες αυτοί, που αντιστοιχούν στη συνάρτηση f(s) του Σχ. 15, μπορεί να είναι ετερογενείς

[145] Για παράδειγμα, στην έρευνα που μας απασχόλησε για την κίνηση στον αυτοκινητόδρομο, η τελευταία λέξη δεν έχει φυσικά ειπωθεί. Ο Helbing, μετά τη συνεργασία του με τον Vicsek, συνεργάστηκε και με τον Martin Treiber από τη Στουτγκάρδη. Πρότεινε ένα μοντέλο που αποτελεί συνδυασμό των ιδεών των Lighthill και Whitham (που, το 1950, προσέγγισαν την κίνηση οχημάτων ως ρευστό σε σωλήνα) και του μοντέλου των cellular automata των NaSch. Μπόρεσε επίσης να ενσωματώσει εξωτερικές παραμέτρους που προφανώς επιδρούν στην οδήγηση, όπως επιθετική οδήγηση εκ μέρους κάποιων οδηγών, ύπαρξη σημείων απόσπασης της προσοχής, εμπόδια από κακό οδόστρωμα, κλπ. Κατέληξαν σε ένα νέο μορφολογικό διάγραμμα με πολύ περισσότερες φάσεις από εκείνες που προαναφέρθηκαν (ελεύθερης ροής, κυκλοφοριακής συμφόρησης και συγχρονισμένης κίνησης). Υπό αυτή την έννοια, δεν κατέρριψαν τα προηγούμενα μοντέλα, αλλά, παίρνοντας υπόψη περισσότερες παραμέτρους, κατόρθωσαν να περιγράψουν μια πλουσιότερη πραγματικότητα. Και πάντως, παρέμειναν στα πλαίσια της μεθοδολογίας της στατιστικής μηχανικής.

(σε σχέση με διαφορετικού τύπου άτομα) και μη σταθεροί στο χρόνο. Είναι φανερό ότι αν δεν επιλεγούν οι παράμετροι εκείνες s, οι οποίες μετασχηματίζονται ως cellular automaton (όπου η f(s) περιέχει ομοιογενείς και σταθερούς κανόνες), αλλά επιλεγεί μια άλλη ισοδύναμη κλάση παραμέτρων s΄, τότε η μορφή της συνάρτησης μεταφοράς f΄(s΄) μπορεί να γίνει εξαιρετικά πολύπλοκη για να περιγράψει ομοιομορφικά το πρόβλημα. Αυτό δείχνει τη σημασία επιλογής των παραμέτρων εκείνων s, ώστε να οδηγούν σε εύκολα επιλύσιμα προβλήματα. Η μαθηματική ανάλυση προεξοφλεί, όπως θα δούμε παρακάτω, ότι υπάρχει τέτοια βάση παραμέτρων, με την οποία κάθε μοντέλο εκπροσώπησης μεταπίπτει στο απλούστερο *cellular automaton*, αλλά δεν παρέχει μια γενική μέθοδο εύρεσης αυτής της βάσης.

2.6.2 Ταξινόμηση μοντέλων εκπροσώπησης

Η μεθοδολογία των cellular automata προτείνει ότι όλοι οι συμμετέχοντες σε ένα σύνολο υπόκεινται στους ίδιους κανόνες, που αφορούν την κατάσταση στην οποία βρίσκονται αυτοί και οι γείτονές τους, δίχως να διαθέτουν μνήμη, διαφοροποιημένη στρατηγική ή επίγνωση της συνολικής κατάστασης του συνόλου. Τέτοια χαρακτηριστικά μπορούν να εμπλουτίσουν το μοντέλο, για να περιγράψουν περισσότερο πολύπλοκες καταστάσεις που απαντώνται στη φύση και την κοινωνία. Παρακάτω αναδεικνύουμε τη σταδιακή υιοθέτηση διαφορετικού τύπου κανόνων στα μοντέλα εκπροσώπησης, χρησιμοποιώντας ένα απλό παράδειγμα δασικής πυρκαγιάς.[146]

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα πρώτα τρία βήματα εξέλιξης του εξής απλοποιημένου συστήματος: Σε θέσεις τοποθετημένες σε μια γραμμή γεννιούνται (με κάποια πιθανότητα γ) και αναπτύσσονται δένδρα κάθε άνοιξη. Το φθινόπωρο κεραυνοί κτυπούν κάθε θέση με πιθανότητα κ. Αν χτυπηθεί δέντρο τότε καταστρέφεται από τη φωτιά, η οποία καίει και γειτονικά δέντρα μέχρι να σταματήσει σε κενή θέση. Εάν ένα δέντρο καεί, η θέση του αδειάζει. Διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

[146] Miller (2007), p. 102-113.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Μονοδιάστατο μοντέλο δασικής πυρκαγιάς

Χρόνος	Δάσος*																				
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 άνοιξη	-	δ	-	δ	δ	-	δ	δ	-	δ	δ	-	-	δ	-	-	-	δ	-	δ	δ
1 φθινόπωρο	-	δ	-	δ	δ	-	δ	δ	-	δ	Δ	-	-	Δ	-	-	-	δ	-	δ	δ
2	-	δ	-	δ	δ	-	δ	δ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	δ	-	δ	δ
2 άνοιξη	-	δ	δ	δ	δ	-	δ	δ	-	-	δ	δ	-	-	δ	-	-	δ	-	δ	δ
2 φθινόπωρο	-	δ	Δ	δ	δ	-	δ	δ	-	-	δ	δ	-	-	Δ	-	-	δ	-	δ	δ
3	-	-	-	-	-	-	δ	δ	-	-	δ	δ	-	-	-	-	-	δ	-	δ	δ

*Δένδρα γεννιούνται την άνοιξη (δ) και καίγονται από κεραυνό το φθινόπωρο (Δ) μαζί με τα γειτονικά

1. Ομογενείς δρώντες, σταθεροί κανόνες

Διατηρώντας την τιμή των πιθανοτήτων ανάπτυξης γ και καταστροφής κ σταθερή και ίδια για όλες τις θέσεις, το δάσος φθάνει σε μεγάλους χρόνους σε κατάσταση ισορροπίας. Αυτή χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο ποσοστό κάλυψης των θέσεων. Ενδεικτικά αποτελέσματα κάλυψης φαίνονται στο Σχ. 15. Όπως σε πολλά συστήματα, των οποίων τις φάσεις εξετάζει η στατιστική μηχανική, η κάλυψη είναι αποτέλεσμα δύο *αντίθετων* δυνάμεων. Μεγαλύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης σημαίνει περισσότερα δέντρα. Αυτό όμως σημαίνει και μεγάλες περιοχές ομογενούς δασικής κάλυψης, στις οποίες δεν μεσολαβούν κενές θέσεις μεταξύ δέντρων και που αποψιλώνονται με έναν μονάχα κεραυνό.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 16, το μέγιστο ποσοστό δασικής κάλυψης για κ = 0.02 αντιστοιχεί σε γ=0.43. Το ποσοστό κάλυψης πέφτει σταδιακά σε πολύ μικρές (γ<0.1) ή πολύ μεγάλες τιμές (γ>0.8). Στην περίπτωση που, αντί για γραμμή, το δάσος αναπτύσσεται σε δύο διαστάσεις, η συμπεριφορά είναι πολύ διαφορετική. Σε κάποια τιμή του γ εμφανίζεται μια απότομη αλλαγή στην κάλυψη, *με τα χαρακτηριστικά κρίσιμου σημείου*. Κάτω από αυτή την τιμή επικρατούν απομονωμένα δέντρα. Πάνω από αυτή επικρατεί πυκνή βλάστηση.

Σχήμα 16: *Το ποσοστό δασικής κάλυψης σε δάση που αναπτύσσονται σε μια διάσταση σε συνάρτηση με τον ρυθμό γέννησης νέων δέντρων γ. Το πρόβλημα θεωρεί ότι, σε κάθε (ετήσιο) βήμα, κεραυνοί κτυπούν το κ=2% των δέντρων κατακαίγοντας και τα διπλανά δέντρα, όταν δεν μεσολαβεί άδενδρη περιοχή.*

2. Ομοιογενής προσαρμογή

Η σταθερότητα των κανόνων για τους ρυθμούς γέννησης και καταστροφής των φυτών μπορούν να χαλαρώσουν, χωρίς πάντως να κάνουν διάκριση ανάμεσα σε διαφορετικές θέσεις ανάπτυξης των φυτών. Μπορεί κανείς να φανταστεί ότι σε μία ομάδα από δασικές εκτάσεις (η κάθε μια από τις οποίες αναπτύσσεται με τυχαίο γ) υλοτομείται αυτή που έχει τη μικρότερη πυκνότητα δέντρων, ώστε εκεί η αναγέννηση του δάσους να αρχίσει από την αρχή. Κατ' αυτόν τον τρόπο σταδιακά επικρατούν οι αποτελεσματικότεροι τρόποι ανάπτυξης και το σύνολο των δασικών εκτάσεων *αυτό-οργανώνεται και προσαρμόζεται*, πλησιάζοντας τη μέγιστη κάλυψη (που στο μονοδιάστατο δάσος αντιστοιχεί σε γ=0.43). Στο περισσότερο ρεαλιστικό δισδιάστατο δάσος, επικρατεί η τιμή του γ που έχει τα χαρακτηριστικά κρίσιμου σημείου όπου, σύμφωνα με τις προβλέψεις της στατιστικής μηχανικής, οι διακυμάνσεις είναι πολύ μεγάλες – θεωρητικά δίχως συγκεκριμένη κλίμακα (δες, Σχ. 6). Αυτό σημαίνει ότι, όταν το σύστημα προσαρμόζεται υπό ομογενείς κανόνες ανάπτυξης, καταλήγει σε μια ιδιότυπη κατάσταση αυτο-οργάνωσης με τη μέγιστη δασική κάλυψη *κατά μέσον όρο*, αλλά πολύ μεγάλες διακυμάνσεις. Μια τέτοια κατάσταση με την ονομασία "self-organized criticality", έχει μελετηθεί στη

γενικότητά της από τον Per Bak, έχει θεωρηθεί ότι περιγράφει πλήθος φαινομένων στη φύση και θα αναφερθεί λεπτομερέστερα στην ενότητα 2.7.5.

Σχήμα 17: *Μέσος ρυθμός ανάπτυξης δένδρων σε δάσος με ετερογενή προσαρμογή.*

3. Ετερογενής προσαρμογή

Ένα σύστημα μπορεί να αυτό-οργανώνεται ακόμα και όταν διέπεται από κανόνες ανάπτυξης που προβλέπουν διαφορετική ανάπτυξη σε κάθε δομική του μονάδα. Στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών, έστω ότι επιτρέπεται κάθε θέση να επιλέγει το ρυθμό γ, με τον οποίο θα αναγεννά δέντρα. Για παράδειγμα, μπορεί να υπολογίζει την πιθανότητα να καεί το δέντρο που θα γεννηθεί στη δεδομένη θέση (δηλαδή, την πιθανότητα το δέντρο να ανήκει σε περιοχή με ομογενή δασοκάλυψη που μπορεί να καεί από ένα μόνο κεραυνό). Αν είναι μεγάλη η πιθανότητα να επιζήσει το δέντρο που θα γεννηθεί, τότε αυξάνεται ο ρυθμός γ για τη θέση αυτή. Αν το δέντρο είναι πολύ πιθανό να καεί, τότε το γ μειώνεται. Το αποτέλεσμα αυτής της άσκησης είναι εντυπωσιακό. Όπως φαίνεται στο Σχ. 17, το δάσο ς τελικά αυτό-οργανώνεται προσαρμόζοντας την μέση τιμή ανάπτυξης δέντρων στο γ=0.59, τιμή μεγαλύτερη από το γ=0.43 στις προαναφερθείσες περιπτώσεις. Το δάσος αναπτύσσεται από μόνο του με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης δέντρων από ότι μπορεί κανείς να πετύχει με το να επιβάλλει ο ίδιος εξωτερικά σταθερό ρυθμό. Αυτό που έχει συμβεί είναι ότι

κάποιες θέσεις επιλέγουν συστηματικά να μην αναπτύξουν δέντρα, όπως φαίνεται με πράσινο χρώμα στον Πίνακα 2. Με αυτό τον τρόπο κατασκευάζονται αντιπυρικές ζώνες που σταματούν τη φωτιά και επιτρέπουν κατά μέσο όρο μεγαλύτερους ρυθμούς ανάπτυξης. Αυτή η έξυπνη λύση προέκυψε χωρίς κανείς να την επιβάλλει, αποκλειστικά από ατομικές επιλογές. Με τα λόγια του Adam Smith, κάθε εκπρόσωπος (υποψήφια θέση δέντρου) αποφάσιζε οδηγημένος "by an invisible hand to promote an end which was no part of his intention".

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Δασική ανάπτυξη σε μία διάσταση

	Ρυθμός γέννησης νέων δέντρων ανά θέση																		
Ανομοιογενής προσαρμογή	1	1	1	1	1	.99	.01	.00	1	1	1	1	1	1	.00	.99	1	1	1
Ιδανική κατανομή	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Σε αυτό το σημείο βρίσκεται ίσως μια διαφορά ανάμεσα στα φυσικά και τα κοινωνικά συστήματα. Στα πρώτα, οι κανόνες είναι δεδομένοι και ακολουθούνται από όλους τους συμμετέχοντες με τον ίδιο τρόπο (ομοιογενής προσαρμογή). Οι αλλαγές στους κανόνες μπορούν μόνο να εκληφθούν ως λάθη από παρεμβολή θορύβου. Αντίθετα, στα κοινωνικά σύνολα, οι κανόνες για κάθε συμμετέχοντα μπορούν να αλλάζουν διαρκώς, εξαρτώμενες από την κατάσταση που κάθε φορά παρουσιάζεται. Ενδεχομένως, αυτό μπορεί να σημαίνει πως η κοινωνική ισορροπία βρίσκεται τελικά σε λύσεις αρκετά διαφορετικές από αντίστοιχες στο φυσικό κόσμο, όπως υποδεικνύεται από την ετερογενή προσαρμογή στο απλό παράδειγμα δασικής ανάπτυξης που εξετάζουμε. Μια ισχυρή επιφύλαξη σε αυτό το επιχείρημα θα διατυπωθεί παρακάτω, αναφορικά με το σύστημα αναφοράς στο οποίο γίνεται η εξέταση του προβλήματος.

4. Προσθέτοντας εξυπνάδα

Κάθε συμμετέχων θα μπορούσε να διαθέτει περισσότερη εξυπνάδα από το να κάνει έναν απλό υπολογισμό εκτιμώντας την τρέχουσα κατάσταση των γειτόνων του. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να αυξάνει ή να μειώνει το ρυθμό γέννησης ενός δέντρου

στη θέση που τον αφορά, *εκτιμώντας την μελλοντική στάση των γειτόνων*.[147] Για να πετύχει κάτι τέτοιο θα μπορούσε να διαθέτει μνήμη, ώστε να χρησιμοποιεί πληροφορία από προηγούμενες καταστάσεις του συστήματος. Σε γενικές γραμμές, αν υπάρχουν πάρα πολλές δυνατότητες επιλογών, το σύστημα μετακινείται από τη μια κατάσταση στην άλλη, χωρίς τελικά να αυτο-οργανώνεται για να καταλήξει σε μια τελική ισορροπία. Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητο *να μειωθεί* η εξυπνάδα των συμμετεχόντων. Λιγότερες επιλογές συχνά σημαίνει περισσότερη σταθερότητα στη δομή αυτών των συστημάτων.

5. Συνολική γνώση

Ποια θα ήταν η βέλτιστη λύση για το μονοδιάστατο δάσος, το οποίο θα συνδύαζε σταθερότητα και υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης γ; Έστω ότι είναι αυτή που φαίνεται στον Πίνακα 2, σύμφωνα με την οποία κάθε 6 θέσεις κατειλημμένες από δέντρα ακολουθούνται από μια θέση κενή για να σταματά τη φωτιά. Όπως και σε αυτή την περίπτωση που εξετάζουμε, οι βέλτιστες λύσεις συνήθως εμφανίζουν πολύ μεγάλη συμμετρία. Η λύση που προκύπτει με την ανομοιογενή προσαρμογή είναι παρόμοια, αλλά οι ζώνες με δέντρα μπορούν να έχουν διαφορετικό αριθμό δέντρων από 6, ενώ οι αντιπυρικές ζώνες να είναι δύο ή περισσότερων θέσεων. Το μειονέκτημα της λύσης με ετερογενή προσαρμογή είναι ότι ο μέσος ρυθμός γ=0.59 είναι αρκετά μικρότερος από εκείνον της βέλτιστης λύσης (γ = 6/7 = 0.86). Το πλεονέκτημα όμως αυτής της μετασταθούς λύσης είναι ότι, παρότι μη βέλτιστη, παρουσιάζεται τοπικά σταθερή. Ακόμα και αν υπήρχε η δυνατότητα *επίγνωσης της βέλτιστης αυτής λύσης από όλους τους συμμετέχοντες* στο σύστημα, η λύση θα παρέμενε ανέφικτη, καθώς απαιτεί εξαιρετικό συγχρονισμό για να επιτευχθεί.

2.6.3 Δυνατότητες και περιορισμοί των μοντέλων εκπροσώπησης

Τα μοντέλα εκπροσώπησης είναι μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι φυσικοί για να περιγράψουν προβλήματα μορφολογίας και δυναμικής στη φύση και την κοινωνία. Στο γενικότερο ερώτημα, για το ποιον τύπο προβλημάτων συνολικά επιλύει

[147] Μεθοδολογικά, τέτοιες επιλογές εξετάζει η Θεωρία Παιγνίων (δες ενότητα 2.8).

η μέθοδος, δεν γνωρίζουμε μια απόλυτη απάντηση. Παρακάτω σκιαγραφούνται δυνατότητες και περιορισμοί.

Ο ομοιομορφισμός ανάμεσα στο μαθηματικό μοντέλο εκπροσώπησης και του εξεταζόμενου φαινομένου απαιτεί, όπως αναφέρθηκε στην 2.6.1, τον καθορισμό i) των δομικών μονάδων που αλληλεπιδρούν, ii) ενός συνόλου κανόνων αλληλεπίδρασης και iii) των αρχικών συνθηκών του προβλήματος. Σε κάποια προβλήματα, όπως στα *cellular automata* του Reynolds (πτήση πτηνών), Vicsek (κινήσεις πανικού) ή NaSch (οδήγηση), τα τρία αυτά στοιχεία καθορίστηκαν με την ακρίβεια εκείνη, ώστε η λύση του υπολογιστικού προβλήματος να είναι ομοιομορφική με ό,τι παρατηρείται και στην πράξη. Όμως, δεν είναι καθόλου προφανής η μέθοδος με την οποία μπορούν να καθορίζονται τα τρία αυτά στοιχεία στη γενική περίπτωση κοινωνικών ή φυσικών προβλημάτων.

Μια κατεύθυνση της ερευνητικής προσπάθειας είναι να διαπιστωθεί αν υπάρχουν κλάσεις ισοδυναμίας, στις οποίες θα μπορούσε να ταξινομηθεί η επίδραση διαφόρων τύπων κανόνων προσαρμογής.[148] Στόχος είναι να χρησιμοποιηθεί μια ισχυρή θεωρητική πρόβλεψη – ότι, δηλαδή, *κάθε πρόβλημα ετερογενούς προσαρμογής είναι δυνατόν να μεταπέσει στο (υπολογιστικά) απλούστερο των cellular automata.* Αναζητάται έτσι μια γενική μέθοδος με την οποία θα μετασχηματίζονται και θα επανα-ορίζονται οι δομικές μονάδες, οι κανόνες αλληλεπίδρασης και οι αρχικές συνθήκες, μεταξύ του προβλήματος ανομοιογενούς προσαρμογής και του ισοδύναμου cellular automata.

Το επόμενο βήμα βέβαια είναι να γνωρίζουμε αν ένα cellular automaton μπορεί να επιλυθεί. Γενικά μαθηματικά θεωρήματα προβλέπουν εδώ πως κάθε πρόβλημα cellular automata μπορεί να αντιστοιχισθεί σε άλλο που αποτελεί "universal computer" (μετασχηματίζοντας πάλι δομικές μονάδες, κανόνες αλληλεπίδρασης και αρχικές συνθήκες). Σύμφωνα με τον von Neumann, υπάρχει πάντα κάποια αρχική

[148] Μετά από κάθε γύρο αναδιάταξης του πληθυσμού των συμμετεχόντων στο πρόβλημα (πχ, των θέσεων στο δάσος με δέντρα ή μη), το σύστημα προσαρμόζεται αντικαθιστώντας μια μη αποτελεσματική στρατηγική με μια νέα. Υπάρχουν πολλοί τρόποι προσαρμογής, που διαφέρουν στον τρόπο που επιλέγεται η νέα στρατηγική. Μπορεί, για παράδειγμα, να επιλέγεται η μέχρι τότε περισσότερο αποτελεσματική, ή να επιλέγεται τυχαία μια νέα από μια λίστα πιθανών επιλογών. Αυτή πάλι η λίστα μπορεί να περιέχει στρατηγικές που διαφέρουν μεταξύ τους σε τυχαία σημεία ("random selection characteristics"), ή να μοιράζονται και να ανταλλάσσουν κοινά βασικά χαρακτηριστικά ("cloning").

συνθήκη, από την οποία ένα universal computer μπορεί να αναπαράγει το αποτέλεσμα οποιουδήποτε υπολογιστικού αλγόριθμου.[149] Ο Wolfram αναγνώρισε τους κανόνες που χαρακτηρίζουν cellular automata, τα οποία έχουν την ιδιότητα του universal computer.[150] Όμως, παρά τη μεγάλη θεωρητική σημασία των αποτελεσμάτων αυτών, η προσαρμογή ενός φυσικού ή κοινωνικού προβλήματος στα συγκεκριμένα cellular automata απαιτεί την εύρεση του αντίστοιχου ομοιομορφισμού, για τον οποίο δεν προτείνεται καμία γενική μέθοδος κατασκευής.

Υπάρχει, τέλος, και ένας άλλος περιορισμός για την εφαρμογή των μοντέλων εκπροσώπησης. Η συμπεριφορά των universal computers δεν έχει πλήρως χαρτογραφηθεί. Δεν έχουμε μια αρκετά γενικευμένη άποψη για το πώς συνδέονται αρχικές συνθήκες και αποτελέσματα σε αυτά τα *cellular automata*.[151] Πολύ δε περισσότερο, υπάρχουν γενικές προτάσεις (που αφορούν, για παράδειγμα, στην ύπαρξη λύσης για κάθε αρχική συνθήκη) που παραμένουν απροσδιόριστες, όπως έχει επιδειχθεί από τον Turing.[152] Έτσι, δεν είναι προφανές το πώς θα αντιστοιχίσουμε ένα πρόβλημα μορφολογίας ή δυναμικής σε ένα πρόβλημα universal computer που μπορεί να επιλυθεί. Η έλλειψη γενικής λύσης, πάντως, δεν αποκλείει ότι μπορεί να βρεθεί ομοιομορφισμός και να επιλυθούν συγκεκριμένα προβλήματα, όπως αυτά που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.5.

Γίνεται φανερό από τα παραπάνω ότι υπάρχουν πολλοί ισοδύναμοι ομοιομορφισμοί για να περιγράψουν *το ίδιο πρόβλημα*, οι οποίοι μπορεί να αντιστοιχούν σε ομογενείς και σταθερούς κανόνες (cellular automata), universal computer, ετερογενή προσαρμογή, κλπ. Οι ομοιομορφισμοί αυτοί αντιστοιχούν σε διαφορετικό ορισμό των μονάδων που αλληλεπιδρούν, των κανόνων αλληλεπίδρασης ή των αρχικών συνθηκών, και εμφανίζουν διαφορετική δυσκολία επίλυσης. Σε κάποιες περιπτώσεις, ο διαφορετικός αυτός ορισμός μπορεί να ιδωθεί σαν αλλαγή συστήματος αναφοράς

---

[149] Chopard, B., and Droz, M. (1998). *Cellular automata modeling physical systems.* Cambridge: Cambridge University Press, p. 2.

[150] Wolfram, S. (2002). *A new kind of science.* Champaign, Illinois: Wolfram media.

[151] Ένα cellular automaton έχει λύση όταν, σε μεγάλους χρόνους, καταλήγει σε ένα αποτέλεσμα που δεν μεταβάλλεται. Για παράδειγμα, το πρόβλημα της δασικής ανάπτυξης που περιγράφτηκε παραπάνω έχει λύση που χαρακτηρίζεται από κ=0.02 και γ=0.43. Στη γενική περίπτωση όμως έχει δειχθεί ότι ένα cellular automaton σε μεγάλους χρόνους καταλήγει να εκτελεί κύκλους, όπου ο πληθυσμός (πχ, των δέντρων στο δάσος) μεταβάλλεται περιοδικά. Λύσεις αντιστοιχούν σε κύκλους με βήμα ίσο με τη μονάδα.

[152] Turing, A. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society (series 2)* 42:230-65.

του παρατηρητή. Αυτό μπορεί να φανεί, για παράδειγμα, στην εργασία του Van der Waals, όπου άτομα με αλληλεπιδράσεις μικρής εμβέλειας μπορούν να βρίσκονται είτε στην υγρή είτε στη αέρια φάση.[153] Αυτή η εικόνα αντιστοιχεί σε έναν εξωτερικό παρατηρητή που ορίζει τα άτομα, τις αλληλεπιδράσεις τους και τις αρχικές συνθήκες. Οι κανόνες αλληλεπίδρασης είναι ομογενείς και σταθερές. Αυτή η εικόνα όμως είναι πολύ διαφορετική από εκείνην όπου ο παρατηρητής βρίσκεται σε ένα από τα άτομα του συστήματος. Στο κρίσιμο σημείο, για παράδειγμα, το περιβάλλον γύρω του θα ήταν όπως στο Σχήμα 6, όπου συνυπάρχουν οι δύο φάσεις. Σε οποιαδήποτε από αυτές βρίσκεται το συγκεκριμένο άτομο, ο παρατηρητής που το συνοδεύει έχει διαφορετική αντίληψη για τη συμπεριφορά των γειτόνων του από την δική του (της οποίας τους κανόνες γνωρίζει πλήρως). Στην καλύτερη περίπτωση θα έπρεπε *να εκτιμήσει την μελλοντική συμπεριφορά των γειτόνων*, διαθέτοντας μνήμη και επεξεργαζόμενος ιστορικά δεδομένα σε κάποιο χρονικό βάθος. Θεωρητικά, το πρόβλημα είναι δυνατόν να περιγραφεί και από αυτόν τον παρατηρητή, με χαρακτηριστικά όμως πολύ διαφορετικά από εκείνα των σταθερών ομοιογενών κανόνων του van der Waals. Σε αυτή την κατεύθυνση προχώρησαν εναλλακτικές μεθοδολογίες διερεύνησης – όπως αυτή που στηρίζεται στην έννοια του *παιγνίου* (θα αναφερθεί στην ενότητα 2.8), ή η μεθοδολογία που στηρίζεται στην έννοια του *συστήματος*, και η οποία θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 3.

Συμπερασματικά, η μαθηματική θεωρία δεν παρέχει γενική μεθοδολογία για εύρεση εκείνης της βάσης παραμέτρων που απλοποιούν το μοντέλο εκπροσώπησης, ώστε να μεταπέσει σε *cellular automaton*. Η μοντελοποίηση και η επίλυση ενός προβλήματος σε αυτό το θεωρητικό πλαίσιο εξακολουθεί να απαιτεί επίμονη έρευνα, φαντασία και τύχη.

[153] Ο Van der Waals έλυσε το πρόβλημα αναλυτικά (και όχι αριθμητικά μέσω των διακριτών βημάτων των μοντέλων εκπροσώπησης). Το παράδειγμα χρησιμοποιείται εδώ για να τονίσει πώς μια αλλαγή συστήματος αναφοράς μεταβάλλει ριζικά τον χαρακτήρα των κανόνων του ομοιομορφισμού.

2.7 Οικονομία και κοινωνική φυσική

"Nothing obeys the Course of Nature more exactly than Trade, Causes and Consequencies follow as directly as Day and Night.

Daniel Defoe[154]

Ένας από τους επτά σοφούς της αρχαιότητας, ο Λυκούργος, ήταν κατά τον Πλούταρχο ο βασιλιάς που νομοθέτησε και επέβαλε το ιδιότυπο πολίτευμα και τον στρατιωτικό χαρακτήρα της Σπάρτης.[155] Στην προσπάθειά του να εξασφαλίσει τη σταθερότητα και τη μακροβιότητα του πολιτεύματος, αποφάσισε να ελέγξει τη λειτουργία της αγοράς και την κατανομή του πλούτου στην πόλη. Ως προς αυτό δε, θεωρούσε ότι η σταθερότητα στην οικονομία διασφαλιζόταν εάν ο νομοθέτης καθόριζε επακριβώς το εύρος των οικονομικών συναλλαγών μεταξύ των πολιτών. Ο τρόπος που επέλεξε να το κάνει είχε μια ιδιομορφία. Δεν στηρίχθηκε στον ενδελεχή έλεγχο της αγοράς με το να διευκολύνει ή να περιορίσει με φορολογία συγκεκριμένες λειτουργίες της. Αντ' αυτού καθόρισε με έναν απλό κανόνα όλες τις αλληλεπιδράσεις οικονομικών συναλλαγών στην πόλη, επιτρέποντας τη χρήση νομισμάτων μόνο από σίδερο (αντί πολύτιμων μετάλλων). Με αυτό και μόνο το μέτρο, μακροσκοπικές παράμετροι της αγοράς, που αφορούσαν εισαγωγές /εξαγωγές, δυνατότητα άσκησης διακομιστικού εμπορίου, συσσώρευση ή αποταμίευση κεφαλαίου, καθορίστηκαν πλήρως από το δύσχρηστο νόμισμα. Επίσης, με έναν άλλο απλό κανόνα, ότι δηλαδή τα ακίνητα μπορούσαν να χτιστούν μόνο με πριόνι και τσεκούρι, επέβαλε έμμεσα μια ομοιογένεια στην κατανομή περιουσίας μεταξύ των πολιτών.

Όπως είναι φανερό, παρά την ασυνήθιστα ακραία λύση που ακολούθησε, ο Λυκούργος πίστευε σε δύο αρχές που χαρακτηρίζουν και τη σύγχρονη πολιτική οικονομία. Ότι δηλαδή η αγορά υπόκειται σε νόμους που μπορούν να εξασφαλίσουν σταθερότητα στη λειτουργία της και ότι οι νόμοι αυτοί μπορούν να διασυνδέσουν μακροοικονομικούς δείκτες με τις βασικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των

[154] Αναφέρεται στο P. Ball (2004) p. 180.

[155] Ο Πλούταρχος βέβαια έγραψε τον 2ο αιώνα μ.Χ. ότι «για τον Λυκούργο τον νομοθέτη γενικά δεν μπορούμε να πούμε τίποτα μη αναμφισβητήσιμο». Δες, http://www.tovima.gr/default.asp?pid=2&ct=83&artid=155086&dt=09/11/2003

συνδιαλεγομένων μερών. Πρέπει βέβαια εδώ να σημειωθεί ότι, ακόμα και σήμερα, οι νόμοι αυτοί δεν έχουν επαρκώς διατυπωθεί, στο βαθμό που θα επέτρεπαν στρατηγικές πολιτικές κινήσεις για οικονομικές παρεμβάσεις ή ασφαλείς προβλέψεις για την πορεία της αγοράς.

Η σύζευξη ιδιοτήτων μίκρο- και μάκρο- είναι και στο στόχαστρο της κοινωνικής φυσικής (όπως είδαμε από μοντέλα εκπροσώπησης όπως τα cellular automata). Αυτό ώθησε φυσικούς επιστήμονες να ασχοληθούν τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια με την οικονομία, δημιουργώντας ένα νέο κλάδο μελετών που ονομάστηκε οικονο-φυσική ("*econophysics*"). Δεδομένου ότι τα θέματα που απασχολούν τους φυσικούς και η οπτική διερεύνησης που προτείνουν διαφέρει από την πρακτική των οικονομολόγων, η ανταλλαγή επιχειρημάτων εκατέρωθεν είναι ακόμα περιορισμένη. Οι κοινωνικοί φυσικοί με τα μοντέλα εκπροσώπησης εστιάζουν κυρίως σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ φορέων στην οικονομία που οδηγούν:

- Σε σταθερότητα και διακυμάνσεις στις αγορές.
- Στην κατανομή του εθνικού πλούτου.

Στόχος τους είναι να περιγράψουν τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά της αγοράς *ξεκινώντας από έναν ελάχιστο αριθμό πρώτων αρχών αναφορικά με τις αλληλεπιδράσεις φορέων της αγοράς που τις προκαλούν.*

Στη συνέχεια της ενότητας δίνεται μια μερική ανασκόπηση πρόσφατων ερευνών της κοινωνικής φυσικής στα δύο αυτά ζητήματα. Στις §2.7.1 έως 2.7.3, χρησιμοποιεί ως βασική αναφορά τον P. Ball, για την απλή μορφή αλληλεπίδρασης, που υποθέτει ο Adam Smith για να εξηγήσει τη σταθερότητά της αγοράς, καθώς και για εκείνην που εξετάζει ο Karl Marx ή ο John Maynard Keynes, για να περιγράψει τις ενδογενείς της διακυμάνσεις. Ακολούθως, στις §2.7.4 έως 2.7.5, ανατρέχει σε σύγχρονη βιβλιογραφία οικονοφυσικής, αναφέρει σημεία απόκλισης από σύγχρονες τάσεις της οικονομικής θεωρίας και αντιπαραβάλλει τις προτάσεις των κοινωνικών φυσικών για τον τύπο των αλληλεπιδράσεων, από όπου μπορούν να προκύψουν εμπειρικώς μετρούμενα μεγέθη για διακυμάνσεις στην οικονομία και κατανομές πλούτου.

2.7.1 Οικονομικές συναλλαγές και νόμοι της αγοράς

Όταν ο Hobbes συνέθετε τον Λεβιάθαν, ως προοπτική για κοινωνική οργάνωση και πολιτική σταθερότητα, είχε να αντιμετωπίσει τη βαρβαρότητα του εμφύλιου πολέμου και την άμετρη προσπάθεια πρόσκτησης δύναμης. Η λύση που πρότεινε στηριζόταν στον ισχυρό μονάρχη, που θα μπορούσε να τιθασέψει τα πάθη των ανθρώπων που σκόρπιζαν γύρω τους θάνατο, στο όνομα της προσωπικής τους δίψας για εξουσία. Ο πλούτος, ο χρυσός, πρόσφερε στον ηγεμόνα τα μέσα για να κατασκευάζει όπλα, να κινητοποιεί στρατούς, να εξαγοράζει συνειδήσεις και να υπερισχύει. Η απόκτηση του πλούτου πραγματοποιείτο με τον ίδιο τρόπο που αποκτιόταν η βασιλική εξουσία: Με την επιβολή, με την κατάκτηση, με τον βασιλικό γάμο. Όμως, τον 18^{ο} αιώνα, ο πλούτος συγκεντρωνόταν στα χέρια των εμπόρων και των χρηματιστών. Και η σταθερότητα στην οικονομία και τις εμπορικές συναλλαγές συνέτεινε στην πολιτική σταθερότητα με ένα τρόπο που ο Hobbes είχε παντελώς αγνοήσει. Επιπλέον, δεν απαιτούσε κανένα ηγεμόνα για να την επιβάλει.

Αυτή τη σταθερή λειτουργία της αγοράς προσπάθησε να περιγράψει και να εξηγήσει από πρώτες αρχές ο Adam Smith στο “ An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations”, το 1776. Πολλά βιβλία κοινωνικής φυσικής αναφέρονται στην προσπάθεια αυτή, καθώς η μεθοδολογική της αφετηρία δεν ήταν πολύ διαφορετική από εκείνη του Hobbes. Το βασικό κίνητρο για τον άνθρωπο, κατά τον Smith, δεν είναι η προσπάθεια απόκτησης εξουσίας, αλλά η προσπάθεια απόκτησης πλούτου. Πέραν αυτού, ο άνθρωπος είναι ένα αυτόματο που υπόκειται σε εξωτερικές επιδράσεις, σε συμφωνία με τη μηχανιστική άποψη της επιστήμης του καιρού του. Κάθε ένας ανταγωνίζεται τον άλλο. Αυτός ο ανταγωνισμός εξασφαλίζει την αντιστοιχία, σε κάθε προϊόν, μιας «φυσικής τιμής». Η προσπάθεια κάποιου να κερδοσκοπήσει θα οδηγούσε σε τιμωρία του από την αγορά, αφού ο καταναλωτής θα μπορούσε να αγοράσει το προϊόν φτηνότερα, από αλλού. Το «αόρατο χέρι» της αγοράς την οδηγεί, μέσω του ανταγωνισμού, σε κατάσταση ισορροπίας.

Η θεωρία του Smith προσέφερε ισχυρά επιχειρήματα σε μια παράδοση μη επέμβασης στη λειτουργία της αγοράς που κυριαρχούσε στη σκέψη πολλών διανοητών. Όπως

αναφέρει ο P. Ball, από το 1696, έναν αιώνα σχεδόν πριν τον Smith, ο Charles Danevant συμπέραινε ότι "Trade is in its Nature free, finds its own channel, and best directeth its own course".[156] Ο ίδιος ο Smith συμπλήρωνε τα αποτελέσματα του μοντέλου του λέγοντας ότι "we may often fulfill all the rules of justice by sitting still and doing nothing".[157] Ο Edmund Burke αφόριζε κάθε προσπάθεια ρύθμισης της αγοράς ως "senseless, barbarous and, in fact, wicked".[158] Πολύ αργότερα, στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα, ένας άλλος στοχαστής διαφορετικού προσανατολισμού από τον Burke, ο Ralph Waldo Emerson, έγραφε "Wealth brings with it its own checks and balances. The basis of political economy is non-interference. The only safe rule is found in the self-adjusting meter of demand and supply. Do not legislate. Meddle, and you snap the sinews with your sumptuary laws". Και προσέθετε:

> *"The laws of nature play through trade, as a toy-battery exhibits the effects of electricity. The level of the sea is not more surely kept, than is the equilibrium of value in society by the demand and supply: and artifice or legislation punishes itself, by reactions, gluts, and bankruptcies. The sublime laws play indifferently through the atoms and galaxies".*[159]

Στο παραπάνω, όπως και σε παρόμοια κείμενα, οι μεταφορές και οι παρομοιώσεις από το φυσικό κόσμο χρησιμοποιούνται απλόχερα, τονίζοντας την πεποίθηση στην ύπαρξη ισορροπίας εάν η οικονομία αφεθεί χωρίς εξωτερικές παρεμβάσεις. Αυτή η κατάσταση ισορροπίας καλείται συνήθως "Pareto optimum", από το όνομα του κοινωνιολόγου και οικονομολόγου Vilfredo Pareto. Σταδιακά, τα εμπειρικά δεδομένα έρχονται να αμφισβητήσουν το κατά πόσο μια τέτοια ισορροπία μπορεί να επιτευχθεί, αν είναι μοναδική ή εάν υφίσταται στην πραγματικότητα. Κατά το μεγαλύτερο διάστημα του 20ού αιώνα, η οικονομική θεωρία διερευνά τις σημαντικά πιο πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις από εκείνες που θεώρησε ο Smith, για να περιγράψει τα εξαιρετικά πιο πολύπλοκα χαρακτηριστικά της αγοράς στο πρόσφατο παρελθόν ή και σήμερα.

---

[156] Davenant, C. (1696). "An Essay on the East-India-Trade", p. 25. London.
[157] Smith, A. (1759), The Theory of Moral Sentiments, p. 82. Δες P. Ball (2004), p. 222.
[158] Burke, E. (1797). Letter to Arthur Young, 23 May. Δες P. Ball (2004), p. 222.
[159] Emerson, R.W. (1860). The Conduct of Life. In the Conduct of Life and Other Essays. J. M. Dent, London, 1908.

2.7.2 Διακυμάνσεις στις αγορές από εξωγενή ή ενδογενή αίτια

Είναι πλέον αδιαμφισβήτητο ότι διακυμάνσεις στην οικονομία υφίστανται, και μάλιστα δεν έχουν περιορισμένη μόνον έκταση γύρω από κάποια θέση ισορροπίας. Κάποιες φορές εμφανίζονται με ιδιαίτερη σφοδρότητα με τη μορφή οικονομικών κραχ. Οι κοινωνικοί φυσικοί θεωρούν ότι οι διακυμάνσεις είναι ενδογενείς του συστήματος, προκύπτουν δηλαδή ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φορέων της αγοράς. Εξωτερικοί παράγοντες, όπως η εξέλιξη της τεχνολογίας, δεν αγνοούνται από αυτά τα μοντέλα, αλλά συνυπολογίζονται στο βαθμό που μεταλλάσουν τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως αυτή η άποψη για ενδογενή αίτια στις διακυμάνσεις της αγοράς δεν είναι υπόθεση μόνον φυσικών. Εκφράζεται με μια μακρά παράδοση οικονομικών θεωριών που ξεκίνησε στον 19^{ο} αιώνα από τον Karl Marx.

Όπως αναλύει και ο Ball, ο Marx πρώτος προέβλεψε, αντίθετα με ό,τι πίστευε ο Smith, πως η οικονομία είναι ενδογενώς ασταθής. Ότι, δηλαδή, οι περίοδοι ύφεσης και ανάπτυξης, που διαδέχονται η μια την άλλη, οφείλονται σε εσωτερικούς μηχανισμούς της αγοράς. Η μορφή της απασχόλησης είχε ριζικά αλλάξει τη Βικτωριανή εποχή. Ενώ τον καιρό του Smith κυριαρχούσαν έμποροι και μικροεπαγγελματίες με οικογενειακές επιχειρήσεις, την εποχή του Μαρξ είχαν δημιουργηθεί και πολύ μεγαλύτερες εταιρείες, όπου οι άνθρωποι εργάζονταν με μισθό σε μακρά ωράρια. Σε συμφωνία με τη θεώρηση του Smith, ο μισθός μπορούσε να μελετηθεί ως μια ακόμη συνιστώσα της αγοράς που υπόκειτο στον νόμο προσφοράς και ζήτησης. Μέσα από τον ανταγωνισμό, ισορροπούσε σε ένα λογικό, «φυσικό» ύψος, που θα εξασφάλιζε την επιβίωση του εργάτη. Μάλιστα, ο David Ricardo είχε διατυπώσει στην αρχή του 19^{ου} αιώνα την ιδέα ότι ο βιομήχανος εργοδότης θα μπορούσε πάντα να βρίσκει εργατικό δυναμικό που θα εργαζόταν αντί αυτού ακριβώς του στοιχειώδους μισθού επιβίωσης.

Ο Μαρξ προσπάθησε να βρει επιχειρήματα για μια καλύτερη προοπτική για το μέλλον. Απλοποιώντας το πρόβλημα, θεώρησε, όπως και ο Smith, κάποια στοιχεία σημαντικότερα από άλλα. Το απλοποιημένο οικονομικό τοπίο χαρακτηρίζεται από

δύο επίπεδα, αυτό του βιομήχανου καπιταλιστή και εκείνου των εργατών. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον, κάθε ένας προσπαθεί να μεγιστοποιήσει το προσωπικό του κέρδος. Ενώ όμως ο εργάτης διαχειρίζεται μόνον την εργατική του δύναμη, ανταγωνιζόμενος άλλους εργάτες και διαπραγματευόμενος το μισθό του, ο βιομήχανος ανταγωνίζεται ομοίους του αυξομειώνοντας την τιμή διάθεσης των προϊόντων που παράγει. Αυτή η διαδικασία περιορίζει σημαντικά το κέρδος της επιχείρησης και το σταθεροποιεί σε χαμηλό επίπεδο. Ο μόνος τρόπος για να αυξηθεί σε απόλυτους αριθμούς είναι να μεγεθυνθεί η επιχείρηση. Ο καπιταλιστής το πετυχαίνει αυτό με δύο τρόπους, είτε προσλαμβάνοντας κι άλλους εργάτες, είτε εισάγοντας μηχανήματα που, σε κάποιο βαθμό, τους αντικαθιστούν.

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους δύο τρόπους επέκτασης της επιχείρησης. Σε πρώτη προσέγγιση, οι μηχανές που προμηθεύεται ο καπιταλιστής διατηρούν δεδομένη απόδοση υπό σταθερές απαιτήσεις, αντίθετα με τους εργάτες, που εκμεταλλεύονται την ανάγκη της επιχείρησης να επεκταθεί για να διαπραγματευθούν μεγαλύτερο μεροκάματο. Πέραν αυτού, ο Μαρξ αναγνώρισε και μια άλλη σημαντική διαφορά. Οι εργάτες μέσα στο ωράριο εργασίας τους παράγουν προϊόν που αντιστοιχεί στο μισθό τους, όπως επίσης και προϊόν που αντιστοιχεί στα κέρδη της επιχείρησης («υπεραξία»). Οι μηχανές, από την άλλη μεριά, δεν παράγουν υπεραξία: ο βιομήχανος αναγκάζεται στα πλαίσια του ανταγωνισμού της αγοράς να τις αγοράζει σε τιμή μεγαλύτερη ή ίση με το όφελος που θα έχει από την παραγωγή τους δυνατότητα. Έτσι, οι μηχανές μπορούν να αφήνουν εργάτες άνεργους, αλλά δεν εξασφαλίζουν αύξηση κέρδους.

Οι παραπάνω αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις δύο οικονομικά διακριτές κοινωνικές τάξεις, παρουσία της μηχανοποίησης, μπορούν να οδηγήσουν σε μια κατάσταση όπου οι μισθοί θα είναι μικροί και η ανεργία τεράστια. Αυτή είναι η κατάσταση ύφεσης, σε περιόδους που οι επιχειρήσεις δεν επεκτείνονται, αλλά προσπαθούν να αυξήσουν την υπεραξία. Ο Μαρξ διέγνωσε ότι μετά από μια τέτοια περίοδο, η οικονομία μπορεί να επανέλθει σε περίοδο ανάπτυξης. Η ύπαρξη ανεργίας οδηγεί τα μεροκάματα σε ακόμα χαμηλότερα επίπεδα, σε σημείο που τα κέρδη αρχίζουν να αυξάνονται και να χρηματοδοτούν την εκ νέου μεγέθυνση των επιχειρήσεων, προσλαμβάνοντας περισσότερους εργάτες, κοκ. Η εικόνα ισορροπίας του Smith είναι απατηλή.

Σύμφωνα με τον Μαρξ, πρέπει να αντικατασταθεί από μια αλληλουχία περιόδων ύφεσης και ανάπτυξης.[160]

Η ύπαρξη μεγάλων διακυμάνσεων στην οικονομία είχε ήδη διαπιστωθεί την εποχή που έγραφε ο Μαρξ. Το 1720 είχε μεσολαβήσει η ύφεση μετά την κατάρρευση της "South East Bubble". Αυτό που αμφισβητείται έως σήμερα δεν είναι η εμφάνιση της οικονομικής ύφεσης, αλλά το αν η διαδοχή περιόδων ύφεσης και ανάπτυξης οφείλεται σε παράγοντες ενδογενείς της καπιταλιστικής οικονομίας, όπως πρότεινε ο Μαρξ. Είναι πολύ συνηθισμένο, για παράδειγμα, να αποδίδεται σε εξωτερικούς παράγοντες, όπως σε ξαφνικές εξελίξεις στην τεχνολογία ή σε ακραίες και λανθασμένες συμπεριφορές (όπως στην πιο πρόσφατη ύφεση στις Ηνωμένες Πολιτείες, που αναφέρθηκαν ως αιτίες οι επισφαλείς τραπεζικές πρακτικές δανεισμού στεγαστικής πίστης, οι κοντόφθαλμες δραστηριότητες και οι υπέρογκοι μισθοί των "golden boys", κλπ).

Σύμφωνα με την ανάλυση στο κεφάλαιο 2.5, η ύπαρξη διαφορετικών προτάσεων από μοντέλα ομοιομορφισμών είναι αναμενόμενη, αφού το ίδιο φαινόμενο μπορεί να περιγράφεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές αρχικές υποθέσεις, που αφορούν είτε σε εξωγενείς παράγοντες είτε σε ενδογενείς παραμέτρους του συστήματος. Στην προκειμένη μάλιστα περίπτωση της διαδοχής των περιόδων οικονομικής ύφεσης και ανάπτυξης, έχουν διατυπωθεί πολλές εναλλακτικές εκτιμήσεις. Η θεώρηση του John Maynard Keynes, για παράδειγμα, απηχούσε την άποψη του Μαρξ ότι διακυμάνσεις της αγοράς είναι ενδογενείς της λειτουργίας της, αλλά μελετούσε τη διακίνηση του κεφαλαίου αντί της συσσώρευσης του κέρδους. Κατά τον Keynes, οι επιχειρήσεις χρειάζονται κεφάλαιο για να αναπτύσσονται και για να εξασφαλίζουν υψηλά επίπεδα απασχόλησης και μισθών. Αντίθετα, όταν μεγάλο μέρος του εισοδήματος των ανθρώπων παύει για κάποιο λόγο να διακινείται και να επενδύεται, η οικονομία πέφτει σε ύφεση. Υγιής οικονομία είναι αυτή που έχει δυναμική – όταν δηλαδή οι εταιρείες δανείζονται και αναπτύσσονται, το κεφάλαιο αλλάζει χέρια, τα μέλη της κοινότητας καταναλώνουν.

[160] Εδώ, ο Μαρξ προχώρησε ένα βήμα επί πλέον. Ισχυρίστηκε ότι, κατά την αλληλουχία των οικονομικών κύκλων, η ύφεση θα γίνεται διαρκώς *όλο και βαθύτερη*, έως ότου γίνει αβάστακτη για το προλεταριάτο (ανεργία) και για τις επιχειρήσεις (καθώς θα χρεοκοπούν όλο και μεγαλύτερες από αυτές), οδηγώντας τελικά στην επανάσταση και τη ριζική αλλαγή των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στις δύο τάξεις.

Σχήμα 18: *Διακυμάνσεις του δείκτη S&P 500 των τιμών μετοχών των 500 μεγαλύτερων εταιρειών που διαπραγματεύονται στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης. Παρατηρούμε ότι στη διάρκεια της ημέρας παρατηρούνται πολύ μεγαλύτερες διακυμάνσεις χρηματιστηριακών αξιών (πχ, όταν οι τιμές καταγράφονται ανά δεκάλεπτο), ενώ πλησιάζουν την κατανομή Gauss τυχαίων ενδεχομένων σε μηνιαία καταγραφή.*

Αναμφισβήτητα, κριτήριο επιλογής θεωρητικού μοντέλου και απαραίτητο στοιχείο για την κατανόηση του φαινομένου των διακυμάνσεων της οικονομίας είναι η προσέγγιση της χρονικής του εξέλιξης.[161] Παράλληλα λοιπόν με την ισχυρή ιστορική παράδοση θεωριών στην πολιτική οικονομία που έχουν ως αφετηρία υποθέσεις για τις αλληλεπιδράσεις, υπάρχουν και θεωρήσεις που ακολουθούν αντίστροφη πορεία. Ήτοι, ξεκινώντας από εμπειρικά δεδομένα, προσπαθούν να συνάγουν τις εξωγενείς ή ενδογενείς αιτίες για την παρατηρούμενη συμπεριφορά οικονομικών μεγεθών. Εδώ

[161] Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην τιμή που προσφέρεται στην αγορά ένα προϊόν και στην αξία που ενσωματώνεται στο κόστος παρασκευής του, στο οποίο αναφέρεται ο Μαρξ. Οι δύο αυτές παράμετροι παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά κατά τις διακυμάνσεις της αγοράς. Η αντανάκλασή τους στην αξία των επιχειρήσεων αποτελεί κεντρικό σημείο έρευνας από εναλλακτικά θεωρητικά μοντέλα, που αναλύουν διαφορετικά καταστάσεις οικονομικής ύφεσης και ανάπτυξης.

υπάρχουν δύο κατευθύνσεις – η πρώτη προσπαθεί να καταγράψει κανονικότητες των διακυμάνσεων υπό μορφή περιοδικότητας στην εμφάνισή τους, η δεύτερη αντιμετωπίζει τις διακυμάνσεις σαν τυχαίο φαινόμενο και μελετά τα στατιστικά του χαρακτηριστικά. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται μελέτες της κοινωνικής φυσικής.

Στην ανασκόπηση των γενικών κατευθύνσεων της έρευνας που επιχειρείται στην παρούσα ενότητα, θα περιοριστούμε σε ένα υποσύνολο των εμπειρικών δεδομένων που αυτές εξετάζουν. Ένας δείκτης, για παράδειγμα, που αντανακλά την οικονομική κατάσταση μιας χώρας είναι ο δείκτης τιμών των μετοχών στο χρηματιστήριο. Για τις ΗΠΑ, ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης είναι ο Standards & Poors 500, που περιλαμβάνει τις τιμές των 500 μεγαλύτερων επιχειρήσεων. Οι διακυμάνσεις του S&P 500 φαίνονται στο σχήμα 18. Παρότι θα μπορούσε κανείς αυθόρμητα να τις παρομοιάσει με θόρυβο, είτε απεικονίζονται ανά μήνα είτε ανά μερικά λεπτά, μια σημαντική προσπάθεια καθ' όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα συνίστατο στο να αναλυθούν οι διακυμάνσεις σε περιοδικές συνιστώσες. Περιοδικότητα άλλωστε υποδηλώνει και ο όρος «οικονομικοί κύκλοι» που χρησιμοποιείται ευρύτατα και σήμερα. Το 1940 ο Josef Schumpeter ανέφερε κύκλους Kitchin (περίοδος 40 μηνών), Juglar (κύκλοι 9χρόνων), Kuznets (περίοδος 18 χρόνων), Kondratieff (κύκλοι 54 χρόνων).[162] Κάθε τύπος οφείλεται σε διαφορετικούς παράγοντες της αγοράς. Για παράδειγμα, οι κύκλοι Kondradieff θεωρήθηκε ότι χαρακτηρίζουν άλματα στην τεχνολογική ανάπτυξη.[163] Αυτές οι περιοδικότητες εμφανίζονται επάλληλα, ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Η βαθύτερη ύφεση συμβαίνει όταν συμπέσει να κλείνουν οι αντίστοιχοι κύκλοι ταυτόχρονα. Η ανάλυση του Schumpeter, όπως και άλλες παρόμοιες έχουν συχνά επικριθεί, καθώς δεν μπορούν από τα δεδομένα της

[162] Για μια συνοπτική παρουσίαση πολλών γνωστών τύπων οικονομικών κύκλων δες http://www.cyclesresearchinstitute.org/

[163] Πολλοί οικονομολόγοι ισχυρίζονται ότι οι κύκλοι αυτοί αντιστοιχούν στις περιόδους 1787-1842 (βιομηχανική επανάσταση), 1843-1897 (περίοδος "bourgeois"), 1898-1950 (επέκταση ηλεκτρισμού και αυτοκινήτου), 1950-2000 (βιομηχανικά υλικά). Από το 2000 περίπου έχουμε μπει στον κύκλο της πληροφορικής και του διαδικτύου. Το 1926, ο Kondradieff εκτιμούσε ότι είχε ίσως ανακαλύψει μια εσωτερική αδυναμία του καπιταλιστικού συστήματος. Πρότεινε ότι το Σταλινικό καθεστώς θα μπορούσε να αποφύγει παρόμοιες μεταπτώσεις αν λάμβανε κάποια μέτρα, όπως την αναδιανομή της γης που είχε απαλλοτριωθεί από το κόμμα. Εξορίστηκε στη Σιβηρία και πέθανε τρελός το 1938.

αγοράς ούτε να επιβεβαιωθούν πέραν αμφισβήτησης ούτε να διαψευσθούν οριστικά.[164]

Η πρώτη προσέγγιση στατιστικής μαθηματικής ανάλυσης των διακυμάνσεων της οικονομίας, που δεν κατέφευγε σε ανάλυση ενδεχομένων περιοδικοτήτων, έγινε το 1900 από τον Γάλλο φυσικό Louis Bachelier, μαθητή του Henri Poincaré στην Ėcole Normale Supériere.[165] Πέντε χρόνια πριν ο Αϊστάιν χρησιμοποιήσει τη θεωρία του τυχαίου περίπατου για να περιγράψει την κίνηση Brown και πάνω από μισό αιώνα πριν ο οικονομολόγος Eugene Fama εφαρμόσει μια τέτοια θεώρηση στην αγορά, ο Bachelier ανέπτυξε τον τομέα αυτό της μαθηματικής ανάλυσης και αντιπαράβαλε τη θεωρία του με μετρήσεις στην οικονομία. Αντιμετώπισε τις διακυμάνσεις ως ένα είδος «θορύβου», όπου οι τιμές των μετοχών ακολουθούν τυχαία πορεία, όπως ακριβώς τυχαία κινούνται σωματίδια ρευστού μέσα σε δοχείο. Σε κάθε χρονική στιγμή, ακόμη και αν είναι γνωστή η μέχρι τότε πορεία της μετοχής, είναι αδύνατον να προβλεφθεί η μελλοντική της κίνηση. Σε αυτόν τον τύπο του θορύβου, οι διακυμάνσεις της μετοχής γύρω από κάποια μέση τιμή ακολουθούν την κανονική κατανομή Gauss, την ίδια που χρησιμοποιούσε ο Quetelet για να περιγράψει τις αποκλίσεις των ανθρώπινων χαρακτηριστικών από τον μέσο άνθρωπο. Ο Bachelier δεν προσπάθησε να εξηγήσει γιατί συμβαίνει κάτι τέτοιο, το εξέλαβε απλώς ως πειραματικό δεδομένο της συμπεριφοράς της αγοράς. Όταν αντιπαρέβαλε με πραγματικές μετρήσεις βρήκε ότι η συμφωνία ήταν σε γενικές γραμμές πολύ καλή. Αυτό που διέφυγε του Bachelier ήταν ότι η κανονική κατανομή προέβλεπε ότι ξαφνικές μεγάλες αυξήσεις ή μειώσεις στις τιμές ήταν ιδιαίτερα απίθανες. Η πρόβλεψη αυτή δεν ήταν συμβατή με την (πολύ μεγαλύτερη) συχνότητα, με την οποία εμφανίζονται συνθήκες ύφεσης στην αγορά.

[164] Ο Paul Krugman χαρακτηρίζει τη δουλειά του Schumpeter “turgid, almost meaningless” (Krugman, P. *Peddling Prosperity.* New York: W. W. Norton, p. 26). Γενικότερα δε, καταδικάζει την αναφορά σε οικονομικούς κύκλους θεωρώντας ότι αποπροσανατολίζει τους οικονομολόγους.
[165] Bachelier, L. (1900), Théorie de speculation [PhD thesis in mathematics], Ann. Sci. École Nor, Sup. III-17, 21.

Σχήμα 19: *Η στατιστική κατανομή των διακυμάνσεων του δείκτη S&P500.*[166] *Η διακεκομμένη γραμμή είναι η κατανομή Gaussπου υποεκτικά τις μεγάλες αποκλίσεις. Η συνεχής γραμμή είναι η κατανομή Levy flight που τις υπερεκτιμά.*

Στο Σχ. 19 απεικονίζεται η συχνότητα των διακυμάνσεων συγκεκριμένου πλάτους του δείκτη S&P 500. Ο κατακόρυφος άξονας είναι λογαριθμικός για να διακρίνεται καλύτερα η συχνότητα εμφάνισης μεγάλων αποκλίσεων από τη μέση τιμή. Η κατανομή Gauss υποεκτιμά την πιθανότητα αυτή κατά 10 φορές ή και περισσότερο. Τα δεδομένα εμφανίζουν κατανομές με σημαντικά μεγαλύτερες αποκλίσεις, οι οποίες καλούνται παχιές ουρές ("fat tails").[167] Τη δεκαετία του 1960 ο μαθηματικός Benoit Madelbrot πρότεινε ότι καλύτερη προσέγγιση των πειραματικών δεδομένων παρείχε η κατανομή "Lévy flight". Σύμφωνα με αυτή, η μετοχή αυξανόταν ή μειωνόταν με τυχαία βήματα (όπως υπέθετε ο Bachelier), αλλά το βήμα δεν ήταν σταθερό –

[166] Mantegna, R.N. and Stanley, H.E. (1995). Scaling behavior in the dynamics of an economic index. *Nature* 376, 46.

[167] Η σημαντικά μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης ακραίων ενδεχομένων, σημαντικά μεγαλύτερη από ότι αν αυτά ήταν εμφανίζονταν τυχαία (σύμφωνα με την κανονική κατανομή) αναφέρεται στη βιβλιογραφία και ως έκφραση του «φαινομένου του Νώε» ή του «φαινομένου του Ιωσήφ». Η αναφορά αντιστοιχεί στα εξαιρετικά απίθανα συμβάντα που αναφέρονται στη Βίβλο, της επί 40 μέρες και νύχτες διαρκούς βροχόπτωσης (Νώε) και της ακολουθίας 7 συνεχών ετών κατεστραμμένης σοδειάς στο Νείλο μετά από 7 συνεχή έτη μεγάλης ευφορίας της γης (Ιωσήφ), αντίστοιχα.

μπορούσε να λάβει τιμές από κάποια κατανομή. Η πρόβλεψη αυτή ήταν περισσότερο επιτυχής από αυτή του Bachelier, αλλά περνούσε στο αντίθετο άκρο των προβλέψεων της Gaussian: *υπερεκτιμούσε* την πιθανότητα μεγάλων αποκλίσεων (και, συνεπώς, την πιθανότητα εμφάνισης οικονομικής ύφεσης). Δύο χρόνια μετά την πρόταση του Madelbrot, ο οικονομολόγος Eugene Fama πρότεινε και αυτός, εργαζόμενος ανεξάρτητα, ότι οι διακυμάνσεις της αγοράς ακολουθούσαν κατανομές Lévy flight.

Οι παραπάνω προσεγγίσεις είναι καθαρά περιγραφικές, χωρίς να στέκονται τόσο στην εξήγηση αυτής της συμπεριφοράς. Όμως αποτέλεσαν ιστορικά την αφετηρία για μια τέτοια διερεύνηση. Ο Madelbrot, για παράδειγμα, θεωρείται ο πατέρας της μαθηματικής ανάλυσης fractal, στα οποία εμφανίζονται κατά κανόνα κατανομές με πλατιές απολήξεις ("fat tails"). Μια τέτοια ανάλυση εισάγει την έννοια *της αλληλεπίδρασης* μεταξύ φορέων της αγοράς ή μεταξύ τιμών διαφορετικών μετοχών. Όμως, ούτε και η περιγραφή της τιμής της μετοχής ως fractal δεν είναι τελικά ικανοποιητική, αφού κάτι τέτοιο θα προϋπέθετε την ίδια κατανομή *σε κάθε χρονική κλίμακα* – κάτι που δεν ισχύει στην πράξη. Όπως φαίνεται και από το Σχ. 18, η συχνότητα εμφάνισης μεγάλων διακυμάνσεων στις τιμές μετοχών μικραίνει όταν μεγαλώνει η χρονική βάση καταγραφής: Διακυμάνσεις ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα (πχ, κάθε τρίμηνο ή χρόνο) προσεγγίζονται καλύτερα με την κατανομή τυχαίων ενδεχομένων Gauss. Το φαινόμενο είναι επομένως πολύ συνθετότερο, κινούμενο με άγνωστο, προς το παρόν, τρόπο μεταξύ τυχαιότητας και συσχετισμού παραγόντων της αγοράς. Είναι πιθανόν να μην υπάρχει ένα μοναδικό μοντέλο της αγοράς που να περιγράφει πλήρως την ποικιλία των εμφανιζόμενων διακυμάνσεων.

2.7.3 Εκλογίκευση, ανομοιογένεια, σταθερότητα και μοντέλα εκπροσώπησης

Ο Smith και ο Marx θεωρούσαν τους εαυτούς τους κατά κύριο λόγο φιλόσοφους που μελετούσαν την οικονομία και την πολιτική. Ο Keynes και ο Schumpeter προσπαθούσαν να αναλύσουν τις αγορές και να προτείνουν λύσεις στρατηγικής και πολιτικής. Ο Madelbrot, από την άλλη μεριά, ήταν μαθηματικός. Διαφαίνεται επομένως ότι υπάρχουν σημεία *που αφορούν τις διακυμάνσεις της αγοράς,* όπου

διαφορετικοί επιστημονικοί τομείς μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορία και να προτείνουν μοντέλα για τη λειτουργία της οικονομίας. Η ενδεχόμενη χρησιμότητα της συγκεκριμένης ανταλλαγής δεν έχει ακόμα οδηγήσει σε ανοιχτό διάλογο ανάμεσα σε οικονομικές και φυσικές επιστήμες, αλλά αρχίζει να αγγίζει σημαντικά ζητήματα της σύζευξης μακροοικονομικής και μικροοικονομικής θεωρίας

Σημείο αφετηρίας για την χρησιμοποίηση μαθηματικής στατιστικής ανάλυσης στα οικονομικά αποτελεί η υπόθεση της αποδοτικής αγοράς (efficient market hypothesis), η οποία αποτελεί τη βάση της νεοκλασικής οικονομικής προσέγγισης. Σύμφωνα με αυτή τη θέση, για την οποία δεν υπάρχει απόδειξη, είναι αδύνατον να προβλεφθεί η μελλοντική κατάσταση της αγοράς από την προηγούμενη πορεία της. Οι αγορές ακολουθούν «τυχαίο περίπατο», όπου προηγούμενα βήματα δεν καθορίζουν σε κανένα βαθμό το επόμενο. Αντίθετοι στη θεωρητική αυτή προσέγγιση, οι κερδοσκόποι προσπαθούν να μετουσιώσουν σε κέρδος τις μικρές ή μεγάλες διακυμάνσεις, διατηρώντας την πεποίθηση ότι υπάρχουν τεχνικές που οδηγούν στην πρόβλεψη. Πέρα από παραδείγματα της καθημερινής εμπειρίας που αντιπαραβάλλονται στην τυχαιότητα που προτείνει η efficient market hypothesis, αμφισβητούν ανοικτά την ακαδημαϊκή αυτή θέση. Ο George Soros, για παράδειγμα, δηλώνει απερίφραστα πως “it may be strange that a patently false theory [conventional neoclassical economics] should gain such widespread acceptance”.[168]

Παρά την κριτική, η υπόθεση της αποδοτικής αγοράς σε κάποιο όριο καταφανώς ισχύει. Διότι, ακόμη και αν προσωρινά απομακρυνθεί η αγορά από τη «φυσική» της κατάσταση, θα ακολουθήσει κάποια διόρθωση που θα την επαναφέρει. Η ύπαρξη μιας κατάστασης ισορροπίας, προσβάσιμης ανά πάσα στιγμή, αποτελεί κεντρική θέση της θεωρίας. Η «φυσική» τιμή ενός προϊόντος ή μιας μετοχής δεν μπορεί παρά να στηρίζεται σε πραγματικά στοιχεία προσφοράς και ζήτησης (“fundamentals”). Με τη σειρά της, αυτή η θέση για την έκφραση του συνόλου της αγοράς προϋποθέτει μια επίσης απλοποιημένη εικόνα για τη συνεισφορά κάθε παράγοντα που την αποτελεί. Η διόρθωση από τυχόν αποκλίσεις από τη φυσική τιμή επιτυγχάνεται με τη δραστηριότητα του κερδοσκόπου, ο οποίος, κρίνοντας *απόλυτα εκλογικευμένα*, εκμεταλλεύεται τις αποκλίσεις για να μεγιστοποιήσει την ατομική του ωφέλεια

[168] Αναφορά στο P. Ball (2004), p. 213.

("utility"). Στη στρατηγική αυτή, που τελικά επαναφέρει την αγορά σε ισορροπία, είναι απόλυτα σταθερός και συνεπής, έχοντας να αντιμετωπίσει ισοδύναμους με αυτόν παίκτες της αγοράς. Για να επιτύχει το στόχο του, εκτός του ότι είναι απόλυτα λογικό ον, *διαθέτει και άμεση πρόσβαση στο σύνολο της πληροφορίας,* που αφορά τα οικονομικά στοιχεία.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, η θεωρία προβάλλει (όπως και κάθε επιστημονική θεωρία κατά τον Popper) τις βασικές της υποθέσεις για τις οποίες μπορεί να ελεγθεί και, μέσα από το πείραμα, να επαληθευτεί ή να διαψευσθεί. Μια πρώτη κριτική έχει ήδη διατυπωθεί παραπάνω, όπου ελέγχεται η υπόθεση του τυχαίου περιπάτου, δεδομένης της μορφής των στατιστικών διακυμάνσεων της αγοράς. Από το Σχ. 18 έγινε φανερό πως οι διακυμάνσεις πλησιάζουν την κατανομή Gauss μόνο όταν η κλίμακα μέτρησης είναι μεγαλύτερη από βδομάδες ή μήνες. Για ταχύτερες διακυμάνσεις της αγοράς, η υπόθεση καταρρέει, κάτι που δίνει τροφή στην πεποίθηση των κερδοσκόπων πως η αγορά μπορεί να προβλεφθεί (και έτσι να δικαιολογηθούν, ενδεχομένως, κάποιες από τις πρακτικές της «τεχνικής ανάλυσης» που υιοθετούνται στη χρηματιστηριακή πρακτική). Ένας άλλος μαθηματικός τρόπος για να μετρηθεί απευθείας η απόκλιση από την τυχαιότητα των διακυμάνσεων της αγοράς είναι ο υπολογισμός της αυτοσυσχέτισης (autocorrelation function). Αυτός καταδεικνύει ότι δύο τιμές της ίδιας μετοχής είναι ασυσχέτιστες και τυχαίες μεταξύ τους όταν τους χωρίζουν πάνω από 15 περίπου λεπτά. Σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, οι τιμές συσχετίζονται και η υπόθεση της efficient market απλά δεν ισχύει.[169]

Το ερώτημα που τίθεται τώρα είναι ποιο στοιχείο της θεωρίας ευθύνεται για αυτή τη μετρήσιμη απόκλιση ανάμεσα στις θεωρητικές προβλέψεις και τη συμπεριφορά της αγοράς. Αν αυτό αναγνωριστεί στον τύπο των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των φορέων της αγοράς, τότε ενδεχομένως η στατιστική φυσική να προτείνει ένα εναλλακτικό τρόπο διερεύνησης, παράλληλο σε εκείνον των οικονομολόγων. Η υπόθεση για ισοδύναμη και πλήρη πρόσβαση των οικονομικών παραγόντων στην πληροφόρηση

[169] Η αποτυχία αυτή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές αστοχίες πρόβλεψης της αγοράς. Παράδειγμα αποτελεί το μοντέλο των Robert Merton, Myron Scholes και Fischer Black (οι δύο πρώτοι βραβεύτηκαν με το βραβείο Νόμπελ 1997), το οποίο θεωρεί ότι οι διακυμάνσεις στις αγορές ακολουθούν την κατανομή τυχαίων ενδεχομένων Gauss. Η μεθοδολογία, που προτείνει το μοντέλο για αγοραπωλησίες χρηματιστηριακών προϊόντων με πολλές παραλλαγές και επεκτάσεις, εφαρμόζεται ευρύτατα. Έχει εκτιμηθεί ότι πρακτικές των χρηματιστών (traders) που στηρίχθηκαν στη μεθοδολογία αυτή ευθύνονται για μεγάλο μέρος απωλειών από μεγάλα ιδρύματα, όπως η Barings Bank και η Procter & Gamble το 1997. Δες P. Ball (2004), p. 201.

και η δυνατότητά τους να λαμβάνουν πλήρως εκλογικευμένες αποφάσεις είναι δύο από τα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης που διερευνώνται από οικονομολόγους και φυσικούς, παράλληλα.

1. Πρόσβαση στην πληροφόρηση

Ένα στοιχείο που διερευνάται συστηματικά, αφορά την προφανή παρατήρηση ότι κανείς παίκτης της αγοράς δεν έχει άμεση γνώση όλης της πληροφορίας για την κατάσταση της αγοράς, όπως προβλέπει η απλοποιημένη υπόθεση της αποδοτικής αγοράς. Ο οικονομολόγος John Kay συνοψίζει:

> *"The economics of imperfect information has been an important research theme – perhaps the most important research theme – of mainstream economics in the last thirty years."*[170]

Πολλά οικονομικά μοντέλα διερευνούν τρόπους με τους οποίους μπορεί κάποιος να πάρει απόλυτα λογικές αποφάσεις προσπαθώντας να περιορίσει το ρίσκο ("risk") που προκύπτει από την πεπερασμένη γνώση παραμέτρων της αγοράς. Το στοιχείο αυτό κατέχει σημαντική θέση στο έργο οικονομολόγων που βραβεύθηκαν με βραβείο Nobel, όπως οι Harry Markowitz, Joseph Stiglitz, George Akerlof, Michael Spence.

2. Εκλογικευμένες αποφάσεις

Ο Keynes είχε διατυπώσει αμφιβολίες για τη θέση ότι ο άνθρωπος αποφασίζει απόλυτα εκλογικευμένα, ανεξάρτητα από το αν διαθέτει όλη ή μερική πληροφόρηση για ένα ζήτημα.

> *"A large proportion of our positive activities depend on spontaneous optimism rather than on mathematical expectation… a spontaneous urge to*

[170] Αναφέρεται στο P. Ball (2004) p. 211.

action rather than inaction, and not as the outcome of a weighted average of quantitative beliefs multiplied by quantitative probabilities."[171]

Ακόμα και με την ίδια πληροφόρηση, διαφορετικά άτομα μπορεί να επιλέξουν να προχωρήσουν σε διαφορετικές ενέργειες. Πολλοί χρηματιστές θα συμφωνούσαν σήμερα ότι κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει ενέργειες, που στηρίζονται είτε σε απλή συνήθεια είτε σε αφέλεια. Οικονομικές θεωρίες διακριτών αποφάσεων ("discrete choice theories") θεωρούν ότι κάθε άτομο υπό τις ίδιες συνθήκες έχει ένα πλήθος επιλογών από τις οποίες υιοθετεί μία με κάποια πιθανότητα. Ο Alan Kirman πρότεινε, τη δεκαετία του 1990, ότι οι τάσεις των παραγόντων της αγοράς θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες – τους fundamentalists και τους chartists. Οι πρώτοι λειτουργούν απόλυτα εκλογικευμένα, σύμφωνα με την πληροφόρηση που διαθέτουν για την κατάσταση της αγοράς. Οι δεύτεροι είναι εμπειρικοί παίκτες, που διατηρούν την αισιόδοξη άποψη ότι θα μπορέσουν να προβλέψουν μελλοντικές τάσεις της αγοράς, χρησιμοποιώντας αυτοσχέδιους κανόνες, θεωρία πιθανοτήτων, κλπ. Επίσης, δεν παίρνουν αποφάσεις ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλον, αλλά επηρεάζονται και *αλληλεπιδρούν*. Όπως έχει ήδη διατυπωθεί σε αυτή την εργασία, η υπόθεση για ύπαρξη αλληλεπιδράσεων αποτελεί κερκόπορτα, από όπου εισβάλλουν μελετητές με εργαλεία στατιστικής φυσικής και οικονο-φυσικής.

3. Μερικές προτάσεις οικονο-φυσικών – μοντέλα εκπροσώπησης και δίκτυα

Ο Keynes παρομοίαζε το 1930 την οικονομία με τους διαγωνισμούς ομορφιάς σε έντυπα της εποχής του, όπου κάθε αναγνώστης επέλεγε την ομορφότερη από ένα σύνολο υποψηφίων. Εάν η επιλογή του συνέπιπτε τελικά με τη νικήτρια του διαγωνισμού, έμπαινε σε κλήρωση για κάποιο δώρο. Τότε όμως δεν ψήφιζε την υποψήφια πο υ το υ άρεσε, αλλά την υπο ψήφια *που πίστευε ότι θα άρεσε στους περισσότερους*.[172]

[171] Keynes, J. M. (1936). *The GeneralTheory of Employment,Interest and Money, Macmillan, London, 1973.* Δες P. Ball (2004) p. 212.
[172] Αναφορά στο P. Ball (2004). p. 217.

Το πρώτο μοντέλο οικονο-φυσικών που προτάθηκε για αλληλεπιδρώντες παράγοντες της αγοράς (ανήκει στην κατηγορία των μοντέλων εκπροσώπησης της ενότητας 2.6), όπως σε αυτό το παράδειγμα του Keynes, ήταν από τον Hans Föllmer. Κάθε παράγων τοποθετείται σε ένα τετραγωνάκι μιας σκακιέρας. Επιτρέπεται να αλληλεπιδρά με τους γείτονές του και να αποφασίζει σύμφωνα με απλούς κανόνες, όπως οι κανόνες στα μοντέλα *cellular automata* που αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.5. Σε κάθε χρονικό βήμα όλοι οι παράγοντες στη σκακιέρα παίρνουν κάποια απόφαση. Για συγκεκριμένους κανόνες αλληλεπίδρασης μπορεί έτσι να μελετηθεί η χρονική εξέλιξη των αποφάσεων κάθε παράγοντα, ταυτόχρονα με τη συνολική εικόνα της «αγοράς» στη σκακιέρα. Το πιο εντυπωσιακό πρώτο αποτέλεσμα από τα "interaction agent models" του Föllmer ήταν ότι υπάρχουν *περισσότερες της μιας καταστάσεις ισορροπίας* που διατηρούνται στη σκακιέρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αυτό το ενδεχόμενο έρχεται σε αντίθεση με το βασικό στοιχείο της θεωρίας του Smith για ύπαρξη μιας μόνο «φυσικής κατάστασης» στις αγορές.

Η απεικόνιση στη σκακιέρα είναι μια ειδική περίπτωση απεικόνισης *δικτύου*, όπου κάθε κόμβος έχει 8 (και μόνον 8) γείτονες. Στη γενική περίπτωση, οι φορείς της αγοράς μπορεί να αντιπροσωπεύουν κόμβους ενός πολύπλοκου δικτύου, όπου οι ακμές αντιπροσωπεύουν διόδους ανταλλαγής πληροφορίας και αλληλεπίδρασης. Ο Kirman πρότεινε ένα τέτοιο μοντέλο το 1983, όπου παρατηρήθηκε το φαινόμενο της ομαδοποίησης (clustering): οι παράγοντες της αγοράς πραγματοποιούσαν τις περισσότερες οικονομικές συναλλαγές σε ομάδες, περιορίζοντας τις ανταλλαγές με άλλες ομάδες. Ένα άλλο φαινόμενο που παρατηρήθηκε σε δικτυακά interactive agent models ήταν η νομαδικότητα ("heirding"). Οι φορείς της αγοράς είχαν την τάση να διαμορφώνουν και να ακολουθούν κοινές συμπεριφορές. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία «χρηματιστηριακής «φούσκας», μακριά από κάθε έννοια «φυσικής τιμής» προϊόντων ή μετοχών.

Σχήμα 20: *Στο μοντέλο Lux-Marchesi, όπου αναλύεται ένα μοντέλο αγοράς όπου παράγοντες αλληλεπιδρούν και εμφανίζουν συλλογική συμπεριφορά, τυχαίες διακυμάνσεις των fundamentals προκαλούν διακυμάνσεις με πλατιές κατανομές (fat tails) στην αγορά, όπως παρατηρείται στην πραγματικότητα. Εάν οι παράγοντες της αγοράς ενεργούν ανεξάρτητα, οι διακυμάνσεις της αγοράς παραμένουν τυχαίες, έχοντας τα ίδια χαρακτηριστικά με τα fundamentals.*

Επίδειξη αυτού του φαινομένου μεγάλων διακυμάνσεων της αγοράς επιδείχτηκαν από τη συνεργασία του οικονομολόγου Thomas Lux και της φυσικού Michele Marchesi και συνοψίζεται στο Σχήμα 20.[173] Αυτοί θεωρούν μια αγορά όπου υπήρχαν *τυχαίες* διακυμάνσεις στα στοιχειώδη της χαρακτηριστικά (fundamentals). Μια κατηγορία κερδοσκόπων αντιδρά απόλυτα εκλογικευμένα σε αυτές τις διακυμάνσεις. Μια δεύτερη κατηγορία (οι "chartists" του Kirman) συναλλάσσεται επίσης σε αυτή την αγορά, αλλά με νομαδικό τρόπο: Όταν κυριαρχεί μεταξύ τους αισιόδοξη άποψη για την μετέπειτα πορεία της αγοράς, τότε όλοι αγοράζουν ενώ οι τιμές αυξάνονται. Αντίθετα, σε περιπτώσεις που η πλειοψηφία τους είναι απαισιόδοξη, τότε όλοι πωλούν ακόμα κι όταν οι τιμές πέφτουν. Οι διακυμάνσεις της αγοράς που

[173] Lux, T. and Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market. *Nature* 397, 498.

προκύπτουν είναι ενδογενείς του οικονομικού συστήματος (δεν οφείλονται σε εξωτερικές παρεμβάσεις στις αγορές όπως, πχ, ανάπτυξη τεχνολογικών εργαλείων) και αποτυπώνονται στο Σχ. 20. Συγκρίνοντας με τα πειραματικά ευρήματα στα Σχ. 18 και 19 παρατηρείται ποιοτική συμφωνία: Μακροπρόθεσμα, οι διακυμάνσεις ακολουθούν την κατανομή τυχαίων ενδεχομένων Gauss. Βραχυπρόθεσμα, οι διακυμάνσεις μπορεί να πάρουν πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές τιμές.

Γίνεται φανερό από το αυθαίρετο και την απλότητα των πρώτων αρχών του μοντέλου Lux-Marchesi, ότι δεν υπάρχει ένας μόνο τρόπος να διαστασιοποιήσει κάποιος και να απεικονίσει τη δραστηριότητα στις αγορές σε σχετική συμφωνία με την παρατηρούμενη κατάσταση. Πόσο χρήσιμα είναι επομένως τέτοια μοντέλα οικονοφυσικής; Απαντήσεις που θα προσφέρουν κάποια γενική αντίληψη θα δοθούν στο επόμενο κεφάλαιο, που αναφέρεται στα κοινωνικο-τεχνολογικά δίκτυα. Φυσικά, το ερώτημα μπορεί να αντιστραφεί: Δεδομένης της αδιαμφισβήτητης παρουσίας φαινομένων ομαδοποίησης, νομαδικότητας, αλληλεπίδρασης, κλπ, πώς μπορεί κανείς να διαμορφώσει μια συνεπή νεοφιλελεύθερη θεωρία (όχι νεοφιλελεύθερο ιδεολόγημα) για αυτοματισμό και μη επέμβαση στη λειτουργία της αγοράς;

2.7.4 Κατανομή του πλούτου

Στο θέμα αυτό έχουμε αναφερθεί στο εισαγωγικό κεφάλαιο της διατριβής, αλλά εδώ θα επεκταθούμε γενικότερα στις αντίστοιχες ερευνητικές μελέτες της οικονοφυσικής. Είναι σύνηθες οι πλούσιοι να γίνονται πλουσιότεροι και οι φτωχοί φτωχότεροι. Μέσα από αμέτρητες οικονομικές συναλλαγές, διακυμάνσεις της αγοράς ή απλής τύχης, προκύπτει αυτό το στοιχείο ως στατιστικά αδιάβλητο. Και το χειρότερο είναι ότι οι πλούσιοι δεν είναι απαραίτητα εξυπνότεροι ή ικανότεροι από φτωχότερους και σκληρότερα εργαζόμενους.[174] Έχοντας απασχολήσει διανοητές όπως ο Βούδδας ή ο Μαρξ, το μακροσκοπικό αυτό αποτέλεσμα έχει από τα τέλη του 20ού αιώνα την εμπειρική του μαθηματική διατύπωση. Παρουσιάζεται στο Σχ. 21 και απέχει πολύ από το να είναι αποτέλεσμα τυχαιότητας. Σε λογαριθμική κλίμακα στους άξονες του

[174] Όπως επισημάνθηκε στο κεφάλαιο 1, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι πλούτος και ταλέντο είναι ασυσχέτιστα. Δες, Levy (2003), 42-64.

διαγράμματος, η κατανομή του πλούτου σε μεγάλες τιμές *είναι ευθεία γραμμή* (που καμπυλώνεται μόνο στην πλευρά της μικρής περιουσίας). Η κατανομή αυτή καλείται κατανομή δύναμης εκθέτη ("power law"), καθώς η πιθανότητα $P_>$ να έχει κάποιος μεγαλύτερη περιουσία από W εκφέρεται σαν δύναμη του W. Δηλαδή, $P_>(W) \sim W^{-\alpha}$, όπου α ένας εκθέτης της τάξεως της μονάδας.

Σχήμα 21: *Κατανομές εισοδήματος στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ιαπωνία, που απεικονίζονται σε λογαριθμική κλίμακα και στους δύο άξονες. Σε μεγάλες τιμές πλούτου ή εισοδήματος, η κατανομή είναι "power law" (ευθεία γραμμή). Κάτω από κάποια τιμή πλούτου ή εισοδήματος, τα δεδομένα προσεγγίζονται καλύτερα από κατανομή "log-normal".*

Από το 1897, ο Pareto είχε διατυπώσει τον εμπειρικό κανόνα ότι το 80% του εθνικού πλούτου συγκεντρώνεται στα χέρια του 20% του πληθυσμού. Τα δεδομένα έγιναν πολύ λεπτομερέστερα ως τις μέρες μας. Για την καταγραφή του πλούτου, πηγές θεωρούνται είτε το ύψος του εισοδήματος[175] είτε (ασφαλέστερα ίσως) τα περιουσιακά στοιχεία που δηλώνονται στις διαθήκες. Η κατανομή του σχήματος 21 παρατηρήθηκε σε πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Ηνωμένου Βασιλείου, Ινδίας, ΗΠΑ, Κίνας, Ιαπωνίας, Αϊτής και Ζαΐρ. Μάλιστα, σε μια απρόσμενη εξέλιξη, παρατηρήθηκε και στο μέγεθος των κατοικιών στις ανασκαφές στην πόλη Akhetaken

[175] Silva, A. C., and. Yakovenko, B. M. (2004) cond-mat/0406385.

της αρχαίας Αιγύπτου.[176] Αφού η ακίνητη ιδιοκτησία είναι συνήθως ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης πλούτου, το στοιχείο αυτό συνηγορεί στη γενική θεώρηση πως η κατανομή είναι ανεξάρτητη από χώρα, πολιτικό καθεστώς, οικονομικές συνθήκες ή ιστορική εποχή.

Μετά την μαθηματική της διατύπωση, η διερεύνηση της κατανομής πλούτου έγινε πρόκληση για τους στατιστικούς φυσικούς. Καθώς το φαινόμενο είναι εξαιρετικά σύνθετο, δεν προκαλεί εντύπωση ότι υπάρχουν πολλοί τρόποι να απλοποιηθεί και να αναλυθεί, μέσω ενός ομοιομορφικού στατιστικού μοντέλου, για να καταλήξει κανείς στην απάντηση που γνωρίζουμε εκ των προτέρων. Οι οικονομικές συναλλαγές που οδηγούν στη συσσώρευση πλούτου έχουν κατά καιρούς προσεγγιστεί διαφορετικά. Ο Brian Hays πρότεινε ότι το ποσό που ανταλλάσσεται σε κάθε συναλλαγή είναι κάποιο ποσοστό του συνολικού πλούτου ενός ή των δύο μερών.[177] Οι Chatterjee και Chakrabarti υπέθεσαν ότι κάποιο ποσό από την περιουσία δεν χρησιμοποιείται σε συναλλαγές, αλλά διατηρείται από τους συναλλασσόμενους στην άκρη, ως προσωπική ασφάλεια.[178] Άλλοι ερευνητές θεώρησαν ότι οι πλουσιότεροι είτε έχουν μικρότερη τάση να συναλλάσσονται με μικρά ποσά, είτε συναλλάσσονται με διαφορετικό τρόπο σε σχέση με φτωχότερους.[179] Τέλος, έχουν προταθεί μοντέλα, στα οποία ο πλούτος σταδιακά αυξάνεται. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται το μοντέλο των J.-P. Bouchaud και M. Mézard (B-M), το οποίο είναι αρκετά γενικό ώστε να μπορεί να συμπεριλάβει διαφορετικούς τύπους συναλλαγών, σε πολύ καλή συμφωνία με το πείραμα.

Το μοντέλο B-M έχει ως αφετηρία εκείνο του Robert Gibrat από έναν άλλο τομέα της οικονομίας. Όταν ο Gibrat δημοσίευσε το βιβλίο του το 1931, πίστευε ότι είχε ανακαλύψει έναν νόμο για τον επιχειρηματικό κόσμο, με ισχύ αντίστοιχη εκείνης του νόμου του Νεύτωνα για το φυσικό περιβάλλον.[180] Στόχος του ήταν να εξηγήσει γιατί

---

[176] Dragulescou, A. A., and Yakovenko, V. M. (2001). Evidence for the exponential distribution of income in the USA. *Eur. Phys. J. B* 20, 585.
[177] Dragulescou, A. A., and Yakovenko, V. M. (2001). Exponential and power-law probability distributions of wealth and income in the United Kingdom and the United States. *Physica A* 299, 213. Το μοντέλο συμπληρώθηκε μεταγενέστερα για να είναι συνεπές με τα πειραματικά δεδομένα: Δες, Silva, A. C. and Yakovenko, V. M. (2005). Temporal evolution of the 'thermal' and 'superthermal' income classes in the USA during 1983-2001. *Europhysics Letters* 69, 304–310.
[178] Nirei, M. and Souma, W. (2004) pp. 161-170. Στο *The complex dynamics of economic interaction: Essays in economics and econophysics.* Heidelberg: Springer Berlin.
[179] *Individual Income Tax Returns, Pub. 1304 (*IRS, Washington DC, 1983-2001)
[180] R. Gibrat (1931), *Les inégalités économiques.* Sirey Paris, France.

οι επιχειρήσεις είχαν διαφορετικά μεγέθη, διατηρώντας μάλιστα σταθερή αναλογία ανάμεσα σε μικρές, μεσαίες ή μεγάλες. Πρότεινε ότι ο ρυθμός αύξησης μιας επιχείρησης στο χρόνο είναι ανάλογος με το ήδη αποκτημένο μέγεθός της W. Πρότεινε επίσης ότι αυτός ο ρυθμός αύξησης παρουσίαζε στοχαστικότητα, ήταν δηλαδή επίσης ανάλογος μιας παραμέτρου η, που κυμαινόταν τυχαία γύρω από μια μέση τιμή η_0 με διασπορά $2\sigma^2$. Γράφουμε:

$$dW/dt = \eta W \qquad (1)$$

Η πρόταση αυτή είναι γνωστή στα μικροοικονομικά ως νόμος της αναλογικής ανάπτυξης ("Law of Proportional Growth"). Ανεξάρτητα από τις αρχικές της τιμές, η παράμετρος W που συμβολίζει τον πλούτο, καταλήγει να έχει σε μεγάλους χρόνους t κατανομή "log-normal", που σημαίνει ότι ο λογάριθμος του W ακολουθεί την κανονική κατανομή Gauss. Πολλά χρόνια αργότερα, το 1996, ο Gene Stanley έδειξε με λεπτομερέστερα στοιχεία ότι η κατανομή των επιχειρήσεων διαφέρει από την log-normal (είναι κατανομή εκθετικής δύναμης – power law). Η πρόταση του Gibrat δεν ανταποκρινόταν στην πραγματικότητα που προσπαθούσε να περιγράψει.[181]

Σύμφωνα με τους B-M, αυτό που δεν πέτυχε ο Gibrat για τα μεγέθη των επιχειρήσεων ήταν μια πολύ καλή αφετηρία για να περιγραφεί ο ρυθμός αύξησης του πλούτου: Οι πλούσιοι γίνονται πλουσιότεροι, ανάλογα με τον πλούτο W που ήδη κατέχουν, εκτός από στοχαστικές επιτυχίες ή ατυχίες, που εισάγονται με τη διακύμανση της παραμέτρου η.

Όπως είπαμε, η εξίσωση του Gibrat δεν παράγει power law. Οι κοινωνικοί φυσικοί γνωρίζουν πλέον, για λόγους που θα αναφερθούν στην αμέσως επόμενη ενότητα, ότι power laws προκύπτουν σε σύνολα, όπου οι συντελεστές τους αλληλεπιδρούν. Στην έκφραση του Gibrat, οι B-M πρόσθεσαν δύο όρους αλληλεπίδρασης, έναν για την αύξηση της περιουσίας (από έσοδα που προέρχονται από άλλους) και έναν για την μείωσή της (όταν το άτομο αποδίδει σε άλλους). Το ποσό που ανταλλάσσεται σε κάθε

[181] Η διαίσθηση όμως του Gibrat είναι πιθανότατα ορθή: Φαίνεται ότι υπάρχει κατανομή που περιγράφει το μέγεθος των επιχειρήσεων σε διαφορετικές οικονομίες και χρονικές περιόδους. Απλώς, η κατανομή αυτή είναι διαφορετική - είναι κατανομή "εκθετικής δύναμης" και όχι "log-normal".

συναλλαγή ανάμεσα στα άτομα “i” και “j” εκφράζεται σαν μέρος της περιουσίας αυτού που πληρώνει:

$$dW_i/dt = \eta W_i + \sum J_{ij} W_j - \sum J_{ji} W_i \qquad (2)$$

Η σταθερή αναλογίας J_{ij} εκφράζει το μέτρο της αλληλεπίδρασης του j που πληρώνει προς τον i που αυξάνει την περιουσία του με τη δεδομένη συναλλαγή. Στην απλούστατη περίπτωση που οι αλληλεπιδράσεις είναι ίδιες για όλους (J_{ij}= σταθερό), το παραπάνω πεπλεγμένο σύστημα εξισώσεων επιλύεται και η κατανομή των περιουσιών W_i είναι power law, $P_>(W) \sim W^{-\alpha}$, σε συμφωνία με τα πειραματικά δεδομένα. Ο εκθέτης α σχετίζεται με τις παραμέτρους του μοντέλου με $\alpha=1+J/\sigma^2$ και σε πραγματικές οικονομίες είναι $1\leq \alpha \leq 2.5$.

Το μοντέλο B-M έχει επιλυθεί για πλήθος μορφών αλληλεπίδρασης. Το σημαντικότατο αποτέλεσμα που προέκυψε από αναλυτικές λύσεις του μοντέλου B-M και προσομοιώσεις σε υπολογιστή, είναι ότι οι κατανομές log-normal και power law εμφανίζονται σε πλήθος περιπτώσεων με διαφορετικές σταθερές αλληλεπίδρασης J_{ij} μεταξύ συναλλασσόμενων.[182] Μια τέτοια σταθερότητα σε λεπτομέρειες στις αρχικές υποθέσεις είναι απόλυτα επιθυμητή για μοντέλα που περιγράφουν πειραματικές κατανομές με τόσο γενική ισχύ, όπως αυτή στο Σχ. 21. Οι λεπτομέρειες του προβλήματος αλλοιώνουν κάποια μόνον ποσοτικά χαρακτηριστικά. Έτσι προέκυψε, για παράδειγμα, ότι η φορολόγηση συναλλαγών (επεμβαίνοντας, δηλαδή, στους δύο όρους αλληλεπίδρασης στην εξίσωση του μοντέλου) μεγαλώνει με συγκεκριμένο ποσοτικά τρόπο τον εκθέτη α, μικραίνοντας την ανισοκατανομή πλούτου. Επίσης, σε περιπτώσεις που $\alpha<1$, το μοντέλο προβλέπει ότι ο πλούτος συγκεντρώνεται στα χέρια ελάχιστων ατόμων, σε συμφωνία με δεδομένα από οικονομίες αναπτυσσόμενων κρατών στη Λατινική Αμερική και Αφρική. Κατ’ αυτόν τον τρόπο, το μοντέλο προσφέρει τη δυνατότητα να εξεταστούν δυνατότητες παρέμβασης στην οικονομία, σε κατευθύνσεις στρατηγικών και πολιτικής, των οποίων η αποτελεσματικότητα είναι δυνατόν να ελεγθεί σε πραγματικές συνθήκες.

[182] Garlascheelli, D., Loffredo, M. (2008). Effects of network topology on wealth distributions. *Journal of Physics A* 41, 224018.

Σημαντικό μέρος της πρωτότυπης ερευνητικής εργασίας, που καλύπτει το Κεφάλαιο 4 του παρόντος, στηρίζεται σε αυτή την παρατήρηση που αφορά την ευελιξία και τη σταθερότητα του μοντέλου B-M. Προτείνει δε ότι μπορεί να χρησιμοποιείται σαν γενικότερο εργαλείο κοινωνικής ανάλυσης που δεν περιορίζεται σε οικονομικές συναλλαγές. Εκεί, μέσω του μοντέλου B-M, θα εξεταστούν αλληλεπιδρώντες συντελεστές σε έναν πολύ διαφορετικό κοινωνικό τομέα – αυτόν της ανθρώπινης προφορικής επικοινωνίας.

2.7.5 Ο νόμος του Zipf στις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες

Συναντήσαμε ήδη την κατανομή δύναμης εκθέτη σε διαφορετικές κατηγορίες κοινωνικών φαινομένων: Στις διακυμάνσεις στις αγορές (Σχ. 19), στα μεγέθη των επιχειρήσεων (παραπομπή στην προηγούμενη ενότητα 2.7.4) και στην κατανομή πλούτου (Σχ. 21). Εκτεταμένη βιβλιογραφία καθ' όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα υπέδειξε ότι η κατανομή αυτή εμφανίζεται ευρύτατα στη φύση και την κοινωνία, χαρακτηρίζοντας συστήματα fractal[183] με την ιδιότητα της αυτο-ομοιότητας.

Μπορούμε να αντιδιαστείλουμε την κατανομή δύναμης εκθέτη στην κατανομή του Σχ. 3, όπου ο Quetelet απεικόνισε τις τυχαίες διακυμάνσεις ενός φυσικού χαρακτηριστικού των στρατιωτών και τις συνέκρινε με την κανονική κατανομή Gauss. Το μέγιστο σημείο της κανονικής κατανομής ταυτίζεται με τη μέση τιμή των διακυμάνσεων, είναι μοναδικό και ως εκ τούτου καθορίζει μια φυσική κλίμακα. Αντίθετα, η κατανομή δύναμης εκθέτη δεν εμπεριέχει συγκεκριμένη φυσική κλίμακα (αναπαρίσταται με ευθεία γραμμή σε λογαριθμικό διάγραμμα). Η μέση τιμή και η διασπορά αυτής της κατανομής εξαρτώνται από τον εκθέτη α. Συγκεκριμένα, η διασπορά της κατανομής είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστοιχης κανονικής, ενώ για τιμές $\alpha<2$ γίνεται άπειρη! Διακυμάνσεις από τη μέση τιμή μιας παραμέτρου W, *οσοδήποτε μεγάλες,* εμφανίζονται με σχετικά μεγάλη πιθανότητα. Στις περιπτώσεις μάλιστα όπου $\alpha<1$, *δεν υπάρχει καν μέση τιμή* της κατανομής. Αναφορικά με ατομικά χαρακτηριστικά που ακολουθούν τέτοιες κατανομές, ο «μέσος άνθρωπος» του Quetelet απλά δεν υπάρχει.

[183] Για έναν γενικό ορισμό, δες ενότητα 2.5.1.

Παρότι κατανομές δύναμης εκθέτη εμφανίζονται παντού, δεν έχει βρεθεί έως σήμερα γενική θεωρία για την προέλευσή της. Η αντιμετώπισή τους παραμένει κατά κανόνα αποσπασματική, προσαρμοσμένη σε συγκεκριμένο πρόβλημα, όπως φάνηκε με τα μοντέλα που ανταγωνίζονται το B-M στην περιγραφή τ ο υ Σχ. 21. Μεταξύ όσων προσπάθησαν να επιλύσουν το πρόβλημα στη γενική του μορφή ξεχωρίζουν δύο ερευνητές, ένας φυσικός (Per Bak, 1948-2002) και ένας γλωσσολόγος (George Kingsley Zipf, 1902-1950).

Ο Per Bak μελετούσε ένα πρόβλημα συζευγμένων ταλαντωτών, όταν βρέθηκε μπροστά σε μια κατανομή δύναμης εκθέτη.[184] Το μοντέλο μπορούσε να απεικονισθεί με ένα πείραμα στην άμμο. Κάποιος ρίχνει ένα-ένα κόκκο άμμου στο τραπέζι, στο ίδιο σημείο. Οι κόκκοι θα σχηματίσουν εκεί αρχικά ένα μικρό και σχετικά ψηλό λοφίσκο, μέχρις ότου μια πλευρική κατολίσθηση τον πλατύνει. Καθώς εξακολουθούν να πέφτουν κόκκοι στο ίδιο σημείο, θα επαναλαμβάνεται και η διαδικασία ύψωσης ενός λοφίσκου στο κέντρο, που θα πλαταίνει με την επόμενη κατολίσθηση. Οι πλευρικές κατολισθήσεις είναι άλλοτε μικρές (μερικοί κόκκοι άμμου αλλάζουν θέση) και άλλοτε μεγάλες (σημαντικό τμήμα της πλαγιάς μετακινείται). Κάνοντας ένα διάγραμμα της συχνότητας που εμφανίζεται κατολίσθηση κάποιου μεγέθους (όπως στο Σχ. 22), ο Per Bak βρήκε ότι, σε λογαριθμικό χαρτί, ήταν ευθεία.

Το μοντέλο του Bak στηρίχθηκε στη θεωρία των κρίσιμων σημείων στους μετασχηματισμούς φάσης, που αναφέρθηκε στην ενότητα 2.4.2. Σύμφωνα με αυτό, ο λόφος της άμμου βρίσκεται διαρκώς σε κρίσιμο σημείο, που χαρακτηρίζεται από συσχετισμούς μεταξύ των δομικών του μονάδων, κάθε μεγέθους (δες Σχ. 6). Κάθε νέος κόκκος άμμου μπορεί να διεγείρει μια κατολίσθηση οποιουδήποτε μεγέθους συσχετισμένων κόκκων στο λόφο. Δεν είναι δυνατόν όμως να προβλεφθεί ούτε πότε θα συμβεί η επόμενη κατολίσθηση ούτε το μέγεθός της. Η κρίσιμη κατάσταση του συστήματος δεν μπορεί να προϋπολογισθεί ή να προγραμματιστεί από εξωτερικό παράγοντα ή παρατηρητή. Είναι αυτοδημιούργητη, καθώς το φαινόμενο εξελίσσεται και οι κόκκοι συσσωρεύονται. Εξ ου και το όνομα που έδωσε στο μοντέλο του ο Per Bak: “self organized criticality” (αυτο-οργανωμένη κρίσιμη κατάσταση).

[184] Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise. *Physical Review Letters* 59, pp.381-384.

Σχήμα 22: *Πείραμα του Per Bak με κόκκους ρυζιού και αποτέλεσμα για το παρατηρούμενο μέγεθος των πλευρικών κατολισθήσεων.*[185]

Οι λόφοι της άμμου δεν είναι τα μοναδικά συστήματα στη φύση που ακολουθούν power laws. Ο Bak είχε στη διάθεσή του προγενέστερες έρευνες σε πλήθος φαινομένων, ενώ άλλα μελέτησε ο ίδιος διερευνώντας τη γενικότητα του μοντέλου που είχε προτείνει. Οι σεισμοί ήταν ευρύτατα γνωστό ότι εμφάνιζαν κατανομή δύναμης εκθέτη. Ο Bak πρότεινε ότι έτσι απελευθερώνεται ενέργεια που έχει συσσωρευτεί στο φλοιό της γης, ο οποίος βρίσκεται σε διαρκή κρίσιμη κατάσταση γεωλογικής έντασης. Παρόμοια θεώρηση πρότεινε για αντίστοιχα φαινόμενα όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα ή η συχνότητα εμφάνισης ηλιακών κηλίδων. Ο Bak διέκρινε επίσης κατανομές power law στο ρυθμό εξαφάνισης βιολογικών ειδών μελετώντας απολιθώματα. Πίστεψε ότι στο μοντέλο της αυτο-οργανώμενη κρίσιμη κατάσταση θα μπορούσε να συμπυκνωθεί μια πολύ γενική και συνήθης έκφραση της φύσης.

[185] Bak, P. (1996). *How Nature Works.* New York: Springer.

Ο δαίμονας κρύβεται, φυσικά, στη λεπτομέρεια. Και η λεπτομερής ανάλυση των φαινομένων που προαναφέρθηκαν έδειχναν ότι οι εκθέτες που παρατηρούνται σε power laws στη φύση δεν είναι πάντα α=1, όπως αποκλειστικά προέβλεπε το μοντέλο του Bak. Η ειρωνεία είναι ότι ποσοτικές αποκλίσεις από τις προβλέψεις του μοντέλου παρατηρούνται ακόμα και για το σύστημα των κόκκων της άμμου (όπου $\alpha \neq 1$), πάνω στο οποίο χτίστηκε το μοντέλο. Τουλάχιστον, έχει βρεθεί ότι είναι πιο επιτυχές για κόκκους ρυζιού. Παρά την αποτυχία του να περιγράψει στη λεπτομέρειά του κάθε power law που εμφανίζεται στη φύση, το πνεύμα της πρότασης του Bak είναι πολύ θελκτικό. Πολλοί ερευνητές αναρωτήθηκαν αν, εκτός από το φυσικό κόσμο, είναι επίσης εφαρμόσιμο στην κοινωνία. Για παράδειγμα, δεν είναι δύσκολο σε έναν ερευνητή να φανταστεί μια κοινωνία που βρίσκεται στην κόψη του ξυραφιού. Στον φυσικό Mark Buchanan, αυτό θυμίζει έντονα τις συνθήκες από όπου ξεπήδησαν οι δυο παγκόσμιοι πόλεμοι στην Ευρώπη, ξεκινώντας από ένα περιφερειακό έναυσμα στα Βαλκάνια. Προτείνει ότι η ιστορία συρράξεων κάθε μεγέθους και φονικότητας μπορεί να περιγραφεί με ένα τέτοιο μοντέλο.[186]

Αυτός πάντως που πρώτος πίστεψε *ότι κάθε συλλογική κοινωνική συμπεριφορά* εκφράζεται μέσα από κατανομές power law ήταν ο Zipf. Τις ανακάλυψε στη γλώσσα, μετρώντας τη συχνότητα χρήσης λέξεων συγκεκριμένου μήκους. Σε στοιχεία δημογραφικά, καταμετρώντας τον αριθμό των πόλεων με συγκεκριμένο πληθυσμό. Σε στατιστικές γάμων, στη δομή της μουσικής, στις αποστάσεις που καλύπτονται σε ταξείδια. Προσπάθησε να εφαρμόσει τη μεθοδολογία «ελαχιστοποίησης της ενέργειας» της μηχανικής[187], καταστρώνοντας μια “Hamiltonian” της συμπεριφοράς κοινωνικών συνόλων, που εμπεριέχει τη δυναμική και κινητική «ενέργεια» που αυτά εσωκλείουν, και εφαρμόζοντας τις εξισώσεις κίνησης του Hamilton, για να καταλήξει στην παρατηρούμενη κατανομή. Πίστευε στην ακραία ντετερμινιστική θέση ότι με αυτόν τον τρόπο “a systematic social science will make possible an objective social engineering”.[188] Η «ενέργεια» πάντως αυτή είναι πολύ δύσκολο να ορισθεί, αφού, όπως αναγνώρισε και ο ίδιος ο Zipf, κάθε άνθρωπος ενεργεί διαφορετικά, ανάλογα με

[186] Buchannan, M. (2000) *Ubiquity*. London: Weidenfeld & Nicolson.
[187] Ο καλούμενος “Law of least action” αποτελεί βάση για τρόπο επίλυσης προβλημάτων μηχανικής ισοδύναμο με εκείνον που χρησιμοποιεί απ’ ευθείας τις εξισώσεις του Νεύτωνα. Άλλες ισοδύναμες μέθοδοι στη μηχανική είναι οι εξισώσεις Lagrange, η εξίσωση Liouville, κλπ.
[188] Zipf, G. K. (1965). *Human behavior* and *the Principle of Least Effort*. New York: Hafner, p.543

το *πώς θεωρεί ο ίδιος* ότι του κοστίζει κάποια δραστηριότητα σε χρόνο, χρήμα, ψυχολογική πίεση ή οτιδήποτε άλλο.

Το συμπέρασμα και από την προσπάθεια του Zipf στον κοινωνικό τομέα, όπως και από την μεταγενέστερη εκείνη του Bak για τον φυσικό κόσμο, είναι ότι δεν έχει βρεθεί γενική θεωρία για την επίμονη εμφάνιση μη κανονικών ή power law κατανομών, όπου η μέση τιμή δεν αντιστοιχεί σε καμία προεξάρχουσα κλίμακα και όπου ακραία γεγονότα έχουν σημαντική πιθανότητα εμφάνισης. Το ζήτημα αυτό παραμένει πρόκληση για κοινωνικούς φυσικούς και μαθηματικούς, που πιστεύουν ότι σηματοδοτεί αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις δομικές μονάδες των συστημάτων και ενδεχομένως να μπορεί να αντιμετωπιστεί στη γενικότητά του. Ως προς αυτό, τα οικονομικά συστήματα, που αναφέρονται στις διακυμάνσεις της αγοράς ή στην κατανομή πλούτου, δεν παρουσιάζουν καμία ιδιαιτερότητα, έναντι άλλων συστημάτων με παρόμοια συμπεριφορά, στον τομέα έρευνας της φυσικής, βιολογίας, γλωσσολογίας, κλπ. Στην αναζήτηση μιας γενικής περιγραφής, οι κοινωνικοί φυσικοί σήμερα δανείζονται μοντέλα από διάφορους επιστημονικούς τομείς για να μελετήσουν την ισχύ τους σε άλλους. Αυτό φάνηκε από την ευκολία με την οποία οι Bouchaud και Mezard χρησιμοποίησαν το μοντέλο του Gibrat για να περιγράψουν μια εντελώς διαφορετική λειτουργία της αγοράς. Θα φανεί επίσης στο Κεφάλαιο 4, όπου το ίδιο μοντέλο (B-M) για την κατανομή πλούτου θα χρησιμοποιηθεί στην περιγραφή διαλόγου σε ανθρώπινες ομάδες. Σε κάθε περίπτωση, η έλλειψη γενικής θεωρίας (αντίστοιχη της κατανομής του Gauss για τα τυχαία ενδεχόμενα) για ένα τόσο γενικό νόμο μεγάλων αριθμών, θεωρείται σήμερα σημαντική ευκαιρία ανάδειξης της αποτελεσματικότητας της μεθοδολογίας της κοινωνικής φυσικής σε πλήθος, φαινομενικά ασύνδετων μεταξύ τους, επιστημονικών προβλημάτων.

2.8 Δυνατότητες επιλογής, παιγνίδια και κοινωνική φυσική

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν τα «μοντέλα εκπροσώπησης» (“agent based models”), τα οποία ενσωματώνουν την άποψη πως η κοινωνική δομή και δυναμική που εμφανίζουν σύνολα ατομικών μονάδων είναι αποτέλεσμα *απλών κανόνων που χαρακτηρίζουν μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις*. Από τους απλούς αυτούς κανόνες αλληλεπίδρασης προκύπτουν συλλογικές συμπεριφορές, που δύσκολα θα μπορούσαν να προβλεφθούν διαισθητικά. Παράλληλα όμως, η κοινωνική φυσική μελετά και *ατομικές συμπεριφορές* που προκύπτουν από συσχετισμούς και αλληλεπιδράσεις, τη στιγμή που άλλες θεωρήσεις αποδίδουν τη συμπεριφορά σε εσωτερικά χαρακτηριστικά του ατόμου (γενετική προδιάθεση, ιδιοσυγκρασία, διαίσθηση, προκατάληψη, κλπ). Μέσα από αυτές τις μελέτες διερευνάται μεγάλο εύρος ζητημάτων, που μπορούν να αφορούν κοινωνική ένταξη, υποταγή και παραβατική συμπεριφορά, έως και θέματα προσωπικής, επιχειρηματικής ή εθνικής πολιτικής και στρατηγικής,

Από τα μέσα του 20ού αιώνα, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για ανάλυση ατομικών συμπεριφορών μέσα σε κοινωνικό πλαίσιο συμπεριλαμβάνει μοντέλα εκπροσώπησης και θεωρία παιγνίων.

2.8.1 Τα πειράματα του Stanley Milgram

Μπορεί ίσως να θεωρηθεί προφανής η θέση ότι προσωπικές αποφάσεις επηρεάζονται από τον κοινωνικό περίγυρο. Το ερώτημα όμως παραμένει για το πόσο μεγάλη είναι αυτή η επίδραση, αν μπορεί να μετρηθεί και να προβλεφθεί. Ο Stanley Milgram, καθηγητής στο Yale University αποφάσισε να διερευνήσει αν ένα άτομο μπορεί να υποκινηθεί από κοινωνικούς παράγοντες ώστε, παραβαίνοντας κάθε ηθικό κανόνα, να υιοθετήσει ακραία ατομική συμπεριφορά.

Σε μια σειρά πειραμάτων με παραλλαγές της ίδιας βασικής ιδέας, συμμετείχαν τρία άτομα, ο «δάσκαλος», ο «μαθητής» και ο «πειραματιστής». Ο δάσκαλος διάβαζε μια

λίστα από ζευγάρια λέξεων στο μαθητή και μετά τον ρώταγε μια λέξη της λίστας και του ζητούσε να πει με ποια άλλη λέξη είχε ταιριάξει. Κάθε φορά που ο μαθητής έκανε λάθος, ο δάσκαλος πάταγε ένα κουμπί και του προξενούσε ένα ηλεκτροσόκ, παρότι γνώριζε το βεβαρημένο καρδιολογικό ιστορικό του μαθητή. Στην επόμενη λανθασμένη απάντηση το ηλεκτροσόκ ήταν ισχυρότερο (η ηλεκτρική τάση ανέβαινε σε βήματα 15 Volts). Ο μαθητής διαμαρτυρόταν, συχνά χτυπώντας το διαφανές χώρισμα που τον χώριζε από τον δάσκαλο, παρακαλώντας να σταματήσει το πείραμα. Μετά από κάποιο σημείο, ο μαθητής έπαυε πια να αντιδρά. Όμως, το πείραμα σταματούσε μόνο με πρωτοβουλία του δάσκαλου – όταν είχε ισχυρές αντιρρήσεις ή όταν είχε διοχετεύσει στο μαθητή τη μεγαλύτερη τάση, 450 Volts, τρεις συνεχόμενες φορές. Ο πειραματιστής απλά προέτρεπε το δάσκαλο να συνεχίσει, μέχρι τέσσερις φορές λέγοντας κατά σειρά:

- Παρακαλώ *να συνεχίσετε*.
- Το πείραμα απαιτεί *να συνεχίσετε*.
- Είναι απολύτως ουσιώδες *να συνεχίσετε*.
- Δεν έχετε άλλη επιλογή, *πρέπει να συνεχίσετε*.

Ο πειραματιστής και ο μαθητής είχαν προσυνεννοηθεί και υποκρινόντουσαν. Τα σοκ δεν ήταν αληθινά, αλλά ο δάσκαλος το αγνοούσε.

Τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά. Από τους 40, οι 26 δάσκαλοι έφτασαν να διοχετεύσουν τρεις συνεχόμενες φορές 450 V. Κάποιοι διατύπωναν αντιρρήσεις μετά από τα 135 V, αλλά συνήθως συνέχιζαν. Μόνον ένας σταμάτησε πριν τα 300 V. Κάποιοι εμφάνιζαν στοιχεία έντονου στρες ή γελούσαν νευρικά.

Σε μία από της εκδοχές του πειράματος, το λεγόμενο «πείραμα 18», ο καθηγητής υποδείκνυε σε ένα άλλο άτομο να διοχετεύσει το ηλεκτρικό ρεύμα. Από τους 40 δασκάλους, οι 37 συνέχισαν το πείραμα μέχρι τέλους, διοχετεύοντας 450 V.

Το πείραμα έδειξε ότι κάτω από το «πρόσχημα» της υποταγής και μη απόδοσης ευθυνών, ένα άτομο παραμερίζει ηθικές αξίες που συνήθως ακολουθεί. Χρησιμοποιήθηκε μάλιστα ως μοντέλο για να «εξηγηθούν» σφαγές αμάχων και παιδιών από Γερμανούς στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και από Αμερικανούς στον πόλεμο του Βιετνάμ. Οι εξηγήσεις που πρότεινε ο Milgram απέδιδαν το πειραματικό

αποτέλεσμα σε ψυχολογικούς παράγοντες, που μεταβάλλονται ριζικά όταν δεν υπάρχει πιθανότητα ανάληψης ευθύνης.

Από τη σκοπιά της κοινωνικής φυσικής, το συγκεκριμένο πείραμα δεν έχει αναλυθεί πλήρως. Όμως, δεν απέχει πολύ από προβλήματα που εξετάζει η κοινωνική φυσική, αφού η αλλαγή αυτή ατομικής συμπεριφοράς:

- Είναι αποτέλεσμα κοινωνικής αλληλεπίδρασης.
- Χαρακτηρίζεται από μεγάλη απόκλιση από τη «μέση συμπεριφορά» που προϋποθέτει η θεώρηση του μέσου ανθρώπου του Quetelet.
- Εμφανίζει εντυπωσιακή επαναληψιμότητα. Μπορεί να εκληφθεί ως κοινωνικός νόμος.

Μια ανάλυση στα πλαίσια των μοντέλων εκπροσώπησης θα θεωρούσε ενδεχομένως το πρόβλημα της συγκεκριμένης ατομικής συμπεριφοράς, ως μια ειδική λύση ενός γενικότερου προβλήματος που αντιμετωπίζει συμμετρικά «ηθική» και «μη ηθική» συμπεριφορά. Η «μη ηθική» συμπεριφορά, που εμφανίζει το άτομο στο συγκεκριμένο πείραμα σε συνθήκες υποταγής, θα μπορούσε να παραλληλιστεί με την (αντίθετη) «ηθική» στάση, με την κοινωνική νόρμα δηλαδή με την οποία εμποτίζεται το ίδιο άτομο, σε συνθήκες επίσης διδασκαλίας-υποταγής, σε άλλο ηλικιακό στάδιο της ζωής του.[189]

2.8.2 Κοινωνική προσαρμογή – Το παιγνίδι της μειοψηφίας

Οι κοινωνικά αποδεκτές (ή έστω οι συνήθεις) ατομικές συμπεριφορές αποτελούν ένα μικρό μόνον υποσύνολο των επιλογών που δυνητικά έχει ένας άνθρωπος. Σύμφωνα με τα μοντέλα εκπροσώπησης, ο περιορισμός των επιλογών δεν είναι αποκλειστικά αποτέλεσμα καταναγκασμού, αλλά μπορεί *να προκύπτει* από κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ όντων που ελεύθερα προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν ατομική ωφέλεια.

[189] Μια τέτοια γενική θέση διαφαίνεται στο Buchanan, M. (2002). *NEXUS - Small Worlds and the Science of Networks*. New York and London: W.W. Norton and Co, p. 201.

Αυτό μπορεί να επιδειχθεί εύκολα, αν αναφερθούμε στο «παιγνίδι της μειοψηφίας». Προτάθηκε το 1997 από τους Damien Challet και Yi-Cheng Zhang, και αποτελεί μαθηματικά αυστηρότερη διατύπωση ενός προβλήματος που διερευνούσε ο οικονομολόγος Brian Arthur.[190] Κάθε συμμετέχων στο «παιγνίδι» είχε δύο επιλογές (πχ, 0 ή 1, να πάει ή να μην πάει στο νυχτερινό κέντρο, κλπ). Κάθε φορά επέλεγε με στόχο να βρεθεί στη μειοψηφία των συμμετεχόντων. Προφανώς, αγνοούσε τι θα αποφάσιζαν οι υπόλοιποι, αλλά κρατούσε στη μνήμη του κατά πόσο προηγούμενες επιλογές του ήταν πετυχημένες. Δοκίμαζε διάφορες στρατηγικές, γνωρίζοντας την προηγούμενη στάση των συμμετεχόντων και επέλεγε αυτή με τα καλύτερα αποτελέσματα. Τελικά, ο βαθμός επιτυχίας του ήταν 50%, όσο δηλαδή και αν αποφάσιζε με τυχαίο τρόπο.

Όμως, υπάρχει μια διαφορά του αποτελέσματος, από όταν το άτομο παίρνει τυχαίες επιλογές: Οι διακυμάνσεις κάθε μιας από τις επιλογές των συμμετεχόντων (πχ, 0 ή 1) είναι μικρότερες όσο αυτοί υιοθετούν σταδιακά τις στρατηγικές που φαίνονται πιο αποτελεσματικές (Σχ. 23). Μέσα από μια Δαρβινική εξελικτική διαδικασία, οι συμμετέχοντες αποκτούν νομαδική συμπεριφορά.[191] Ο περιορισμός στις διακυμάνσεις χαρακτηρίζει παιγνίδια που καλούνται «αποδοτικά» ("efficient games").

Στο παιγνίδι της μειοψηφίας, η νομαδική συμπεριφορά δεν προέκυψε από κάποια ψυχολογική τάση ενός συμμετέχοντος να ακολουθήσει τις επιλογές του διπλανού του. Προέκυψε από ατομικές εκτιμήσεις για συμπεριφορές συνόλων, στην προσπάθεια να μεγιστοποιηθεί το προσωπικό όφελος και χρησιμοποιώντας περιορισμένη πληροφόρηση. Δηλαδή, μια καθαρά «ανθρώπινη» συμπεριφορά, που διακρίνεται σε

[190] Η εκδοχή του Arthur έφερε την ονομασία «πρόβλημα του El Farol», από το ομώνυμο μπαρ στην πόλη Santa Fe των ΗΠΑ. Το μπαρ αποτελούσε σημαντικό σημείο διασκέδασης, όπου συναθροίζονταν και ερευνητές του ινστιτούτου κοινωνικών σπουδών "Santa Fe Institute", όπου εργαζόταν ο Arthur. Το ερώτημα στο πρόβλημα ήταν αν μπορούσε κάποιος να προβλέψει και να πάει στο El Farol για να διασκεδάσει, όταν αυτό δεν θα ήταν υπερβολικά γεμάτο κόσμο (θέτοντας αυθαίρετα ως ανεκτό όριο το 60% της μέγιστης χωρητικότητάς του). Η άλλη του επιλογή ήταν να μείνει σπίτι. Και στις δύο περιπτώσεις, είτε πηγαίνοντας στο El Farol, είτε μένοντας σπίτι, το άτομο επιθυμούσε να είναι στη μειοψηφία. Ο Arthur διερεύνησε διάφορες ατομικές στρατηγικές (πχ, να προβλέπει κάποιος ότι η κατάσταση θα ήταν όπως και την προηγούμενη εβδομάδα ή ό,τι έδειχνε ο μέσος όρος των τριών τελευταίων ημερών, κλπ). Βρήκε ότι, παρότι καμία στρατηγική δεν είναι τέλεια, οι πελάτες προσαρμόζονταν σε τακτικές που έφερναν καλύτερα αποτελέσματα και τελικά η παρουσία τους κατά μέσο όρο κάθε νύχτα ήταν 60% (το ανεκτό όριο που είχε θέσει).

[191] Οι Challet και Zhang πρότειναν και άλλες εκδοχές του παιγνιδιού της μειοψηφίας, με στόχο να το προσαρμόσουν σε φαινόμενα που εμφανίζονται στη λειτουργία της αγοράς.

πλήθος ατομικών αποφάσεων (συμπεριλαμβανόμενων αποφάσεων κερδοσκόπων στις χρηματιστηριακές αγορές, όπως έχει αναφερθεί στο §2.6), προέκυψε από απλή μηχανιστική αντίδραση αυτοματοποιημένων ρομπότ.

Σχήμα 23: *Διακυμάνσεις στο αποτέλεσμα του παιγνιδιού της μειοψηφίας. Απεικονίζονται οι διακυμάνσεις των συμμετεχόντων στο παιγνίδι όταν επιλέγουν με τυχαίο τρόπο (αριστερά) και όταν σταδιακά απορρίπτουν τις μη αποτελεσματικές στρατηγικές (δεξιά).* [192]

Υπάρχουν δύο ακόμα μεθοδολογικά στοιχεία που πρέπει να τονιστούν για το παιγνίδι της μειοψηφίας.

Το πρώτο είναι ότι, κατά τη διάρκεια του παιγνιδιού, *οι συμμετέχοντες αλλάζουν ατομικές στρατηγικές,* δοκιμάζοντας διαφορετικούς κανόνες που καταστρώνουν, χρησιμοποιώντας πληροφορία από προηγούμενες φορές που συμμετείχαν στο παιγνίδι. Με αυτόν τον τρόπο αυτοί καταλήγουν στην πλέον αποτελεσματική στρατηγική και το σύνολο των συμμετεχόντων αποκτά μειωμένες διακυμάνσεις. Στη γλώσσα της κοινωνικής φυσικής, η διαδικασία αυτή ονομάζεται *προσαρμογή*. Στη γενική της μορφή, η προσαρμογή επιτυγχάνεται με τη μερική μεταβολή μιας στρατηγικής με στόχο την εύρεση μιας αποτελεσματικότερης. Επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: Είτε εισάγοντες τυχαίες μικρο-αλλαγές στη στρατηγική, είτε αντικαθιστώντας μεγάλα τμήματά της (ως εάν η στρατηγική αποτελείτο από μεγάλες

[192] Challet, D., and Zhang, Y-C. (1997). Emergence of Cooperation and Organization in an Evolutionary Game. *Physica A 246,* 407.

δομικές μονάδες).[193] Αυτό θυμίζει τις βιολογικές αλλαγές που προκύπτουν με αλλαγές στα χρωματοσώματα. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου παιγνιδιού, η αλλαγές αφορούν αντικατάσταση της λιγότερο αποτελεσματικής στρατηγικής είτε με κάποια άλλη επιλεγμένη τυχαία είτε με εκείνην που έχει μέχρι τότε αποδειχθεί περισσότερο αποτελεσματική.

Το δεύτερο σημείο αναφέρεται στην πληροφορία, που είναι απαραίτητη για την κατάστρωση μιας επιτυχούς στρατηγικής. Σε γενικές γραμμές, όταν κάθε συμμετέχων επιλέγει με βάση πληροφορία από M προηγούμενους γύρους του παιγνιδιού, έχει στη διάθεσή του 2^M δυνατές στρατηγικές. Όταν ο λόγος $\rho=2^M/M$ είναι πολύ μικρός (δηλαδή, το M πολύ μικρό), τότε υπάρχουν πολύ λίγες επιλογές στρατηγικής και η εξέλιξη και προσαρμογή είναι δύσκολη. Στο αντίθετο άκρο, όταν ο λόγος ρ είναι πολύ μεγάλος, οι δυνητικές στρατηγικές είναι εξαιρετικά πολλές, για να μπορέσει το παιγνίδι να διακρίνει τις πλέον αποτελεσματικές. Η προσαρμογή επιτυγχάνεται μόνον με ενδιάμεσες τιμές του ρ. Για να είναι ένα παιγνίδι αποτελεσματικό, οι συμμετέχοντες μαθαίνουν να σκέφτονται σε βάθος βημάτων τέτοιο, όσο και μόνον όσο είναι απαραίτητο για να εξελιχθεί αποτελεσματικά η στρατηγική τους.

Συμπερασματικά, *τα αποδοτικά παιγνίδια χαρακτηρίζουν περιορισμένες (αλλά όχι πάρα πολύ περιορισμένες) επιλογές συμμετεχόντων, οι οποίοι αλλάζουν στρατηγικές κατά τη διάρκεια του παιγνιδιού.*

2.8.3 Κοινωνικά παιγνίδια και ατομικά οφέλη

Ο όρος «παιγνίδι» χρησιμοποιείται όταν οι αποφάσεις κάθε συμμετέχοντα εξαρτώνται από τις αποφάσεις των συμπαικτών του. Οι παίκτες, προσπαθώντας να βρουν τις αποτελεσματικότερες κινήσεις, παρακολουθούν ιστορικά στοιχεία και εστιάζουν ενσυνείδητα σε συγκεκριμένες επιλογές, στα πλαίσια στρατηγικών που

[193] Τυχαίες μικροαλλαγές επιτρέπουν στο σύστημα να μην εγκλωβιστεί σε μετασταθείς καταστάσεις. Για παράδειγμα έστω ότι το σύστημα ανεβαίνει μια καμπύλη δυναμικού (όπως κάποιος ανεβαίνει ένα βουνό). Εάν του επιτρέπονται μόνο ανοδικά βήματα, τότε θα καταλήξει σε κορυφή δυναμικού (βουνού) που μπορεί να μην είναι η ψηλότερη. Επιτρέποντας τυχαία βήματα και προς την άλλη κατεύθυνση (προς τα κάτω), το σύστημα δεν εγκλωβίζεται στο τοπικό μέγιστο.

υιοθετούν. Στο παιγνίδι της μειοψηφίας που αναφέρθηκε παραπάνω, διάφορες στρατηγικές παικτών σταθεροποιούν τις επιλογές τους και περιορίζουν τις διακυμάνσεις του οφέλους που απολαμβάνουν. Τα απλούστερα παιγνίδια είναι τα «2×2», που παίζονται με δύο παίκτες, οι οποίοι έχουν δύο επιλογές ο καθένας. Σε πολλά από αυτά τα παιγνίδια δεν είναι φανερό ποια είναι η βέλτιστη στρατηγική.[194] Από τα μέσα του 20ού αιώνα είναι αντικείμενο εντατικής έρευνας, καθώς θεωρούνται σημαντικά (μεταξύ άλλων) και για τη χάραξη εξωτερικής εθνικής πολιτικής.

Τα 2×2 παιγνίδια μπορούν να καταμετρηθούν και να ταξινομηθούν. Για κάθε παίκτη με δύο επιλογές υπάρχουν τέσσερα δυνατά αποτελέσματα (δύο όπου συμφωνεί και δύο όπου διαφωνεί με τον συμπαίκτη του). Για κάθε αποτέλεσμα μπορεί να έχει διαφορετικό όφελος, ας υποθέσουμε ότι ισούται με 0, 1, 2 ή 3.[195] Άρα, σε οποιοδήποτε παιγνίδι 2×2, το όφελός του κάθε παίκτη θα καθορίζεται από έναν συνδυασμό των αριθμών 0, 1, 2 ή 3. Υπάρχουν 4!=24 συνδυασμοί αυτών των τιμών. Για δύο παίκτες υπάρχουν επομένως 24×24 = 576 παιγνίδια, που καλύπτουν κάθε συνδυασμό οφέλους. Από αυτά μόνο τα 78 διαφέρουν μεταξύ τους. Τα 12 έχουν συμμετρικά οφέλη για τους δύο παίκτες.

Ο Hobbes είχε διατυπώσει περιφραστικά ένα από αυτά, πολύ προτού στραφούν επάνω του τα επιστημονικά εργαστήρια του 20ού αιώνα.[196] Είναι το λεγόμενο Δίλημμα του Φυλακισμένου (“Prisoner’s Dilemma”) και μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Δυο φυλακισμένοι έχουν τη δυνατότητα να καταδώσουν ο ένας τον άλλο. Αν δεν το κάνουν, τους απονέμεται μικρή ποινή. Αν και οι δύο προδώσουν, η ποινή τους είναι μεγαλύτερη. Αν μόνο ένας καταδώσει, τότε ελευθερώνεται, «καίγοντας» τον

[194] Υπάρχουν παιγνίδια, των οποίων η βέλτιστη στρατηγική είναι εύκολο να βρεθεί. Παράδειγμα η τρίλιζα, την οποία, ως εκ τούτου, μπορούν να απολαμβάνουν μόνον κάποια παιδιά. Το σκάκι, από την άλλη μεριά, έχει πολλούς δυνατούς συνδυασμούς κινήσεων, για τις οποίες δεν έχει βρεθεί ακόμη η βέλτιστη στρατηγική. Άπαξ όμως και βρεθεί, το ενδιαφέρον για το σκάκι, σύμφωνα με τον Feynman, θα εξατμιστεί αυτομάτως.

[195] Οι τιμές αυτές είναι αυθαίρετες και είναι αντίστοιχες με τις 1, 2, 3 και 4 που χρησιμοποιήθηκαν στην ταξινόμηση των 2×2 παιγνιδιών από τους Rapoport και Guyer (1966). Φυσικά, αν αφήσουμε το όφελος να παίρνει οποιαδήποτε τιμή, τότε τα παιγνίδια αυτά είναι άπειρα. Δες Rapaport, A., and Guyer, M. (1996). A taxonomy of 2×2 games. *Yearbook of the Society of General Systems Research* 11:203-14.

[196] Σημαντική έρευνα (συχνά μυστική) γίνεται στο Αμερικανικό RAND Corporation, από το 1946. Εκεί συμμετείχαν ως εξωτερικοί συνεργάτες οι μαθηματικοί John von Neumann, Norman Shapiro και John Forbes Nash (βραβείο Νόμπελ), οι οικονομολόγοι Paul Samuelson και Thomas Schelling (βραβευμένοι με Νόμπελ), ο φιλόσοφος W. V. Quine, ο Douglas Merrill (πρόεδρος της Google και της EMI), πολιτικοί όπως ο Donald Rumsfeld και η Condoleezza Rice, κλπ.

άλλο, που καταδικάζεται σε ποινή βαρύτατη. Ο Hobbes πρότεινε την πρώτη λύση, της αμφίπλευρης συνεργασίας:

> *"That a man be willing, when others are so too, as farre-forth, as for Peace, and defence to himselfe he shall think it necessary, to lay down this right to all things; and be contented with so much liberty against other men, as he would allow other men against himselfe."*[197]

Για να εξασφαλιστεί η λύση αυτή στο Παιγνίδι του Φυλακισμένου, ο Λεβιάθαν ερχόταν να τιμωρήσει την προδοσία. Γιατί ο Hobbes ήταν σίγουρος, όπως άλλωστε δείχνει ένας απλός υπολογισμός, ότι αν του δινόταν μόνο μία ευκαιρία, ο φυλακισμένος θα πρόδιδε. Σε αυτή την περίπτωση, το όφελός του θα ήταν πολύ μεγάλο αν ο άλλος φυλακισμένος σιωπούσε, ενώ διακινδύνευε απλώς μια μέτρια αύξηση της ποινής (εάν ο άλλος πρόδιδε). Από την άλλη μεριά, ο Locke είχε και αυτός διαπιστώσει το πρόβλημα και τιμωρούσε την προδοσία στην Πολιτεία του. Απλά, για να αποφύγει τον απόλυτο άρχοντα του Hobbes, αντιπρότεινε ότι οι άνθρωποι μπορούν να οπλιστούν με Λογική ("Reason"), ώστε να υιοθετήσουν χωρίς εξαναγκασμό τη στρατηγική της συνεργασίας.

Όταν το παιγνίδι δεν παίζεται μόνο μία φορά αλλά επαναλαμβάνεται, τότε οι στρατηγικές που μπορεί κανείς να ακολουθήσει είναι πολλές. Η αμέριστη συνεργασία με τον συμπαίκτη είναι μία μόνο από αυτές. Η διαρκής προδοσία ή η προδοσία κάθε (πχ) τέταρτο γύρο παιγνιδιού είναι μια άλλη. Ο Ιουδαϊκός νόμος, με το «οφθαλμός αντί οφθαλμού», προσφέρει επίσης μια διαφορετική στρατηγική. Μια προσπάθεια να βρεθεί, αν υπάρχει, βέλτιστη στρατηγική ξεκίνησε ο Robert Axelrod[198], κάνοντας το εξής πείραμα στον υπολογιστή: Κάθε στρατηγική θα αναμετριόταν με μια άλλη για πολλούς γύρους. Θα νικούσε αυτή που αντιστοιχούσε στο μεγαλύτερο όφελος, συγκεντρωτικά, στο τέλος των γύρων. Στην πρώτη σειρά παιγνιδιών συναγωνίστηκαν 14 στρατηγικές. Νικήτρια ήταν η "Tit-for-Tat" (που στον πρώτο γύρο δεν προδίδει, ενώ μετά ακολουθεί πιστά το «οφθαλμός αντί οφθαλμού»).

---

[197] Κατά τον Hobbes, αυτή η διατύπωση αντιστοιχεί στον 2ο νόμο της φύσης. Αυτός προκύπτει από το θεμελιώδη νόμο της φύσης "To seek Peace, and follow it" και συμπληρώνει το Δίκαιο της Φύσης "By all means we can, to defend our selves." T. Hobbes (1651), *Leviathan*, ed. C.B. Macpherson (1985), p. 190, Penguin, London. Δες επίσης την ενότητα 2.1.1.

[198] Axelrod, R. (1987). The evolutionary approach to Norms. *American Political Science Review* 80, 1095-1111.

Υπήρξε και δεύτερη σειρά διαγωνισμού με 62 διαφορετικές στρατηγικές που προτάθηκαν από επιστήμονες και ακαδημαϊκούς, computer hobbyists, ένα δεκάχρονο παιδί, κλπ. Νίκησε πάλι το Tit-for-Tat.

Αν υπάρχει κάτι αισιόδοξο στο Tit-for-Tat είναι ότι δεν πρέπει να είσαι ο πρώτος που θα προδώσεις και ότι, σε αυτή την περίπτωση, ο αλτρουισμός μπορεί να νικήσει. Υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα, ακόμα και αν αντιπαλεύεις αυτή την πολύ επιτυχημένη στρατηγική, να συνεργαστείς μαζί της για πάντα. Σε αντίθετη περίπτωση, το Tit-for-Tat ανταποδίδει αμέσως την προδοσία, και μπορεί να εμπλακεί σε μια χωρίς τέλος ακολουθία γύρων εκδίκησης.[199]

Στρατηγικές Tit-for-Tat έχουν εντοπιστεί σε διάφορους βιολογικούς οργανισμούς – σε νυχτερίδες βαμπίρ, στο ψάρι γαστερόστεος, σε πιθήκους, αλλά και σε μικρόβια. Είναι δύσκολο να αποδοθεί αλτρουισμός σε μικρόβια. Το ερώτημα επομένως που προκύπτει είναι αν μπορεί να εγγράφεται η στρατηγική, με την οποία επιλέγει ένας οργανισμός (ή και ο άνθρωπος), στο γενετικό του κώδικα. Γιατί τότε, η εγγραφή αυτή ξεκίνησε από την εμπειρία της κοινωνικής αλληλεπίδρασης και κατέληξε να υλοποιηθεί από μια εξελικτική βιολογική διαδικασία, ως ατομική συμπεριφορά.

Η μεγάλη σταθερότητα της στρατηγικής Tit-for-Tat έχει πολλές φορές χρησιμοποιηθεί με τρόπο που παραφράζει τα αποτελέσματα του Axelrod. Για παράδειγμα, η αντεκδίκηση χρησιμοποιείται ως επιχείρημα υπέρ της θανατικής ποινής. Όμως, δεν είναι σίγουρο ότι κάποιος μπορεί να παραδειγματιστεί από κάτι που παθαίνει κάποιος άλλος. Αυτό μπορεί να συμβεί, αλλά δεν είναι κάτι που η θεωρία παιγνίων υποδεικνύει. Επίσης, τα παιγνίδια στρατηγικής Tit-for-Tat ήταν δημοφιλή κατά διάρκεια του ψυχρού πολέμου. Αντίστοιχα παιγνίδια στρατηγικής αφορούσαν το παιγνίδι «Κότα» (“Chicken”) κατά τη διάρκεια, για παράδειγμα, της κρίσης των πυραύλων στην Κούβα και τον ανταγωνισμό μεταξύ του Τζων Φ. Κέννεντυ και του Νικήτα Χρουτσώφ.[200] Όμως, κανένα συμπέρασμα δεν θα μπορούσε

[199] Axelrod, R., and Hamilton, W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science* 211, 1390-1396.
[200] Το παιγνίδι μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Δύο οδηγοί τρέχουν με τα αυτοκίνητά ο ένας ενάντια στον άλλον. Ο πρώτος που στρίβει το τιμόνι για να αποφύγει την σύγκρουση ονομάζεται «κότα» (“chicken”) και ο άλλος έχει το μέγιστο όφελος. Αν στρίψουν και οι δύο έχουν το ίδιο (μικρότερο) όφελος. Εάν δεν στρίψει κανείς, τότε συγκρούονται και το όφελος μηδενίζεται. Ο Bernard Russell το

να βγει από την μοναδική φορά που το παιγνίδι θα παιζόταν από τις δυο υπερδυνάμεις.

Ο αλτρουισμός και η συνεργασία από το φόβο του ανταγωνισμού στο Tit-for-Tat αποτελεί ίσως μια απλοϊκή προσέγγιση σε ζητήματα που αφορούν ατομική συμπεριφορές μέσα στο κοινωνικό σύνολο, τα οποία είναι πολύ πιο σύνθετα. Υποδεικνύει όμως ότι η τάση να αυτό-οργανώνονται τα άτομα σε κοινωνικές ομάδες ή σε εταιρείες με οριζόντια οργάνωση (βασιζόμενη στη συνεργασία) ή κατακόρυφη ιεραρχική δομή (βασισμένη στην υποταγή) μπορεί *να προκύψει* από τη συμμετοχή σε κοινωνικά παιγνίδια. Σύμφωνα με τον κοινωνιολόγο Mark Granovetter:

> *"Any account of human interaction, which limits explanation to individual interests, abstracts away from fundamental aspects of relationships which characterize economic as well as any other action. In particular, horizontal relationships may involve trust and cooperation, and vertical relationships power and compliance, well beyond what individuals' incentives can explain. Trust and power drive a wedge between interests and action."*[201]

Η ανάλυση διμερών αλληλεπιδράσεων με παιγνίδια δεν μπορεί φυσικά να εξαντλήσει γενικότερα θέματα ατομικής συμπεριφοράς που άπτονται ζητημάτων οργάνωσης, δημοκρατίας και ποινικού δικαίου. Ούτε είναι επαρκές θεωρητικό εργαλείο για να περιγράψει τις κοινωνικές προϋποθέσεις, κάτω από τις οποίες εκφράζονται ατομικά συναισθήματα, σαν την ξενοφοβία ή το ρατσισμό. Αυτά είναι

παρομοίασε με τον ανταγωνισμό των υπερδυνάμεων στην κρίση της Κούβας, στην οποία είχε παρέμβει ενεργά για να επιλυθεί, πριν ήταν πολύ αργά. Για το θέμα αυτό αναφέρει: "Since the nuclear stalemate became apparent, the Governments of East and West have adopted the policy which Mr. Dulles calls 'brinkmanship'. This is a policy adapted from a sport which, I am told, is practiced by some youthful degenerates. This sport is called 'Chicken!'… As played by irresponsible boys, this game is considered decadent and immoral, though only the lives of the players are risked. But when the game is played by eminent statesmen, who risk not only their own lives but those of many hundreds of millions of human beings, it is thought on both sides that the statesmen on one side are displaying a high degree of wisdom and courage, and only the statesmen on the other side are reprehensible. This, of course, is absurd. Both are to blame for playing such an incredibly dangerous game. The game may be played without misfortune a few times, but sooner or later it will come to be felt that loss of face is more dreadful than nuclear annihilation. The moment will come when neither side can face the derisive cry of 'Chicken!' from the other side. When that moment is come, the statesmen of both sides will plunge the world into destruction." Δες, Russell, B.W. (1959). *Common Sense and Nuclear Warfare*. London: George Allen and Unwin.

[201] Granovetter, M. (2001). A theoretical agenda for Economic Sociology. In M. F. Guillen, R. Collins, P. England and M. Meyer, eds., *Economic Sociology at the millennium.* New York: Russell Sage Foundation.

αποτελέσματα πολύ πιο πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ ατόμων (συχνά περισσοτέρων των δύο), που διερευνά η θεωρία παιγνίων. Σε αυτή την κατεύθυνση συμπεριλαμβάνονται μελέτες για παίκτες που αλλάζουν, όχι μόνο στρατηγικές, αλλά και παιγνίδι. Μπορούν, για παράδειγμα, να εναλλάσσουν το Δίλημμα του Φυλακισμένου με το παιγνίδι της Μάχης των Φύλων ("Battle of Sexes")[202] ή εκείνο της Κότας. Άλλες πάλι μελέτες διερευνούν τον τρόπο με το οποίο μεταβάλλονται οι στρατηγικές στο Δίλημμα του Φυλακισμένου, όταν διατίθεται πληροφορία για τον αντίπαλο παίκτη μέσω ανταλλαγής επικοινωνίας.

Συμπερασματικά, από τα μέσα του 20ού αιώνα, η κοινωνική φυσική με τα μοντέλα εκπροσώπησης και τη θεωρία παιγνίων προτείνει μια μεθοδολογία για ανάλυση ατομικών συμπεριφορών βιολογικών οργανισμών μέσα στο κοινωνικό τους πλαίσιο. Στο ζήτημα που διατρέχει την παρούσα εργασία από το πρώτο υποκεφάλαιο έως εδώ προτείνεται ότι η διάθεση συνεργασίας δεν προκύπτει μόνο ως αποτέλεσμα σκληρής επιβολής, όπως στον Hobbes, ούτε αυθόρμητης συναίνεσης, όπως στον Locke. Μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και όταν τα άτομα μετρούν αποκλειστικά το προσωπικό τους όφελος. Και αυτό είναι ένα πολύ αισιόδοξο μήνυμα για θέματα δημοκρατίας και τις μελέτες της πολιτικής θεωρίας. Συνάδει επίσης με τη θεώρηση του Adam Smith στην αφετηρία της οικονομικής επιστήμης. Η γενικότητα δε, με την οποία μπορούν να διατυπωθούν οι διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, που βασίζονται σε ωφελιμισμό, επιβολή ή εμπιστοσύνη, δίνει τη δυνατότητα για μια κοινή αντιμετώπιση φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος σε θέματα συμπεριφοράς, επικοινωνίας, οργάνωσης, διοίκησης και οικονομίας.

[202] Το παιγνίδι "Battle of Sexes" μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Ένα ζευγάρι θυμάται ότι έδωσε ραντεβού, αλλά κανείς από του δυο δεν θυμάται (πχ, λόγω κατανάλωσης αλκοόλ) αν συμφώνησαν να συναντηθούν στην όπερα ή στο γήπεδο για να παρακολουθήσουν ποδοσφαιρικό αγώνα. Ξεκινούν για τον τόπο του ραντεβού χωρίς να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Αν πάνε σε διαφορετικά μέρη, το όφελος για τον καθένα είναι μηδέν. Αν συναντηθούν στην όπερα, το όφελος για την γυναίκα που προτιμά αυτόν τον τύπο της διασκέδασης είναι 3 και για τον άντρα 2. Αν συναντηθούν στο γήπεδο, το όφελος, αντίστροφα, είναι 2 για τη γυναίκα και 3 για τον άνδρα.

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ

3.1 Ετερογενή σύνολα αλληλεπιδρώντων ατόμων

Τα μοντέλα εκπροσώπησης της κοινωνικής φυσικής, που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 2, αντιμετωπίζουν με τον ίδιο τρόπο σύνολα αλληλεπιδρώντων ατόμων, είτε τα άτομα αυτά είναι έμβια όντα είτε μη έμβια αντικείμενα. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στα ελάχιστα εκείνα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ατόμων (πρόσημο, ισχύς, εμβέλεια, επιλεκτικότητα και φορά), τα οποία επαρκούν για να περιγράψουν στοιχεία της διάταξής τους στο χώρο ή της κίνησής τους. Όταν δε η αλληλεπίδραση των ομοειδών ατόμων μπορεί να περιγραφεί με τους γενικούς όρους ενός παιγνιδιού, τότε τα μοντέλα εκπροσώπησης καταδεικνύουν ότι δυναμικά χαρακτηριστικά του συνόλου οδηγούν σε επικρατούσες ατομικές συμπεριφορές, ως εάν τα άτομα να τις επέλεγαν «συνειδητά», ακολουθώντας κάποια ψυχολογική προδιάθεση. Κατ' αυτόν τον τρόπο διαφαίνεται η κεντρική θέση της κοινωνικής φυσικής, ότι γενικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ομοειδών ατόμων γεφυρώνουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά μορφολογίας και δυναμικής του συνόλου με μικροσκοπικές ατομικές επιλογές και συμπεριφορές. Στα σύνολα έμβιων ή μη έμβιων ατόμων που μελετώνται δεν είναι απαραίτητη καμία αναφορά σε ατομική προθεσιακότητα ή σε εσωτερικές προτιμήσεις και τάσεις του ατόμου.

Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται σε *ετερογενή* σύνολα αλληλεπιδρώντων ατόμων. Εδώ τα άτομα μπορεί να είναι έμβια όντα, τεχνολογικά αντικείμενα, οργανισμοί με δική τους εσωτερική δομή, κείμενα, κλπ. Τέτοια σύνολα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον για την μελέτη της λειτουργίας πολύπλοκων τεχνουργημάτων, σύνθετων βιολογικών οργανισμών, κοινωνικών συνόλων ή οργανωτικών δομών. Οι μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν κυρίως μετά τον 2° παγκόσμιο πόλεμο προϋποθέτουν ασαφή όρια μεταξύ έμβιου και μη έμβιου όντος. Αυτό δεν είναι έξω από την κεντρική θέση της κοινωνικής φυσικής που, όπως είδαμε, αγνοεί προθεσιακότητα στα άτομα. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τέτοιων ατόμων αναγκαστικά γενικεύονται, και περιγράφονται φορμαλιστικά ως ανταλλαγή πληροφορίας, η οποία εκφράζεται μέσα από σχέσεις ελέγχου (control), εμπιστοσύνης (trust), αποστολής ή/και αποδοχής

«δώρου» (reciprocal and/or nonreciprocal “gift”) μεταξύ των ατόμων. Οι μεθοδολογίες ανάλυσης τέτοιων ετερογενών συνόλων είναι δύο – η μία (η επιστήμη της κυβερνητικής) στηρίζεται στην έννοια του συστήματος και η άλλη στην έννοια του δικτύου.

Το κεφάλαιο παρακολουθεί την ιστορική διαδρομή της ανάπτυξης των μεθοδολογιών συστημάτων και δικτύων, παράλληλα με τις προσπάθειες ανταλλαγής εννοιολογικών μεταφορών μεταξύ φυσικών και κοινωνικών επιστημών. Δομείται ως εξής:

- Στο πρώτο μέρος (§ 3.2, 3.3, 3.4) γίνεται αναφορά στις έννοιες του συστήματος και του δικτύου, όπως ορίσθηκαν στις θετικές επιστήμες και χρησιμοποιούνται στην κοινωνική φυσική. Κεντρικός άξονας που διαπερνά την αναφορά αυτή αποτελεί η ανθρώπινη προθεσιακότητα, η μελέτη της δραστηριότητας του ανθρώπου συμμετρικά με τη δράση κατώτερων βιολογικών οργανισμών ή (μη έμβιων) τεχνημάτων και μηχανών.

- Στο δεύτερο μέρος (§ 3.5) περιγράφονται οι ερευνητικές κατευθύνσεις της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, η οποία αποτελεί την κυρίαρχη θεωρία της κοινωνικής φυσικής από το 1998. Μεθοδολογικά εργαλεία της θεωρίας αυτής θα αποτελέσουν τη βάση για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.

- Το τρίτο μέρος (§ 3.6) αναφέρεται στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι έννοιες του συστήματος και του δικτύου στις κοινωνιολογικές και τις οικονομικές επιστήμες. Ειδικότερα, παρουσιάζεται πώς προκύπτουν τα δίκτυα ως εναλλακτική μορφή οργάνωσης και διοίκησης, παράλληλα με τις ιεραρχίες και τις αγορές. Έμφαση δίνεται στον τρόπο που χρησιμοποιούνται έννοιες όπως η αυτορρύθμιση, η αλληλεπίδραση, τα κέντρα υπολογισμού του δικτύου, κλπ.

- Στο τέταρτο μέρος (§ 3.7, 3.8) επιχειρείται μια σύνθεση της ετερογενούς βιβλιογραφίας που αναφέρθηκε στο κεφάλαιο, από όπου διαφαίνεται ένας χώρος προνομιακός για τα δίκτυα ως μορφές οργάνωσης, στα οποία η

αλληλεπίδραση μεταξύ δρώντων ενδέχεται να έχει τον χαρακτήρα προσφοράς στο δίκτυο (και όχι αμοιβαίας ανταλλαγής, μετά από απόλυτα ορθολογικούς ωφελιμιστικούς υπολογισμούς). Προτείνεται ότι ο τρόπος αυτός οργάνωσης και διοίκησης μπορεί να αναλυθεί με τις μεθόδους της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης. Τέλος, γίνεται μια εισαγωγή για την εμπειρική έρευνα που θα ακολουθήσει και θα αφορά δίκτυα, όπου η αλληλεπίδραση μεταξύ δρώντων στηρίζεται στην προσφορά προσωπικού χρόνου.

3.2 Άνθρωποι και μηχανές

Σύμφωνα με τον Peter Galison, ένα σημείο αφετηρίας της αφήγησης της δημιουργίας της επιστήμης της κυβερνητικής, που μπορεί να αναδείξει τις βάσεις της αλλά και το κοινωνικό περιβάλλον της σύνθεσής της, αποτελεί η δραστηριότητα του εμπνευστή της Norbert Wiener στις αρχές το υ 2ου Παγκόσμιου Πολέμου.[203] Αυτός υπήρξε απόφοιτος του Πανεπιστημίου Tufts σε ηλικία δεκατεσσάρων ετών, κάτοχος διδακτορικού διπλώματος από το Harvard στα δεκαοκτώ και σημαίνουσα προσωπικότητα στο MIT με σημαντική ερευνητική συνεισφορά, μεταξύ άλλων, στα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Τον Φεβρουάριο 1940, ο Wiener συμμετείχε σε επιστημονική επιτροπή για να διερευνήσει τρόπους συνεισφοράς της American Mathematical Society σε καταστάσεις εθνικής ανάγκης. Στα 23 Ιουλίου 1940, οι ένοπλες δυνάμεις τον ειδοποίησαν με επιστολή ότι εξέταζαν τις προτάσεις του για χρήση εμπρηστικών βομβών. Ο Wiener εστίασε, αντ' αυτού, στην έρευνα για τη βελτίωση της αντιαεροπορικής άμυνας. Προχώρησε στη σχεδίαση ενός αντιαεροπορικού προσομοιωτή (Antiaircraft Predictor), βασιζόμενος στην ιδέα της πρόβλεψης, αρκετά δευτερόλεπτα ενωρίτερα, της θέσης ενός επιτιθέμενου αεροπλάνου, ώστε να κατευθύνει με επιτυχία τα αντιαεροπορικά πυρά.

Μετά από μερικά πειράματα στον διαφορικό αναλυτή του Vannevar Bush, ο Wiener πήρε τη απόφαση να κατασκευάσει τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του προσομοιωτή και τον Ιανουάριο 1941 προσέλαβε τον Julian Bigelow, ηλεκτρολόγο μηχανικό του MIT με εμπειρία πιλότου αεροπλάνων. Επίσης προσέλαβε τον Paul Mooney, έναν ήδη επιτυχημένο τεχνικό. Το πρωτότυπο που κατασκευάστηκε ως το καλοκαίρι του 1941

[203] Wiener (1961).

ήταν ένας σερβομηχανισμός που στηριζόταν σε κυκλώματα αρνητικής ανάδρασης (negative feedback), παρόμοια με εκείνα που συναντούσε κανείς σε θερμοστάτες, αλλά με μεγαλύτερη χρονική υστέρηση μεταξύ ενέργειας και αποτελέσματος: Το βλήμα χρειαζόταν αρκετά δευτερόλεπτα μέχρι να φτάσει το στόχο του, από τη στιγμή που θα εξαπολυόταν. Ο στόχος ήταν φυσικά το αεροπλάνο που εκτελούσε πολύπλοκες μανούβρες στη διάρκεια της επίθεσης, παλεύοντας με αντιαεροπορικά πυρά, φωτεινές δέσμες, αναταράξεις του αέρα, κλπ. Ο ρόλος του πιλότου ήταν σε αυτή την ακανόνιστη πορεία του αεροπλάνου πολύ σημαντικός και έπρεπε να προβλεφθεί αρκετά δευτερόλεπτα πριν. Για το ζήτημα αυτό, οι ερευνητές διατύπωσαν τα ακόλουθα:

> *"We realized that the "randomness" or irregularity of an airplane's path is introduced by the pilot; that in attempting to force his dynamic craft to execute a useful maneuver, such as straight-line flight or 180 degree turn, the pilot behaves like a servo-mechanism, attempting to overcome the intrinsic lag due to the dynamics of his plane as a physical system, in response to a stimulus which increases in intensity with the degree to which he has failed to accomplished his task."*[204]

Ήτοι, κατά τον Wiener, ο άνθρωπος που ενεργεί σε περιβάλλον στρες τείνει να ενεργεί με επαναληψιμότητα («σαν σερβομηχανισμός»), και επομένως προβλέψιμα.

Οι τρεις συνεργάτες εκτέλεσαν σειρά πειραμάτων για να ελέγξουν και στην πράξη την αλήθεια της παραπάνω υπόθεσης. Πρώτα στο εργαστήριο, παρατηρούσαν τον βαθμό επιτυχίας ενός χειριστή (με χειριστήριο που εισήγαγε κάποια χρονική καθυστέρηση) να ακολουθεί μια φωτεινή δέσμη που κινούνταν στον τοίχο. Έτσι, ο χειριστής απαιτείτο να προβλέπει τη θέση της δέσμης για να υπερνικήσει την καθυστέρηση του χειριστηρίου. Τα αποτελέσματα του πειράματος συγκρίνονταν με αντίστοιχα του αντιαεροπορικού τους προσομοιωτή που εκτελούσε μια παρόμοια προσπάθεια: Προσπαθούσε να προβλέψει μια μελλοντική θέση της φωτεινής δέσμης από την προηγούμενη πορεία της. Η σύγκριση ήταν κάτι παραπάνω από

[204] N. Wiener, "Summary Report for Demonstration", p. 6, in Galison, (1994).

ενθαρρυντική, όπως δήλωσε ο διευθυντής της ερευνητικής μονάδας C. R. Stibitz, που επισκέφθηκε το εργαστήριο την 1 Ιουλίου 1942:

> *"Most of the day I spent with Wiener, Bigelow and Mooney. It simply must be agreed that, taking into account the character of the input data, their statistical predictor accomplishes miracles… The fact that predictions can at present be made only for a maximum of 2 seconds is a very serious limitation… For a 1-second lead the behavior of their instrument is uncanny."*[205]

Απέμενε η σύγκριση με πραγματικά δεδομένα πτήσεων. Μέσα στο καλοκαίρι του 1942, ο Bigelow εξασφάλισε πραγματικά δεδομένα από δύο πτήσεις που είχαν καταγραφεί στην αεροπορική βάση του Camp-Davis στη Βόρεια Καρολίνα με ακρίβεια δευτερολέπτου. Τώρα η ομάδα είχε τη δυνατότητα να συγκρίνει την απόδοση του αντιαεροπορικού προσομοιωτή με απλούστερες γεωμετρικές μεθόδους πρόβλεψης που είχε προτείνει ο Hendrik Bode. Μία από αυτές προέβλεπε τη μελλοντική θέση του αεροπλάνου προεκτείνοντας την παράγωγο της πορείας του κατά τα προηγούμενα 10 δευτερόλεπτα. Τα αποτελέσματα για τις δύο πτήσεις ("303" και "304") φαίνονται στον πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Προβλέψεις του προσομοιωτή Wiener και συμβατικής μεθόδου Bode

Δεδομένα πραγματικής πτήσης	Bode	Wiener
"303"	22 επιτυχίες	23 επιτυχίες
"304"	55 επιτυχίες	49 επιτυχίες

Τα αποτελέσματα, κατά τον Wiener, ήταν απογοητευτικά.[206] Ο προσομοιωτής δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για αντιαεροπορική προστασία, περισσότερο αποτελεσματικά από υφιστάμενες υλοποιήσεις. Εκεί, τον Ιανουάριο 1943, ήταν και το τέλος της πειραματικής προσπάθειας για την κατασκευή του αντιαεροπορικού όπλου.

[205] Αναφέρεται στο Galison (1994).
[206] N. Wiener, "Final Report" 1 Dec. 1942, NA-LC, αναφέρεται στο P. Galison (1994).

Όμως η ιδέα της προσέγγισης του ανθρώπου ως σεβρομηχανισμού είχε πολύ δρόμο ακόμα να διανύσει. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα αυτής της διαδικασίας.

Σχήμα 1: *Η αρχή λειτουργίας ενός αυτορρυθμιζόμενου «μαύρου κουτιού», που εμφανίζει συγκεκριμένη έξοδο σε κάθε ερέθισμα στην είσοδό του. Η αρχή αυτή εφαρμόστηκε στο κύκλωμα του αντιαεροπορικού προσομοιωτή, αλλά μετά γενικεύθηκε από τον Wiener για να περιγράψει τη δραστηριότητα κάθε ανθρώπου ή μηχανής*

Το 1943 οι Wiener και Bigelow συνεργάστηκαν με τον καρδιολόγο Arturo Rosenblueth, που βρέθηκε επισκέπτης καθηγητής στο MIT, και δημοσίευσαν την εργασία “Behavior, Purpose and Teleology” προτείνοντας μια νέα συμπεριφοριστική (behavioristic) περιγραφή της έννοιας της ανθρώπινης προθεσιακότητας. Εκεί προτείνουν μια κλάση συμπεριφορών, οι οποίες είναι προβλέψιμες και μπορούν να προσεγγιστούν με τη σερβομηχανική αρχή του Σχ. 1. Προτείνουν ότι η εργασία τους φέρνει κοντά την «προθεσιακότητα» και την «τελεολογία», κάτω από την αιγίδα μιας «ομοιογενούς συμπεριφοριστικής ανάλυσης». Έκτοτε, ο Wiener χρησιμοποιεί τον όρο «μαύρα κουτιά» (black boxes) για μονάδες σχεδιασμένες να λειτουργούν με συγκεκριμένο τρόπο, χωρίς να είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς με λεπτομέρεια τα στοιχεία που τα αποτελούν. Αντίστοιχα, «λευκά κουτιά» (white boxes) θεωρούντο οι μονάδες, στις οποίες έπρεπε κανείς να γνωρίζει εσωτερικές τους λειτουργίες για να μπορέσει να περιγράψει την απόκρισή τους σε εξωτερικά ερεθίσματα.

Τον Νοέμβριο 1944, ο Edwin Bodin, ψυχολόγος στο Harvard, προτείνει στον Wiener να του προωθήσει ένα πλήρη κατάλογο εγκεφαλικών λειτουργιών, διατυπωμένων ως ακολουθίες εισόδου-εξόδου. Ο Wiener θα μπορούσε ίσως να δώσει μια περιγραφή τους χρησιμοποιώντας την έννοια του μαύρου κουτιού. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα προέκυπτε μια συμπεριφοριστική περιγραφή όλων των λειτουργιών του εγκεφάλου, η οποία δεν απαιτούσε γνώση της εσωτερικής του δομής ή των διαδικασιών που συμβαίνουν στο εσωτερικό του! Ο Wiener αντιλήφθηκε τη γενικότητα του παρόμοιων εγχειρημάτων και έστειλε τον Δεκέμβριο 1944 επιστολή σε διακεκριμένους ερευνητές από διάφορους επιστημονικούς κλάδους, αναφέροντας:

> *"A group of people interested in communication engineering, the engineering of computing machines, the engineering control devices, the mathematics of time and statistics, and the communication and control aspects of the nervous system, has come to a tentative conclusion that the relations between these fields of research have developed to a degree of intimacy that makes a get-together meeting… highly desirable."*[207]

Η πρώτη συνάντηση της "Teleological Society" έλαβε μέρος στις 6-7 Ιανουαρίου 1945. Το αποτέλεσμα ήταν να συσταθεί ένα μόνιμο ερευνητικό πρόγραμμα που αφορούσε ποικίλες ερευνητικές ομάδες. Ο όρος που προωθούσε ο Wiener για το πρόγραμμα ήταν «Κυβερνητική»[208] ("the art of steering"), που ενσωμάτωνε την βασική ιδέα της καθοδήγησης μέσω της αρνητικής ανάδρασης. Παράλληλα με την ανάπτυξή του προγράμματος, ξεκίνησε και η κριτική του σε θεωρητικό επίπεδο. Από το ϖ πρώτο ϖ πο υ ήρθαν σε αντιπαράθεση για τη χρήση της έννοιας της προθεσιακότητας από τον Wiener ήταν ο Richard Taylor,[209] νεαρός φιλόσοφος από το Brown University, πάνω σε δύο κυρίως σημεία:

1) Ο ορισμός της προθεσιακότητας που προωθούσε ο Wiener ήταν πολύ γενικός, σε βαθμό που στερείτο νοήματος.

---

[207] H. Aiken, von Newman, and N. Winner, letter to E. H. Vestine, 4 Dec. 1944, box 2, folder 66, NPW, στο P. Galison (1994).
[208] Ο «κυβερνήτης» ήταν ο άρχων μιας πολιτικής οντότητας, κατά τον Πλάτωνα. Ο όρος «κυβερνητική» αναφέρεται από τον Αμπέρ το 1843 ως τέχνη της διακυβέρνησης.
[209] Taylor, R. (1950). Comments on a Mechanical Conception of Purposefulness. *Philosophy of Science* 17, 311 (1950).

2) Η προθεσιακότητα του ατόμου δεν μπορεί να διαπιστωθεί στη βάση μόνον παρατήρησης προηγούμενων ενεργειών του. Δεν μπορεί να αγνοεί κανείς τις επιδιώξεις ή την ψυχολογική του διάθεση.

Αναλυτικότερα, η κριτική από τον Taylor είχε ως εξής: Σύμφωνα με τον Wiener και τον αντιαεροπορικό προσομοιωτή, η θέση του αεροπλάνου σε κάποια μελλοντική στιγμή (και άρα η πρόθεσή του να κατευθυνθεί εκεί) καθοριζόταν από την προηγούμενη πορεία του. Η πρόθεση συνδέεται με την επίτευξη ενός στόχου, και αυτό την κάνει προβλέψιμη.[210] Όμως, ισχυρίζεται ο Taylor, η υπόθεση αυτή είναι εξαιρετικά γενικόλογη. Πώς μπορεί κανείς να ξεχωρίσει εάν ένα γεγονός συνέβη επειδή είχε τέτοια πρόθεση και δεν ήταν τυχαίο; Για παράδειγμα, ένα ρολόι, που δουλεύει χωρίς πρόβλημα για μεγάλο χρονικό διάστημα και σταματά ξαφνικά τα μεσάνυχτα της πρωτοχρονιάς, είχε εκ των προτέρων πρόθεση να το κάνει;

Φυσικά ο Wiener αναφερόταν στις αυτορρυθμιζόμενες συσκευές που περιγράφονται στο σχήμα 1. Όμως και πάλι, ισχυρίζεται ο Taylor, μια συσκευή δεν είναι εύκολο να διαπιστωθεί αν είναι αυτορρυμιζόμενη ή μη, παρατηρώντας μόνο τη συμπεριφορά της. Μήπως μια ρουλέτα, που έχει κατασκευαστεί για να μην κάνει διακρίσεις σε χρώματα και αριθμούς, αποκτά πρόθεση όταν προστεθεί στην περιφέρειά της κάποιο βάρος; Αλλά και ένας πύραυλος θα μπορούσε να ακολουθεί ίδια διαδρομή είτε εάν τηλε-κατευθυνόταν από ραντάρ είτε εάν καθοδηγείτο ένα απλό σκοινί. Η ανταπάντηση του Wiener ήταν σχετικά απλή: Πρώτον, σε αυτορρυθμιζόμενες συσκευές, η πορεία εξαρτάται από την ιστορία της, είναι μη αντιστρεπτή. Οι ρουλέτες, τα ρολόγια, κλπ, ακολουθούν αντιστρεπτές αιτιακές διαδικασίες. Και δεύτερον, η απάντηση εάν οι μηχανές μοιάζουν ή συμπεριφέρονται όπως οι άνθρωποι δεν αφορά την επιστημονική πρακτική. Εφ' όσον κάτι τέτοιο προκύπτει από την παρατήρηση, το ζήτημα αυτό απαντάται καταφατικά.

> *"We believe that men and other animals are like machines <u>from the scientific standpoint</u> because we believe that the only fruitful methods for the*

[210] "The term purposeful is meant to denote that the act or behavior may be interpreted as directed to the attainment of a goal – i.e., to a final condition in which the behaving object reaches a finite correlation in time or in space with respect to another object or event. Purposeless behavior then is that which is not interpreted as directed to a goal." Στο Rosenblueth, A., Wiener, N, and Bibelow, J (1943). Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science* 10, 22, p.18.

study of human and animal behavior are the methods applicable to the behavior of mechanical objects as well. Thus, our main reason for selecting the terms in question was to emphasize that, as objects of scientific enquiry, humans do not differ from machines."[211]

Σύμφωνα με την παραπάνω άποψη, για έναν επιστήμονα, οι άνθρωποι δεν διαφέρουν από τις μηχανές. Στο πλαίσιο της επιστημονικής έρευνας, όλα μπορούν να θεωρηθούν μαύρα (και όχι λευκά) κουτιά. Δεν είναι απαραίτητο να εξετάζονται εσωτερικές καταστάσεις του ανθρώπου ή της μηχανής. Επιθυμίες, ευχαρίστηση ή πόνος απαλείφονται παραχωρώντας τη θέση τους σε καθαρά παρατηρήσιμες παραμέτρους. Η αυτενέργεια εξαφανίζεται μπροστά στην επιδίωξη επίτευξης ενός στόχου από το προς παρατήρηση αντικείμενο. Περί το 1950, ο Wiener είχε γενικεύσει την άποψή του. Κάτω από το σκόπευτρο της επιστημονικής έρευνας, η ανθρώπινη προθεσιακότητα δεν διαφέρει καθόλου από την αυτορρύθμιση στις μηχανές.

Ο Galison ισχυρίζεται ότι μια τέτοια ακραία θέση μπορούσε να γεννηθεί μόνο κάτω από ακραίες συνθήκες. Τέτοιες συνθήκες προέκυψαν κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, κατά τη διάρκεια του οποίου πραγματοποιήθηκε η ερευνητική προσπάθεια του Wiener για τον αντιαεροπορικό προσομοιωτή. Το επιτιθέμενο αεροπλάνο και ο πιλότος του μπορούσαν να μελετηθούν με τα ίδια επιστημονικά εργαλεία ανάλυσης, σαν ημιαυτόματες μηχανές που στοχεύουν στην καταστροφή του αντιπάλου. Ο πόλεμος στερεί τους στρατευμένους από ηθικές αναστολές, οπλίζοντάς τους με την απαραίτητη ηθική απόσταση από τον εχθρό, ώστε να αγνοούν την ανθρώπινη υπόστασή του όταν τον βομβαρδίζουν από χιλιάδες πόδια ύψος ή όταν τον αντιμετωπίζουν στο πεδίο. Ο αντίπαλος στον πόλεμο είναι ανώνυμος, είναι μια καλοστημένη μηχανή καταστροφής.[212] Στο πλαίσιο των πολεμικών επιχειρήσεων, η θέση αυτή δεν φαινόταν ιδιαίτερα αιρετική. Παράλληλα, υποσχόταν νέες πανίσχυρες πολεμικές μηχανές και νέες κερδοφόρες τεχνολογικές υλοποιήσεις, ώστε, παρά την έντονη κριτική που της ασκήθηκε, τελικά επικράτησε.

[211] Rosenblueth, A., and Wiener, N. (1950). Purposeful and Non-purposeful Behavior. *Philosophy of Science* 17, 326.

[212] Είναι τόσο γενικευμένη και διαχρονική η θεώρηση αυτή σε εμπόλεμες πλευρές, που πιθανόν να μπορούσε να αναλυθεί με μεθόδους "bounded rationality" κοινωνικής φυσικής, οι οποίες περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 2.

Η εκπληκτική γενίκευση του Wiener για κοινή αντιμετώπιση ανθρώπινης και μη ανθρώπινης συμπεριφοράς με βάση το σερβομηχανισμό της αυτορρύθμισης, οδηγεί σε μια νέα αναπαράσταση της ανθρωπότητας και μια νέα θεώρηση της ανθρώπινης δραστηριότητας. Στα πρώτα της βήματα, αναφέρει ο Wiener, η επιστήμη υπηρετούσε την οικονομία που βασιζόταν στο εμπόριο. Οι επιστημονικοί νόμοι εμπεριείχαν συγκεκριμένη άποψη για το χρόνο και το χώρο, στην οποία αναφερθήκαμε στο 2^{ο} κεφάλαιο. Η τεχνολογία πρόσφερε ρολόγια και εργαλεία για αστρονομικό υπολογισμό γεωγραφικού στίγματος, που υποβοηθούσε την ανακάλυψη νέας γης και νέων πόρων. Σε μια δεύτερη περίοδο, η επιστήμη υπηρέτησε τη βιομηχανική παραγωγή. Ο Νεύτωνας και ο Huygens έδωσαν τη θέση τους στον Carnot και τον Joule. Προέκυψε τότε, από τον 2^{ο} νόμο της θερμοδυναμικής, μια νέα θεώρηση για το χρόνο, αυτή που, όπως αναφέρθηκε, οδήγησε τον Boltzmann στην αυτοκτονία. Τέλος, ο πόλεμος με τα αυτορρυθμιζόμενα συστήματα μακράν από θερμοδυναμική ισορροπία και με την συμπεριφοριστική αντιμετώπιση για ανθρώπους και μηχανές οδήγησε την ανθρωπότητα στην εποχή της πληροφορίας και του ελέγχου. Αυτή σηματοδότησε την απαρχή της άρσης βασικών ασυμμετριών ανάμεσα στις φυσικές και τις κοινωνικές επιστήμες, οι οποίες αφορούν τον χρόνο και την εγγενή, μη αντιστρεπτότητα του κόσμου.

Η προσπάθεια κοινής αντιμετώπισης ανθρώπων και μηχανών είχε απασχολήσει τη συμπεριφοριστική ψυχολογία από την δεκαετία του 1930, χωρίς όμως σημαντικά αποτελέσματα. Η εργασία του Wiener, μέσα στον πόλεμο, και η Κυβερνητική που θεμελιώθηκε με αυτήν, πρόσφερε μία θεώρηση που υιοθετήθηκε από την επιστημονική κοινότητα. Για έναν επιστήμονα, άνθρωποι και μηχανές συμπεριφέρονται παρόμοια για την επίτευξη ενός στόχου. (Τέτοιος στόχος είναι η καθοδήγηση του αεροπλάνου να καταστρέψει στη μάχη, του χεριού να φτάσει ένα αντικείμενο, του εγκεφάλου να ανταποκριθεί σε ερεθίσματα, κλπ.) Τη δεκαετία του 1980 κάτι αντίστοιχο θεωρήθηκε και στην κοινωνιολογία: Για τον T. R. Hughes, ιστορικό της τεχνολογίας που εισήγαγε τη θεωρία των Μεγάλων Τεχνολογικών Συστημάτων (“Large Technological Systems”), η συνεισφορά και αλληλεπίδραση ανθρώπων και εταιρειών προς επίτευξη ενός στόχου οφείλουν να μελετώνται ταυτόχρονα και παράλληλα. (Εδώ ο στόχος μπορεί να είναι η δημιουργία τεχνολογικών αντικειμένων από ανθρώπους και εργαλεία, η συντονισμένη δράση μέσα από κοινωνικές οργανωτικές δομές και διαδικασίες, κλπ.) Κοινή βάση για τις

παράλληλες αυτές θεωρήσεις επιστημόνων και κοινωνιολόγων αποτελεί ο ρόλος της πληροφορίας, η οποία ανταλλάσσεται μεταξύ αλληλεπιδρώντων «μαύρων κουτιών» και αποσκοπεί στην αποτελεσματικότητα ελέγχου και τη σταθεροποίηση της κοινωνικής δραστηριότητας. Για το σημείο αυτό θα επανέλθουμε σε επόμενη ενότητα του κεφαλαίου.

3.3 Συστήματα – Πληροφορία και σύνορο

Σύμφωνα με την κυβερνητική, έμβιες ή μη οντότητες στηρίζουν τη λειτουργία τους στην λειτουργία μηχανισμών ανάδρασης μεταξύ των μονάδων που τις αποτελούν. Οι μηχανισμοί αυτοί επαναδρομολογούν την πληροφορία που εμφανίζεται στην έξοδο της κάθε μονάδας. Σε αυτό το πλαίσιο, κάθε οντότητα θεωρείται ως *σύστημα*, το οποίο μπορεί να οριστεί με διάφορους τρόπους:

> *A system is an ensemble of interdependent elements in which the elements and the whole system will change as a result of the change of one of them*[213].

> *A system is a set or arrangement of things so related or connected as to form a unity or organic whole*[214].

Δεδομένου ότι η επαναδρομολόγηση πληροφορίας προϋποθέτει τον καθορισμό εισόδου και εξόδου κάθε μονάδας που αποτελεί το σύστημα, αλλά και του ίδιου του συστήματος συνολικά, προκύπτει η ύπαρξη συνόρου που ξεχωρίζει το σύστημα από το περιβάλλον του. Ήτοι, η έννοια του συστήματος προϋποθέτει τον διαχωρισμό εσωτερικού χώρου που το περιέχει από τον εξωτερικό χώρο που το περιβάλλει. Σε αυτό βασίζονται εναλλακτικοί ορισμοί του συστήματος:

> *Systems are complexes of elements and relations, separated by boundaries from their environment, which is always more complex than the system itself.*[215]

[213] von Bertalanffy, L. (1968). General System Theory. New York: Brazillier (revised edition).
[214] Webster's Dictionary.
[215] Blackwell Dictionary of Twentieth Century Social Thought.

Ως complexity (πολυπλοκότητα) μπορεί εδώ να θεωρηθεί η λειτουργική εξάρτηση του συνόλου από τα μέρη. Αν κάτι μεταβληθεί σε μια μονάδα του συστήματος, αλλάζει και η συμπεριφορά του συστήματος.[216] Γενικεύοντας την έννοια του μαύρου κουτιού, ο Ross Ashby τόνισε ότι στόχος της μελέτης συστημάτων δεν είναι να αναλύσει τους παράγοντες που καθιστούν ένα σύστημα πολύπλοκο, αλλά να καταγράψει επακριβώς τη συμπεριφορά του σε ερεθίσματα που εμφανίζονται στην είσοδό του. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η κυβερνητική είναι η μελέτη «όλων των μηχανών που μπορούν να υπάρξουν».[217] Αφετηρία και στόχος της επιστήμης της κυβερνητικής είναι η μελέτη της λειτουργίας και όχι της εσωτερικής δομής ("a system is what it does" – δες θεώρημα W της Κυβερνητικής, κατά τον Stafford Beer, σε επόμενη παραπομπή του παρόντος υποκεφαλαίου). Η δομή προκύπτει κατά τη διαδικασία της σταθεροποίησης και του εγκλεισμού ("closure"), το τελευταίο δηλαδή στάδιο της μετεξέλιξης ενός συστήματος, όπου κάθε υπομονάδα του έχει σταθεροποιήσει τις αλληλεπιδράσεις της με τις υπόλοιπες υπομονάδες του συστήματος και με το περιβάλλον.

Ένα σύστημα εξελίσσεται. Συγκρίνοντας διαφορετικά στιγμιότυπα, μπορούν να παρατηρηθούν νέες μονάδες που έχουν παραχθεί ή παράμετροι (συμπεριφορές) των οποίων οι τιμές έχουν μεταβληθεί. Επίσης, ένα σύστημα μπορεί να αναπαράγεται. Σύμφωνα μάλιστα με τον von Foster, κανένα σύστημα δεν μπορεί να επιζήσει δίχως να είναι σε θέση να διατηρεί και να αναπαράγει την συμπεριφορά και οργάνωσή του. Απαιτείται, επομένως, να «παρατηρεί» το περιβάλλον. Η διαδικασία της παρατήρησης από το σύστημα θεμελιώθηκε μαθηματικά και οδήγησε τον Ashby στο να διατυπώσει τον «νόμο της απαιτούμενης ποικιλομορφίας» ("law of requisite variety" – θεώρημα Q της Κυβερνητικής, κατά τον Stafford Beer), με την οποία

[216] Ένα σύνολο από αντικείμενα δεν αποτελεί αναγκαστικά πολύπλοκο σύστημα. Ο H. A. Simon περιέγραψε την έννοια της πολυπλοκότητας με πολλά παραδείγματα, συμπεριλαμβανομένης της παραβολής για ιεραρχικά συστήματα με τους ωρολογοποιούς Hora και Tempus. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, ο Hora ακολουθούσε ένα γραμμικό τρόπο κατασκευής του ρολογιού, ενώ ο Tempus κατασκεύαζε υποσυστήματα (modules), που ήταν λειτουργικά αυτοδύναμα, τα οποία σε επόμενο βήμα συνδύαζε μεταξύ τους. Προφανώς το ιεραρχικό σύστημα του Tempus ήταν πιο σταθερό σε καταστροφικές επιδράσεις του περιβάλλοντος – ο ωρολογοποιός Hora οδηγείτο αναμφίβολα σε πτώχευση. Σύμφωνα με τον Simon, αυτός είναι ένας πολύ πειστικός λόγος για τη δημιουργία ιεραρχικών συστημάτων στη φύση. Simon, H. A. (1962). The Architecture of Complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106: 467-82. Μια διατύπωση για την πολυπλοκότητα μέσω ιεραρχικών δομών, δες επίσης στο Θεώρημα Ε της Κυβερνητικής, κατά τον Stafford Beer, σε επόμενη παραπομπή του υποκεφαλαίου.

[217] Σύμφωνα με τον Ashby, η κυβερνητική αναλύει κάθε μορφή συμπεριφοράς η οποία είναι οργανωμένη, καθορισμένη ή αναπαραγόμενη. Δες, R. Ashby, R. (1956). An Introduction to Cybernetics. London: Chapman and Hall.

καθορίζεται ποσοτικά η δυνατότητα προσαρμογής του συστήματος στο περιβάλλον του, θέτοντας όρια στο πλήθος των καταστάσεων ενός συστήματος σε σχέση με το πλήθος των καταστάσεων του περιβάλλοντος.[218]

Με βάση τα παραπάνω, μια σύγχρονη μαθηματική περιγραφή του συστήματος στηρίζεται στη γενίκευση του μαύρου κουτιού του Σχ. 1. Σύμφωνα με αυτή:

> *Σύστημα είναι κάθε σύνολο παραμέτρων που επιλέγει ένας παρατηρητής που βρίσκεται στο εξωτερικό από το σύστημα περιβάλλον. Το πλήθος των καταστάσεων του συστήματος ονομάζεται ποικιλομορφία (variety). Ένα σύστημα μπορεί να ρυθμιστεί από ένα άλλο σύστημα-ρυθμιστή, όταν η ποικιλομορφία του ρυθμιστή (regulator) είναι μεγαλύτερη ή ίση της ποικιλομορφίας του συστήματος.*

Η συσχέτιση με την εντροπία του Boltzmann και την πληροφορία του Shannon, που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, γίνεται έτσι προφανής. Η εντροπία είναι ανάλογη του λογαρίθμου της ποικιλομορφίας του συστήματος. Επίσης, ένας παρατηρητής του συστήματος είναι αποδέκτης της πληροφορίας, η οποία σχετίζεται με την ποικιλομορφία του συστήματος ως αρνητική εντροπία. Η μαθηματική θεώρηση των συστημάτων χτίζεται επομένως πάνω στη στατιστική και την θεωρία της πληροφορίας, που θεμελιώθηκαν από τους Boltzmann, Prigogine, von Newman, Shannon, Turing, κλπ, μέσω 23 βασικών θεωρημάτων που έχουν καταγραφεί από τον Stafford Beer. Τα αναφέρουμε εδώ επιγραμματικά σε εκτενή παραπομπή, όχι απλά για λόγους πληρότητας, αλλά για να επισημανθεί ο βαθμός αυστηρότητας με τον οποίο θεμελιώνεται η Κυβερνητική.[219]

---

[218] Όταν η παράμετρος ενός συστήματος παίρνει τιμές a, b, b, a, c, a, c, c, b, c, a, … οι δυνατές του καταστάσεις (ποικιλομορφία – variety) είναι οι a, b, c.

[219] Η διατύπωση αυτή των θεωρημάτων κατά Stafford Beer βρίσκεται στις σελίδες 199-224, στο Clemson, B. (1984). *Cybernetics: A New Management Tool*. New York: Abacus / Gordon & Breach. Αναφέρεται εδώ για πληρότητα και έχει ως εξής:

A. System Holism Principle: A system has holistic properties possessed by none of its parts. Each of the system parts has properties not possessed by the system as a whole. (Reminiscent of concentration of forces.)

B. Darkness Principle: No system can be known completely.

C. Eighty-Twenty Principle: In any large, complex system, eighty percent of the output will be produced by only twenty percent of the system. (i.e., the operations; consider concentration of force. An observer tends to inadvertently strike the tenderest of spots.)

D. Complementarity Law: Any two different perspectives (or models) about a system will reveal truths about that system that are neither entirely independent nor entirely compatible. (Reminiscent of the Heisenberg's Uncertainty Principle.)

E. Hierarchy Principle: Complex natural phenomena are organized in hierarchies with each level made up of several integral systems.

F. Gödel's Incompleteness Theorem: All consistent axiomatic foundations of number theory include undecidable propositions. (Nobody can measure why retributions for an "unwelcome alarm" are so out of proportion to what the observer revealed.)

G. Entropy: The Second Law of Thermodynamics: In any closed system the differences in energy can only stay the same or decrease over time; or, in any closed-to-information system, the amount of order (or organization) can never increase and must eventually decrease. This natural law is not absolutely true but is merely statistically reliable.

H. Redundancy of Information Theorem: Errors in information transmission can be protected against (to any level of confidence required) by increasing the redundancy of the messages. (Lines of communication bring reinforcement and resupply.)

I. Redundancy of Resources Principle: Maintenance of stability under conditions of disturbance requires redundancy of resources. (Think once again of concentration of forces. The only person comfortably situated to be an observer needs to be independently wealthy.)

J. Redundancy of Potential Command Principle: In any complex decision network, the potential to act effectively is conferred by an adequate concatenation of information. (A victory on main objective settles all minor issues.) (An observer gathers enough information to make the command decisions that ought to be coming from above in the hierarchy but are not.)

K. Relaxation Time Principle: System stability is possible only if the system's relaxation time is shorter than the mean time between disturbances.

L. Circular Causality Principle One: Given positive feedback (i.e., a two-part system in which each stimulates any initial change in the other), radically different end states are possible from the same initial conditions.

M. Circular Causality Principle Two: Given negative feedback (i.e., a two-part system in which each part tends to offset any change in the other), the equilibrium state is invariant over a wide range of initial conditions.

N. Feedback Dominance Theorem: For high gain amplifiers, the feedback dominates the output over wide variation in input. (This explains why retaliation against an observer has such bite.)

O. Homeostasis Principle: A system survives only so long as all essential variables are maintained within their physiological limits.

P. Steady State Principle: If a system is in a state of equilibrium (a steady state), then all sub-systems must be in equilibrium. If all sub-systems are in a state of equilibrium, then the system must be in equilibrium.

Q. Ashby's Law of Requisite Variety: The control achievable by a given regulatory sub-system over a given system is limited by (1) the variety of the regulator, and (2) by the channel capacity between

3.4 Δίκτυα – Ταυτότητα και αλληλεπίδραση

Εάν η θεωρία των συστημάτων μελετά κάθε υλοποιήσιμη μηχανή, η θεωρία των δικτύων μελετά κάθε υλοποιήσιμη δομή. Αντίστοιχα, αφετηρία του εξελισσόμενου συστήματος είναι η λειτουργία του, από την σταθεροποίηση της οποίας προκύπτει η τελική του δομή. Αντίθετα, αφετηρία ενός εξελισσόμενου δικτύου είναι η δομή του, από τη δυναμική της οποίας προκύπτει η λειτουργία του.

Η χρήση της έννοιας του δικτύου είναι πολύ παλαιότερη από εκείνην της έννοιας του συστήματος. Και τούτο γιατί, στην καθημερινή μας ζωή, το δίκτυο έχει γεωμετρική αναπαράσταση – αυτή της πλέξης του υφάσματος, του αλιευτικού διχτιού, κλπ. Η μαθηματική μελέτη των ιδιοτήτων του ξεκίνησε ως «θεωρία γραφήματος» (“graph theory”), με το πρώτο επιλυμένο πρόβλημα αυτό που αφορά τις γέφυρες της πόλης Königsberg. Αυτές ήταν οι 7 γέφυρες που ένωναν τις όχθες του ποταμού, που διέρχεται από το κέντρο της πόλης ή έδιναν πρόσβαση σε μια μικρή νησίδα μέσα στο ποτάμι (Σχ. 2). Ήταν συχνή ενασχόληση των κατοίκων που περιδιάβαιναν στην περιοχή να προσπαθούν να περάσουν περπατώντας διαδοχικά από όλες τις γέφυρες μια μόνο φορά. Ο μαθηματικός Leonard Euler, που μελέτησε το γεωμετρικό αυτό

---

the regulator and the system. The upper limit on the amount of regulation achievable is given by the variety of the regulatory system divided by the variety of the regulated system.

R. Conant-Ashby Theorem: Every good regulator of a system must contain a model of that system.

S. Self-Organizing Systems Principle: Complex systems organize themselves; the characteristic structural and behavioral patterns in a complex system are primarily a result of the interactions among the system parts.

T. Basins of Stability Principle: Complex systems have basins of stability separated by thresholds of instability. A system "parked" on a ridge will roll downhill. (A rotten system will seldom crack all at once. That only happens with rotten fruit or rotten eggs.)

U. Viability Principle: Viability is a function of the balance maintained along two dimensions: (1) autonomy of sub-systems versus integration of the system as a whole, and (2) adaptation versus stability.

V. Recursive System Theorem: If a viable system contains a viable system, then the organizational structure must be recursive, or, in a recursive organization structure, any viable system contains, and is contained in, a viable system.

W. Predictable Outcomes Principle: Every system is perfectly designed to get the results that are achieved. The purpose of a system is whatever it does, produces, or yields.

πρόβλημα το 1765, απέδειξε ότι μια τέτοια λύση ήταν αδύνατη. Η δομή του δικτύου, όπου οι διασυνδέσεις ήταν γέφυρες και οι κόμβοι νησίδες γης που συνδέονταν με μονοπάτια περιπάτου, προεξοφλούσε το αδύνατον του εγχειρήματος των περιπατητών. Η δικτυακή τοπολογία και μόνον καθόριζε συμπεριφορές και δυνατότητες.

Σχήμα 2: *Οι γέφυρες του* Königsberg *και η δικτυακή τους αναπαράσταση, όπου οι επτά (7) γέφυρες αντιπροσωπεύουν ακμές του δικτύου που συνδέουν τις τέσσερις (4) προς επίσκεψη νησίδες γης. Δεν υπάρχει συνεχές μονοπάτι που να περιλαμβάνει κάθε ακμή του δικτύου από μια μόνον φορά.*

Για τους μαθηματικούς, δίκτυο είναι ένα σύνολο από κόμβους που συνδέονται μεταξύ τους. Στο φυσικό κόσμο, δίκτυα μπορούν να αποτελούν σύνολα από μόρια, κύτταρα, φυτά, ζώα, οργανισμούς, εταιρείες, έθνη, κλπ. Οι μεταξύ τους διασυνδέσεις μπορεί να εκφράζουν σχέσεις γειτονίας στο χώρο, εξάρτησης, επικοινωνίας, συγγένειας, χρονικής συνάφειας, κλπ. Ανεξάρτητα τώρα από το είδος των κόμβων και το είδος των διασυνδέσεων, τίθεται το ερώτημα για το πόσες διαφορετικές δικτυακές τοπολογίες είναι δυνατόν να υπάρξουν.[220]

[220] Το «κοινωνιόγραμμα», που απεικόνιζε δίκτυα αλληλεπιδράσεων μεταξύ ανθρώπων χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Jacob Moreno το 1934.
Δες,
Moreno (1934) και
Scott, J. (1991) *Social Network Analysis – A handbook.* Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage Publications Ltd.

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, δύο ειδικές περιπτώσεις δικτύων ήταν στο κέντρο της επιστημονικής έρευνας: Ντετερμινιστικά δίκτυα (όπως οι γέφυρες του Königsberg) και τυχαία δίκτυα ("random networks"). Το πλέγμα ("lattice") είναι μια τετριμμένη περίπτωση ντετερμινιστικού δικτύου με μεγάλη συμμετρία, όπου ο τοπικός χαρακτήρας γύρω από κάθε κόμβο επαναλαμβάνεται και το καθορίζει τοπολογικά πλήρως. Η διερεύνηση ιδιοτήτων του πλέγματος σε μία, δύο ή περισσότερες διαστάσεις ήταν σημαντική στη φυσική μεταβολών φάσης. Αντίθετα, τα τυχαία δίκτυα ήταν στοχαστικά και όχι ντετερμινιστικά.[221,222] Κάθε κόμβος συνδεόταν με τους γείτονές του με τρόπο τυχαίο, σύμφωνα με δεδομένη πιθανότητα.

Με τον ορισμό και τη μελέτη των τυχαίων δικτύων από τις αρχές της δεκαετίας του 1950, ο στόχος της μελέτης των δικτύων άρχισε να μεταβάλλεται, διαφοροποιούμενος από την καθαρά μαθηματική μελέτη ντετερμινιστικών δικτύων της θεωρίας γραφήματος. Πρώτον, *η ορολογία των δικτύων* άρχισε να χρησιμοποιείται από κοινωνιολόγους και ανθρωπολόγους για να περιγραφούν καταστάσεις κοινωνικής θέσης, επιρροής, συνεργασίας ή κοινωνικής ταυτότητας.[223] Δεύτερον, τα δίκτυα άρχισαν να μελετώνται *ως μέσα διάδοσης*, ιδιαίτερα διάδοσης πληροφορίας, ασθενειών ή κοινωνικών συνηθειών και στερεοτύπων. Η επιστημονική αυτή κατεύθυνση ονομάζεται «Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση» ("Social Network Analysis"), είχε πρωτεργάτες κυρίως φυσικούς, αλλά σήμερα αναπτύσσεται από πλήθος βιολόγων, οικονομολόγων, επιστημόνων υπολογιστών, κλπ. Είναι ταυτόχρονα εμπειρική μελέτη δικτύων που εμφανίζονται στη φύση και την κοινωνία και θεωρητική μελέτη δυναμικής και εξέλιξης δικτυακών τοπολογιών.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα αναφερθούν ιστορικά στοιχεία από σημαντικά στοιχεία της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, αλλά και κοινωνιολογικών θεωριών που χρησιμοποιούν ορολογία δικτύου (ή συστήματος).

---

[221] Erdős, P., and Renyi, A. (1960). On the evolution of random graphs. *Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences* 5, 17.

[222] Rapoport, A. (1963). Mathematical models of social interaction. Στο *Handbook of Mathematical Psychology*, R.D. Luce, R.R. Bush and E. Galander (Eds.), vol. 2, pp. 493-579.

[223] Όπως θα δούμε και παρακάτω, θεωρίες όπως η "Actor Network Theory" χρησιμοποιούν τον όρο του δικτύου με διαφορετικές εννοιολογικές αποχρώσεις. Μιλάμε επίσης για δίκτυα τρομοκρατίας, δίκτυα κερδοσκόπων στην οικονομία, κλπ. Πέρα από τη μεταφορική χρήση της συναφούς ορολογίας, λίγες μόνο κοινωνικές μελέτες χρησιμοποίησαν κάποια μαθηματικά μοντέλα τυχαίων δικτύων, οι οποίες αναφέρονται στο Newman, M., Barabási, A.-L., and Watts, D. J. (Eds.) (2006). *The structure and Dynamics of Networks.* Princeton and Oxford: Princeton Univ. Press, p. 4.

3.5 Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση (“Social Network Analysis”)

Οι καταβολές της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης μπορούν να αναζητηθούν στην ανακάλυψη του κοινωνιογράμματος από τον ψυχολόγο Jacob Moreno το 1934, καθώς και σε θεωρητικές μελέτες τυχαίων δικτύων και απόψεις κοινωνιολόγων τη δεκαετία που ακολούθησε τον Β’ Παγκόσμιο Πόλεμο.[224] Παρόλα αυτά, τα πρώτα αξιόπιστα εμπειρικά στοιχεία για δίκτυα όπως το internet, τα κοινωνικά δίκτυα φίλων ή τα βιολογικά δίκτυα έγιναν διαθέσιμα τη δεκαετία του 1990, με την ανάπτυξη των υπολογιστών και των μέσων αποθήκευσης μεγάλων βάσεων δεδομένων. Γρήγορα έγιναν φανερές οι αδυναμίες της έως τότε μαθηματικής έρευνας να περιγράψει τα πειραματικά ευρήματα, τα οποία υποδείκνυαν πως τα αντίστοιχα δίκτυα είναι μεν στοχαστικά, αλλά δεν στηρίζονται σε τυχαίες δομές. Όπως αναφέρθηκε στο εισαγωγικό Κεφάλαιο 1 της διατριβής, οι δυο κύριες αποκλίσεις από τα τυχαία δίκτυα επισημάνθηκαν από τους Watts και Strogatz[225] το 1998 και τους Barabási και Albert[226] το 1999, αντίστοιχα:

- Η μια απόκλιση σχετίζεται με μικρή αλυσίδα διασυνδέσεων που μεσολαβεί ανάμεσα σε δυο οποιουσδήποτε κόμβους του δικτύου, οι οποίοι επί πλέον εμφανίζουν σημαντικές ομαδοποιήσεις (“clustering”).[227] Οδήγησε στα θεωρητικά δικτυακά μοντέλα των «μικρών κόσμων» (“small worlds”).

- Η δεύτερη απόκλιση από τα τυχαία δίκτυα αφορά τη στατιστική κατανομή του αριθμού των γειτόνων («βαθμού») κάθε δικτυακού κόμβου, η οποία, όχι μόνον δεν προσεγγίζει καν την κατανομή τυχαίων ενδεχομένων, αλλά και στερείται κάθε χαρακτηριστικής κλίμακας (“scale free”). Οδήγησε στη διαπίστωση ότι πλήθος δικτύων στη φύση, την κοινωνία, τη γλώσσα, τις

[224] Scott (1991).
[225] Watts, D. J., and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature 393*, 440.
[226] Barabási, A.-L., and Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science* 286, 509.
[227] Η ομαδοποίηση σε ένα δίκτυο μετριέται πολύ απλά με τον συντελεστή C= 3 × (αριθμός τριγώνων) / (αριθμού τριπλετών), που στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως “clustering coefficient”. Τρίγωνο κόμβων σε ένα κοινωνικό δίκτυο συνεργατών είναι όταν τρεις από αυτούς συνδέονται μεταξύ τους ανά δύο. Τριπλέτα είναι ένα άτομο με τρεις συνεργάτες. Γενικά ισχύει $0 \leq C \leq 1$. Στα κοινωνικά δίκτυα το C παίρνει μεγάλες τιμές (πχ C= 0.35 ή 0.75). Στα τυχαία δίκτυα βρίσκουμε τυπικές τιμές C <0.1, ήτοι μια τάξη μεγέθους μικρότερες.

τέχνες, την οικονομία, την ιστορία, κλπ, ανήκουν στην ιδιαίτερη αυτή κατηγορία των δικτύων με τοπολογία δίχως χαρακτηριστική κλίμακα (“scale free networks”).

Οι προαναφερθείσες δύο εργασίες έφεραν τεράστια ανάπτυξη του επιστημονικού αυτού τομέα, όπως υποδεικνύεται από το Σχ. 3. Παρακάτω θα αναφερθούμε στο ιστορικό πλαίσιο και τα κυριότερα αποτελέσματα των δύο αυτών εργασιών.

Σχήμα 3: *Η απαρχή αυξητικής πορείας στο αριθμό αναφορών στη βιβλιογραφία της στατιστικής φυσικής το 1999 που περιείχαν στον τίτλο τον όρο “networks” (επάνω) αποδίδεται στον αντίκτυπο των δύο σημαντικών δημοσιεύσεων από τους Watts-Strogatz (W-S) και Barabási-Albert (B-A). Οι δημοσιεύσεις αυτές είχαν πολύ διαφορετική αποδοχή από την επιστημονική κοινότητα σε σύγκριση με δύο τυπικές άλλες δημοσιεύσεις στο ίδιο περιοδικό. (Από το Csermely, 2006).*

3.5.1 Μοντέλα δικτύων στη φύση και την κοινωνία – Μικροί κόσμοι

Το 1929 ο Frigyes Karinthy, ένας σημαντικός Ούγγρος μυθιστοριογράφος, δημοσίευσε ένα μικρό διήγημα με τίτλο "Chain-Links". Μιλούσε για τη σύμπτυξη του χώρου: "Now we live in a fairyland. The only slightly disappointing thing about this land is that it is smaller than the real world has ever been". Η έμφαση δεν ήταν τόσο στην ραγδαία εξάπλωση νέων μέσων μεταφοράς στην εποχή του. Ήταν η δυνατότητα προφορικής επικοινωνίας με άτομα σε ολόκληρο τον κόσμο. Περιγράφει ένα παιγνίδι:

> *"One of us suggested performing the following experiment to prove that the population of the Earth is closer together now than they have ever been before. We should select any person from the 1.5 billion inhabitants of the Earth – anyone, anywhere at all. He bet us that, using no more than five individuals, one of whom is a personal acquaintance, he could contact the selected individual using nothing but the network of personal acquaintances."*[228]

Πολλά χρόνια αργότερα, το 1958, ο πολιτικός επιστήμονας Ithiel de Sola Pool και ο μαθηματικός Manfred Kochen προσπάθησαν να διερευνήσουν το πρόβλημα της απόστασης μεταξύ των ανθρώπων, που περιέγραφε ο Karinthy, στα πλαίσια των τυχαίων δικτύων. Δημοσίευσαν την εργασία τους 20 χρόνια αργότερα, παραδεχόμενοι πως δεν είχαν επιλύσει ικανοποιητικά το ζήτημα.[229] Εν τω μεταξύ, ο Stanley Milgram είχε εκπονήσει μια πειραματική μελέτη με το ίδιο θέμα,[230] που είχε ως ακολούθως: Επέλεξε τυχαία 196 κατοίκους της Όμαχα στη Νεμπράσκα και 100 κατοίκους της Βοστώνης. Τους ζήτησε να στείλουν μια επιστολή σε έναν δικηγόρο που ζούσε σε ένα προάστιο της Βοστώνης, τον οποίον δεν γνώριζαν προσωπικά. Θα περνούσαν την επιστολή χέρι-με-χέρι σε γνωστό τους, υποθέτοντας ότι αυτός θα ήταν σε θέση να γνωρίζει τον δικηγόρο. Αυτός με τη σειρά του θα έκανε το ίδιο, έως ότου παραδοθεί η επιστολή στον τελικό αποδέκτη ιδιοχείρως. Τελικά 64 γράμματα

[228] Karinthy, F., "Chain-Links" (1929). Στη συλλογή διηγημάτων *Everything is different* (1929). Παρατίθεται ολόκληρο στο Newman (2006), σελ. 22.
[229] de S. Pool, I., and Kochen, M. (1978). Contacts and influence. *Social Networks* 1, 1.
[230] Ο S. Milgram έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφ. 2, με αφορμή την πειραματική του μελέτης για την υιοθέτηση ακραίας ατομικής συμπεριφοράς, σε παράβαση κάθε ηθικού κανόνα.

έφτασαν στον προορισμό τους, έχοντας αλλάξει κατά μέσον όρο 5.2 χέρια, έκαστο (απίστευτα κοντά στην πρόβλεψη του Karinthy). Οι κάτοικοι της Βοστώνης, λόγω μικρής χωρικής απόστασης, ήταν πιο αποτελεσματικοί. Έτσι, κάνοντας οι ερευνητές μια διόρθωση στα αποτελέσματα του πειράματος ώστε να συνυπολογισθεί και αυτός ο παράγοντας ασυμμετρίας, η μέση απόσταση μεταξύ των ατόμων υπολογίστηκε μεταξύ 6 και 8. Στην ιστορία έμεινε ως “six degrees of separation”.

Σχήμα 4: *Το «δημοκρατικό» δίκτυο των Watts and Strogatz. Κάθε κόμβος ενώνεται με άμεσους γείτονες (έτσι εξασφαλίζεται μεγάλος clustering coefficient). Υπάρχουν όμως και δικτυακές ακμές που διασυνδέουν απομακρυσμένους κόμβους (έτσι εξασφαλίζεται η ιδιότητα μικρών κόσμων –small world property).*

Το πρώτο θεωρητικό μοντέλο που μπόρεσε να περιγράψει αποτελεσματικά τα δίκτυα μικρών κόσμων ήταν αυτό των Watts and Strogatz. Η κεντρική ιδέα φαίνεται στο σχήμα 4, αφορά στοχαστικό δίκτυο και διαφέρει σημαντικά από τα τυχαία δίκτυα. Κόμβοι του δικτύου διατάσσονται στην περιφέρεια ενός κύκλου. Η απόσταση μεταξύ τους μικραίνει πολύ γρήγορα εάν επιτραπούν λίγες διασυνδέσεις ανάμεσα σε κόμβους που απέχουν μακριά. Συγκεκριμένα, με δέκα μόλις μακρυνές διασυνδέσεις, η μέση απόσταση σε δίκτυο οσονδήποτε κόμβων υποδιπλασιάζεται. Επί πλέον, τα χαρακτηριστικά της ομαδοποίησης των κόμβων (και η παράμετρος C) διατηρούνται, καθώς κάθε κόμβος παραμένει σε μικρή απόσταση από γείτονες των γειτόνων του. Η ιδιότητα αυτή ενυπάρχει σε όλα τα κοινωνικά δίκτυα, όπως για παράδειγμα στα δίκτυα φιλίας, όπου για κάθε άτομο οι φίλοι των φίλων του είναι συνήθως και δικοί του φίλοι.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Αποκλίσεις πειραματικών δικτυακών δεδομένων από τυχαία δίκτυα

Δίκτυα	Απόσταση (πραγματική)	Απόσταση (τυχαίο δίκτυο)	Clustering coefficient (πραγματικό)	Clustering coefficient (τυχαίο δίκτυο)
Ηθοποιοί ταινιών	3.65	2.99	0.79	.00027
Ηλεκτρικό Δίκτυο Μετάδοσης	18.7	12.4	0.080	.005
C. Elegans	2.65	2.25	0.28	.05

Τα δίκτυα των Watts and Strogatz ονομάζονται «δημοκρατικά» δίκτυα, σε αντίθεση με τα ιεραρχικά δίκτυα που παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω. Αξίζει να αναφερθεί κανείς στα πρώτα δίκτυα που μελετήθηκαν για να επιδειχθεί η γενικότητα της θεώρησης των μικρών κόσμων. Αυτά ήταν το δίκτυο ηθοποιών με συνάφεια στον Kevin Bacon, το δίκτυο ηλεκτροδότησης και το δίκτυο των νευρικών εγκεφαλικών κυττάρων της κάμπιας *C. elegans*.

- Ένα χρόνο πριν τη δημοσίευση των Watts and Strogatz, το 1997, μέλη της πανεπιστημιακής αδελφότητας William and Mary College στην Αμερική είχαν δημιουργήσει ένα παιγνίδι, το οποίο είχε μεταφερθεί στο διαδίκτυο από δυο επιστήμονες υπολογιστών (τους Brett Tjaden και Glenn Wasson). Βασιζόμενοι στην πεποίθηση ότι ο Kevin Bacon κατείχε μια ξεχωριστή θέση μεταξύ των ηθοποιών, χρησιμοποιούσαν τη βάση δεδομένων Internet Movie Database (IMD) για να βρουν την «απόσταση» του συγκεκριμένου ηθοποιού από οποιονδήποτε άλλον – ένα παιγνίδι παρόμοιο με του Karinthy.[231] Η IMD περιλάμβανε κάπου μισό εκατομμύριο ηθοποιούς κάθε εθνικότητας, που είχαν λάβει μέρος σε πάνω από 200 χιλιάδες κινηματογραφικές ταινίες τα τελευταία 100 χρόνια, παγκοσμίως. Εάν κάποιος είχε παίξει στην ίδια ταινία με τον Bacon έπαιρνε Bacon Number BN=1. Εάν δεν είχε παίξει με αυτόν, αλλά με κάποιον άλλο ηθοποιό που είχε συμπρωταγωνιστήσει με τον Bacon έπαιρνε BN=2. Η κατανομή του Bacon Number εμφανίζεται στον Πίνακα 2.

[231] Μεταξύ των μαθηματικών, πολύ δημοφιλές ήταν το παιγνίδι να υπολογίζουν την «απόστασή» τους από τον Paul Erdős, μετρώντας την απόσταση από συνεργάτες του που εμφανίζονται στις 1500 περίπου επιστημονικές του δημοσιεύσεις. Δες, de Castro, R., and Grossman, J. W. (1999). Famous trails to Paul Erdős. *Mathematical Intelligencer 21*, 51 (1999).

Πάνω από το 90% των ηθοποιών στην IMD έχουν πεπερασμένο αριθμό, κάτω από τέσσερα στη συντριπτική τους πλειοψηφία (όπως, πχ, ο Θανάσης Βέγγος, που περιλαμβάνεται στην IMD με BN=3. Επίσης BN=3 έχουν η Ζέτα Μακρυπούλια, ο Νίκος Ξανθόπουλος, Αλίκη Βουγιουκλάκη, η Τασσώ Καββαδία, κλπ). Ο Bacon δεν κατέχει καμία ιδιαίτερη θέση στο δίκτυο. Αντίστοιχους μικρούς αριθμούς βρίσκει κανείς ξεκινώντας από οποιονδήποτε ηθοποιό.[232] Οι Watts και Strogatz υπολόγισαν τον μέσο αριθμό <BN>=3.65, ξεκινώντας από όλους τους ηθοποιούς που συνδέονταν μεταξύ τους στον "giant component" του δικτύου της IMD.

- Το δίκτυο μετάδοσης ηλεκτρικού ρεύματος στις ΗΠΑ (Σχ. 5) δεν έχει φαινομενικά καμία σχέση με το δίκτυο των ηθοποιών. Οι γραμμές μεταφοράς, που μεσολαβούν από την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος έως τοπικά σημεία συγκέντρωσης του δικτύου διανομής προς τους πελάτες, σχηματίζουν ένα πολύπλοκο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Στόχος είναι η επίτευξη ασφαλούς παροχής ρεύματος κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες απώλειας ή βλάβης κάποιου τμήματός του. Οι Watts και Strogaz έδειξαν πως κάθε κόμβος γραμμών μετάδοσης απέχει από οποιονδήποτε άλλον 18.7 βήματα, ενώ ο clustering coefficient C ήταν μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερος από την πρόβλεψη της τοπολογίας τυχαίων δικτύων. Το δίκτυο ηλεκτροδότησης ήταν, επομένως, ένα δίκτυο μικρού κόσμου. Αυτό δεν το εμπόδισε (ή ενδεχομένως το υποβοήθησε) να καταρρεύσει τον Αύγουστο του 1996, βυθίζοντας στο σκοτάδι εκατομμύρια Αμερικανούς και Καναδούς.[233]

[232] Μπορεί κανείς να βάλει οποιαδήποτε ζεύγη ηθοποιών στο http://oracleofbacon.org/ Για παράδειγμα, οι Arnold Schwarzenegger και Απόστολος Σουγκλάκος (παλαιός δημοφιλής Έλληνας παλαιστής και λαϊκός ήρωας, που είχε παίξει και σε κινηματογραφική ταινία) απέχουν δύο μόλις βήματα.
[233] Watts, D. J. (2003). *Six degrees*, London: Vintage, σελ 96.

Σχήμα 5: *Το δίκτυο μετάδοσης ηλεκτρικού ρεύματος στην Πολιτεία της Νέας Υόρκης. Γεννήτριες και υποσταθμοί σημειώνονται με μπλε ευθύγραμμα τμήματα. Οι γραμμές μεταφοράς που τα διασυνδέουν χαρακτηρίζονται χρωματικά ανάλογα με την τάση (κόκκινο 765 και 500 kV, καφέ 345 kV, πράσινο 230 kV, γκρι ≤138 kV). (Περιέχεται στο Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. Nature 410, 268, σελ 269).*

- Ο μικροοργανισμός *C. elegans* είναι από τους περισσότερο μελετημένους βιολογικούς οργανισμούς (μαζί με τη μυίγα Drosophila και το βακτηρίδιο *E. coli*). Ο πρώτος που το μελέτησε ήταν ο Sydney Brenner το 1965, ο οποίος πολύ αργότερα είχε σημαντικό ρόλο στο Human Genome Project. Το δίκτυο όλων των νευρώνων του *C. elegans* έχει καταγραφεί. Αυτό που δεν είχε υπολογισθεί από βιολόγους αλλά αποδείχθηκε από τους φυσικούς Watts και Strogatz ήταν ότι οι διασυνδέσεις των νευρώνων το καθιστούσαν δίκτυο μικρών κόσμων.

Τα παραπάνω ήταν υπέρ-αρκετά για να δημοσιευθεί η εργασία των Watts και Strogatz στο περιοδικό Nature.[234] Αυτό που όμως επίσης υποδείκνυε, αλλά έγινε αργότερα αντικείμενο μελέτης, ήταν ότι οι συγκεκριμένοι φυσικοί ήταν πολύ αποτελεσματικοί στο να βρουν δίκτυα μικρών κόσμων σε τομείς μακριά από το επιστημονικό τους πεδίο, σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα από τότε που ξεκίνησαν να ψάχνουν. Κάτι τέτοιο είναι δυνατόν εάν τουλάχιστον ένα εκ των δύο συμβαίνουν: Είτε δίκτυα μικρών κόσμων βρίσκονται παντού στη φύση, οπουδήποτε κανείς και αν κοιτάξει. Είτε οι άνθρωποι έχουν την ικανότητα να αναγνωρίζουν τέτοια δίκτυα με σχετική ευκολία, δίχως προηγουμένως να έχουν καταφύγει σε λεπτομερείς υπολογισμούς.

[234] Watts, D. J., and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature 393*, 440.

Σχήμα 6: *Ο πίνακας του Saul Steinberg με τίτλο "View of the World from 9th Avenue" δείχνει την άποψη του ζωγράφου για το εύρος της αναζήτησης γεωγραφικών λεπτομερειών ενός παρατηρητή σε σχέση με την απόσταση. Είναι συμβατή με το αποτέλεσμα του Kleinberg, ότι μικροί κόσμοι που μπορούν να διανυθούν (πχ, από μία επιστολή) απαιτούν ίδιο αριθμό χαρακτηριστικών σε λογαριθμικά αυξανόμενη κλίμακα. (Αναφέρεται στο Watts (2003),σελ.144. Ο πίνακας ανήκει σε ιδιωτική συλλογή στη Νέα Υόρκη.)*

Η δεύτερη εκδοχή μελετήθηκε από τον Jon M. Kleinberg.[235] Αναφερόμενος στο πείραμα του Milgram με τις επιστολές που δεν χάθηκαν, αλλά τελικά έφθασαν στον τελικό τους αποδέκτη στο προάστιο της Βοστώνης, ο Kleinberg πρότεινε ένα απλό μοντέλο για το πώς κάτι τέτοιο μπορούσε να επιτευχθεί. Ξεκίνησε λοιπόν από ένα τετραγωνικό πλέγμα σε δύο διαστάσεις με κόμβους που απέχουν μοναδιαία απόσταση r=1, και υπολόγισε το μέσο αριθμό βημάτων d που συνδέουν δύο τυχόντες κόμβους στο δίκτυο. Φυσικά ήταν ένας πολύ μεγάλος αριθμός. Μετά, ο Kleinberg άρχισε να προσθέτει διασυνδέσεις μεταξύ απομακρυσμένων κόμβων, με τρόπο ώστε η πιθανότητα δύο κόμβοι που απέχουν r να ακολουθεί κατανομή $r^{-\alpha}$, με α της τάξεως της μονάδας. Όπως αναμενόταν από την ιδιότητα των μικρών κόσμων (Σχ. 4), ο αριθμός d ελαττωνόταν με την πρόσθεση μακρινών διασυνδέσεων. Τώρα ο Kleinberg έτρεξε έναν αλγόριθμο σε αυτό το δίκτυο, που μιμείτο το πείραμα του Milgram. Κάθε κόμβος προωθούσε ένα «γράμμα» σε κάποιο γείτονά του στο πλέγμα. Μόνο αυτές τις διασυνδέσεις αναγνώριζε, δεν είχε καμία άλλη εποπτεία του δικτύου. Το γράμμα κατάφερνε να φτάσει σε μακρινό αποδέκτη του διδιάστατου πλέγματος μόνο στην περίπτωση όπου α=2, όταν δηλαδή η παράμετρος α ισούται με τη γεωμετρική διάσταση του (διδιάστατου εδώ) πλέγματος.

Το συμπέρασμα του Kleinberg είναι απλό και, περιέργως, είχε απεικονιστεί σε έναν ζωγραφικό πίνακα που βρέθηκε στο εξώφυλλο του New Yorker χρόνια πριν (Σχ. 6, από την αναφορά Watts (2003)). Για να μπορέσει κάποιος να στείλει ένα γράμμα με επιτυχία σε έναν μακρινό άγνωστο, πρέπει να έχει ίσο αριθμό διασυνδέσεων σε λογαριθμικά αυξανόμενη Ευκλείδια απόσταση.

Το αποτέλεσμα του Kleinberg οδηγεί και σε ένα άλλο συμπέρασμα. Υπάρχουν μικροί κόσμοι (πχ, όταν $\alpha \neq 2$ παραπάνω) όπου η επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις είναι αδύνατη. Σαν γεωμετρικές κατασκευές, μάλιστα, τέτοια δίκτυα είναι μακράν τα περισσότερα. Το ότι κατάφεραν επιστολές του Milgram να φθάσουν από την Όμαχα στον δικηγόρο της Βοστώνης ή το ότι οι Strogatz και Watts βρήκαν με τόση ευκολία πραγματικά δίκτυα μικρών κόσμων είναι πραγματικά εκπληκτικό. Εκτός εάν τα

[235] Kleinberg, J. M. (2000). Navigation in a Small Word. *Nature* 406, 845.

δίκτυα που ξέρουμε να αναζητούμε ή κατασκευάζουμε έχουν αυτήν την ιδιότητα από τη δημιουργία τους. Αυτό ως σήμερα παραμένει παντελώς αδιευκρίνιστο.

3.5.2 Ανάπτυξη δικτύων – Δίχως κλίμακα δίκτυα (“Scale-free networks”)

Την ίδια ακριβώς εποχή που ξεκίνησε η μελέτη των μικρών κόσμων, στα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι φυσικοί προχωρούσαν και σε μια δεύτερη κατεύθυνση. Αναγνώριζαν ότι τα δίκτυα δεν αποτελούν στατικές διατάξεις όπως αντιμετωπίζονταν από τη μαθηματική θεωρία γραφήματος ή την κοινωνιολογική ανάλυση. Τα δίκτυα εξελίσσονται. Και η εξέλιξή τους αφορά τη δημιουργία νέων ή την καταστροφή παλαιών διασυνδέσεων. Στόχος της συγκεκριμένης επιστημονικής ανάλυσης ήταν να προσεγγίσει τη δομή δικτύων που εμφανίζονται στη φύση, προσεγγίζοντας τον τρόπο που αυτά επεκτείνονται ή αναδιατάσσονται.

Τα πρώτα πειραματικά στοιχεία που είχαν υποδείξει αυτή την επιστημονική κατεύθυνση αφορούσαν τους συγγραφείς επιστημονικών δημοσιεύσεων. Το 1965, ο Derek de Solla Price δημοσίευσε στο περιοδικό Science μια έρευνα πάνω στις αναφορές που λαμβάνουν δημοσιευμένες εργασίες από μεταγενέστερες.[236] Βρήκε ότι ο αριθμός των αναφορών ακολουθούσε κατανομή δύναμης εκθέτη (παρόμοια με τον νόμο του Zipf). Το 1998, η μελέτη επαναλήφθηκε από τον Redner[237], χρησιμοποιώντας πολύ μεγαλύτερη βάση δεδομένων από το Institute for Scientific Information, και επαληθεύοντας τα αποτελέσματα. Ο Price, πέρα από την πρώτη εμπειρική μελέτη πρόσφερε και μια θεωρητική προσέγγιση για να εξηγήσει την κατανομή δύναμης εκθέτη: Η πιθανότητα κάθε δημοσίευσης να γίνει αναφορά από άλλους ήταν ανάλογη με τον αριθμό των αναφορών που είχε ήδη επιτύχει. Ο πλούσιος γίνεται πλουσιότερος – the rich gets richer, όπως είχε προτείνει και ο Gibrat σε ένα τελείως διαφορετικό τομέα (ανάπτυξη και μέγεθος επιχειρήσεων) το 1931 και αναφέραμε εκτενώς στο Κεφάλαιο 2.[238] Το 1999, οι Barabási και Albert

[236] de Solla Price, D. J. (1965). Networks in scientific papers, *Science* 149, 510.
[237] Redner, S. (1998). How popular is your paper? An empirical study of the citation distribution, *Eur. Phys. J. B* 4, 131.
[238] Gibrat (1931).

επαναδιατύπωσαν την ιδέα αυτή, δίνοντάς της την ονομασία «προνομιακή διασύνδεση» (“preferential attachment”).[239]

Η δημοσίευση των Barabási και Albert έδωσε το έναυσμα για εκτεταμένη μελέτη μηχανισμών ανάπτυξης δικτύων, στις οποίες διερευνάται η επίδραση τοπικών αλληλεπιδράσεων (επίπεδο μίκρο-) στα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του δικτύου. Τέτοια δίκτυα ονομάστηκαν ιεραρχικά γιατί, σε αντίθεση με τα δημοκρατικά δίκτυα, περιλαμβάνουν κόμβους με πολύ μεγάλο αριθμό γειτόνων, όπως και κόμβους με ελάχιστους γείτονες. Για διευκόλυνση της περιγραφής μπορούμε εδώ να ορίσουμε ως βαθμό (“degree”) k ενός κόμβου τον αριθμό των γειτόνων του. Στα δίχως κλίμακα δίκτυα, ο βαθμός ακολουθεί την κατανομή Zipf $P(k) \sim k^{-\gamma}$, όπου ο εκθέτης γ είναι μια σταθερά $2 \leq \gamma \leq 3$. Εκτός από το δίκτυο των επιστημονικών αναφορών, τέτοια δίκτυα είναι το Internet, το Web, κλπ.

Σχήμα 7: *Αριστερά: δίχως-κλίμακα (scale-free) δίκτυο με ιδιότητα μικρών κόσμων (παράδειγμα το δίκτυο των routers του διαδικτύου). Δεξιά: δίχως-κλίμακα δίκτυο με ιδιότητα fractal (παράδειγμα το δίκτυο των ιστοσελίδων www).*

[239] Barabási and Albert (1999).

Το Σχ. 7 δείχνει ότι υπάρχουν δύο γενικές τοπολογίες χωρίς-κλίμακα δικτύων.

- Στην πρώτη, οι κόμβοι με μεγάλο βαθμό τείνουν να διασυνδέονται μεταξύ τους. Τα δίκτυα αυτά είναι επίσης μικροί κόσμοι. Τέτοιο δίκτυο είναι το δίκτυο των routers που αποτελούν το διαδίκτυο.
- Στη δεύτερη, κόμβοι με μεγάλο βαθμό διασυνδέονται με κόμβους μικρού k. Αυτή η τοπολογία δεν ανήκει στην κατηγορία των μικρών κόσμων. Είναι fractal, έχει δηλαδή την ιδιότητα να παρουσιάζει την ίδια δομή σε πολλές κλίμακες. Τέτοιο δίκτυο είναι το δίκτυο των ιστοσελίδων Web, όπως επίσης δίκτυα μεταβολισμού.[240]

Μπορεί να εκμεταλλευτεί κανείς τη δομή ενός χωρίς κλίμακα δικτύου για να επιτύχει καλύτερη πρόσβαση στους κόμβους του; Για παράδειγμα, πώς μπορεί κανείς να ψάχνει το Web; Περιέχει ήδη τρισεκατομμύρια ιστοσελίδες αποθηκευμένες στους υπολογιστές του διαδικτύου. Έστω ένας υπολογιστής του διαδικτύου ξεκινά μια αναζήτηση στους γείτονές του. Εάν βρει την πληροφορία που ζητά, σταματάει. Εάν όχι, τότε ψάχνει στους γείτονες των γειτόνων του, κοκ. Αυτή είναι μια τυπική διαδικασία αναζήτησης. Αν υπάρχουν n υπολογιστές στο δίκτυο και ξεκινούν αναζητήσεις με ρυθμό r, τότε επισκέψεις σε υπολογιστές του δικτύου γίνονται με ρυθμό τάξης μεγέθους $O(rn^2)$. Ο αριθμός αυτός αυξάνει ραγδαία με το n και θέτει όρια στο μέγεθος του δικτύου. Οι Adamic *et al*[241] πρότειναν για αναζητήσεις σε δίκτυα δίχως κλίμακα το εξής: Εάν δεν βρεθεί η πληροφορία σε έναν υπολογιστή, τότε η αναζήτηση να συνεχίζει όχι σε όλους τους γειτονικούς υπολογιστές, αλλά μόνον σε εκείνον με τον μεγαλύτερο βαθμό. Έδειξαν ότι οι συνολικές επισκέψεις σε υπολογιστές είναι $rn \log^2 n$, αυξάνει δηλαδή περίπου ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου ~n (ο λογάριθμος αυξάνει αργά). Επίσης, τις αναζητήσεις αναλαμβάνουν πρακτικά υπολογιστές με μεγάλο βαθμό, οι οποίοι στα δίχως κλίμακα δίκτυα είναι πολύ λιγότεροι, όπως φαίνεται από τη σχέση $P(k) \sim k^{-\gamma}$, που είναι φθίνουσα συνάρτηση του k. Είναι προτιμότερο λοιπόν να ενισχύει κανείς την υπολογιστική ισχύ σε λίγους υπολογιστές, αντί να πρέπει να τους ενισχύσει όλους αδιακρίτως.

[240] Song, C., Havlin, S., Maske, H. A. (2006). Origins of fractality in the growth of complex networks, *Nature Physics* 2, 275.
[241] Adamic, L. A., Lucose, R. M., Pumiyani, A. R., and Huberman, B. A. (2001). Search in power-law networks, *Phys. Rev. E* 64, 046135.

Είναι φανερό ότι ο νόμος του Zipf, που βρίσκεται στην καρδιά των δίχως κλίμακα δικτύων, τους προσδίδει πολύ ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Έχουμε αναφερθεί στη μεγάλη συχνότητα εμφάνισης της κατανομής δύναμης εκθέτη που παρατήρησε ο Zipf στη φύση. Στη δικτυακή ορολογία, αυτό ισοδυναμεί με τη συχνότατη εμφάνιση δίχως κλίμακα δικτύων στη φύση.[242] Η Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση προσφέρει επομένως μια πρόταση για τον τρόπο που αυτά δημιουργούνται, την πρακτική δηλαδή της ανάπτυξης με τη μέθοδο the rich get richer. Οι νέοι κόμβοι διασυνδέονται σε υφιστάμενους ανάλογα με το πόσο αυτοί είναι ήδη διασυνδεμένοι. Παρά τη φαινομενική του επιτυχία όμως, ο μηχανισμός αυτός δεν μπορεί να είναι ο μοναδικός που οδηγεί στην κατανομή δύναμης εκθέτη, αφού υπονοεί ότι παλαιότεροι κόμβοι στο δίκτυο έχουν το προβάδισμα στο να αποκτήσουν μεγάλο πλήθος γειτόνων. Φυσικά, κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί, αλλά δεν συμβαίνει πάντα. Για παράδειγμα, οι παλαιότερες ιστοσελίδες στο Web δεν είναι οι πλέον επισκέψιμες. Το Google μέσα σε λίγα χρόνια υποσκέλισε κατά πολύ όλες τις προηγηθείσες μηχανές αναζήτησης. Πολύ συχνά, ο νεότερος αποδεικνύεται ικανότερος να προσελκύει νέους γείτονες από παλαιότερους δικτυακούς κόμβους.

Η Ginestra Bianconi, μαθήτρια του Barabási, μελετούσε τρόπους για να περιλάβει την ικανότητα ενός κόμβου να προσελκύει γείτονες, διαφορετικούς από τον κανόνα του “the rich get richer”. Θεώρησε πως η ικανότητα αυτή μπορεί να περιγραφεί με μια νέα παράμετρο (“fitness”) του κόμβου, η οποία θα συμμετέχει στην πρόσκτηση νέων γειτόνων ταυτόχρονα με τον βαθμό του.[243] Τα αποτελέσματα ήταν πολύ ενδιαφέροντα. Ο νόμος του Zipf $P(k) \sim k^{-\gamma}$ δεν αλλοιωνόταν. Επιπρόσθετα, το δίκτυο δεν αναπτυσσόταν αποκλειστικά γύρω από παλαιότερους κόμβους, και πλησίαζε καταστάσεις που απαντώνται σε πραγματικά δίκτυα. Η νέα ιδιότητα προσέδιδε νέες δυνατότητες ανάπτυξης στο δίκτυο, όπου “the fit get richer” σε ένα πλαίσιο ανταγωνισμού όπου όλοι προσπαθούν να εμφανιστούν ελκυστικοί. Υποδείκνυε επίσης και διαφορετικά μαθηματικά εργαλεία στατιστικής για ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ο ανταγωνισμός μεταξύ κόμβων, για παράδειγμα, θα μπορούσε να περιγραφεί από ένα παιγνίδι, όπως αυτά που εισήγαγε ο von Newman και

[242] Αυτό οδήγησε σε μια ευφορία αναζήτησης παρόμοιων δικτύων παντού, από πλήθος ερευνητών στις αρχές της δεκαετίας του 2000 και μεγάλη ανάπτυξη αντίστοιχης popular literature. Δες, M. Buchanan, M. (2002). *Nexus: Small worlds and the Groundbreaking science of networks.* New York and London: W. W. Norton & Company.

[243] Bianconi, G., and Barabási, A.-L. (2001). Competition and multiscaling in evolving networks. *Europhys. Lett.* 54, 436.

αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Υπό συγκεκριμένες συνθήκες δε, η Bianconi κατέδειξε ότι οι εξισώσεις που περιγράφουν καταστάσεις των δικτυακών κόμβων είναι ίδιες με εκείνες που προβλέπουν τη μετάβαση σε μια νέα φάση αλληλεπίδρασης, που ονομάζεται "Bose condensation" και είχε προταθεί το 1924από τον A. Einstein.[244] Αντί όμως της αναφοράς σε ιδιαίτατες ατομικές αλληλεπιδράσεις στα πλαίσια της κβαντομηχανικής, η Bose condensation εδώ περιγράφει μια πολύ ειδική περίσταση – ότι ο πιο ελκυστικός κόμβος δεν γίνεται απλά ο πλουσιότερος στο δίκτυο: Ενδέχεται να μονοπωλεί, να είναι μοναδικός, ξεχωριστός από όλους. Όλοι θα θέλουν να συνδεθούν σε αυτόν αποκλειστικά, τον απόλυτο νικητή στον ανταγωνισμό. Το φαινόμενο δεν είναι άγνωστο, ιδιαίτερα σε διαδικασίες οικονομικών πράξεων.

Επαναλαμβάνεται και εδώ ο γενικότερος αφορισμός των μοντέλων εκπροσώπησης της κοινωνικής φυσικής. Ένας ομοιομορφισμός μπορεί να προσεγγίσει την πραγματικότητα αν η αντιστοίχηση θεωρητικών παραμέτρων με πραγματικές συνθήκες είναι εύστοχη. Προσφέρεται έτσι ένας τρόπος ανάλυσης, μια μελέτη «τι θα συμβεί αν…», που φυσικά απέχει από κάθε αυστηρά ντετερμινιστική πρόβλεψη. Δεν παύει όμως, στο πλαίσιο αυτό, να προτείνει ένα τρόπο σύζευξης μικροσκοπικών αλληλεπιδράσεων και μακροσκοπικών συλλογικών κανονικοτήτων.

3.5.3 Δυναμική δικτύων – Διάδοση πληροφορίας και ασθενειών

Η κεντρική ιδέα των μελετών αυτής της κατηγορίας είναι να διερευνήσουν το βαθμό όπου η τοπολογία των δικτύων καθορίζει τη δυναμική διάδοσης αντικειμένων ή ιδεών σε αυτά. Θα μπορούσε να φανταστεί κάποιος ότι ένα σύνολο από αντικείμενα (πχ, μήλα) περνούν από χέρι σε χέρι ανθρώπων που διασυνδέονται σε τοπολογία δικτύου. Ή, ότι στο ίδιο δίκτυο ανθρώπων διαδίδεται μια φήμη ή μια ασθένεια όπου, αντίθετα από τα αντικείμενα που διατηρούνται σε πλήθος (όπως τα μήλα), δεν χάνεται από τον φορέα με τη μετάδοσή της στον αποδέκτη. Η διάδοση επιτυγχάνεται εξ αιτίας της επικοινωνίας με γειτονικούς κόμβους. Το πρόβλημα είναι στοχαστικό, καθώς στα προβλήματα αυτά θεωρείται ότι υπάρχει κάποια πιθανότητα διάφορη της μονάδας να

[244] Bianconi, G. and Barabási, A.-L. (2001). Bose-Einstein condensation in complex networks. *Phys. Rev. Lett.* 86, 5632.

ασθενήσει ένας κόμβος σε κάθε επαφή του με γείτονα, ο οποίος είναι φορέας της ασθένειας.

Υπό διαφορετική διατύπωση, τέτοιου είδους προβλήματα αφορούν τη λειτουργία συστημάτων που χτίζονται πάνω σε δίκτυα.[245] Η είσοδος του συστήματος είναι μια «ασθένεια» που προσβάλει έναν από τους κόμβους. Η έξοδος είναι ο βαθμός προσβολής των υπολοίπων κόμβων (υποσυστημάτων), η δυναμική της διάδοσης (ταχύτητα, κριτικά σημεία, ενδημική παρουσία, κλπ) και τα τοπολογικά χαρακτηριστικά της. Τα θεωρητικά εργαλεία μελέτης ονομάζονται «επιδημιολογικά μοντέλα», δεδομένου ότι ο όρος «ασθένεια» χρησιμοποιείται συνήθως για οποιοδήποτε διαδιδόμενο μη συντηρητικό μέγεθος – πληροφορία, ασθένεια, συμπεριφορά, κλπ.

Τα παραδοσιακά επιδημιολογικά μοντέλα ξεκινούν από την προσέγγιση ότι ο πληθυσμός είναι «πλήρως αναμεμιγμένος» (“fully mixed”). Κάθε άτομο έχει την ίδια πιθανότητα να μεταδώσει την ασθένεια σε οποιοδήποτε άλλο άτομο του πληθυσμού. Αυτή η υπόθεση αντιστοιχεί σε κοινωνικές αλληλεπιδράσεις που προσεγγίζονται με το μοντέλο των τυχαίων επαφών ατόμων σε κουτί (“atoms-in-a-box”). Οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις θεωρούνται τόσο πολύπλοκες, ώστε να μπορούν να προσεγγιστούν σε ικανοποιητικό βαθμό ως τυχαίες. Το κυριότερο μοντέλο διάχυσης είναι το «λογιστικό μοντέλο» (“logistic model” ή “Fisher-Pry model”)[246], όπου ο ρυθμός αύξησης στο χρόνο t των κρουσμάτων μιας ασθένειας είναι ανάλογος των ήδη προσβεβλημένων ατόμων n, αλλά και όσων απομένουν απρόσβλητα στον πληθυσμό (n*-n). Το λογιστικό μοντέλο είναι «τύπου SI», όπου τα άτομα στον πληθυσμό είτε νοσούν (“infected”- “I”) είτε είναι επιρρεπή (“susceptible”-“S”) να μολυνθούν στην ασθένεια από επαφή από άλλους που έχουν ήδη νοσήσει.

$$dn/dt \sim n\,(n^*-n)$$

Η λύση της εξίσωσης για τα προσβεβλημένα άτομα n(t) είναι «σιγμοειδής καμπύλη», η οποία αποκλίνει ελάχιστα (~2%) από την αθροιστική κατανομή πιθανότητας

[245] Η άποψη αυτή διατυπώνεται στο Newman, M., Barabási, A.-L., and Watts, D.J. (Eds.) (2006). *The structure and Dynamics of Networks*, Princeton and Oxford: Princeton Univ. Press, σελ. 415.
[246] Fisher, J. C., and Pry, R. H. (1971). A Simple Substitution Model of Technological Change. *Technol. Forecast. Soc. Change*. 3, 75-88.

τυχαίων γεγονότων Gauss. Πλήθος αλλαγών στη βασική υπόθεση του λογιστικού μοντέλου έχουν διερευνηθεί, οι οποίες διατηρούν τη βασική ιδέα της πλήρους ανάμειξης του πληθυσμού.[247] Για παράδειγμα, έχουν μελετηθεί ανομοιογενείς πληθυσμοί με βάση κάποιο χαρακτηριστικό (πχ, ηλικία), δυσκολίες μετάδοσης της ασθένειας ως συνάρτηση του μεγέθους του πληθυσμού n(t), παρουσία εξωτερικών φορέων μόλυνσης, κλπ. Οι αντίστοιχες λύσεις για τον πληθυσμό n(t) μεταπίπτουν στη λογιστική σιγμοειδή καμπύλη στο όριο κάποιων τιμών των παραμέτρων τους.

Με την ανάπτυξη της Δικτυακής Κοινωνικής Ανάλυσης, οι ερευνητές απομακρύνθηκαν από την αρχή της πλήρους ανάμειξης. Ο πληθυσμός αποτελείται πλέον από ένα δίκτυο κόμβων που συνδέονται μεταξύ τους σε συγκεκριμένες τοπολογίες (πχ, μικρών κόσμων, δίχως κλίμακα δικτύων, κλπ). Στοιχεία από την λεγόμενη "percolation theory" της φυσικής ενσωματώθηκαν γρήγορα σε αυτές τις μελέτες. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι το επιδημικό κατώφλι για τη διάδοση της ασθένειας, κάτω από το οποίο ο πληθυσμός που νοσεί παραμένει σε μικρές απομονωμένες ομάδες και δεν μπορεί να εξαπλωθεί στο μεγάλο πλήθος συνδεδεμένων ατόμων ("giant network component"). Οι πρώτες προσπάθειες σε αυτή την κατεύθυνση ήταν οι εργασίες των Ball *et al*[248] και της M. J. Keeling[249] στα τέλη της δεκαετίας του '90 που, χωρίς να το αναφέρουν, μελέτησαν πληθυσμούς με την ιδιότητα του μικρού κόσμου και του μεγάλου βαθμού ομαδοποίησης (clustering coefficient). Συγκεκριμένα:

Οι Ball *et al* μελέτησαν τη διάδοση ασθενειών σε ένα μοντέλο "SI" πληθυσμού, ο οποίος κατανέμεται σε «οικογένειες». Μέσα σε κάθε οικογένεια η ασθένεια μεταδίδεται με εύκολα, δεδομένων των συχνών επαφών μεταξύ των μελών της. Οι ερευνητές βρήκαν ότι, ακόμα και αν σπανίζουν οι επαφές μεταξύ μελών διαφορετικών οικογενειών, η ασθένεια μεταδίδεται ταχύτατα και στο υπερ-δίκτυο των οικογενειών. Αρκεί ένα άτομο προσβεβλημένης οικογένειας να έλθει σε επαφή

[247] Meade, N., and Islam, T. (2006) Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review. *International Journal of Forecasting* 22, 519.
[248] Ball, F., Molison, D., and Scalia-Tomba, G. (1997) Epidemics with two levels mixing. *Annals of Applied Probability* 7, 46.
[249] Keeling, M. J. (1999) The effects of local spatial structure on epidemiological invasion. *Proc. R. Soc. London B* 266, 859.

με οποιοδήποτε άτομο υγιούς.[250] Το αξιοσημείωτο είναι ότι χρησιμοποίησαν μια τοπολογία δικτύου που προσομοιάζει εκείνο των Watts and Strogatz (δες Σχ. 4), ένα χρόνο πριν οι τελευταίοι αναδείξουν τη σημασία του στην εξήγηση των πειραμάτων του Milgram.

Η M. J. Kelling επίλυσε το "SIR" μοντέλο διάδοσης, όπου άτομα μολυσμένα ("I") και άτομα επιρρεπή ("S") στη μόλυνση μέσω κοινωνικών επαφών συνυπάρχουν με άτομα που έχουν νοσήσει και κατόπιν απομακρυνθεί από το δίκτυο (είτε αποκτώντας ανοσία είτε πεθαίνοντας, "recovered" ή "removed"– "R"). Συγκεκριμένα βρήκε ότι, καθώς η ομαδοποίηση μεγαλώνει με πολλαπλές σχέσεις μεταξύ γειτόνων (δηλαδή αυξάνει ο συντελεστής "clustering coefficient" C), το επιδημικό κατώφλι αυξάνει επίσης, κάνοντας τη μετάδοση της ασθένειας δυσκολότερη. Απαιτείται έτσι διαρκώς χαμηλότερο ποσοστό εμβολιασμού στον πληθυσμό για αποφυγή επιδημίας. Η εξήγηση είναι ότι μολυσματικές ασθένειες σε κλειστές ομάδες κυκλοφορούν σε περιβάλλον ατόμων που έχουν ήδη νοσήσει (τα οποία είτε έχουν αποκτήσει ανοσία είτε πεθαίνουν γρήγορα και απομακρύνονται από το δίκτυο). Έτσι, χαμηλώνει ο κίνδυνος εξάπλωσης της επιδημίας στους υπόλοιπους δικτυακούς κόμβους. Η ύπαρξη "R" δικτυακών κόμβων είναι εκείνοι που διαφοροποιούν τόσο ριζικά το αποτέλεσμα από εκείνο των Ball *et al*, το οποίο εμφάνιζε την ακριβώς αντίθετη φορά.

Τα μοντέλα SI και SIR δεν μπορούν να περιγράψουν επανεμφανίσεις ασθενειών ή ενδημικές καταστάσεις. Επανεμφάνιση μιας ασθένειας μπορεί να συμβεί για δύο λόγους: Πρώτον γιατί ο πληθυσμός σταδιακά αλλάζει και τα νέα άτομα δεν έχουν ανοσία από προηγούμενη μόλυνση (πχ, οι παιδικές ασθένειες, οι οποίες επανεμφανίζονται σε κάθε γενεά). Δεύτερον, γιατί ο ιός της ασθένειας μπορεί να υποστεί κάποια μετάλλαξη, ώστε να μπορεί να προσβάλλει εκ νέου ένα άτομο, το οποίο δεν έχει ανοσία στη νέα μορφή του ιού. Κάτι τέτοιο συμβαίνει, για παράδειγμα, με τον ιό της γρίπης. Οι δύο αυτές διαδικασίες προσεγγίζονται από το μοντέλο "SIRS", όπου άτομα του πληθυσμού που έχουν ιαθεί από τη νόσο ("R") χάνουν την ανοσία τους και μεταπίπτουν πάλι στην κατάσταση "S" (γίνονται πάλι υποψήφια να μολυνθούν).

[250] Προφανώς αν n άτομα σε κάθε οικογένεια, η πιθανότητα μετάδοσης από μια οικογένεια σε άλλη είναι $\sim n^2$, ταχύτερα δηλαδή από την πρόβλεψη του λογιστικού μοντέλου.

Ενδημίες σε μοντέλα SIRS σε συγκεκριμένες δικτυακές τοπολογίες άρχισαν να μελετώνται το 2001. Οι Kuperman and Abramson[251], μελετώντας το δημοκρατικό δίκτυο μικρών κόσμων του Σχ. 4, βρήκαν ότι για μικρό πλήθος μακρινών διασυνδέσεων (μικρή τιμή της παραμέτρου p), η ασθένεια έχει τοπικό χαρακτήρα. Εξαπλώνεται στο δίκτυο όταν το p αυξηθεί πάνω από κάποια τιμή, και μάλιστα με τη μορφή περιοδικών κυμάτων επιδημίας.[252] Η συγχρονισμένη αυτή κίνηση είναι ακόμα υπό διερεύνηση. Ιεραρχικά δίκτυα μελετήθηκαν από τους Pastor-Satorras and Vespignani στην προσέγγιση μετάδοσης τύπου SIS.[253] Εδώ απλά θεωρείται ότι η περίοδος όπου ο κόμβος έχει ανοσία είναι μηδενικός (πχ, όπως η διάδοση ιών σε υπολογιστή χωρίς firewall). Βρέθηκε ότι στα δίκτυα χωρίς κλίμακα όλοι οι ιοί παραμένουν ενδημικοί, και μάλιστα εξαπλώνονται χωρίς επιδημικό κατώφλι. Η σημασία του αποτελέσματος είναι μεγάλη: σε δίκτυα όπως το internet, κάθε ιός εξαπλώνεται χωρίς φραγμό και ενδημεί.

Οι επιδημιολογικές μελέτες ανέδειξαν ότι ο τρόπος και ο αριθμός των “R” κόμβων που απομακρύνονται από ένα δίκτυο σαν αποτέλεσμα ανοσίας, εμβολιασμού ή θανάτου επηρεάζουν σημαντικά τη μετάδοση ασθενειών. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα για το πως αυξάνεται η δυσκολία μετάδοσης μιας ασθένειας όταν απομακρύνονται συστηματικά κόμβοι από το δίκτυο. Φυσικά, στην περίπτωση της διάδοσης ασθενειών, επιδιώκεται η δυσκολία αυτή να αυξηθεί. Στην περίπτωση όμως των δικτύων πληροφορίας, ενδέχεται αντίθετα να πρέπει η διάδοση να διευκολυνθεί. Για παράδειγμα, στο διαδίκτυο υπάρχουν πάντα (ενδημικά) υπολογιστές-servers που δεν λειτουργούν λόγω κάποιας βλάβης. Ποιος είναι ο κρίσιμος αριθμός τους, που θα καθιστούσε τη μετάδοση πληροφορίας και τη λειτουργία του διαδικτύου αδύνατη;

---

[251] Kuperman, M., and Abramson, G. (2001) Small world effect in an epidemiological model. *Phys. Rev. Lett.* 86, 2909.
[252] Παρόμοια περιοδικότητα είχε δειχθεί και σε “fully mixed” μοντέλα. Δες Cooke, K. L. *et al* (1997). Stability or chaos in discrete epidemic models. Στο *Nonlinear systems and applications: An international conference*, pp. 73-93, New York: Academic Press. Επίσης, δες Girvan *et al*, “A simple model of epidemics with pathogen mutation”, *Phys. Rev. E* 65, 031915 (2002).
[253] Pastor-Satorras (2001).

Οι Cohen *et al*[254] έδειξαν ότι σε οποιοδήποτε τυχαίο δίκτυο το κρίσιμο αυτό ποσοστό δίνεται από τη σχέση

$$P_c = 1 - 1/(\langle k^2 \rangle / \langle k \rangle - 1)$$

Σε ιεραρχικά δίκτυα με κατανομή αριθμού γειτονικών κόμβων (βαθμού) $P \sim k^{-\gamma}$ με $\gamma \leq 3$, το μεγαλύτερο συνεκτικό υποσύνολο του δικτύου (giant component) μικραίνει αλλά δεν εξαφανίζεται ποτέ ($P_c=1$), όταν οι κόμβοι απομακρύνονται με τυχαίο τρόπο. Όταν όμως στοχευθούν οι κόμβοι με τους περισσότερους γείτονες αρκεί η απομάκρυνση ενός μικρού τους ποσοστού ώστε το δίκτυο να καταρρεύσει και να αποσυντεθεί σε μικρές ανεξάρτητες ομάδες κόμβων. Όπως έδειξαν οι Calaway *et al*, για =2.7 (τυπική τιμή για το διαδίκτυο) το ποσοστό που θα έκανε τη μετάδοση πληροφορίας αδύνατη στο διαδίκτυο θα ήταν περί το 1% των πλέον δικτυωμένων κόμβων.[255]

3.5.4 Δυναμική της ανθρώπινης συμπεριφοράς – "Human dynamics"

Ο προβληματισμός για τον τρόπο που διαδίδονται κοινωνικές συμπεριφορές δεν εξαντλείται στον τρόπο που διαδίδεται μια ασθένεια (ή η πληροφορία) από έναν κόμβο στον άλλο. Συγκεκριμένα, ενώ για ασθένειες η επαφή με ένα μολυσμένο άτομο μπορεί να αποβεί μοιραία, οι κοινωνικές συμπεριφορές μεταδίδονται με διαφορετικό τρόπο. Σε περιπτώσεις όπως η ξαφνική επικράτηση κάποιας μόδας, η αναζωπύρωση ενδιαφέροντος για μια ξεχασμένη ταινία, κλπ, συμπεριφορές υιοθετούνται από άτομα όταν έχει προηγηθεί η υιοθέτησή τους από ένα σημαντικό ποσοστό φ από τους z γείτονές τους. Αναφέραμε στο Κεφάλαιο 2, για παράδειγμα, τον Keynes ο οποίος παρομοίαζε το 1930 την οικονομία με τους διαγωνισμούς ομορφιάς σε έντυπα της εποχής του, όπου κάθε αναγνώστης επέλεγε την ομορφότερη από ένα σύνολο υποψηφίων. Εάν η επιλογή του συνέπιπτε τελικά με τη νικήτρια του διαγωνισμού, έμπαινε σε κλήρωση για κάποιο δώρο. Τότε όμως δεν ψήφιζε την

[254] Cohen, R. *et al* (2000) Resilience of the internet to random breakdown. *Phys. Rev. Lett.* 85, 4626.
[255] Callaway, D. S. *et al* (2000) Network robustness and fragility: percolation on random graphs. *Phys. Rev. Lett.* 85, 5468.

υποψήφια που του άρεσε, αλλά την υποψήφια *που πίστευε ότι θα άρεσε στους περισσότερους*. Είκοσι χρόνια αργότερα, το 1950, ο Solomon Asch (καθηγητής του Stanley Milgram) αποτύπωσε αυτή την ανθρώπινη τάση με ένα πείραμα.[256]

Το πείραμα είχε ως εξής: Σε ένα δωμάτιο οκτώ άνθρωποι παρατηρούσαν με προσοχή για αρκετό χρονικό διάστημα τις γραμμές που εμφανίζονται στο Σχ. 8. Όταν τελείωνε η προβολή τους ζητείτο να αποφανθούν για το ποια γραμμή από τις αριθμημένες δεξιά είχε το ίδιο μήκος με αυτήν που εμφανιζόταν μόνη της αριστερά. Οι επτά πρώτοι που ερωτώντο ήταν συνεννοημένοι να πουν λάθος απάντηση (πχ, την Β αντί της, προφανώς σωστής, Α). Ο όγδοος (το μόνο υποκείμενο του πειράματος) αγνοούσε την σκευωρία. Όταν ερχόταν η δική του σειρά είχε μεγάλο πρόβλημα να υποδείξει αυτό που πίστευε και που προφανώς ήταν το ορθό. Παρότι ήταν εμφανής η δυσαρέσκειά του, με τη μορφή έκπληξης, ιδρώτα, κλπ, τουλάχιστον στο ένα τρίτο των φορών, το κοινό κατέληγε σε ομόφωνη απάντηση.

Σχήμα 8: *Η κάρτα με γραμμές που προβαλλόταν στους εθελοντές του πειράματος του Solomon Asch (από D. J. Watts 2003, σελ. 207).*

Ο Watts μελέτησε ένα τέτοιο τύπο διάδοσης σε δίκτυα μικρών κόσμων. Θεώρησε ότι ένας κόμβος υιοθετεί την άποψη/ συμπεριφορά μόνο όταν ένα ποσοστό φ από τους z γείτονές του την έχουν ήδη υιοθετήσει. Το ποσοστό φ αντικατόπτριζε ένα κατώφλι, το οποίο είναι γενικά διαφορετικό για κάθε κόμβο και εκφράζει την κοινωνική

[256] Δες Watts (2003) p. 207.

διαφορετικότητα. Οι τιμές κατωφλίου που παίρνει το φ θεωρήθηκε ότι ακολουθούν την τυχαία κατανομή Gauss. Επιλύοντας το πρόβλημα σε υπολογιστή παρατήρησε «φαινόμενα χιονοστιβάδας» (που αντιστοιχεί σε μαζική δηλαδή επικράτηση μιας μόδας) σε δύο περιπτώσεις: είτε σε μικρές τιμές φ είτε σε μικρές τιμές του z. Ήτοι, μια νέα μόδα εξαπλώνεται χάρη σε άτομα με μικρό φ, όπου πείθονται από τις πρώτες επαφές τους με την νέα ιδέα. Όταν όμως τα άτομα είναι στενά δικτυωμένα (μεγάλο z), τότε ακόμα και μικρό φ συνεπάγεται αρκετά μεγάλο πλήθος γειτόνων που την έχουν ήδη υιοθετήσει –πράγμα εξαιρετικά δύσκολο σε αρχικά στάδια της εξάπλωσης. Αυτό σημαίνει πως η μόδα δυσκολεύεται να εξαπλωθεί σε πολύ πυκνά δίκτυα.[257]

Η εργασία του Watts υπέδειξε τη δυνατότητα ενσωμάτωσης των γενικότερων αλληλεπιδράσεων σε μοντέλα εκπροσώπησης (πχ, των cellular automata) για συγκεκριμένες τοπολογίες δικτύου, πέρα από την αρχιτεκτονική της «σκακιέρας» και του “atoms in a box” που αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Κατ’ αυτόν τον τρόπο μπορούν να μελετηθούν αλληλεπιδράσεις νομαδικότητας (heirding) ή αλληλεπιδράσεις που περιγράφονται με βάση τη θεωρία παιγνίων. Τα τελευταία χρόνια η ερευνητική προσπάθεια σε αυτόν τον τομέα της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης έχει ενταθεί.[258,259] Η διάδοση συμπεριφορών είναι μια μόνο από τις κατευθύνσεις της έρευνας σε διαφορετικές δικτυακές τοπολογίες και αφορούν θέματα δημοκρατίας, συμπεριφοράς όχλων, κλπ. Μια άλλη αφορά τις στατιστικές διακυμάνσεις ατομικής / κοινωνικής δραστηριότητας που εμφανίζονται σε ένα δίκτυο όπου ένα υποσύνολο κόμβων μεταβάλλει συμπεριφορά εξ αιτίας (τυχαίων ή συστηματικών) εξωτερικών ερεθισμάτων. Έχει αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο πως έχει διαπιστωθεί εμπειρικά ότι οι διακυμάνσεις αυτές (πχ, στην οικονομία οι τιμές των μετοχών σε σχέση με ερεθίσματα από τα λεγόμενα “fundamentals”) υπακούουν συχνά τον νόμο του Zipf.

Εάν η συλλογική συμπεριφορά των κόμβων του δικτύου εμφανίζει διακυμάνσεις, κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με δραστηριότητες κάθε ανθρώπου ξεχωριστά. Για παράδειγμα, η κατανομή Zipf της διακύμανσης της τιμής του δείκτη S&P (Σχ 18, §2.7.2) δεν διαφέρει από την κατανομή της τιμής μιας μετοχής από αυτές που τον

[257] Watts (2003), σελ. 238.
[258] Δες, για παράδειγμα, ειδικό τεύχος *J. Phys. A: Math. Theor*. 41 (2008).
[259] Cristakis (2010).

αποτελούν. Η ατομική συμπεριφορά της μετοχής συνδέεται άρρηκτα με την μακροσκοπική εικόνα του δείκτη S&P. Αντιστρέφοντας το επιχείρημα, κάθε ατομική συμπεριφορά αντιμετωπίζεται από την Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση ως ταυτόχρονη αιτία και αποτέλεσμα κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, στη βάση της μεθοδολογίας ανάλυσης των μοντέλων εκπροσώπησης. Στην περίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας, όμως, η αναγωγή ατομικών συμπεριφορών σε συλλογικές και το αντίστροφο συναντούν πρακτικές δυσκολίες. Επί πλέον όσων αναφέρθηκαν για την δυνατότητα επίλυσης σε υπολογιστή των πολύπλοκων δικτυακών προβλημάτων που προκύπτουν, τη μοναδικότητα των λύσεων, την ύπαρξη κοινών λύσεων με διαφορετικές αρχικές υποθέσεις για κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, κλπ, επανερχόμαστε εδώ το πρόβλημα της ανθρώπινης προθεσιακότητας. Πού βρίσκεται η αυτονομία του ανθρώπινου πνεύματος, η αυτενέργεια, οι προσωπικές επιλογές σε μια τέτοια θεώρηση; Και επί πλέον, πώς τεκμηριώνεται και προσμετράται η ύπαρξη του φυσικού και τεχνητού περίγυρου (πέραν των διαπροσωπικών δικτυακών ανθρώπινων σχέσεων) που, αναμφισβήτητα, επηρεάζουν τις προσωπικές αυτές επιλογές;

Στην ανάλυση του Watts, η παράμετρος κατωφλίου φ αποτελεί ένα χαρακτηριστικό διαφοροποίησης μεταξύ των κόμβων, το οποίο θα μπορούσε να εκληφθεί και ως έκφραση προθεσιακότητας για τη συγκεκριμένη περίπτωση της διάδοσης που μελετά. Ο Watts θεωρεί αξιωματικά την κατανομή του φ *ως αρχικό δεδομένο* της ανάλυσης. Ο τρόπος που προέκυψε η κατανομή φ δεν απασχολεί εδώ. Όπως κάθε στατιστική κατανομή ατομικών χαρακτηριστικών θα μπορούσε και αυτή να δειχθεί ότι προκύπτει στα πλαίσια ενός άλλου κοινωνικού δικτύου, με άλλες αρχικές υποθέσεις για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ κόμβων. Παρόλα αυτά, ο Watts χρησιμοποιεί την υπόθεση της τυχαίας κατανομής φ ως σημείο αφετηρίας. Πρακτικά, με αυτό τον τρόπο θεωρεί πως οι ανθρώπινες συμπεριφορές, ακόμα και αν καθορίζονται από την αλληλεπίδραση γειτονικών κόμβων, εγγράφονται τελικά στην ανθρώπινη «μηχανή» και εκτελούνται αυτόματα. Η άποψη προσομοιάζει πολύ την άποψη της

Κυβερνητικής.[260] Για εγγραφές που απαιτούν μεγάλες χρονικές κλίμακες, η άποψη αυτή υιοθετείται από την εξελικτική ψυχολογία.[261]

Η Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση έχει επομένως ταυτόχρονα δύο κατευθύνσεις. Η μία είναι να συζεύξει δεδομένες μικροσκοπικές αλληλεπιδράσεις με μακροσκοπικές (συλλογικές) στατιστικές συμπεριφορές. Η άλλη είναι να ξεκινήσει από στατιστικές κοινωνικές παρατηρήσεις και να διερευνήσει χαρακτηριστικά ατομικής συμπεριφοράς, από τα οποία θα μπορούσαν αυτές να προκύπτουν. Σε αυτή τη δεύτερη κατεύθυνση διενεργείται τα τελευταία χρόνια σημαντική ερευνητική προσπάθεια.

Σχήμα 9 *Η χρονική περίοδος που χρειάστηκαν για να απαντήσουν σε επιστολές οι Αϊνστάιν, Δαρβίνος και Φρόυντ μπορεί να προσεγγιστεί πολύ καλά από μια διχως-κλίμακα στατιστική κατανομή εκθέτη, με τον ίδιο μάλιστα εκθέτη* ≈ 1.5 *.* (A. Vázquez *et al*, 2006)

[260] Στη γλώσσα της Κυβερνητικής του Norbert Wiener, παράμετροι όπως η φ παρουσιάζουν επιστημονικό ενδιαφέρον όταν αφορούν επαναλήψιμες συμπεριφορές, οι οποίες μπορούν να προσομοιωθούν με σερβομηχανικό σύστημα. Ο άνθρωπος μπορεί να περιγραφεί ως αυτορρυθμιζόμενη μηχανή, που αντιδρά σε εξωτερικά ερεθίσματα βάσει μιας συνάρτησης μεταφοράς (transfer function), που διασυνδέει συγκεκριμένα ερεθίσματα στην είσοδο με ενέργειες στην έξοδο.

[261] Η σταθερότητα των πραγματοποιούμενων πεποιθήσεων αποτελεί κεντρική υπόθεση της νεοκλασικής οικονομικής θεωρίας, συχνά δανειζόμενη επιχειρήματα από την εξελικτική ψυχολογία. Η κοινωνική φυσική, είτε με τη συστημική είτε με την δικτυακή ανάλυση, επιχειρεί να μελετήσει ταυτόχρονα την αντίστροφη πορεία - την μεταβολή των ατομικών πεποιθήσεων στα πλαίσια του κοινωνικού περίγυρου.

Οι προσωπικές ιδιαιτερότητες εκφράζονται σε πλήθος κοινωνικών εκδηλώσεων. Ο άνθρωπος δραστηριοποιείται στο επαγγελματικό, οικογενειακό ή το ευρύτερο κοινωνικό του περιβάλλον, λαμβάνει πλήθος αποφάσεων που αφορά μετακινήσεις, διασκέδαση, αθλητικές δραστηριότητες κλπ. Ο τρόπος που διαχειρίζεται το χρόνο του είναι ιδιαίτερα σημαντικός και πρόσφατα άρχισε να μελετάται εντατικά. Πολλά στοιχεία των ενεργειών του που αφορούν τη χρονική σειρά, τη διάρκεια και το ρυθμό ποικίλων δραστηριοτήτων άρχισαν να καταγράφονται. Αυτά αφορούν την αλληλεπίδρασή του με άλλους μέσω τεχνημάτων (αλληλογραφία, τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, ηλεκτρονικά μηνύματα, κλπ), την επαφή του με τεχνήματα (τον τρόπο που οδηγεί, που αγοράζει μετοχές στο χρηματιστήριο, που επισκέπτεται το διαδίκτυο, που εκτυπώνει σε δικτυακούς εκτυπωτές, κλπ). Βρέθηκε κάτι συναρπαστικό. Πάρα πολλές από αυτές τις δραστηριότητες ακολουθούν τον νόμο του Zipf.[262]

Πολύπλοκες προσωπικές επιλογές σε όλες αυτές τις περιπτώσεις μπορούν ενδεχομένως να αναλυθούν με τη βοήθεια ενός και μόνο συμπεριφοριστικού χαρακτηριστικού, αντίστοιχο με το προσωπικό κατώφλι φ που θεώρησε ο Watts, και το οποίο θα μπορούσε να τροφοδοτήσει δικτυακές αναλύσεις. Σύμφωνα με την πρόταση της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, το χαρακτηριστικό αυτό θα μπορούσε με τη σειρά του να έχει προκύψει από διαδικασίες εκμάθησης και μίμησης, ταυτόχρονα με τη διαμόρφωση αντίστοιχης συλλογικής δραστηριότητας. Η μελέτη της γενεαλογίας του, όμως, προαπαιτεί έναν ακριβή λειτουργικό ορισμό του, σε σχέση με τις στατιστικές του εκφάνσεις στον πληθυσμό. Δύο τέτοια χαρακτηριστικά έχουν ήδη μελετηθεί και αφορούν i) στον τρόπο που ιεραρχούνται από τον άνθρωπο οι προσωπικές του προτεραιότητες και ii) στη μνήμη του. Αυτό θα είναι το αντικείμενο του κεφαλαίου 4, στο οποίο περιλαμβάνεται πρωτότυπη έρευνα του συγγραφέα για το ρόλο της μνήμης στη διάδοση τεχνολογικών προϊόντων και ασθενειών στις σημερινές κοινωνικές συνθήκες μεγάλης κινητότητας και παγκοσμιοποιημένης οικονομίας.

[262] Vázquez, A. *et al* (2006) Modeling bursts and heavy tails in dynamics. Phys. Rev. E 73, 036127.

3.6 Κοινωνική αυτορρύθμιση σε οικονομικές και κοινωνιολογικές θεωρίες

Γίνεται φανερό από τις παραπάνω αναφορές στην ανθρώπινη προθεσιακότητα, στα πλαίσια της Κυβερνητικής και της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, ότι τα δύο αυτά κυρίαρχα ρεύματα της κοινωνικής φυσικής θεωρούν πως ατομικά χαρακτηριστικά διαμορφώνονται (ή αυτορρυθμίζονται) μέσω αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Το άτομο εκμεταλλεύεται την πληροφορία που δέχεται από το περιβάλλον (ή τους περιβάλλοντες δικτυακούς κόμβους) με ορθολογική χρήση κανόνων αλληλεπίδρασης, οι οποίοι μπορεί να είναι ντετερμινιστικοί (πχ, cellular automata, game theory) ή στοχαστικοί (πχ, “the rich get richer”, “the fit get richer”, κλπ). Τυχόν διαφοροποίηση της ατομικής του ταυτότητας και συμπεριφοράς δεν ανάγεται σε μη επαναλήψιμο, μη ορθολογικό τρόπο λήψης αποφάσεων. Αντίθετα, ανάγεται σε περιορισμούς πληροφόρησης που του παρέχεται από τα γειτονικά υποσυστήματα (στη συστημική θεώρηση) ή από τους άμεσους γείτονές του (στη δικτυακή θεώρηση), σε συνδυασμό ενδεχομένως με στοχαστική αντίδραση σε εξωτερικά ερεθίσματα. Η κοινωνική φυσική δεν αντιστρατεύεται την ορθολογική λήψη αποφάσεων, αρκεί αυτή να μην αγνοεί το όφελος ή το κόστος από το περιβάλλον, το οποίο εμφανίζει συνήθως ιδιαιτερότητες με τοπικό χαρακτήρα γύρω από το κάθε άτομο. Υπό μία έννοια την προαπαιτεί, στο βαθμό που αμφισβητεί και αυτή την ανθρώπινη προθεσιακότητα, ως ιδιότητα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναπάντεχες, μη επαναλήψιμες στοχαστικά ενέργειες, οι οποίες δεν θα μπορούσαν να μελετηθούν στα πλαίσια της στατιστικής και θα ξεχώριζαν ανθρώπους από άλλα έμβια όντα ή από τεχνήματα. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπει στον εαυτό της να χρησιμοποιεί μαθηματικά εργαλεία στατιστικής ανάλυσης, για να συζεύξει μικροσκοπικές αλληλεπιδράσεις και μακροσκοπική συλλογική δράση.

Η κοινή αντιμετώπιση έμβιων και μη έμβιων όντων επέτρεψε μια υπέρβαση σε σχέση με την ανομοιογένεια συστημάτων και δικτύων. Στη συστημική θεώρηση της Κυβερνητικής, ένα σύστημα μπορεί να αποτελείται από αλληλεπιδρώντα υποσυστήματα, κάποια από τα οποία μπορεί να είναι άνθρωποι και άλλα μπορεί να είναι μηχανές. Παράδειγμα το σύστημα του Wiener, όπου αλληλεπιδρούσαν αεροπλάνο και πιλότος από τη μια μεριά και αντιαεροπορικό όπλο από την άλλη. Αυτό που ανταλλασσόταν μεταξύ των υποσυστημάτων ήταν πληροφορία. Στη

δικτυακή ανάλυση, οι κόμβοι ενός δικτύου μπορεί επίσης να είναι ανομοιογενείς. Το δίκτυο είναι ένα μαθηματικό εργαλείο ενός συνόλου σημείων που μπορούν να αλληλεπιδράσουν βάσει ενός οποιουδήποτε κανόνα. Θεωρητικά, υπάρχει απόλυτη ελευθερία στον ορισμό της φύσης των δικτυακών κόμβων και του τύπου αλληλεπίδρασης. Σε κάθε περίπτωση, νέες δυνατότητες ανοίγονται για την σύζευξη συλλογικών φαινομένων και ατομικών συμπεριφορών στην κοινωνία, την βιολογία, την οικονομία, την τεχνολογική ανάπτυξη (κατασκευή μηχανών), τη διακυβέρνηση, την πολιτική, κλπ.

Η εξέταση, στην κοινωνική φυσική, ανθρώπων και μηχανών με τα ίδια εργαλεία στατιστικής έχει προφανείς επιπτώσεις στην περίπτωση της τεχνολογικής δημιουργίας, στις περιπτώσεις δηλαδή όπου άνθρωποι *κατασκευάζουν* μηχανές. Κατ' επέκταση, προτείνει και μια ιδιότυπη στάση αναφορικά με την παραγωγή γνώσης, η οποία είναι σχεδόν απόλυτα συνδεδεμένη με την κατασκευή αντικειμένων και μηχανών. Η θεώρηση της κοινωνικής φυσικής για τα θέματα αυτά, που αφορούν τον διαρκή επαναπροσανατολισμό της ανθρώπινης ταυτότητας στο κοινωνικό και τεχνητό περιβάλλον, μπορεί να αποσαφηνιστεί μέσα από την αντίστιξη με φιλοσοφικά και κοινωνιολογικά ρεύματα – τον επιστημονικό ντετερμινισμό και τις Σπουδές Επιστήμης και Τεχνολογίας. Επίσης, μπορεί να αποσαφηνιστεί από τη διερεύνηση της χρήσης τεχνικής ορολογίας (έννοιες του συστήματος και του δικτύου) στις ανθρωπιστικές σπουδές και την οικονομική θεωρία.

3.6.1 Κοινωνική φυσική και επιστημονικός ντετερμινισμός

Όπως διατυπώθηκε παραπάνω, η κοινωνική φυσική παραδέχεται ότι η τεχνολογική δημιουργία είναι προϊόν αυτορρύθμισης σε ένα εξελισσόμενο σύστημα (ή δίκτυο), αποτελούμενο από έμβια *και* μη έμβια όντα. Η έννοια της αυτορρύθμισης απομακρύνει την κοινωνική φυσική από θέσεις επιστημονικού ντετερμινισμού, αναφορικά με απόπειρες συσχέτισης της τεχνολογίας με μη τεχνικές διαστάσεις του κοινωνικού γίγνεσθαι – όπως η τέχνη, η λογοτεχνία, η ηθική, η πολιτική και η θρησκεία. Πιο συγκεκριμένα, θέσεις επιστημονικού ντετερμινισμού, από τις αρχές του 20ού αιώνα, εκινούντο σχεδόν αταλάντευτα πάνω σε δύο κατευθυντήριους

άξονες: Πρώτον, ότι η σχέση τεχνολογίας-κοινωνίας είναι σχέση ανεξαρτησίας ή επικαθορισμού (και όχι αυτορρύθμισης). Δεύτερον, ότι η σχέση τεχνολογίας-επιστήμης είναι επίσης σχέση ανεξαρτησίας ή επικαθορισμού (αφορά ανθρώπινα εγχειρήματα αιτιολογημένης σκέψης, με διαφορετικούς όμως στόχους και μεθοδολογία ανάπτυξης). Ο πρώτος άξονας αφορά τη βασική θέση του τεχνολογικού ντετερμινισμού στη «σκληρή» (σχέση ανεξαρτησίας) ή την «μαλακή» του διατύπωση (σχέση επικαθορισμού), αντίστοιχα. Ο δεύτερος αφορά δύο εγχειρήματα που ξεχωρίζουν τον άνθρωπο από τη φύση – την παραγωγή γνώσης και την κατασκευή αντικειμένων. Καθορίζει δε τη θέση της φιλοσοφίας της τεχνολογίας σε σχέση με άλλους φιλοσοφικούς κλάδους, όπως η φιλοσοφία της επιστήμης, η γνωσιολογία και η ηθική.

Οι ρίζες, αλλά και η απόκλιση της κοινωνικής φυσικής από τον επιστημονικό ντετερμινισμό, αναδεικνύονται όταν παρατεθούν οι θέσεις των φιλοσοφικών ρευμάτων που τις υποστήριξαν.[263] Η Τεχνική Φιλοσοφία της Τεχνολογίας (ΤΦΤ) είχε σημείο αφετηρίας την ανάλυση και την δικαιολόγηση της τεχνολογίας – τις βασικές της έννοιες, τις μεθόδους, τη γνωσιολογική της δομή και τις εκφάνσεις της. Κατέληγε δε στο ότι κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα ή φυσική διαδικασία μπορεί να περιγραφεί με τεχνολογικούς όρους.[264] Η τεχνολογία είναι η πρακτική μέσα από την οποία αποκτάται κάθε γνώση. Ο όρος «φιλοσοφία της τεχνολογίας» εισήχθη από τον Ernst Kapp (1877), ο οποίος θεωρούσε ότι *πολιτιστικά στοιχεία*, όπως η γλώσσα και το πολίτευμα, μπορούν να παραλληλισθούν σε τεχνολογικά χαρακτηριστικά.[265] Έκτοτε, γενική κατεύθυνση της ΤΦΤ ήταν να επαναορίσει *όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες*, που αφορούν τον υλικό κόσμο (μηχανική, ιατρική, γεωργία, κλπ), την κοινωνία (διοίκηση, εκπαίδευση, εφαρμοσμένη κοινωνιολογία, κλπ) και την πνευματική δημιουργία, πάνω σε επιστημονικές και τεχνολογικές γραμμές. Η κατασκευή νέων

[263] Mitcham C. (1994) *Thinking Through Technology*. Chicago & London: The University of Chicago Press, chapters 1-5.
[264] Αυτό διαφαίνεται στο έργο των κυριότερων εκπροσώπων της φιλοσοφικής αυτής παράδοσης: Εκφραστές υπήρξαν οι Ernst Kapp, Friedrich Dessauer, Garcia Barca, Mario Bunge.
[265] Ernst Kapp (1808-1896). Γερμανός φιλόσοφος, αριστερός Εγελιανός. Διατύπωσε την άποψη πως η ιστορία είναι η περιγραφή της προσπάθειας του ανθρώπου να ξεπεράσει τις δυσκολίες και να προσαρμοστεί στο πολύμορφο φυσικό περιβάλλον. Αυτό απαιτεί τον «εποικισμό» του χώρου (μέσω της γεωργίας, μεταλλουργίας, αρχιτεκτονικής…) και του χρόνου (με συστήματα επικοινωνίας, από τη γλώσσα ως τον τηλέγραφο), ο οποίος δρα συμπληρωματικά με τον «εποικισμό του ανθρώπινου εσωτερικού κόσμου». Τα τεχνήματα αποτελούν επέκταση και συμπλήρωση των ανθρώπινων οργάνων. Για παράδειγμα, ο τηλέγραφος είναι επέκταση του ανθρώπινου νευρικού συστήματος, ενώ η γλώσσα επέκταση της ανθρώπινης πνευματικής ζωής. Βλέπε. Mitcham (1994), σελ. 20-24.

τεχνημάτων είναι έμφυτη ανθρώπινη δραστηριότητα, μέσω της οποίας ο άνθρωπος μεγεθύνει τις φυσικές του δυνατότητες, παράγει γνώση για το περιβάλλον και τον εαυτό του, και επαναπροσδιορίζει τις κοινωνικές του αλληλεπιδράσεις.

Σχολιάζοντας την ΤΦΤ, η κοινωνική φυσική δεν αντιστρατεύεται τη θέση πως η πρακτική καθορίζει τεχνήματα, γνώση και κοινωνικές σχέσεις, παραδέχεται όμως ταυτόχρονα και την αντίστροφη διαδικασία – ότι τα τεχνήματα και η γνώση γύρω από αυτά δημιουργούνται μέσα από τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, με τρόπο μάλιστα μη ντετερμινιστικό, που εξαρτάται από τρέχουσες συνθήκες και την ιστορία του εγχειρήματος. Η τελική κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθεί ένα σύστημα, το οποίο εξελίσσεται ανταλλάσσοντας πληροφορία με το περιβάλλον, εξαρτάται δραστικά και από τυχαίες καταστάσεις στις οποίες βρίσκονται υποσυστήματα του (υπενθυμίζουμε την ανάλυση του Prigogine, στο Κεφ. 1). Όλα τα μέρη του συστήματος, μαζί με το περιβάλλον, δημιουργούν μη αντιστρεπτά και μη ντετερμινιστικά τον κόσμο που μας περιβάλλει. Η εξέλιξη των εργαλείων που διευρύνουν τις δυνατότητες του ανθρώπου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από μη προβλέψιμες κοινωνικές διαδικασίες, που ενσωματώνουν εκάστοτε ηθικές, πολιτικές η οικονομικές παραμέτρους.

Σύμφωνα με μια άλλη φιλοσοφική προσέγγιση επιστημονικού ντετερμινισμού, την Ανθρωπιστική Φιλοσοφία της Τεχνολογίας (ΑΦΤ), επιχειρείται να κατανοηθεί η τεχνολογία στο πλαίσιο των ανθρωπιστικών σπουδών. Κάθε ερμηνευτική προσπάθεια των εκπροσώπων της ΑΦΤ στηρίζεται σε κάποια σύλληψη για το ανθρώπινο, διάφορη από την άποψη που υιοθετείται από φιλόσοφους της ΤΦΤ, οι οποίοι θεωρούσαν ότι ο άνθρωπος δημιουργεί τεχνήματα από έμφυτη τάση και δίχως ηθικά προβλήματα. Για παράδειγμα, ο José Ortega y Gasset (1833-1955) θεωρεί ότι αυτό επιτυγχάνεται μέσω του λόγου: ο άνθρωπος κατασκευάζει επειδή ξεχωρίζει από τη φύση, καθώς διαθέτει μια ιδέα, μια εξήγηση για αυτήν. Όχι επειδή, απλά, το τέχνημα αποτελεί επέκταση των ανθρώπινων οργάνων, όπως έγραφε ο Kapp. Οι εκπρόσωποι της ΑΦΤ επιμένουν ότι ο άνθρωπος είναι πρωταρχικά *homo loquax* (έχων λόγο) παρά *homo faber* (κατασκευαστής), θεωρώντας: Πρώτον, ότι η τεχνολογία είναι προϊόν αιτιολογημένης σκέψης. Δεύτερον, ότι τα προβλήματα που παρουσιάζονται εξαιτίας της τεχνολογικής ανάπτυξης μπορούν να αντιμετωπισθούν μετά από επέμβαση του λόγου –εμπεριστατωμένη κριτική ή επιβολή αποδεκτών περιορισμών στην

τεχνολογική δημιουργία. Χαρακτηριστική είναι η θέση του Jacques Ellul (1912-1994), κατά την οποία ο άνθρωπος πρέπει να οριοθετήσει την τεχνολογία, αφού κατανοήσει ότι είναι αδύνατον να ζήσει με αυτή σε ένα πλήρως τεχνητό περιβάλλον. Ή η άποψη του Hans Jonas (1903-1993), σύμφωνα με την οποία είναι αδύνατον να γίνουν εκ των προτέρων γνωστές οι επιπτώσεις ενός νέου τεχνήματος– ο άνθρωπος πρέπει να υιοθετήσει μια «τακτική φόβου» και να εξετάζει διάφορα πιθανά ανεπιθύμητα σενάρια πριν προχωρήσει στην τεχνολογική κατασκευή.

Η θέση της κοινωνικής φυσικής είναι πως η μορφή, η χρήση ή οι επιπτώσεις ενός τεχνήματος δεν είναι μονοσήμαντα καθορισμένες ως προϊόντα ντετερμινιστικής διαδικασίας. Δεν τίθεται θέμα αποφυγής ανάπτυξης ενός τεχνήματος που αργά ή γρήγορα θα υπάρξει. Αντίθετα, η δημιουργία, η μορφή, η χρήση και οι επιπτώσεις ενός τεχνήματος καθορίζονται από την αλληλεπίδραση ανθρώπων και μη έμβιων τεχνημάτων, κατά την κατασκευή και τη χρήση του. Υπάρχουν τεχνήματα που χρησιμοποιούνται ευρύτατα, παρά την προφανή μη πρακτικότητά τους, όπως, για παράδειγμα το πληκτρολόγιο QWERTY.[266] Υπάρχουν επίσης τεχνήματα που αποσύρονται από τη μόδα (πχ, τύποι ενδυμάτων) για να επανέλθουν και πάλι σε διαφορετικό χρόνο. Άλλα πάλι τεχνήματα, παρά τα μεγάλα πλεονεκτήματα σε σχέση με σύγχρονές τους εναλλακτικές τεχνολογίες, εγκαταλείφθηκαν μετά από σύντομο ή καθόλου χρόνο διάδοσης (πχ, το σύστημα εγγραφής βίντεο BETA σε σχέση με το τεχνικά υποδεέστερο VHS). Ή ακόμα, υπάρχουν τεχνήματα που, παρά τον κοινωνικό φόβο που προκαλούν, χρησιμοποιούνται ευρύτατα (πχ, κινητά τηλέφωνα). Η εικόνα αυτή κάθε άλλο παρά μια ντετερμινιστική παραγωγή τεχνημάτων υποδεικνύει, ούτε και γίνεται φανερός ο ορθολογικός συλλογισμός ενός homo loquax στον οποίο στηρίζεται η διάδοση ή η αποφυγή τους.

Στα πλαίσια της αμερικανικής φαινομενολογίας έγινε προσπάθεια να δοθούν νέες απαντήσεις και να γεφυρωθούν οι διαφορές ανάμεσα στην ΑΦΤ και ΤΦΤ. Σύμφωνα με αυτή την σχολή, η τεχνολογία είναι μεν η πρακτική, με όρους της οποίας αποκτάται κάθε γνώση (θέση της ΤΦΤ), αλλά αυτό πηγάζει από την ιδιαίτερη φύση του ανθρώπου και την ιδιότυπη σχέση του με τον κόσμο (θέση της ΑΦΤ). Ο Don Idhe παρατήρησε ότι οι Δυτικοί φιλόσοφοι, από τον Πλάτωνα στον DeCartes, επιμένουν

[266] Δες Flichy, P. (1995) *L' innovation Technique.* Paris: La Decouverte, p. 158.

στην άποψη ότι ο άνθρωπος είναι *homo loquax*. Πρότεινε ότι η άποψη αυτή πρέπει να μετακινηθεί προς την «υλιστική» κατεύθυνση που θεωρεί τον άνθρωπο πρωταρχικά κατασκευαστή τεχνημάτων. Κατά τον Idhe, η τεχνολογία επηρεάζει όχι μόνο τις ερμηνείες μας για τις αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου, αλλά και την κατανόηση του εαυτού μας ή της ιστορικής πραγματικότητας.[267] Ο Jonas επέκρινε το χαρακτήρα του επικαθορισμού που αποδίδεται στη σχέση επιστήμης –τεχνολογίας, αντί της κοντινής τους συνάφειας. Ο Peter Galison έχει διατυπώσει την άποψη ότι η φυσική του 20ού αιώνα περικλείει τουλάχιστον δύο πειραματικές παραδόσεις –μια βασισμένη σε κατασκευές που παράγουν εικόνες (όπως ο θάλαμος νέφους Wilson στη σωματιδιακή φυσική) και εκείνην που βασίζεται σε ψηφιακές διατάξεις (όπως οι μετρητές Geiger). Η κοινωνική φυσική προχωρά ένα βήμα παραπέρα: Θεωρεί ότι τα ίδια τα τεχνήματα δρουν, δεν προσφέρουν μόνον έναν τρόπο θέασης της πραγματικότητας. Θεωρεί επίσης ότι όλες οι κοινωνικές σχέσεις διαμεσολαβούνται από τεχνολογικά αντικείμενα. Ότι η ανάπτυξη των μηχανών δεν είναι ούτε αυτοσκοπός (homo loquax) ούτε απλά έμφυτη τάση (homo faber). Είναι η πηγή και το αποτέλεσμα της ανθρώπινης κοινωνικότητας. Άνθρωποι και μηχανές αλληλορυθμίζονται και εξελίσσονται ταυτόχρονα και παράλληλα. Η ανθρώπινη ταυτότητα αυτορρυθμίζεται άρρηκτα δεμένη με το τεχνικό, το φυσικό και το ανθρώπινο περιβάλλον.

3.6.2 Κοινωνική φυσική και Σπουδές Επιστήμης και Τεχνολογίας (ΣΕΤ)

Η κοινωνική φυσική παρέχει μια ιδιότυπη πρόταση για να αντιμετωπισθεί το διαπιστωμένο χάσμα ανάμεσα στις παραδοσιακές ανθρωπιστικές επιστήμες και τη γνωσιολογία. Στην πιο ακραία του μορφή, το παράδοξο αυτό χάσμα συνίσταται στο εξής: Από γνωσιολογική άποψη, οι άνθρωποι είναι όντα με συνείδηση που δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες κατά τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων. Σύμφωνα με τις ανθρωπιστικές επιστήμες, οι άνθρωποι στερούνται αυτό το γνώρισμα – η συμπεριφορά τους καθορίζεται από εξωτερικές νομοτέλειες και μηχανισμούς που δρουν ασυνείδητα. Η κοινωνικοί φυσικοί προτείνουν ότι οι ανθρώπινες αποφάσεις

[267] Βλέπε για παράδειγμα: Idhe, D. (2000) Epistemology Engines. *Nature* 406, 21 και Idhe, D. (2000) Putting Technology in its place. *Nature* 404, 935.

λαμβάνονται ορθολογικά, στο πλαίσιο των δεδομένων που παρέχονται από τον κοινωνικό περίγυρο. Στο ίδιο πλαίσιο, η ταυτότητα που κάποιος υιοθετεί ή τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς που άνθρωποι ή μηχανές διαμορφώνουν συνδέονται άρρηκτα με τη συλλογική πορεία και δράση.

Η αναζήτηση μιας κοινής οντολογίας, που θα αποτελεί ταυτόχρονα υπόβαθρο αφ' ενός μιας γνωσιολογίας που αποδέχεται περιορισμούς του υποκειμένου από το περιβάλλον (καθοριστικούς για τη συμπεριφορά του) και αφ' ετέρου ανθρωπιστικών επιστημών που αναγνωρίζουν στους ανθρώπους τη δυνατότητα συνειδητών διαδικασιών λήψης αποφάσεων, είναι ένας κεντρικός στόχος για τις Σπουδές Επιστήμης και Τεχνολογίας (ΣΕΤ). Αποκλίνοντας από την παράδοση του Ισχυρού Προγράμματος,[268] ο τρόπος με τον οποίο προσεγγίζουν το ζήτημα σημαντικές παραδόσεις των ΣΕΤ είναι μέσα από την παραδοχή ενός *ενεργού ρόλου του μη-ανθρώπινου παράγοντα* στην επιστημονική γνώση και την τεχνολογική ανάπτυξη. Υπό μίαν έννοια, προτείνεται η διεύρυνση της έννοιας της κοινωνικότητας ώστε να περιλαμβάνει δρώντες ανθρώπους συνδιαλεγόμενους με δρώντα αντικείμενα. Ανάλογα τη θεωρία, η συνδιαλλαγή επιτυγχάνεται συμμετρικά ή ασύμμετρα, αλλά σε κάθε περίπτωση αμφίδρομα, απομακρυνόμενη από την έννοια του μονοδιάστατου επικαθορισμού.

Η κοινωνική φυσική δεν μπορεί απόλυτα να χαρακτηρισθεί μέρος των ΣΕΤ. Οι τελευταίες χρησιμοποιούν κοινωνιολογική ανάλυση που, στην πλέον σχετικιστική της μορφή, ενδέχεται να αμφισβητεί κάθε βεβαιότητα, τη στιγμή που η φυσική χρησιμοποιεί μαθηματικά στατιστικά εργαλεία για απεικόνιση και διερεύνηση της δυναμικής ατομικών και συλλογικών παραμέτρων. Και οι δύο όμως πλευρές συγκλίνουν στην ταυτόχρονη μελέτη κοινωνικού και ατομικού, καθώς και την αμφίδρομη αλληλεπίδραση ανθρώπινου και τεχνητού στοιχείου. Υπό αυτή την

[268] Σύμφωνα με το «Ισχυρό Πρόγραμμα», κάθε γνωσιοθεωρητική αντίληψη είναι φαινόμενο κοινωνικό. Κάθε επικρατούσα αντίληψη, που αξιολογείται ως ορθή ή λανθασμένη, ως ορθολογική ή ανορθόλογη, πρέπει να αναλύεται με βάση τον ακριβή τρόπο με τον οποίο η πεποίθηση χρησιμοποιείται από το κοινωνικό σύνολο. Οι ιδιότητες που αποδίδονται σε ένα αντικείμενο (ήτοι, η αναπαράστασή του) δεν αναπαράγουν κάτι που υπάρχει αντικειμενικά στη φύση, αλλά αντίθετα, το αντικείμενο πλάθεται δια μέσου της αναπαράστασης, ως αποτέλεσμα μιας επικοινωνιακής και κοινωνικής διαδικασίας. Ο «συμβιβασμός» όμως που επιτύγχανε το Ισχυρό Πρόγραμμα ανάμεσα στη γνωσιολογία και τις ανθρωπιστικές σπουδές, ανάγοντας την πρώτη στη δεύτερη, επέφερε σημαντικές δυσκολίες στην αιτιολόγηση των μεθόδων των ανθρωπιστικών επιστημών, οι οποίες με τη σειρά τους εξελίσσονται συζευγμένες με τις μεταβολές της επιστήμης και της τεχνολογίας (και επομένως με τη μορφή, τις ιδιότητες και την αποτελεσματικότητα των μηχανών).

έννοια, οι ΣΕΤ βρέθηκαν πολλές φορές να χρησιμοποιούν διασταλτικά τις έννοιες «σύστημα» και «δίκτυο», οι οποίες επιτρέπουν αυτήν την προσέγγιση. Θέση της παρούσας εργασίας είναι πως η χρήση των δύο αυτών όρων δεν εκφράζει απλά ένα δάνειο, που διευκολύνει την κοινωνιολογική ανάλυση μέσω ασαφούς εννοιολογικής μεταφοράς, αλλά θεμελιώνει ένα πλαίσιο συνομιλίας και ανταλλαγής ιδεών και αποτελεσμάτων πάνω στη σχέση ατομικού και συλλογικού γίγνεσθαι.

Οι κοινωνιολογικές θεωρίες που χρησιμοποιούν την έννοια του συστήματος και του δικτύου διερευνούν προβλήματα οργάνωσης και διακυβέρνησης. Μέσα από αυτή τη μελέτη διερευνούν τρόπους εμπλοκής ανθρώπων και μη-ανθρώπων σε κάθε συλλογική δραστηριότητα και πρακτική, ακόμα και την ίδια την παραγωγή γνώσης. Οι πρώτες προσεγγίσεις ΣΕΤ εμφανίστηκαν την δεκαετία του 1970 και διερευνούσαν αλληλεπιδράσεις ανθρώπων, φύσης και τεχνημάτων στη δημιουργία επιστημονικής γνώσης και στην τεχνολογική ανάπτυξη. Το ζήτημα βρίσκεται στο κέντρο της θεώρησης της κοινωνικής φυσικής από συστάσεώς της, από την εποχή δηλαδή του Hobbes και του Boyle. Για να αποσαφηνιστεί το δίλημμα της προσέγγισης ή του διαχωρισμού των ρόλων κοινωνιολόγων και επιστημόνων, οι Collins και Yearley διατύπωσαν το δίλημμα της «γνωσιοθεωρητικής όρνιθας» (Epistemological chicken)[269], κατά το οποίο οι εμπειριστές αναλυτές δεδομένης θεωρίας ή τεχνήματος διαθέτουν τις εξής δύο επιλογές: Είτε θεωρούν ότι οι επιστήμονες παράγουν μελέτες για τον φυσικό κόσμο που εμπίπτουν στο χώρο της επιστημονικής γνώσης, οι οποίες πρέπει να αναλυθούν κοινωνιολογικά, ως προϊόντα ανθρώπινης δραστηριότητας. Είτε θεωρούν ότι ο φυσικός κόσμος πρέπει να αναλυθεί αποκλειστικά με επιστημονικούς και τεχνολογικούς όρους, οπότε οι μελετητές του είναι επιστήμονες και μηχανικοί. Η δεύτερη επιλογή οδηγεί σε φυσιοκρατικές θέσεις και συχνά (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) στον τεχνολογικό ντετερμινισμό. Η πρώτη οδηγεί σε θέσεις «κοινωνικού ρεαλισμού» και εκφράστηκε από το Ισχυρό Πρόγραμμα και την μετεξέλιξή του από τις ΣΕΤ για να μελετηθούν τεχνολογικές (παράλληλα με τις επιστημονικές) εφαρμογές. Σύμφωνα με τους Collins και Yearley, το τεχνικό και το κοινωνικό είναι συμμετρικά, δυϊκά: Σαν δυο πλευρές του ίδιου νομίσματος, ο μοντέρνος άνθρωπος μπορεί να μελετά τη φύση είτε ως καθαρός επιστήμονας είτε ως καθαρός κοινωνιολόγος. Κάθε θεωρία που τοποθετείται ενδιάμεσα στον άξονα που ενώνει τα

[269] Pickering, A (1995) *The Mangle of Practice – Time, Agency & Science.* Chicago and London: The University of Chicago Press.

δύο άκρα του διλήμματος και που απομακρύνεται από τους δύο ακραίους φιλοσοφικούς πόλους, εκλαμβάνεται ως αποστασία.

Μετεξέλιξη του Ισχυρού Προγράμματος στα πλαίσια των ΣΕΤ, που παραμένει πιστή στον κοινωνικό ρεαλισμό (τον κοινωνικό πόλο του διλήμματος της γνωσιοθεωρητικής όρνιθας), είναι η «κοινωνική κατασκευασιοκρατία» (W.E. Bijker και T. Pinch) ή η θεωρία των «μεγάλων τεχνολογικών συστημάτων» (T. P. Hughes).[270] Το κοινωνικό και το τεχνικό στοιχείο που αλληλεπιδρούν παρουσιάζονται διακριτά και σχετικά σταθερά ώστε να επιδέχονται κοινωνιολογικής μελέτης, και αλληλοδιαμορφώνονται σε *διαφορετικές χρονικές περιόδους*.[271] Μια παραλλαγή αυτής της άποψης είναι ότι η κοινωνιολογική μελέτη υπαγορεύεται επί πλέον από την ύπαρξη *ενός συλλογικού διανοητικού πλαισίου, το οποίο μεταβάλλεται εξαιρετικά αργά* τόσο κατά τη διαδικασία της τεχνολογικής επινόησης όσο και της ανάπτυξης και εξάπλωσης του τεχνήματος.[272] Όπως θα αναφερθεί παρακάτω, τα στιγμιότυπα και η δυναμική των αλληλεπιδράσεων ανθρώπινου και τεχνικού στοιχείου σε αυτές τις μελέτες περιγράφονται συχνά χρησιμοποιώντας την έννοια του συστήματος.

Σημαντικές όμως θεωρίες της ΣΕΤ διαφωνούν με καθ' εαυτή την ύπαρξη του διλήμματος της γνωσιοθεωρητικής όρνιθας. Αναφέρουμε δύο, στις οποίες κοινωνικό και τεχνικό στοιχείο διαπλέκονται και αλληλοκαθορίζονται, σε βαθμό που η κοινωνιολογική μελέτη ή οι τεχνολογικοί όροι από μόνοι τους καθίστανται ανεπαρκείς.[273]

---

[270] Bijker, W.E., Hughes, T.P. and Pinch, T.F. (1997) *The Social Construction of Technological Systems*. Boston: The MIT Press.

[271] Στην θεωρία της κοινωνικής κατασκευασιοκρατίας το κοινωνικό πλάθει το τεχνικό (επιλέγοντας από το πλήθος των προσφερόμενων τεχνικών λύσεων), το οποίο με τη σειρά του, *σε ένα μεταγενέστερο στάδιο*, επηρεάζει το κοινωνικό στοιχείο. Στα Μεγάλα Τεχνικά Συστήματα, η εφεύρεση περιέχει το σπόρο της «τεχνολογικής ορμής», η οποία την βοηθά να αναπτυχθεί μέσα από μια διαδικασία που *αφουγκράζεται και προσαρμόζεται* στις επιταγές ενός σχετικά σταθερού κοινωνικού και επιχειρησιακού περιβάλλοντος.

[272] Flichy, 1997 και Flichy, 1995.

[273] Η διαπλοκή και η αλληλοεξάρτηση προσομοιάζονται συχνά με απεικονίσεις όπως seamless web (δίκτυα) ή mangle (Pickering).

Πρώτον, η θεωρία του δικτύου δρώντων (M. Callon, B. Latour, J. Law)[274,275,276] επισημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να αναλύεται ο φυσικός κόσμος αποκλειστικά από επιστήμονες. Μπορεί να αναλυθεί σημειωτικά. Η σημειωτική (semiotics) μπορεί να αναφέρεται σε ανθρώπινο και μη-ανθρώπινο στοιχείο συμμετρικά, με πολύ διαφορετική έννοια από την μεταφορά του κοινωνικού ρεαλισμού για τις δυο όψεις του νομίσματος: *Μέσα στα κείμενα*, δρώντες άνθρωποι και αντικείμενα διαρκώς δημιουργούνται, εξαφανίζονται, μετακινούνται, αλλάζουν ρόλους. Πιο σημαντικό δε, αλλάζουν εύκολα φύση από ζωντανά αντικείμενα σε κοινωνικές κατασκευές και τανάπαλιν. Η χρησιμοποίηση του όρου «δίκτυο» από τον Latour εμφανίζει ιδιαιτερότητες αναφορικά με τη σταθερότητα της ταυτότητας (αλλά και της ίδιας της ύπαρξης) δικτυακών κόμβων. Όμως, μέσω της σημειολογίας αποφεύγονται οι τόσο διακριτές κατηγορίες της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης ή της ορολογίας των μηχανικών. Ο τρόπος που χρησιμοποιούνται από τη θεωρία όροι τεχνικοί, όπως αυτές του δικτύου ή του συστήματος, είναι διασταλτικός. Θα επανέλθουμε επ' αυτού.

Δεύτερον, η θεωρία της αλληλορύθμισης του A. Pickering προτείνει ότι η συμμετρία ανθρώπων και αντικειμένων (κοινωνικού και τεχνικού στοιχείου) μπορεί να ειδωθεί και πέρα από τη σημειολογία των κειμένων, στα πλαίσια της ίδιας της πρακτικής.[277] Εκεί, οι δύο αυτοί πόλοι της τεχνολογικής ανάπτυξης αλληλεπιδρούν, εναλλάσσουν και μεταβάλλουν ρόλους και συμπεριφορές. Η πορεία τους δεν είναι προδιαγεγραμμένη από κανένα συλλογικό διανοητικό πλαίσιο, δεν μπορεί να προβλεφθεί από κανένα συνδυασμό αποκλειστικά κοινωνικών συμφερόντων. Καθορίζεται από την επιτυχημένη ή όχι συμβατότητα της επικοινωνίας τους, μέσα από μια διαλεκτική αντίστασης και συμφωνίας που αναδύεται κάθε στιγμή. Η θεωρία της αλληλορύθμισης του Pickering προσομοιάζει περισσότερο τη συστημική περιγραφή της αυτορρύθμισης στην Κυβερνητική.

Ανεξάρτητα από τις διαφορές οπτικής που αφορούν τη σχέση ή τη συμμετρία των ετερογενών στοιχείων που λαμβάνουν μέρος στην τεχνολογική ανάπτυξη, οι

[274] Callon, M. (1986) Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In J. Law (ed.) *Power, action and belief: A new sociology of knowledge?* London: Routhledge and Kegan Paul.
[275] Latour, B. (1989) *La science en action – Introduction a la socilogie des sciences.* Paris : Galimar.
[276] Callon, M., and Law, J. (1989) On the construction of sociotechnical networks: Content and context revisited. In Hargens, L. L. (ed) (1989) *Knowledge and Society: Studies in the sociology of science past and present*. Grenwich, CO: JAI Press Inc, pp. 57-83.
[277] Pickering (1995).

διαφορετικές απόψεις των ΣΕΤ που εκτέθηκαν παραπάνω συγκλίνουν σε αρκετά σημαντικά στοιχεία. Το κυριότερο συνίσταται στην εγκατάλειψη της προσπάθειας ανεύρεσης κρυμμένων αληθειών στη φύση και τον άνθρωπο. Αντίθετα με ιστορικές, φιλοσοφικές και κοινωνιολογικές μελέτες, εδώ αναθεωρείται και εγκαταλείπεται κάθε μεγάλο πλάνο εξήγησης (grand narrative) της φύσης, της δικαιολόγησης και της κοινωνίας. Παραδοσιακά, κάθε θεώρηση του κόσμου με όρους αποκλειστικά επιστημονικούς ή τεχνολογικούς καταλήγει σε κάποιο είδος αναγωγής του κοινωνικού στοιχείου στο τεχνικό (όπως, πχ, αναφέρθηκε για την ΤΦΤ). Η φιλοσοφική ανάλυση έχει στόχο να ανάγει την επιστημονική δραστηριότητα σε μια προσέγγιση της μεθοδολογικά ορθής ανάγνωσης του κόσμου των αντικειμένων ή της σχέσης του ανθρώπου με αυτά. Η κοινωνική ανάλυση αναζητεί πίσω από την επιστημονική και τεχνολογική δημιουργία τα κοινωνικά εκείνα κίνητρα που της δίνουν πνοή και την αναπτύσσουν. Αντί αυτών, οι ΣΕΤ αρνούνται τη γενική ισχύ εννοιολογικών, μεθοδολογικών και κοινωνικών βεβαιοτήτων, σε τέτοιο βαθμό που συχνά κατηγορούνται για έλλειψη οποιασδήποτε νόρμας ανάλυσης (normativity). Υποκείμενο και αντικείμενο, κοινωνία και φύση, αποστερούνται από διακριτούς και αναλλοίωτους ρόλους. Η ιστορία παραμένει μια ανοιχτή, μη νομοτελειακή, προέκταση της τρέχουσας πολιτισμικής κατάστασης.

Σε ποιους τομείς αναζητάται και διερευνάται από τις ΣΕΤ η αλληλεπίδραση ανθρώπινου και μη ανθρώπινου, κοινωνικού και τεχνητού; Κάθε σημείο αντιπαλότητας, διαφοράς ή αντίστασης ανάμεσα στους ετερογενείς συντελεστές είναι προφανώς αντικείμενο ισχυρού ενδιαφέροντος. Τα στοιχεία αυτά εκφράζονται στα επιστημονικά και τεχνολογικά εργαστήρια, σε επιστημονικές αντιπαραθέσεις (debates), σε διαδικασίες τυποποίησης προϊόντων, σε επιχειρησιακές δραστηριότητες, σε νομοθετικές ρυθμίσεις που αφορούν τεχνολογίες, κλπ. Οι στρατηγικές για την ανάπτυξη των τεχνημάτων και οι συνέπειες από αυτή μελετώνται σε όλους αυτούς τους χώρους ταυτόχρονα. Παράλληλα, για πρώτη φορά προσφέρεται ένα κοινό πλαίσιο, στο οποίο η τεχνολογική επινόηση και η τεχνολογική ανάπτυξη αντιμετωπίζονται ομογενώς. Στο παρελθόν, μια ιστορική αφήγηση της επιστημονικής και τεχνολογικής επινόησης που δεν στηριζόταν στην αυθεντία του εφευρέτη ήταν πολύ δύσκολο να διατυπωθεί. Ντετερμινιστικές θεωρίες θεωρούσαν τον εφευρέτη ως διορατικό εκφραστή κάποιας (φυσικής, κοινωνικής) νομοτέλειας. Σχετικιστικές θεωρίες αρνούντο την ύπαρξη μηχανισμού που αντιμετώπιζε συστηματικά την ριζική

μεταβολή περιεχομένου κατά τις περιόδους «επιστημονικών επαναστάσεων» ή απέφευγαν κάθε ιεράρχηση διαφορετικών «παραδόσεων». Οι ΣΕΤ απλά θεωρούν πως η σταθεροποίηση του τεχνήματος επιτυγχάνεται όταν οι ετερογενείς παράγοντες που σχετίζονται με αυτό έλθουν σε ισορροπία, και θέτουν τη διαδικασία της σταθεροποίησης κάτω από το πρίσμα της έρευνάς τους, χρησιμοποιώντας είτε συστημική είτε δικτυακή ορολογία.

3.6.3 Η χρήση της έννοιας του συστήματος στην κοινωνιολογία

> *"Systems in many respects resemble machines… A system is an imaginary machine invented to connect together in the fancy those different movements and effects which are already in reality performed… It often happens that one great connecting principle is… found to be sufficient to bind together all the discordant phenomena that occur."*
>
> *Adam Smith*[278]

Στη συστημική προσέγγιση της αυτορρύθμισης, η αρχή που, όπως αναφέρει ο Adam Smith στο παραπάνω εδάφιο, «διασυνδέει όλα τα αντιφατικά φαινόμενα που συμβαίνουν», είναι η πληροφορία με την ιδιότητα του ελέγχου. Ο Wiener είχε διαχωρίσει αυτή την ιδιότητα της πληροφορίας από την ιδιότητά της να παρέχει πληροφόρηση, απαντώντας στις αντιρρήσεις του Taylor για τη συμμετρική εξέταση ανθρώπων και μη έμβιων όντων στην Κυβερνητική (δες υποκεφάλαιο 2.3, παραπάνω). Η βασική αυτή έννοια βρίσκεται στο κέντρο της θεωρίας των Μεγάλων Τεχνολογικών Συστημάτων ("Large Technological Systems" – LTS), που προτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από τους Thomas P. Hughes, Renata Mayntz, Todd la Porte, Gene Rochlin και άλλους. Ένα τυπικό σύστημα που μελέτησε ο Hughes αφορούσε την ανάπτυξη και εδραίωση του εξηλεκτρισμού στις ΗΠΑ από τον Thomas Edison. Σύμφωνα με τη θεωρία, το σύστημα αποτελείται από ετερογενή υποσυστήματα:

[278] Αναφέρεται στο Grundmann, R. (1999) Society in the web of systems and networks. In Coutard, O. (Ed.) (1999) *The Governance of Large Technological Systems.* Routledge: London and New York, p. 244.

"Technological systems contain messy, complex, problem-solving components. They are both socially-construed and society shaping. Among the components in technological systems are physical artifacts, such as the turbo-generators, transformers, and transmission lines in electric light and power systems. Technological systems also include organizations, such as manufacturing firms, utility companies, and investment banks, and they incorporate components usually labeled scientific, such as books, articles, and university teaching and research programs. Legislative artifacts, such as regulatory laws, can also be part of technological systems. Because they are socially construed and adapted in order to function in systems, natural resources, such as coal mines, also qualify as system artifacts."

T. R. Hughes[279]

Οι ανομοιογενείς υπομονάδες αλληλεπιδρούν ανταλλάσσοντας πληροφορία. Στόχος της ανταλλαγής είναι ο έλεγχος των μερών και η αυτορρύθμισή τους. Κεντρική επιδίωξη του συστήματος είναι η επικράτησή του, μέσω της εξάπλωσης στον περιβάλλοντα χώρο. Ανάλογα με τον ερευνητή, ο έλεγχος του συστήματος είναι είτε κεντρικός και ιεραρχικός (πχ, ο Edison θεωρείται το κέντρο της ιεραρχικής διοικητικής δομής του συστήματος του Hughes) ή προσομοιάζει τα αυτό-αναπτυσσόμενα συστήματα της Κυβερνητικής. Και στις δύο περιπτώσεις πάντως, το σύστημα δέχεται ερεθίσματα ("reverse salient" στην ορολογία του Hughes) και αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, ώστε να εκμηδενίζει παράγοντες που απειλούν την ενότητά του και να μειώνει τον κίνδυνο από μη ελέγξιμα ενδεχόμενα.[280]

[279] Hughes, T.P. (1997) The evolution of large technological Systems. In Bijker, W.E., Hughes, T.P. and Pinch, T.F. (1997) *The Social Construction of Technological Systems*, Boston: The MIT Press, σελ. 51.

[280] Το σύστημα του Edison προωθούσε τη χρήση συσκευών που λειτουργούσαν με συνεχές ρεύμα. Έτσι, η ανάπτυξη συσκευών εναλλασσόμενου ρεύματος από το ανταγωνιστικό σύστημα του Westinghouse εθεωρείτο απειλή. Η αντίδραση του Edison αφορούσε την επιτάχυνση της εξέλιξης της τεχνολογίας που εξυπηρετούσε τους στόχους του, αλλά και κινήσεις στην πολιτική σκακιέρα. (Για παράδειγμα, έπεισε τον Κυβερνήτη της Νέας Υόρκης να εκτελεί θανατοποινίτες στην ηλεκτρική καρέκλα με εναλλασσόμενο ρεύμα. Κατόπιν, ξεκίνησε προπαγανδιστική εκστρατεία για την επικινδυνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος.)

Σχήμα 10: *Ένα σύστημα αποτελείται από υποσυστήματα με χαρακτήρα είτε τεχνικό (τεχνικά τμήματα εταιρειών, μηχανές, κλπ) είτε κοινωνικό (οργανισμοί, ινστιτούτα, κοινωνικές ομάδες πολιτικής πίεσης, κλπ). Αλληλεπιδράσεις καταγράφονται μεταξύ υποσυστημάτων, μεταξύ υποσυστημάτων και των μεταξύ τους διεπαφών, αλλά και μεταξύ υποσυστημάτων και περιβάλλοντος (αυτές δεν εμφανίζονται στο σχήμα).*

Η μορφολογία ενός συστήματος όπου δίνεται έμφαση στις συσχετίσεις των μερών φαίνεται στο Σχ. 10. Εκεί σημειώνονται όχι μόνον οι ανταλλαγές πληροφορίας για αυτορρύθμιση των υποσυστημάτων, αλλά και οι επιδράσεις στις ίδιες τις διεπαφές.

Η ταυτότητα των υποσυστημάτων διαφοροποιείται διαρκώς, ως αποτέλεσμα της αυτορρύθμισης. Η ταυτότητα κάθε υποσυστήματος σταθεροποιείται μόνον στην περίπτωση που επιτυγχάνεται εγκλεισμός της τεχνολογίας (closure). Παρόλα αυτά, όπως αναφέρει ο B. Joerges,[281] η θεωρία των Μεγάλων Τεχνολογικών Συστημάτων έχει δυσκολία να μιλήσει για τελική ισορροπία, καθώς όλα εξελίσσονται δυναμικά, σε μια διαδικασία επίμονης επέκτασης, ώστε να ελεγχθεί ο εξωτερικός περιβάλλον χώρος. Υποσυστήματα και διεπαφές μεταβάλλονται, δημιουργούνται ή απαλείφονται διαρκώς. Κάποιοι μελετητές τονίζουν τη δυνατότητα τεχνολογικού εγκλεισμού και ισορροπίας, σε βάρος και αυτής της υιοθέτησης νέων τεχνολογιών. Άλλοι πάλι τονίζουν τις παραμέτρους αντιπαράθεσης. Παραδείγματα για τη δυνατότητα εγκλεισμού:

> *"The days of trial and error end… when the institutional system achieves equilibrium, albeit fragile, that can no longer be challenged."*[282]
> *"[T]he system which had comparatively good labor relations at the time and which was making satisfactory profits, decided not to let technological change upset a carefully worked out harmony."*[283]

Παράδειγμα αναφοράς σε κρίσεις και αντιπαραθέσεις:

> *"The history of the system, in fact, is dominated by a 'crisis' situation."*[284]
> *"Only with the collapse of the giant agency… did its managers, as well as government and union leaders, begin to question the old managerial system."*[285]

---

[281] Joerges, B. (1999) High variability discourse on Large Technical Systems", στο Coutard (1999), p. 270.
[282] F. Carron, "The evolution of the technical system of railroads in France from 1832 to 1937", στο Mayntz, R. and Hughes, T.P. (1988) *The development of large technical systems,* Frankfurt am Main and Boulder (CO): Campus and Westview Press, p. 102.
[283] Salsbury, S. (1988) The emergence of an early large-scale technical system: the American railroad network. In Mayntz (1988), p. 63.
[284] Bertho-Lavenir, C. (1988) The telephone in France 1879 to 1979: national characteristics and international influences. In Mayntz (1988), p. 158.

Η θεωρία των Μεγάλων Τεχνολογικών Συστημάτων φαίνεται, από τα εδάφια που αναφέρονται παραπάνω ενδεικτικά, να χρησιμοποιεί τις έννοιες της ισορροπίας αλλά και της δραστικής, επαναστατικής αλλαγής, ανάλογα με την περίπτωση. Σύμφωνα πάλι με τον Joerges, αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη ότι οι έννοιες αυτές, που στα πλαίσια της Κυβερνητικής έχουν νόημα ορισμένο με σχετική ακρίβεια, εδώ χρησιμοποιούνται μεταφορικά. Η ρητορική στη θεωρίας επιτρέπει το δανεισμό παρόμοιων εννοιών για σχετικά ελεύθερη χρήση. Δεν είναι παράξενο, για παράδειγμα, ότι, αντίθετα με κάποια από τα παραπάνω εδάφια, η έννοια της εξέλιξης στη θεωρία χρησιμοποιείται δίχως την επαναστατική της διάσταση, προτείνοντας μια σταδιακή ανάπτυξη των συστημάτων, σύμφωνη με την λογιστική (σιγμοειδή) καμπύλη της βιολογίας:

> *"This chapter has dealt with the patterns of growing or evolving systems. Countless other technological systems in history have arrived at a stage of stasis and then entered a period of decline."*[286]
> *"What happens is adaptation and not radical change".*[287]
> *"…He did mot understand that complex systems have to prefer evolution to revolution because big steps lead to extreme rates of change in other subsystems and thereby endanger the whole system.*[288]

Η ιστορία του κοινωνικού Δαρβινισμού έχει δείξει ότι η μεταφορική χρήση της έννοιας της εξέλιξης προσδίδει μεγάλη ευελιξία στην κοινωνιολογική ανάλυση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για να τεκμηριωθούν πολύ διαφορετικές απόψεις για την κοινωνική οργάνωση και την πολιτική – από απαισιόδοξες μέχρι και καταδικαστικές για κοινωνικές αλλαγές. Αντίστοιχα, η θεωρία των Μεγάλων Τεχνολογικών Συστημάτων παίρνει πολύ διαφορετικές θέσεις, ανάλογα με τη μεταφορική εννοιολογική προσέγγιση. Αυτό γίνεται ιδιαίτερα φανερό όταν αναλύεται το περιεχόμενο της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των υποσυστημάτων. Η θεωρία LTS αφορά στην ανάπτυξη και γιγάντωση συστημάτων γύρω από την

---

[285] S. Salsbury (1988), p. 66.
[286] Hughes (1987) p. 269.
[287] Bertho-Lavenir (1988), p. 269.
[288] Heize, G. W., and Kill, H. H. (1988) The development of German railway system. Στο Mayntz (1988), p. 107.

υιοθέτηση τεχνολογικών καινοτομιών. Παρόλα αυτά, το περιεχόμενο της επικοινωνίας μεταξύ των υποσυστημάτων δεν είναι σχεδόν ποτέ τεχνικό. Στο πρώτο συνέδριο LTS στην Κολωνία, για παράδειγμα, ο Charles Perrow, αντιδρώντας στη διαρκή αναφορά σε τεχνικά θέματα όπως η αποδοτικότητα των τεχνημάτων, έκανε παρατήρηση στον Hughes:

> *"It's economics, economics are the mountains!"*[289]

Το ζήτημα επανέρχεται σε πλήθος μελετών LTS, όπου οικονομικές αλληλεπιδράσεις εναλλάσσονται με τεχνολογικές δυνατότητες ή περιορισμούς που καθορίζουν τη δράση των υποσυστημάτων. Σύμφωνα με τον Joerges, η ελευθερία χρήσης εννοιολογικών αποχρώσεων από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς καταλήγει σε μια διηγηματική περιγραφή του συστήματος. Αντίστοιχος είναι και ο πλουραλισμός χειρισμού της συνεισφοράς συγκεκριμένων ατόμων στην εξέλιξη του LTS, που εναλλάσσεται με αναφορές στην αυτοποιητική ανάπτυξη του συστήματος. Συγκεκριμένα, στα αρχικά στάδια ένα LTS θεωρείται ότι κινείται κάτω από την καθοδήγηση του κατασκευαστή του συστήματος, μιας ηρωικής μορφής (πχ, ο Edison στην περίπτωση του εξηλεκτρισμού). Σε μεταγενέστερο στάδιο αναλαμβάνουν ετερογενείς δρώντες και οι ηρωικές μορφές εξαφανίζονται από τη διήγηση.

Η λίστα των εννοιών που χρησιμοποιούνται ως *façon de parler* είναι εξαιρετικά μεγάλη. Ένα άλλο παράδειγμα αφορά στην αλληλεπίδραση του συστήματος με το περιβάλλον. Αναφέρει ο Hughes:

> *"Over time, technological systems manage increasingly to incorporate environment into the system, thereby eliminating sources of uncertainty, such as a once free market. Perhaps the deal situation for system control is a closed system that does not feel the environment."*[290]

Ποιες είναι οι διαθέσεις των σχεδιαστών του συστήματος; Ποιες από τις επιπτώσεις των ενεργειών τους μπορούν να προβλέψουν; Και πώς αυτές επηρεάζουν τη σχεδίαση; Ποιος ο ρόλος του πολιτισμικού παράγοντα; Ο Patrice Flichy τονίζει, για

[289] Charles Perrow, όπως σημειώνεται στο Joerges (1999), p. 269.
[290] Hughes (1987), p. 53.

παράδειγμα, ότι η τεχνολογική ανάπτυξη προϋποθέτει ένα γενικότερο διανοητικό πλαίσιο αναφοράς, το οποίο καλλιεργεί τεχνολογικές ουτοπίες, εν δυνάμει πραγματοποιήσιμες, ενώ καταποντίζει τεχνικές ως πεπαλαιωμένες και υπό εξαφάνιση.[291] Αλλά και ειδικότερα, υπάρχουν περιγραφές LTS που αποποιούνται το ρόλο κάποιου κεντρικού καθοδηγητή του συστήματος, ακόμα και στα πρώτα του στάδια: Η ανάπτυξη του εξηλεκτρισμού, σύμφωνα με τον David Nye, δεν προέκυψε από τις συγκροτημένες ενέργειες του Edison. Στις αρχές του 20ού αιώνα, η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος εξαπλώθηκε σε ένα κοινωνικό πλαίσιο αποδοχής, μέσα από ασυνάρτητες και κατ' αρχήν μεμονωμένες δράσεις φορέων που έχτιζαν πάνω σε οράματα και δεισιδαιμονίες, θαυμασμό και φόβο για τον ηλεκτρισμό.[292]

Η θεωρία των LTS χρησιμοποιεί πλήθος μεταφορών από την Κυβερνητική, την βιολογία και την οικονομία. Το πλαίσιο ανάλυσης προσομοιάζει αυτό της Κυβερνητικής, με έμφαση τον έλεγχο, τις αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον, την ανάδραση ("reverse salient"), την πολυπλοκότητα (complexity), την ανάδυση (emergence), κλπ. Ο φορμαλισμός χρήσης αυτών των εννοιών δεν είναι μαθηματικά αυστηρός, στηρίζεται στην αφήγηση. Αποτελεί κείμενο που, ενδεχομένως, μπορεί να αυστηροποιηθεί μαθηματικά, ώστε να αναδειχθούν οι υποθέσεις ή οι εσωτερικές του αντιφάσεις. Αυτός θα μπορούσε να είναι ένας τρόπος προσέγγισης από την κοινωνική φυσική. Υπάρχει όμως και ένας δεύτερος, ο οποίος έμμεσα μόνον αφορά το περιγραφόμενο το σύστημα, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στη χρήση και την πολυμορφία των ερμηνευτικών εργαλείων, τα οποία διαθέτουν φυσικά κοινωνικό περιεχόμενο: Ως κείμενο, η ανάλυση LTS δεν παύει να προσφέρει μια εναλλακτική περιγραφή του φαινομένου της τεχνολογικής ανάπτυξης, που μπορεί να συγκριθεί με άλλες αφηγήσεις-προσεγγίσεις (πχ, σε δικτυακές μελέτες) και να αναλυθεί καθαρά σημειωτικά. Σε αυτή την περίπτωση, η δημιουργία τεχνημάτων δεν εξετάζεται ως προς την αποτελεσματικότητα ή μη των διαδικασιών του συστήματος-μηχανής που τα παράγει. Αντ' αυτών εξετάζονται τα ερμηνευτικά μέσα, η διαχείριση συμβόλων και γλώσσας, κατά την πολύμορφη προσπάθεια των μελετητών. Μια τέτοια διερεύνηση μπορεί να γίνει με όρους κοινωνικής φυσικής, ώστε να αναδειχθούν τρόποι οργάνωσης, ανάλυσης και επεξήγησης. Έμμεσα, ενδέχεται έτσι να επισημαίνει

[291] Flichy (1995), p. 186.
[292] Nye, D. (1990) *Electrifying America: Social meanings of a new technology*. Cambridge (MA): MIT Press (1990). Στο Coutard (1999), p. 281.

ενδιαφέροντα στοιχεία και για το στόχο και το αντικείμενο της κοινωνικής αυτής οργάνωσης και δράσης, την ανάπτυξη της τεχνολογίας καθ' εαυτή.

3.6.4 Η γενεαλογία της έννοιας του δικτύου σε κοινωνιολογία, οικονομία

Η ιστορία δεν στερείται ρυθμιστικών μηχανών, ιεραρχίας και δικτύωσης τεχνημάτων με στόχο την ομογενοποίηση περιοχών. Οι δρόμοι που χρησιμοποιούντο από άρματα για επικοινωνία υπήρχαν παντού στην αρχαία ηπειρωτική Ελλάδα, φτάνοντας πέρα και από τις άκρες των εδαφών που πέρασε ο Μέγας Αλέξανδρος. Τα αρδευτικά έργα της εποχής των Ρωμαίων διασυνέδεαν πηγές στην επαρχία με σιντριβάνια και λουτρά στην πόλη. Οι δρόμοι και τα μονοπάτια εξυπηρετούσαν κυρίως τοπική επικοινωνία, ενώνοντας όμως σε κάποιο βαθμό και απομακρυσμένες κοινότητες. Όμως, πριν τη Γαλλική Επανάσταση, η έννοια του δικτύου δεν χρησιμοποιείτο στην περιγραφή αυτών των τεχνημάτων. Μιλούσε κανείς κυρίως για «τοπική συγκοινωνία», «παροχή νερού», «γραμμές αποχέτευσης», κλπ.

Η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε η έννοια του δικτύου ήταν μέσα από την εφαρμογή ιδεών του Saint-Simon. Ο Michel Chevalier, μέλος της εθνοσυνέλευσης και ένας από τους ανθρώπους πίσω από τις προσπάθειες ανάπτυξης του οπτικού τηλεγράφου στη Γαλλική επικράτεια, της υιοθέτησης κοινών μέτρων και σταθμών, της επικράτησης της γλωσσικής ομοιομορφίας, της δημιουργίας νέου (δεκαδικού) ημερολογίου, κλπ, έγραφε:

> *"Sophisticated means of transportation will reduce the distance not only from one point to another, but also from one [social] class to another… Industry consists of production centers connected by means of a material link, namely, transportation routes, and by means of a spiritual link, namely, banks… There is such a close relationship between the banking network and the transportation network, that when one of the two has been traced out in*

the most appropriate shape for the best exploitation of the planet, the other is to be found similarly determined in its essential elements".[293]

Το δίκτυο ήταν ένας τρόπος κυκλοφορίας ανθρώπων, αγαθών, κεφαλαίου, ιδεών και γνώσης. Ήταν επίσης και η ευκαιρία για παγκόσμια διασύνδεση. Το παράδειγμα μιας τέτοιας μηχανής είναι ο βιολογικός οργανισμός (όπως ο άνθρωπος), όπου η κυκλοφορία συστατικών στον οργανισμό εξασφαλίζει την ύπαρξη και την ανάπτυξή του.

Η επέκταση του εξηλεκτρισμού και του τηλεφώνου, έναν αιώνα αργότερα, προσέδωσε νέα στοιχεία στην έννοια του δικτύου. Τώρα δεν αφορούσε στρατηγικές κρατικής εξουσίας, αλλά ανάπτυξης επιχειρήσεων. Επίσης, δεν ήταν μια μηχανή επικοινωνίας και ανταλλαγής ενός μεγάλου οργανισμού (αρχικά εθνικού κράτους), αλλά ένας τρόπος εξασφάλισης τεχνικού και οικονομικού ελέγχου πάνω σε ένα σύνολο χρηστών. Φυσικά, τα εθνικά μονοπωλιακά δίκτυα υποδομών είχαν αυτό το χαρακτήρα. Όμως, τώρα το δίκτυο θεωρείτο ότι μεγεθύνεται όχι απλά για να διασυνδέσει τον κόσμο ολόκληρο στα πλαίσια μιας φιλοσοφικά επιθυμητής κοινότητας (Saint-Simon), αλλά για να εκμεταλλευτεί τις τεχνικές δυνατότητες της τεχνολογίας για έλεγχο απομακρυσμένων σημείων (πχ, ως εκεί που απώλειες ηλεκτρικής ισχύος σε καλώδια ή η αυξανόμενη πολυπλοκότητα του τηλεφωνικού δικτύου δεν ήταν απαγορευτική), σε σχέση με τα οικονομικά πλεονεκτήματα από την παροχή υπηρεσίας σε μεγάλο πλήθος χρηστών (πχ, από τη δυνατότητα ενός χρήστη να έχει πρόσβαση σε περισσότερους).

Η τρίτη εκδοχή της έννοιας του δικτύου εμφανίστηκε μετά τα μέσα του 20ού αιώνα, όταν ορίσθηκε η έννοια της πληροφορίας από τον Shannon, von Newmann και άλλους. Η διασύνδεση διαφορετικών γεωγραφικών περιοχών ή ανθρώπων σε αυτές τις περιοχές δεν ήταν η κεντρική ιδιότητα του δικτύου. Το ίδιο σημαντική ήταν η σύζευξη σημείων στον χρόνο. Φυσικά, από τα μετα-επαναστατικά χρόνια στη Γαλλία δίνονταν ιδιαίτερη έμφαση στην ταχύτητα επικοινωνίας με τον οπτικό τηλέγραφο του Chappe. Τώρα όμως, η παράμετρος της απόστασης στο δίκτυο μπορούσε με την έννοια της πληροφορίας να μελετηθεί σε σχέση με χώρο και χρόνο, ταυτόχρονα. Η

[293] M. Chevalier (1832:1), όπως αναφέρεται από τον Jean-Marc Offner, "Are there such things as small networks?", στο Coutard (1999) p. 221.

ανάπτυξη, για παράδειγμα, των τεχνολογικών συγκοινωνιακών δικτύων δεν πετύχαινε μόνο τη σύζευξη σημείων αλλά και την ευκολία πρόσβασης χρηστών από το ένα σημείο στο άλλο. Αυτό προσδίδει νέες ιδιότητες και δυνατότητες στο δίκτυο. Το Παρίσι απείχε από τη Μασσαλία 359 ώρες το 1650, 184 το 1782, 112 το 1814, 80 το 1834, 13 ώρες το 1887. Οι επισκέπτες της Διεθνούς έκθεσης στο Παρίσι εύρισκαν, κατά τον Ταξιδιωτικό Οδηγό του Admond About το 1867, ότι μπορούσαν εύκολα να φτάσουν από το ένα άκρο της πόλης στο άλλο. Ο κόσμος στο Παρίσι ήταν σε διαρκώς αυξανόμενη βιάση. Η αστική ανάπτυξη, η οικονομική, η κοινωνική ζωή απαιτούσε ένα μεθοδολογικό εργαλείο ανάλυσης μιας νέας παγκοσμιότητας, που, μέσω της έννοιας της πληροφορίας, μπορούσε πλέον το δίκτυο να προφέρει.

Μια τέταρτη εκδοχή της έννοιας του δικτύου εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980, με τη συνεισφορά των Williamson και Granovetter στη νεοκλασσική οικονομική θεωρία. Η θεωρία των “transaction costs” από τον πρώτο και της “embeddedness” από τον δεύτερο υπέδειξαν ένα δίκτυο όπου κόμβοι αλληλεπιδρούν μέσω τις διαδικασίας κόστους-οφέλους. Επίσης, υπέδειξαν έναν τρόπο σύζευξης μίκρο- και μάκρο-επιπέδων ανάλυσης, πολύ διαφορετικό από ιεραρχίες (με σταθερή δομή) και αγορές (δίχως δομή). Η έννοια της διαπραγμάτευσης ως μορφή αλληλεπίδρασης μεταξύ κόμβων υιοθετήθηκε πολύ γρήγορα στην κοινωνιολογία. Τα δίκτυα δρώντων στην “Actor Network Theory”, για παράδειγμα, έχουν αυτό το χαρακτήρα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Γενεαλογία της έννοιας του δικτύου κατά Jean-Marc Offner

Ιστορική περίοδος	**Αρχέτυπο**	**Αναπαράσταση**	**παράδειγμα**	**Κύριος δείκτης**
Πρώτο μισό του 19ου αιώνα	Σιδηρόδρομος	Μηχανισμός κυκλοφορίας	Ροή, ενότητα οργανισμού	Υποδομές μεγάλων έργων
Τέλη 19ου αιώνα	Ηλεκτρισμός & τηλέφωνο	Συσχετισμός χρηστών	Δικτύωση για καθολική υπηρεσία	Αρχιτεκτονική δικτύου
1960-	Γρήγορα τραίνα, Ηλεκτρονικές επικοινωνίες	Χωρο-χρονική σύζευξη μέσω πληροφορίας	Διασύνδεση και ταχύτητα	Πρόσβαση
1980-	Ηλεκρονικοί υπολογιστές	Αποκεντρωμένη διαχείριση	Οικονομικές πράξεις	Χαρακτήρας της αλληλεπίδρασης

Η παραπάνω κατάταξη της έννοιας του δικτύου έχει γίνει από τον Jean-Marc Offner και τοποθετεί σε μια γενεαλογική σειρά διαφορετικές οπτικές για τη λειτουργία και τις ιδιότητες του δικτύου. Σήμερα, όλες οι παραπάνω εκδοχές συνυπάρχουν. Η χρήση

εκτεταμένων υποδομών που κατασκευάζονται στην Ευρώπη είχε προδιαγραφεί από τον Saint-Simon. Η ανάγκη ύπαρξης καθολικής υπηρεσίας στις τηλεπικοινωνίες (τηλέφωνο, διαδίκτυο, κλπ) και τις συγκοινωνίες (όπως η λειτουργία άγονων συγκοινωνιακών διασυνδέσεων) χρησιμοποιεί επιχειρήματα του δικτύου ως μέσο διασύνδεσης χρηστών. Το παράδειγμα του δικτύου ως εργαλείο μελέτης χωρικής και χρονικής διασύνδεσης είναι πολύ διαδεδομένο στις αναλύσεις της παγκοσμιοποποίησης της οικονομίας, της κοινωνίας και της πολιτικής[294]. Τέλος, η έννοια του δικτύου ως οργανωτική δομή διάφορη ιεραρχιών και αγορών χρησιμοποιείται στις μελέτες αποκεντρωμένης διακυβέρνησης.

Γίνεται φανερό πως οι παραπάνω εκδοχές χρησιμοποιούν την έννοια του δικτύου είτε ως αναλυτικό εργαλείο (κυρίως η τρίτη εκδοχή) είτε για να περιγράψουν τη δημιουργία και την ανάπτυξη δομών οργάνωσης (οι υπόλοιπες τρεις εκδοχές). Αλλού δηλαδή η έννοια του δικτύου εκφράζει συσχετισμούς, αλλού δίνεται έμφαση στο πώς το δίκτυο λειτουργεί και ενεργεί. Μεθοδολογικά,

> *"Governance is understood as the institutionally structured process of self-regulation of social activities. A governance perspective has close affinities to cybernetic theory and related concepts such as control, regulation and guidance"*[295]

Η διακυβέρνηση είναι η δομημένη και θεσμοθετημένη αυτορρύθμιση της κοινωνικής δραστηριότητας. Οι διαδικασίες διακυβέρνησης αφορούν την ατομική δράση αλλά και τη συλλογική συμπεριφορά ετερογενών οντοτήτων, που περιλαμβάνουν θεσμικά όργανα, ιδρύματα, ηγέτες, μέσα ενημέρωσης, εκπαίδευση, επιχειρήσεις, τεχνολογικά δίκτυα (πχ, ηλεκτρικό, τηλεπικοινωνιακό), οικονομικές ανταλλαγές, κλπ. Όσο οι μελέτες προσεγγίζουν τον πόλο της οργάνωσης και της λειτουργίας (αντί για απλή διαπίστωση συσχετισμών), τόσο εντονότερα η χρήση της έννοιας του δικτύου από τους μελετητές *εναλλάσσεται με την έννοια του συστήματος*, το οποίο, όπως ορίζεται από την Κυβερνητική, αφορά στη λειτουργία κάθε δυνατού μηχανισμού. Παρότι ο μαθηματικός ορισμός των εννοιών σύστημα και δίκτυο είναι ακριβής, στα πλαίσια

[294] Castels, M. (1996) *The rise of the network society*. Oxford: Basil Blackwell.
[295] Schneider (1991), p.19, όπως αναφέρεται από τον Grundman, R. (1999), στο Coutard (1999), p. 267.

μιας αφηγηματικής περιγραφής κοινωνικών δομών οργάνωσης κυριαρχεί πολλές φορές σύγχυση. [296]

Η οριοθέτηση των όρων αποτελεί διαρκή στόχο δικτυακών θεωριών που εφαρμόζονται στις ανθρωπιστικές και οικονομικές επιστήμες. Το δίκτυο ως σύνολο από κόμβους και τις μεταξύ τους διασυνδέσεις χρησιμοποιείται εκεί για να περιγράψει ένα ευρύ φάσμα φαινομένων, από απλούς συσχετισμούς μέχρι οργανωτικές δομές. Στην ακραία περίπτωση της ανάλυσης ενός συσχετισμού, το δίκτυο εκφράζει τη διάταξη οντοτήτων (κόμβων) χωρίς κεντρικό σχεδιασμό ή επιδίωξη ("non-purposeful outcome"). Στην άλλη ακραία περίπτωση, το δίκτυο εκφράζει μηχανισμούς που οργανώνουν οντότητες, βάσει σχεδιασμού και καθοδήγησης ("purposeful outcome"). Συνήθως δεν γίνεται διαχωρισμός μεταξύ συσχέτισης και οργάνωσης, και το δίκτυο χρησιμοποιείται για οποιαδήποτε κατάσταση μεταξύ των δύο αυτών πόλων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν μεθοδολογικές διαφορές ανάμεσα στους δύο πόλους, αφού στον πρώτο το δίκτυο χρησιμοποιείται κυρίως ως εργαλείο ανάλυσης, ενώ στον δεύτερο για να περιγράψει μηχανισμούς διοίκησης. Οι μεθοδολογικές διαφορές αφορούν:

- Στο χαρακτήρα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κόμβων, τι δηλαδή ανταλλάσσεται ή αποστέλλεται από κόμβο σε κόμβο [πληροφορία, δώρο (reciprocal or non-reciprocal gift), αξιοπιστία (trust)].

- Στο κόστος δημιουργίας και διατήρησης των συσχετισμών μεταξύ κόμβων.

- Στις μακροσκοπικές παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την κατεύθυνση της ανάπτυξης και της ενδεχόμενης ισορροπίας του δικτύου (πχ, την εδραίωση αξιοπιστίας).

Ως έκφραση της παραπάνω ευρύτητας επιλογών, προκύπτουν ποικίλες προσεγγίσεις αναφορικά με δίκτυα συσχετισμών και οργάνωσης στις ανθρωπιστικές σπουδές και την οικονομία. Θέτουμε λοιπόν δύο ερωτήματα:

[296] Αντίστοιχο φαινόμενο για τη λειτουργία των οργανωτικών δομών έχουμε και τον καθημερινό λόγο. Για την κακοδαιμονία και τις αντιξοότητες σε οικονομικούς, πολιτικούς, κλπ, τομείς ενδέχεται να «φταίει το σύστημα» ή να «πηγάζει από τα δίκτυα της διαπλοκής».

- Υπάρχει μια θεώρηση του δικτύου που συγκεντρώνει περισσότερα πλεονεκτήματα ως αναλυτική μέθοδος και ως περιγραφή σύγχρονων μορφών οργάνωσης και ελέγχου; (Μια τέτοια θεώρηση θα μπορούσε, ενδεχομένως, να προσφέρει την επόμενη εκδοχή στη γενεαλογική αναγραφή του Πίνακα.4.)

- Μπορεί η μαθηματικοποίηση που προσφέρει η στατιστική Δικτυακή Κοινωνική Ανάλυση να ανταποκριθεί σε ένα τέτοιο εγχείρημα στην κοινωνιολογία και την οικονομία;

Προσεγγίζοντας τα ερωτήματα αυτά, θα αναλύσουμε παρακάτω δύο εναλλακτικές προσεγγίσεις δικτύων ως αναλυτικά εργαλεία και ως οργανωτικούς μηχανισμούς – την Ανάλυση Κόστους Συναλλαγών ("Transaction Costs Analysis" - TCA) και την Θεωρία Δικτύου-Δρώντων ("Actor Network Theory" - ANT) – και θα διερευνήσουμε τη σχέση τους με το κύριο αντικείμενο της παρούσης εργασίας, την Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση. Η πρώτη (TCA) ξεκίνησε από οικονομική θεωρία, η δεύτερη (ANT) από θεωρία τεχνολογικής δημιουργίας. Πολύ γρήγορα εφαρμόστηκαν σε πλήθος ζητημάτων στις ανθρωπιστικές επιστήμες – τη γνωσιολογία, την πολιτική, τη διοίκηση, κλπ.

3.6.5 Δίκτυα μεταξύ ιεραρχίας και αγοράς

Οι ιεραρχίες και οι αγορές θεωρούντο οι κύριες μορφές οικονομικής οργάνωσης έως τα μέσα της δεκαετίας του '80. Οι εταιρείες αποτελούν παραδείγματα ιεραρχικών μορφών διοίκησης. Υπάρχουν εξ αιτίας ατελειών των αγορών, που βρίσκουν την ποσοτική τους έκφραση στα κόστη συναλλαγών ("transaction costs"). Σύμφωνα με τον νομπελίστα Ronald Coase που όρισε την έννοια, εάν κάθε συντελεστής της αγοράς μπορούσε να ανακαλύψει και να εκτελέσει συμβόλαια στο πλήρως ανταγωνιστικό περιβάλλον της αγοράς, τότε οι εταιρείες δεν θα είχαν λόγο ύπαρξης. Στον πραγματικό κόσμο, οι εταιρείες προκύπτουν για να περιορίζουν την απροσδιοριστία στα συμβόλαια, η οποία προκύπτει από πλήθος παραμέτρων (πχ, από την άγνοια μελλοντικών συνθηκών του οικονομικού περιβάλλοντος). Με αυτόν τον

τρόπο, οι εταιρείες εξαφανίζουν από το εσωτερικό τους τα κόστη συναλλαγών, αντικαθιστώντας τα με ένα συμβόλαιο εργασίας, και λειτουργώντας συνολικά ως συναρτήσεις παραγωγής κερδών. Η οργανωτική δομή που έχουν υιοθετήσει είναι ιεραρχική, όπου το συμβόλαιο εργασίας των υπαλλήλων καθορίζει πλήρως μια γραφειοκρατική δομή εξουσίας.

Αντίθετα με το εσωτερικό των εταιρειών, οι αγορές θεωρείται ευρέως ότι περιγράφουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ εταιρειών, οι οποίες χαρακτηρίζονται από ανταγωνισμό για μεγιστοποίηση οικονομικού οφέλους. Αλληλεπιδράσεις συνεργασίας εξετάζονται με τη βοήθεια της θεωρίας παιγνίων, για τις περιπτώσεις τουλάχιστον που οι λύσεις των παιγνίων μπορούν να καθοριστούν. Οι δρώντες λειτουργούν ορθολογικά,[297] και επικοινωνούν μεταξύ τους μετά από καθαρό υπολογισμό κόστους-οφέλους που προκύπτει από τιμές που διαμορφώνονται δυναμικά στην αγορά.

Παράλληλα με την οικονομία, θεωρίες διοίκησης (management) υιοθέτησαν τον διαχωρισμό αγορών-ιεραρχιών. Η προσέγγισή τους προέβλεπε ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ δρώντων δεν ήταν αποκλειστικά οικονομικές, αλλά συμπεριλάμβαναν συμπεριφοριστικές[298] και εξελικτικές αναφορές[299]. Χρησιμοποιούντο έννοιες όπως: εξέλιξη και απροσδιοριστία παρά ισορροπία και βεβαιότητα. Ευχαρίστηση παρά μεγιστοποίηση. Πολλαπλοί στόχοι αντί για οικονομικό όφελος. Εταιρείες και οργανισμοί ως πολύπλοκα συστήματα παρά συναρτήσεις παραγωγής. Παρόλα αυτά, έως τα μέσα της δεκαετίας του ’80, οι οργανισμοί θεωρούντο ότι αλληλεπιδρούν ανταγωνιστικά. Η κύρια διαφορά από την οικονομική θεωρία ήταν ότι αυτό που ανταλλάσσετο δεν ήταν καθαρό όφελος αλλά πληροφορία που δημιουργούσε συσχετισμούς (με έμμεση αναφορά τον έλεγχο). Μέσα από αυτούς ακριβώς τους συσχετισμούς καθορίζεται *ex post* η ταυτότητα των δρώντων. Στοιχεία αυτής της θεώρησης για τα κοινωνικο-οικονομικά δίκτυα ενυπάρχουν στις ΣΕΤ και θα εξεταστούν στα πλαίσια της θεωρίας ΑΝΤ στο επόμενο υποκεφάλαιο.

---

[297] Στοχαστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να περιγραφούν φαινόμενα περιορισμένης ορθολογικότητας (bounded rationality).
[298] Δες αναφορές στην δημοσίευση Biggiero, L. (1999) Markets, hierarchies, networks, districts: a cybernetic approach”, *Human Systems Management*, 18: 71–86.
[299] Δες αναφορές στην δημοσίευση Biggiero (1999).

Επανερχόμενοι στα πλαίσια της οικονομικής θεωρίας, η Ανάλυσης Κόστους Συναλλαγών (TCA) προτάθηκε από τον Oliver Williamson.[300] Στη διχοτομία «ιεραρχία-αγορές», που ξεχωρίζει τους δύο βασικούς τρόπους οικονομικών συσχετισμών σύμφωνα με τη νεοκλασική οικονομική ανάλυση, η TCA προσθέτει ένα τρίτο, αυτό του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο, η θεωρία προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο για ανάλυση κοινωνικών οργανωτικών δομών. Όλοι αυτοί οι δυνατοί συσχετισμοί (αγορές, ιεραρχίες και δίκτυα) μπορούν να περιγραφούν με βάση τις παρακάτω παραμέτρους της θεωρίας, όπως κωδικοποιείται από τον R. F. Thompson[301]:

Έστω ένα δίκτυο με <u>n>1 κόμβους</u> που αλληλεπιδρούν κάνοντας οικονομικές συναλλαγές (transactions) και <u>ένταση αλληλεπίδρασης D</u> όπου 0<D<1.

Ορίζουμε τις παρακάτω ποσότητες:

<u>Διασυνδεσιμότητα</u> – (Embeddedness) 0<Emb<1: είναι αύξουσα συνάρτηση του αριθμού των γειτόνων (βαθμού) ενός κόμβου και της έντασης αλληλεπίδρασης με τους γείτονες.

<u>Εμπιστοσύνη/ αξιοπιστία</u> (trust) Tr>0 : μέγεθος που ανταλλάσσεται με τη συναλλαγή. Θεωρείται εξ ορισμού αύξουσα συνάρτηση της διασυνδεσιμότητας.

<u>Κόστος συναλλαγής</u> (transaction cost -Tc) : Εξ ορισμού θεωρείται αύξουσα συνάρτηση της έντασης αλληλεπίδρασης D (όταν διατηρούνται σταθερά τα Tr και Emb), και μάλιστα convex σε μεγάλες τιμές του D, ώστε να παίρνει υπόψη της οικονομίες κλίμακας: $Tc = f_1(D|Tr, Emb)$. Επίσης θεωρείται αύξουσα συνάρτηση του αριθμού των κόμβων n: $Tc = f_2(n|Tr, Emb)$.

[300] Williamson, O. E. (1992) Markets, hierarchies, and the modern corporation: An unfolding percspective. *Journal of Economic behavior and organization* 17, 97.
[301] Thompson (2003).

Σχήμα 11: *Οι τρεις άξονες αντιστοιχούν στις παραμέτρους Tc_n, D, n. Σχεδιάζουμε τις f1 και f2. Βρίσκουμε το σημείο X και σχεδιάζουμε και την προβολή στο επίπεδο (D,N) ορίζοντας την παράμετρο C (πολυπλοκότητα -complexity). Η σχέση $Tc_n = f_3(C|\ Tr, Emb, D, n)$ έχει σχήμα "U". Από το R.F. Thompson (2003).*

Η σχέση των παραμέτρων της θεωρίας διακρίνεται στο Σχ. 11. Οι οικονομικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν ανά δύο και συναλλάσσονται με γνώμονα την μεγιστοποίηση του οφέλους (utility) και τη μείωση το υ κό στο ς συναλλαγής. Η οργάνωση της αγοράς παίρνει εκείνη τη μορφή που εξασφαλίζει μικρότερο μέσο κόστος συναλλαγής μεταξύ των n κόμβων Tc_n.

Σχήμα 12: *Τα δίκτυα εμφανίζονται στο μέρος του διαγράμματος που το μέσο κόστος Tc_n για τη δικτυακή τοπολογία είναι μικρότερο από το αντίστοιχο Tc_M, που αντιστοιχεί στην τοπολογία της αγοράς. Επομένως, η TCA θεωρεί την οικονομική πολυπλοκότητα του συστήματος ως ρυθμιστικό παράγοντα που διαχωρίζει τις δύο οργανωτικές δομές. Από το Thompson (2003).*

Πώς προκύπτει η διαφοροποίηση στα κόστη συναλλαγών, τα οποία διαρκώς υπολογίζουν οι συναλλασσόμενοι στο κοινό τους οικονομικό περιβάλλον, λαμβάνοντας διαφορετικές προσωπικές αποφάσεις για οικονομικές πράξεις; Κατά τον Williamson, αυτό οφείλεται σε τρεις παράγοντες – τους περιορισμούς στη λήψη ορθολογικών επιλογών (bounded rationality), την κεφαλαιακή απαίτηση (asset specificity) και τον οπορτουνισμό (opportunism). Περιορισμοί στην ορθολογικών επιλογών προκύπτουν από γνωσιακούς περιορισμούς, που δεν επιτρέπουν σε κάποιον να διατυπώνει ορθά και να επιλύει με απόλυτη επιτυχία σύνθετα προβλήματα. Θα μπορούσε εδώ να προστεθεί και ότι παρόμοιες αποφάσεις απαιτούν *πλήρη και άμεση* πληροφόρηση για το σύνολο των παραμέτρων που αφορούν οι οικονομικές πράξεις, η οποία είναι φυσικά αδύνατη. Η κεφαλαιακή επάρκεια είναι απαραίτητη για να γίνουν συγκεκριμένες συναλλαγές και αποκλείουν άλλες. Ο οπορτουνισμός, τέλος, προκύπτει από τις ευκαιρίες που εμφανίζονται σε οικονομικούς παράγοντες να εκμεταλλευτούν την αδυναμία άλλων να καταλήξουν σε συμφέρουσες για αυτούς ανταλλαγές. Εάν δεν υπήρχε bounded rationality, ο οπορτουνισμός θα οδηγούσε απλά σε επιλογές που θα ήταν αποδοτικές ή μη με τυχαίο τρόπο, και τελικά δεν θα

επηρέαζε την τελική ισορροπία των αγορών. Η ύπαρξή της όμως, σε συνδυασμό με τους άλλους δύο όρους (κεφαλαιακή απαίτηση και οπορτουνιστικές κινήσεις) οδηγεί στον κρατικό παρεμβατισμό ή στην ανάγκη ύπαρξης και των άλλων μορφών διοίκησης – δικτύων και ιεραρχικών δομών (πχ, εταιρείες). Πιο συγκεκριμένα, όταν και οι τρεις όροι είναι παρόντες, τότε προκύπτουν ιεραρχίες, που χαρακτηρίζονται ως πλήρης αποτυχία των αγορών.[302]

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 Τύποι κοινωνικο-οικονομικής οργάνωσης σύμφωνα, με την προσέγγιση TCA

	Ιεραρχία	**Δίκτυο**	**Αγορά**
Χαρακτηριστικά οργάνωσης	Σχεδιασμένα και συνειδητά οργανωμένα αποτελέσματα	Σχεδιασμένα αλλά και αυθόρμητα αποτελέσματα	Αυθόρμητα εμφανιζόμενα αποτελέσματα
Συμπεριφορά δρώντων	Δράσεις σύμφωνα με κανόνες	Συνεργασία για κοινά αποδεκτές λύσεις	Ιδιωτικές ανταγωνιστικές αποφάσεις
Μηχανισμός λειτουργίας	Ιεραρχικά δομημένος/ γραφειοκρατία/ διαρκής έλεγχος/ παρεμβάσεις	Loyalty, reciprocity and trust	Μηχανισμοί τιμών, ανταγωνισμός, προσωπικό όφελος
Τύπος διοίκησης και οργάνωσης	Καθοδήγηση, ενεργή κεντρική διοίκηση, *ex ante* συγχρονισμός	Οργανωμένη διοίκηση, αλλά και άτυπη ανάληψη πρωτοβουλίας	"Αόρατο χέρι", μη κεντρικός έλεγχος, *ex post* συγχρονισμός

Σύμφωνα με τον Williamson, λοιπόν, τα δίκτυα προκύπτουν ως εναλλακτικές μορφές δομής και διοίκησης. Στηρίζονται στο αποτέλεσμα της δομικής διασύνδεσης ("structural embeddedness") που περιγράφτηκε από τον Granovetter ως «το γεγονός

[302] Ο Kay ασκεί έντονη κριτική στην ιδέα ότι η TCA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αναλυτικό εργαλείο για την πλήρη περιγραφή της ιεραρχίας. [Kay, N. M. (1992) Markets, false hierarchis and the evolution of modern corporation, *Journal of Economic Behaviour and Organization* 17, 315.] Προτείνει ότι είναι διαφορετικό να εξετάζεις τη δημιουργία τους στο περιβάλλον των αγορών και άλλο να μελετάς την εσωτερική τους δομή: Η ανάλυση κόστους - οφέλους δεν μπορεί να περιγράψει τις αλληλεπιδράσεις εντός της ιεραρχίας. Ο οπορτουνισμός σίγουρα περιορίζεται από τη γραφειοκρατία των ιεραρχιών. [Ενδέχεται όμως και να επιζεί μεταβάλλοντας στόχους μέσα στις ιεραρχίες – δες Ghoshal and Morgan; 1996.] Κι ακόμα, συναλλαγές που απαιτούν κεφαλαιακή επάρκεια βασίζονται πολλές φορές σε σχέσεις εμπιστοσύνης ή loyalty, οι οποίες είναι μακρινές έννοιες από τις ανταγωνιστικές ανταλλαγές κόστους – οφέλους. Τα παραπάνω αποτελούν ένδειξη ότι ένα μεθοδολογικό εργαλείο (εδώ η TCA) ίσως δεν μπορεί να αναλύσει και τις τρεις οργανωτικές δομές και μορφές διοίκησης. Αναφέρεται στο Thompson (2003), p. 68-69.

ότι η οικονομική δραστηριότητα και τα οικονομικά αποτελέσματα επηρεάζονται από τις (δυαδικές) αλληλεπιδράσεις των δρώντων αλλά και από τη δομή συνολικά των δικτυακών συσχετισμών».[303] Αυτός ο ορισμός αποτέλεσε την αφετηρία της προσπάθειας του Jones *et al* [304] να ενσωματώσει τη λογική της TCA στην κοινωνική δικτυακή ανάλυση, θεωρώντας ότι αποφάσεις κόστους – οφέλους είναι περισσότερο αποτελεσματικές από άλλες για την σταθερότητα μηχανισμών διοίκησης. Για να συσχετισθεί η δικτυακή μορφή με τις αγορές ή τις ιεραρχίες εισάγονται έννοιες όπως i) η απροσδιοριστία της ζήτησης και της σταθερότητας της παροχής, ii) συναλλαγές με υψηλή ανθρώπινη κεφαλαιακή απαίτηση, iii) σύνθετες αποφάσεις που λαμβάνονται με χρονικούς περιορισμούς, και iv) τη συχνότητα των ανταλλαγών μεταξύ των δρώντων. Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι Jones *et al* εισάγουν όρους της TCA – bounded rationality, asset specificity, contract uncertainty, reciprocity of interaction, αποδεχόμενοι τους περιορισμούς της ανάλυσης της TCA για (οικονομικές) πράξεις που αφορούν συναλλαγές.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι η κοινωνική δικτυακή ανάλυση διαθέτει, κατ' αρχήν, τη δυνατότητα να ενσωματώσει τις παραμέτρους και τους συσχετισμούς της TCA. Μια τέτοια μεταφορά θα υπόκειτο φυσικά σε παρόμοια με την TCA κριτική για τις θεωρητικές επιλογές της. Στοιχεία αυτής της κριτικής προς την TCA αφορά την αμφισβήτηση, μεταξύ άλλων, του είδους της αλληλεπίδρασης που θεωρεί ως κεντρικό στις σχέσεις μεταξύ των δρώντων, ή της έμφασης που δίνεται από την TCA στις ατομικές (οπορτουνιστικές) κινήσεις σε σχέση με κοινωνικά χαρακτηριστικά, τα οποία ενδεχομένως δεν προκύπτουν αποκλειστικά από σχέσεις κόστους-οφέλους (solidarity, αλτρουισμός, εμπιστοσύνη, loyalty, reciprocity).

3.6.6 Δίκτυα ως κέντρα υπολογισμού

Η Θεωρία Δικτύων-Δρώντων (ANT) προτάθηκε αρχικά στα πλαίσια των Σπουδών Επιστήμης και Τεχνολογίας, κυρίως με το έργο των Michel Callon, Bruno Latour και

[303] Granovetter, M. (1992) Problems and explanations in economic sociology. In N. Nohria and R. G. Eccles (Eds.) *Network organizations: Structure, form, action*, Cambridge (MA): Harvard University Press (1992), p.33. Αναφέρεται στο Thompson (2003), p. 69.
[304] C. Jones *et al*, "A general theory of network governance: Exchange conditions and social mechanisms", *Academy of Management review* 22(4), 911 (1997). Αναφέρεται στο R.F. Thompson (2003), p. 69.

John Law.[305] Πολύ γρήγορα επεκτάθηκε από την ανάλυση της κοινωνικής φύσης της πειραματικής επιστήμης και της τεχνολογικής γνώσης σε ζητήματα που αφορούν στη φύση χώρου, τόπου και χρόνου, στην έννοια της αναπαράστασης, στις μορφές οικονομικής ανταλλαγής, στους μηχανισμούς πολιτικής εξουσίας, σε πρακτικές διοίκησης, κλπ. Στηρίζεται σε μια δικτυακή θεώρηση του υπολογισμού (calculation) και την κεντρικότητας (centrality), αναλύοντας την κοινωνική δυναμική σε δύο άξονες:

- Στη δημιουργία συσχετισμών (associations) μεταξύ εμπλεκομένων φορέων – προσώπων ή αντικειμένων.
- Στη δυναμική επιλογή και μετατόπιση των ισχυρότερων από αυτούς τους συσχετισμούς ("obligatory points of passage") γύρω από τα υπολογιστικά κέντρα ελέγχου του δικτύου.

Ο πρώτος άξονας δυναμικής, δηλαδή η δημιουργία δικτύου συσχετισμών επιτυγχάνεται μέσω *αλληλοκαθορισμού* φυσικών και μη φυσικών προσώπων, που εμφανίζει εξαιρετική πολυπλοκότητα, όπου τυχαία γεγονότα, απρόβλεπτες καταστάσεις, αντίρροπα συμφέροντα και υπολογισμοί, προσωπικές αντιδικίες, κλπ, μπορούν να παίρνουν σχεδόν ισοβαρές μέρος. Οι συσχετιζόμενοι δρώντες έχουν υβριδικό χαρακτήρα, χωρίς οι ιδιότητες τους να τους κατατάσσουν *a priori* στην κοινωνία ή τη φύση, χωρίς να τους ξεχωρίζουν *a priori* σε βιολογικούς οργανισμούς ή τεχνήματα, χωρίς να τους τοποθετούν *a priori* στο εσωτερικό ή το εξωτερικό του δικτύου. Η διαδικασία συσχετισμού καλείται «μετάφραση» ("translation"):

> *"We define translation as a process in which sets of relationships between projects, interests, goals, and naturally occurring entities – objects which might otherwise be quite separate from one another – are proposed and brought into being."*[306]

Παραδείγματα συσχετισμών που δημιουργούνται μέσω μετάφρασης ακολουθούν:

[305] Πρέπει να σημειωθεί πως η θεωρία ANT έχει επιδείξει εξαιρετική ευελιξία και διαρκώς εξελίσσεται από τους πρωταγωνιστές της. R.F. Δες Thompson (2003), pp. 226-234.
[306] Callon (1989) p. 58-59.

- Οι σχέσεις μεταξύ δρώντων φυσικών προσώπων ή ομάδων / οργανισμών επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας ιδιότυπης ρητορικής (είτε στον γραπτό είτε στον προφορικό λόγο).[307] Αυτή προσαρμόζεται κατάλληλα με επιχειρήματα γενικής φύσεως, όπου χρησιμοποιούνται έννοιες ως black boxes (με την έννοια που τους αποδίδει η Κυβερνητική) αποδεκτές στα άτομα που προσεγγίζονται, ώστε να πεισθούν να συμμετάσχουν στο δίκτυο. Όσο τα άτομα αντιστέκονται, τότε τα επιχειρήματα όλο και περισσότερο:

  Αποκτούν τεχνικό περιεχόμενο (με άνοιγμα των «μαύρων κουτιών» και επεξεργασία των εσωτερικών τους χαρακτηριστικών έως ότου λυθούν ή αποπροσανατολισθούν οι απορίες).

  Αναφέρουν άλλους συμμετέχοντες στο δίκτυο, όπως υποστηρικτές (ερευνητές, οργανισμούς), συναφή έγκυρα κείμενα (πχ, επιστημονικές δημοσιεύσεις), επιστημονικές αναφορές στο αντικείμενο του δικτύου.

  Περιγράφονται σε επιστημονικά άρθρα, όπου ακολουθούνται πεπατημένοι κανόνες ρητορικής που εξασφαλίζει το απυρόβλητο (καθορισμός του αναγνωστικού κοινού στην εισαγωγή, πρόβλεψη αντιρρήσεων του αναγνώστη, χειρισμός γραφημάτων, κλπ).

- Οι σχέσεις με τα αντικείμενα του δικτύου καθορίζονται στην πράξη. Τα αντικείμενα αυτά είναι προϋπάρχοντα «μαύρα κουτιά» (παλμογράφοι, γονίδια, κλπ) ή φυσικές έννοιες (ηλεκτρόνια, φως, ηχητικό κύμα, οικονομική αξία, κλπ). Στο εργαστήριο, για παράδειγμα, οι επιστήμονες τα ενσωματώνουν στο δίκτυο με το να επιλέγουν και να απομονώνουν ιδιότητές τους που είναι συναφείς με τις επιδιώξεις του δικτύου. Συμμετρικά, τα μη ανθρώπινα όντα αναδεικνύουν και σταθεροποιούν ιδιότητες και συμπεριφορές των ανθρώπων που είναι χρήσιμες στο δίκτυο. Τέλος, τα εργαστήρια (δηλαδή οι συγκεκριμένοι χώροι με τους ανθρώπους και τους μη-ανθρώπους τους) αντιστέκονται ή ξεκαθαρίζουν τις αντιθέσεις τους με άλλα εργαστήρια που χρησιμοποιούν με διαφορετικό τρόπο τα δημιουργούμενα υβρίδια (ανθρώπους ή τεχνήματα). Οι μέθοδοι με τους

[307] Latour (1987), chapter 1.

οποίους επιδιώκεται και επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο αποτελεί καθημερινή πρακτική στην επιστημονική έρευνα (αλλά και αντίστοιχα στη χάραξη πολιτικών στρατηγικών, σε πράξεις εταιρικής διοίκησης, κλπ).

Τώρα ερχόμαστε στον δεύτερο παράγοντα που αφορά τη δικτυακή θεώρηση της ANT, δηλαδή, την δυναμική των σχέσεων που δημιουργούνται. Για να επιβιώσει το δίκτυο πρέπει να κρατήσει τα συσχετιζόμενα πρόσωπα και αντικείμενα συστρατευμένα γύρω από κάποιο «κέντρο υπολογισμού», με κοινό στόχο την κατασκευή υβριδίου που θεωρείται από όλους "obligatory point of passage". Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

- *Την κατασκευή τεχνολογικών αντικειμένων.*[308] Αυτό είναι ένα υβρίδιο που μπορεί να αποτελέσει κοινό στόχο συστράτευσης των συνδιαλεγόμενων (δρώντων) μερών. Η μορφή του αντικειμένου μπορεί ευέλικτα να μεταβάλλεται και να προσαρμόζεται για να προλαβαίνει αποστασίες. Σπάνια ένα προϊόν δεν αλλάζει μορφή στην πορεία από την αρχική του σύλληψη ως την τελική του επικράτηση.

- *Την δημιουργία επαγγελματιών νέων επιστημονικών κλάδων.*[309] Εδώ το υβρίδιο δεν είναι τέχνημα, αλλά ένα πλαίσιο συγκέντρωσης δρώντων φυσικών και μη φυσικών προσώπων (πολιτικό λόμπυ, σύμβουλοι, επαγγελματικά επιμελητήρια), των οποίων η συνύπαρξη διευκολύνει τη σταθερότητα του δικτύου.

Οι δυο αυτές τεχνικές δεν αποτελούν προκαθορισμένο αυτοσκοπό του δικτύου. Η θεωρία προτείνει όμως ότι τέτοιες τακτικές υπάρχουν παντού, *γιατί όλα είναι δίκτυα.*[310] Δρώντα πρόσωπα και αντικείμενα διαρκώς οργανώνουν και δημιουργούν νέες κοινωνικές συνθήκες και ανάγκες, ταυτόχρονα με τις νέες επιστημονικές / τεχνολογικές κατακτήσεις.[311] Το δίκτυο είναι αυτό που καθορίζει τι είναι κοινωνικά απαραίτητο και τι επιστημονικά αληθινό. Αυτή είναι η ειδοποιός διαφορά της

[308] Latour (1987), κεφάλαιο 3.
[309] Latour (1987), κεφάλαιο 4.
[310] Υπό αυτή την έννοια, η ίδια η θεωρία δικτύου, όπως και κάθε θεωρία ή τέχνημα, είναι επίσης δίκτυο δρώντων. Η θεωρία δικτύου αντιμετωπίζει τον εαυτό της με τα ίδια νοητικά εργαλεία όπως και εκείνα που χρησιμοποιεί για να περιγράψει τον υπόλοιπο κόσμο. Είναι το ίδιο σταθεροποιημένη όσο σταθεροποιημένο μπορεί να θεωρηθεί ένα οποιοδήποτε τέχνημα. Εκφράζει μια μορφή αλήθειας όχι ποιοτικά διαφορετική από εκείνην που συμπυκνώνεται σε ένα υβρίδιο.
[311] Latour (1987), κεφάλαιο 5.

θεωρίας δικτύου δρώντων από την κοινωνική κατασκευασιοκρατία και τη θεωρία των μεγάλων τεχνολογικών συστημάτων, οι οποίες παραδέχονται το αντίστροφο, τουλάχιστον για την περίοδο της εφεύρεσης και διαμόρφωσης του προϊόντος. Ο Latour αμφισβητεί δριμύτατα την ισχύ θεωριών αυτών των ΣΕΤ. Κάνοντας ένα βήμα πέρα από την μοντερνικότητα, προτείνει ότι στα τεχνολογικά δίκτυα είναι αδύνατον να ξεχωρίσει κανείς τι είναι φύση, πολιτική ή λόγος. Καμία από τις μελέτες δεν μπορεί να αξιοποιήσει ό,τι λένε ξεχωριστά οι κοινωνιολόγοι, ψυχολόγοι ή οικονομολόγοι για το κοινωνικό πλαίσιο ή για το υποκείμενο. Το τέχνημα είναι υβρίδιο, προϊόν μιας συλλογικότητας ανθρώπινων και μη ανθρώπινων όντων, δεν μπορεί να είναι αντικείμενο μελέτης σκληρών επιστημών. Και τέλος, δεν μπορεί να θεωρηθεί ούτε γλωσσικό παιχνίδι. Η γλώσσα είναι ένα διαφανές διάμεσο που μεσολαβεί ανάμεσα σε ανθρώπινο υποκείμενο και φυσικό κόσμο (συμπεριλαμβανομένων και άλλων ανθρώπων). Δεν διαμορφώνει περιεχόμενο ούτε συμπυκνώνει κανόνες ανεξάρτητους από τη φύση ή την κοινωνία, απλά είναι ένας από τους τρόπους που χρησιμοποιείται για να «ελεγχθούν-από-απόσταση» τμήματα του δικτύου από τα υπολογιστικά κέντρα.[312] Με αυτή του την ιδιότητα, το δίκτυο δεν μπορεί να ισχυρισθεί ότι ο κόσμος λειτουργεί ανεξάρτητα από τον ομιλητή, το πραγματολογικό ή το κοινωνικό πλαίσιο. Ο κόσμος *είναι υπαρκτός* όταν μιλάμε για μια τεχνολογία που μπορεί να μας καταστρέψει όλους, αλλά είναι ο ίδιος με αυτόν που περιέχεται μέσα στα σημειωματάρια του Edison ή τη βιομηχανική στρατηγική της Siemens. Ο κόσμος δεν είναι μια απλή αναπαράσταση, αλλά τα επιστημονικά κείμενα και η σημειολογία τους είναι απόλυτα απαραίτητα ώστε ο ίδιος κόσμος να πάρει μια μορφή και να υπάρξει.

[312] Latour (1987), κεφάλαιο 6.

Σχήμα 13: *Σύμφωνα με την ΑΝΤ, τα δίκτυα που μπορούν να μελετηθούν είναι εκείνα, στα οποία μπορεί η διαδικασία της μετάφρασης να καθορίσει τα κέντρα υπολογισμού και το περιβάλλον γύρω από αυτά, για λήψη αποφάσεων οργάνωσης και διοίκησης.(Από το Thompson, 2003).*

Κατά τον Latour, το δίκτυο δρώντων δεν μπορεί να αποτυπωθεί σε ένα γράφημα (όπως στη θεωρία γραφημάτων του Gauss ή τη δικτυακή θεώρηση της κοινωνικής φυσικής). Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη ενός τεχνολογικού δικτύου θα ήταν μια ανέλπιδη προσπάθεια αν η ανθρωπολογία δεν ήταν συνηθισμένη να αντιμετωπίζει τέτοια ακριβώς προβλήματα. Σε μία μόνη μονογραφία μπορεί να συνδυάσει θαυμάσια μύθους, επιστήμες, γενεαλογίες, πολιτικές μορφές, προσωπικές ιστορίες, ρητορική, αφηγήσεις. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο ανθρωπολόγος ερευνητής να απαρνηθεί το βασικό στοιχείο του μοντερνισμού, τη αυτονομία υποκειμένου –φύσης –λόγου. Και επί πλέον, να είναι παρών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σταθεροποίησης ενός τεχνολογικού αντικειμένου. Όπως ο εθνολόγος μελετητής που μελετά επί τόπου άγριες φυλές, έτσι και ο ερευνητής της τεχνολογίας πρέπει να απαρνηθεί τον μοντερνισμό του και να βρεθεί στο πεδίο έρευνας (στα επιστημονικά εργαστήρια και στις αίθουσες πολιτικής διαπραγμάτευσης) την ίδια χρονική στιγμή που τα δίκτυα πλάθονται και σταθεροποιούνται.

Η θεωρία δικτύου δρώντων παραμερίζει κάθε μακροσκοπική παράμετρο και αγνοεί την σημασία της στρατηγικής προς χάριν της τακτικής. Καμιά νομοτέλεια, κανένα συλλογικό πλαίσιο αναφοράς δεν υποδεικνύει στρατηγικές κινήσεις. Ούτε το σύνορο στρατηγικής/ τακτικής μπορεί να προβληθεί στη διχοτομία εφεύρεσης/ διάχυσης του τεχνήματος, όπως πρότεινε ο Hughes. “Ο καλύτερος παίκτης του Scrabble δεν είναι εκείνος που ξέρει τις λέξεις εκ των προτέρων, αλλά όποιος προσαρμόζεται εύκολα στις ευκαιρίες που προσφέρονται”, αναφέρει ο Latour.[313] Και επιμένει ότι το περιεχόμενο είναι *αποτέλεσμα* της διαδικασίας κινήσεων τακτικής, που απλά εκμεταλλεύονται περιστασιακές ευκαιρίες για να σταθεροποιηθεί το δίκτυο. Η τακτική, ισχυρίζεται ο Latour, προηγείται της στρατηγικής με την εξής έννοια: Η στρατηγική αποκτά πρόσωπο μόνο στις αναλύσεις που γίνονται κατόπιν εορτής, από μελετητές που δεν παρατηρούν τις διεργασίες *εν τω γενάσθαι*, αλλά εξετάζουν και αναδιοργανώνουν τα γεγονότα πολύ αργότερα. Φυσικά, ο παραμερισμός της στρατηγικής υπαγορεύεται και από έναν άλλο λόγο: Η θεωρία προτείνει τη συμμετρία φυσικών προσώπων και αντικειμένων. Όμως, τα αντικείμενα μπορούν μεν να τοποθετηθούν κατάλληλα στο δίκτυο ώστε να διευκολύνουν ή να καθορίσουν

[313] Flichy (1995), σελ. 132. [Scrabble = επιτραπέζιο παιχνίδι εύρεσης και κατάταξης λέξεων σε διάταξη σταυρόλεξου.]

διαδικασίες και σχέσεις μεταξύ δρώντων, στερούνται όμως κάθε δυνατότητας στρατηγικού σχεδιασμού κινήσεων. Στο όνομα της συμμετρίας, το ίδιο πρέπει να απαιτηθεί και από τα φυσικά πρόσωπα. Η θεωρία δικτύου προσφέρει εδώ την πιο ριζοσπαστική πρόταση στις ΣΕΤ: Φυσικά και μη φυσικά πρόσωπα εμφανίζουν ουσιωδώς την ίδια προθεσιακότητα – απολύτως καμία.

3.7 Ο χαρακτήρας της αλληλεπίδρασης στα κοινωνικά δίκτυα

Ας ανακεφαλαιώσουμε. Η μεθοδολογία των συστημάτων και των δικτύων θεωρεί ότι τα υποσυστήματα (ή, αντίστοιχα, οι δικτυακοί κόμβοι) αλληλεπιδρούν και αυτορυθμίζονται. Τα ίδια τα υποσυστήματα ή οι δικτυακοί κόμβοι θεωρούνται «μαύρα κουτιά» χωρίς εσωτερικές καταστάσεις και προθεσιακότητα, διατηρώντας σταθερή και επαναλήψιμη συμπεριφορά όταν αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον ή γειτονικές μονάδες/ κόμβους. Φυσικά, στα πλαίσια της εξέλιξης του συστήματος δεν αποκλείεται το «άνοιγμα» των μαύρων κουτιών, ο διαχωρισμός και η μεταβολή επιμέρους συστατικών τους, και η μετέπειτα διαφορετική διασύνδεσή τους (ή συστατικών μερών τους) με το περιβάλλον. Πολλές φορές αυτή η διαδικασία περιπλέκει την περιγραφή σε βαθμό που μπορεί να χαθεί κάθε δυνατότητα γραφικής αναπαράστασης της κατάστασης ή της δυναμικής του συστήματος (ή δικτύου). Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στην ΑΝΤ, όπου η σημειωτική προσέγγιση δρώντων και αλληλεπιδράσεων καθιστά ανέφικτη (αλλά και απευκταία) κάθε γραφική αναπαράσταση.

Παρακάτω εστιάζουμε σε αναλύσεις δικτύων. Το άνοιγμα, η μετεξέλιξη, η δημιουργία και η επανα-διασύνδεση μαύρων κουτιών μέσω της διαδικασίας της αυτορρύθμισης περιγράφονται πολύ διαφορετικά σε οργανωτικά δίκτυα που εξετάζουν οι κοινωνιολογικές, οι οικονομικές και οι φυσικές επιστήμες. Η επίκληση *στη διάδοση* μόνον της πληροφορίας δεν είναι επαρκής στα δίκτυα, καθώς απαιτείται από τη θεωρία μια μεθοδολογία σχηματοποίησης της ταυτότητας των δρώντων. Πιο συγκεκριμένα, κάθε οργανωτική δομή προϋποθέτει ένα σύνολο κανόνων και περιορισμών των δρώντων, που διευκολύνουν την ανάπτυξη και τη διατήρηση της δομής αυτής απέναντι σε αποσταθεροποιητικές συμπεριφορές. Αυτές μπορεί να

προκύπτουν από άνοιγμα μαύρων κουτιών ή να ξεκινούν από εξωτερικά ερεθίσματα. Και οι δύο περιπτώσεις συμπεριφοράς αφορούν ενσωμάτωση στο δίκτυο στοιχείων που, λειτουργικά, προέρχονται αρχικά έξω από αυτό. Με την επανάληψη, οι συμπεριφορές κωδικοποιούνται και εγγράφονται στο δίκτυο (ως επιθυμητές ή ως ανεπιθύμητες). Αφομοιώνονται ως γνώση. Ενώ η πληροφορία είναι δομημένα στοιχεία που μεταδίδονται μεταξύ δικτυακών κόμβων και επομένως είναι πεπερασμένη, η γνώση συσσωρεύεται διαρκώς, ενσωματωμένη ως χαρακτηριστικό της ταυτότητας των δρώντων.

3.7.1 Αλληλεπίδραση βάσει υπολογισμού – πληροφορία, εμπιστοσύνη, δώρο

Η κοινωνική αλληλεπίδραση χαρακτηρίζεται από πληροφορία που μεταδίδεται μεταξύ κόμβων, με τρόπο που εξαρτάται από το θεωρητικό υπόβαθρο με το οποίο αναλύεται. Η TCA και η ANT θεωρούν ότι η πληροφορία *ανταλλάσσεται με βάση ωφελιμιστικούς υπολογισμούς*. Αυτό επισημαίνεται στο παρόν υποκεφάλαιο. Στο επόμενο θα δειχθεί ότι υπάρχουν και διαφορετικές εναλλακτικές προσεγγίσεις, που αφορούν στην κοινωνική αλληλεπίδραση ως προσφορά (και όχι ως ανταλλαγή), και οι οποίες είναι συμβατές μόνο με την Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση.

Στην TCA, οι αλληλεπιδράσεις δημιουργίας και διατήρησης δικτύων οργάνωσης χαρακτηρίζονται από υπολογισμούς εμπιστοσύνης (“calculative trust”). Αντίστοιχα, στην ANT, οι αλληλεπιδράσεις χαρακτηρίζονται ως αμοιβαία ανταλλαγή πληροφορίας-δώρου (reciprocal gift) με στόχο τον έλεγχο. Παρά τις φαινομενικές διαφορές τους, το είδος των δικτυακών αλληλεπιδράσεων στις θεωρίες αυτές μοιράζονται σημαντικά κοινά στοιχεία, κυρίως δε το ότι αφορούν *αλληλεπιδράσεις αμοιβαίας ανταλλαγής*. Πιο συγκεκριμένα:

Η συμβατική χρήση της έννοιας της εμπιστοσύνης στην TCA σχετίζεται τις έννοιες του υπολογισμού και της ανταλλαγής, ως εξής: 1) Η εμπιστοσύνη εμφανίζεται για να περιορίσει το κόστος συναλλαγών. Βασίζεται στον υποκειμενικό υπολογισμό της ατομικής ωφέλειας που θα προέκυπτε από τη σύσταση και διατήρηση μιας σχέσης

μεταξύ δρώντων. 2) Η εμπιστοσύνη είναι μια αντίδραση για να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα και οι κίνδυνοι στις οικονομικές συναλλαγές. Αυτό που υπολογίζεται ένας δρων κάτω από τον όρο «εμπιστοσύνη», σύμφωνα με τον Jones, είναι η πιθανότητα που έχει να ελέγξει έμμεσα τις ενέργειες κάποιου άλλου, με τον οποίον θα συναλλάσσεται. Αντίστοιχο παρόμοιο υπολογισμό κάνει ταυτόχρονα και ο συναλλασσόμενος. Μια παραλλαγή του τρόπου υπολογισμού προτείνει ο Williamson, σύμφωνα με τον οποίο η εμπιστοσύνη δεν είναι στοχαστικό μέγεθος, είναι πλήρως υπολογίσιμη. Αν σε κάτι υπολείπεται ένας τέτοιος υπολογισμός είναι μόνο ένας όρος που μπορεί να προστεθεί στο τέλος, και αφορά κάποιες προσωπικές ιδιοτέλειες και προσωπικά πάθη που χαρακτηρίζουν πολύ ειδικές σχέσεις του ατόμου – οικογενειακές, φιλικές ή ερωτικές. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η εμπιστοσύνη συσχετίζεται με υπολογισμό για το ενδεχόμενο ελέγχου του άλλου μέρους, που εκτελείται στο πλαίσιο μιας αμοιβαίας συναλλαγής μεταξύ δύο δρώντων.

Στην ANT, ο αμοιβαίος έλεγχος των συναλλασσόμενων δρώντων εκφράζεται με ανταλλαγή κάποιου τεχνήματος, το οποίο μπορεί να χαρακτηρισθεί γενικά ως «δώρο». Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που φέρνει ο Latour είναι η εξερεύνηση και η εξασφάλιση ελέγχου σε ένα ως τότε άγνωστο νησί. Ο βασιλιάς της μητρόπολης χώρας διαθέτει και εξοπλίζει πλοία για το σκοπό αυτό, προσφέροντας με αυτό τον τρόπο ένα «δώρο». Η σχέση με το νησί θα επισφραγισθεί μόνον εάν αυτό επιτρέψει στους εξερευνητές τη χαρτογράφησή του, προσφέροντας έτσι τον χάρτη στο βασιλιά ως «δώρο» που επισημαίνει την επιτυχή αλληλεπίδραση. Η «δράση από απόσταση» (“action at a distance”) στην ANT προϋποθέτει την αμοιβαία ανταπόκριση με δώρο, η οποία καθορίζει το σύνορο, πέρα από το οποίο το δίκτυο-δρώντων αποτυγχάνει να ελέγξει τον χώρο. Η ανταπόκριση αυτή δεν γίνεται αυθόρμητα, αλλά μετά από υπολογισμούς κόστους/οφέλους εκ μέρους όλων των δρώντων που μεσολαβούν για την καθιέρωση μιας σχέσης στο δίκτυο. Σύμφωνα λοιπόν με τον Callon, ο διαχωρισμός μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου αντικατοπτρίζει τη σχέση της δυνατότητας υπολογισμού του δώρου. Αυτό που χαρακτηρίζει τον εσωτερικό χώρο είναι η αμοιβαιότητα στην ανταλλαγή δώρου, ενώ αυτό που αφορά τον εξωτερικό χώρο συνεπάγεται μη ανταπόδοση ή ασυμμετρία (στη βάση κάποιου υπολογισμού) στην ανταλλαγή του δώρου.

Συμπερασματικά, στην ANT όπως και στην TCA, ο εσωτερικός χώρος αφορά συναλλαγές με αμοιβαιότητα και συμμετρία βάσει υπολογισμού. Ο εξωτερικός χώρος παρουσιάζει έλλειψη αμοιβαιότητας ή/και μη δυνατότητα υπολογισμού κόστους/οφέλους. Ένας κοινωνικός φυσικός θα μπορούσε να διατυπώσει την κριτική ότι η άποψη αυτή αφορά κυρίως καταστάσεις δυναμικής ισορροπίας. Ό,τι δεν υπολογίζεται, φαίνεται να παραμένει για πάντα στον εξωτερικό χώρο. Αντίθετα όμως, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν καταστάσεις όπου το εσωτερικό διαθέτει κάποιο μεθοδολογικό εργαλείο για να επεκταθεί πέρα από τα σύνορά του.

Σε αυτή την κατεύθυνση εξετάζεται παρακάτω αν η αλληλεπίδραση δρώντων στα δίκτυα οργάνωσης θα μπορούσε να διαχωριστεί από υπολογισμούς κόστους/οφέλους. Επίσης διερευνάται αν αυτός ο τύπος αλληλεπίδρασης μπορεί να γίνει η βάση για να ξεχωρίσει μεθοδολογικά ένα δίκτυο οργάνωσης από τις δύο άλλες οργανωτικές δομές – τις αγορές και τις ιεραρχίες.

3.7.2 Δικτυακή αλληλεπίδραση – δώρο που προσφέρεται, δώρο που ανταλλάσσεται

Επανεξετάζουμε αρχικά τη δυνατότητα υπολογισμού του δώρου και της εμπιστοσύνης.

Έχει παρατηρηθεί ευρύτατα ότι τα δώρα που οι άνθρωποι προσφέρουν είναι οικονομικά μη ανταποδοτικά (inefficient). Το άτομο που τα δέχεται δεν εκτιμά την αξία τους, σε σχέση με το όσο κόστισαν σε αυτόν που τα προσφέρει. Υπό αυτή την έννοια, το δώρο *καταστρέφει* πλούτο. Κι όμως, οι άνθρωποι εξακολουθούν να επαναλαμβάνουν αυτό το «λάθος» εθελοντικά και στο διηνεκές. Προφανώς, βασίζονται σε κάποια άλλα χαρακτηριστικά της απόδοσης και αποδοχής του δώρου, τα οποία έχουν διερευνηθεί κατά καιρούς στη βιβλιογραφία:

- Ο Marcel Mauss[314] αναφέρει ότι δεν είναι μόνον πλούτος που καταστρέφεται με την απόδοση του δώρου. Ο δωρητής προσπαθεί επίσης

[314] Mauss, M. (1903 με επανέκδοση 1990). *The Gift*. Από ρο Thompson (2003), p. 94.

να καταστρέψει και οποιαδήποτε ένδειξη ότι το δώρο του προσφέρεται ως ανταπόδοση για προηγούμενο δώρο. Ταυτόχρονα, προσπαθεί να καταστρέψει οποιαδήποτε ένδειξη ότι επιθυμεί κάποια μελλοντική ανταπόδοση στο δικό του δώρο. Παρά την αναμφισβήτητη διαρκή ανταλλαγή δώρων, οι άνθρωποι δεν υποκινούνται και δεν αποσκοπούν σχεδόν ποτέ στην ανταπόδοση.

- Κατά την εκπλήρωση μιας συμφωνίας μεταξύ δύο συναλλασσόμενων, δεν είναι ασυνήθιστο ο ενεργών να κάνει «κάτι παραπάνω» από ό,τι περιγράφεται στο συμφωνητικό (Akerlof 1982). Σε αυτή την περίπτωση η συναλλαγή δεν μπορεί να θεωρηθεί ως απλή ανταλλαγή δώρου μετά από υπολογισμό των συναλλασσομένων. Το δώρο έγκειται στην περίσσεια της προσφοράς, η οποία προκύπτει πέρα από υποχρεώσεις και υπολογισμούς.

- Υπάρχει κάτι που δεν ανταλλάσσεται με δώρο. Είναι όταν αυτό που προσφέρεται ως εκδήλωση της *φυσικής παρουσίας* του προσφέροντος. Προσφέρεται ως υπενθύμιση ότι το άτομο εξακολουθεί να παρίσταται κοντά στον αποδέκτη, συχνά υπονοώντας ή αναδεικνύοντας κάποιο ατομικό χαρακτηριστικό, με το οποίο προσβλέπει να χαρακτηρίζεται η αλληλεπίδραση διαχρονικά. Υπό αυτή την έννοια, το δώρο είναι ένα στοιχείο της ατομικής ταυτότητας του δωρητή.

- Το τέλειο δώρο είναι αδύνατον να υπάρξει (Derrida 1992). Διότι είναι αδύνατον να μην δημιουργήσει το αίσθημα της ανάγκης για ανταπόδοση, είναι αδύνατον να συγκαλυφθεί τόσο αποτελεσματικά σε σημείο που να μην θεωρηθεί δώρο. Εξετάζοντας την ακραία περίπτωση που ο άνθρωπος αρνείται την ανταπόδοση με το να προσφέρει την ίδια του τη ζωή για κάποιο σκοπό, φαίνεται ότι το δώρο εμπεριέχει ταυτόχρονα το στοιχείο της καταστροφής (που τονίστηκε παραπάνω) αλλά και το στοιχείο της πίστης (Derrida 1995). Είναι μαζί καταστροφικό και συμβολικό. Η συμβολική του δε διάσταση δημιουργεί *κοινωνικό δεσμό*, ακόμα και στην ακραία περίπτωση που κάποιος προσφέρει τη ζωή του, αποχωρώντας οριστικά από το κοινωνικό σύνολο.

Ένα δώρο μπορεί επομένως να χαρακτηρίζεται από απουσία υπολογισμού, από περίσσεια προσφοράς πλέον οποιασδήποτε οφειλής, αποτελώντας στοιχείο ατομικής ταυτότητας, ταυτόχρονα καταστροφικό και συμβολικό. Υπό αυτή την έννοια, η προσφορά δώρου μπορεί να οδηγήσει σε μια νέα διατύπωση της αλληλεπίδρασης στα κοινωνικά δίκτυα (Thompson 2003). Σημειώνεται ότι η έννοια αυτή είναι ασύμβατη αλλά πλήρως συμπληρωματική με τον τρόπο που προσδιορίζεται η εμπιστοσύνη (trust) στην TCA. Συγκεκριμένα, αν η εμπιστοσύνη της TCA περιγράφει με ακρίβεια τις οργανωτικές δομές της ιεραρχίας και της αγοράς, ένα άλλο είδος «εμπιστοσύνης», ως εγγενές δώρο, μπορεί να χαρακτηρίσει τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στην οργανωτική δομή του δικτύου.[315] Επίσης, στα δίκτυα δρώντων της ANT, είναι αυτή ακριβώς η προσφορά εγγενών δώρων που, αντίθετα από την «αλληλεπίδραση από απόσταση» των Latour και Callon, μπορεί να προωθήσει τα σύνορα του δικτύου ελέγχοντας και κατακτώντας δρώντες στον εξωτερικό χώρο. Η έννοια του ελέγχου δεν είναι σύμφυτη αποκλειστικά με την έννοια της ανταποδοτικότητας. Ο κοινωνικός δικτυακός δεσμός μπορεί να προκύψει και χωρίς την ανάγκη υπολογισμού κόστους-οφέλους, χωρίς την έννοια της ανταπόδοσης του δώρου.

3.8 Το ζήτημα του χρόνου στα δίκτυα – διάρκεια, συχνότητα, όριο

Διερευνούμε εδώ τις δυνατότητες που ανοίγονται από τη θεώρηση ότι οι αλληλεπιδράσεις στα δίκτυα οργάνωσης χαρακτηρίζονται από ένα είδος «εμπιστοσύνης» μεταξύ των δικτυακών κόμβων, το οποίο αφορά έναν ποιοτικό κοινωνικό μηχανισμό προσφοράς, ξένο από ποσοτικούς υπολογισμούς ωφελιμιστικής ανταλλαγής.

Η πρώτη παρατήρηση είναι ότι υπονομεύεται η έννοια της κατάστασης ισορροπίας στο δίκτυο. Στην οικονομία, για παράδειγμα, δεδομένου ότι η προσφορά δώρου καταστρέφει πλούτο δίχως υπολογίσιμη παραγωγή οφέλους, είναι πρακτικά δύσκολο να αξιολογηθούν οι δικτυακές σχέσεις και να εισαχθούν κατάλληλα σε λογιστικά βιβλία διπλής εγγραφής (double entry books). Στην ορολογία της κοινωνικής

[315] Στη βιβλιογραφία έχουν παρατεθεί πολλές προσπάθειες για επανα-ορισμό της έννοιας της «εμπιστοσύνης», που ξεφεύγει από τον στενά ωφελιμιστικό ορισμό της TCA. See Thopson (2003) p. 97-98, Giddens 1990.

φυσικής, η προσφορά δώρου είναι ευκολότερο να αναλυθεί, ως κόστος διατήρησης της δικτυακής αλληλεπίδρασης. Ακόμα και στην περίπτωση που το κόστος αυτό δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί, είναι γνωστό με ασφάλεια το πρόσημό του – ότι αντιστοιχεί δηλαδή σε απώλεια έργου (αύξηση της εντροπίας, μείωση της πληροφορίας). Σύμφωνα με την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου, το πρόσημο δεν υποδεικνύει μόνον ότι το δίκτυο βρίσκεται εκτός θερμοδυναμικής ισορροπίας, αλλά και ότι οι καταστάσεις του δικτύου είναι μη αντιστρέψιμες – ή, ισοδύναμα, ότι *ο χρόνος για τις διαδικασίες του δικτύου έχει κατεύθυνση*.

Το δεύτερο σημείο που επισημαίνεται αφορά το συμβολικό χαρακτήρα της προσφορά του δώρου. Σύμφωνα με τον Mauss, το κόστος καθ' εαυτό της ενέργειας είναι ίσως μικρό ή και αμελητέο. Υποκρύπτει όμως μια ποσοτικά ακαθόριστη παράμετρο που, όπως αναφέραμε, έχει σχέση με τον έλεγχο και την αλληλεξάρτηση των κόμβων. Αυτό που προσφέρεται είναι μεταμφιεσμένο – ως οικονομική πράξη δεν αφορά τόσο χρήματα όσο συμβολικά/πλαστά χρήματα (sign money). Στην ορολογία της κοινωνικής φυσικής, όπως θα φανεί παρακάτω, προτείνουμε ότι η προσφορά δώρου αντιστοιχεί σε μη μετρήσιμους πόρους (intangible assets).[316] Πιο συγκεκριμένα, θα χρησιμοποιηθούν εργαλεία Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης για να διερευνηθεί το είδος της αλληλεπίδρασης που χαρακτηρίζεται από *αφιέρωση προσωπικού χρόνου* από τον δωρητή.

Ένα τρίτο σημείο που ανοίγει νέες δυνατότητες ανάλυσης πηγάζουν από το ότι ένα δώρο δεν προσφέρεται *αποσκοπώντας* ανταπόδοση. Αυτό αναδεικνύει την προσπάθεια του δωρητή να επισημάνει ένα προσωπικό του χαρακτηριστικό, κάτι που θα έχει αντίκτυπο υπενθυμίζοντας την παρουσία του. (Αν αυτό οδηγούσε σε μια μακροχρόνια σχέση, τόσο το καλύτερο για αυτόν.) Το δώρο του δεν αντιστοιχεί σε ακριβείς υπολογισμούς, που θα στόχευαν ωφελιμιστικά σε ετεροχρονισμό δράσης ή αλληλεπίδρασης, και χρονικές καθυστερήσεις.[317] Αν κάτι σημαίνει για το μέλλον ένα

[316] Αντιπροσωπεύουν μη ποσοτικές «αξίες». Στην αγορά, για παράδειγμα μια εταιρεία διαθέτει tangible assets (υποδομές, εξοπλισμό, κεφαλαιακή βάση, κλπ), αλλά και intangible assets (εξειδικευμένο προσωπικό, προσαρμοσμένες διαδικασίες διοίκησης, εργασιακή ειρήνη, πελατειακή βάση, κλπ). Στην σύγχρονη οικονομία που βασίζεται στις επικοινωνίες, τα intangible assets γίνονται όλο και πιο σημαντικά, παρότι δεν μπορούν εύκολα να αξιολογηθούν.

[317] Στα πλαίσια της ιεραρχίας ή της οργανωτικής δομής της αγοράς, ο ετεροχρονισμός μιας ενέργειας αντιστοιχεί σε εξασφάλιση συγκεκριμένου, υπολογισμένου οφέλους. Για παράδειγμα, η διαρκής αναβολή ανάθεσης ενός έργου μπορεί να αποσκοπεί σε μεταβολή της οικονομικής συμφωνίας ή απλούστευση των συνθηκών παραλαβής του έργου, προς όφελος του συναλλασσόμενου μέρους που

μη υπολογισμένο δώρο είναι ότι, δυνητικά, ανοίγει χρονικά παράθυρα συνεργασίας. Σύμφωνα με τον Derrida, αντί για υποχρέωση δημιουργεί καλή διάθεση (goodwill). Αντίστοιχα, σύμφωνα με τον Bourdieu (1977, p.6), το παράθυρο στο χωρόχρονο για δυνητική συνεργασία δεν είναι άλλο από ένα πλαίσιο στρατηγικής. Η στρατηγική στηρίζεται στη μνήμη και διασυνδέει το παρόν με το μέλλον.

Η υποτίμηση της στρατηγικής από τον Latour έναντι της τακτικής δεν προκαλεί έκπληξη. Στην ANT, το δώρο είναι υπολογιστικό και ανταποδοτικό. Η στρατηγική προκύπτει από μη ακριβείς υπολογισμούς. Στην ANT, τα αντικείμενα υπολογίζουν όπως και οι άνθρωποι, και ως εκ τούτου καταλαμβάνουν ισοδύναμες θέσεις στο δίκτυο. Στην περίπτωση του μη ανταποδοτικού δώρου, αυτή η συμμετρία ίσως δεν μπορεί να υφίσταται. (Το σημείο αυτό απαιτεί εκτενέστερη διερεύνηση.) Στην ANT, ο χρόνος δεν μπορεί παρά να υπεισέρχεται και αυτός σε υπολογισμούς (όπως άλλωστε και στην TCA, που επιμένει στην ανταποδοτικότητα του δώρου). Αντίθετα, στις περιπτώσεις που το δώρο είναι μη ανταποδοτικό, η στρατηγική που προκύπτει διατηρεί ένα πλαίσιο σχεδιασμού δυνητικών πράξεων *για απροσδιόριστο χρονικό διάστημα*.

Στρατηγική σημαίνει αλληλεπίδραση, διαπραγμάτευση. Αυτά τα χαρακτηριστικά δεν έχουν τον ίδιο χαρακτήρα σε ιεραρχικές οργανωτικές δομές, όπου τα πάντα αυτοματοποιούνται καθοριζόμενα από κανόνες. Ούτε έχουν τον ίδιο χαρακτήρα στην οργανωτική δομή της αγοράς, που λειτουργεί σε συνθήκες ντετερμινιστικού ορθολογισμού. Το νόημα που παίρνουν στα κοινωνικά δίκτυα όμως είναι ιδιαίτερο. Έχει για παράδειγμα δειχθεί ότι η παχυσαρκία διαδίδεται σε δίκτυα φίλων. Γιατί κάποιος να πεισθεί από γνωστό του να παχύνει; Τι ρόλο παίζουν οι φίλοι που οδηγεί κάποιον στην αγορά μιας Porsche; Τι συμφέρον έχει να αγοράσει κινητό τηλέφωνο; Γιατί νιώθει κάποιος ευτυχισμένος όταν κινείται σε περιβάλλον χαρούμενων ανθρώπων; Η Κοινωνική Δικτυακή Ανάλυση, που μπορεί να ενσωματώσει τη μη ανταποδοτικότητα του δώρου στις δικτυακές αλληλεπιδράσεις, προτείνει απαντήσεις σε παρόμοια ερωτήματα.[318]

αντιμετωπίζει τους μικρότερους χρονικούς περιορισμούς. Η πρακτική είναι συνήθης σε δημόσια έργα στην Ελλάδα και αλλού.

[318] Christakis (2010).

Στρατηγική σημαίνει επίσης αλληλορύθμιση. Με την έννοια που καθιερώθηκε από την Κυβερνητική, η αλληλορύθμιση απαιτεί επαναλαμβανόμενες επαφές και συνεννοήσεις. Μέσα στο χρονικό πλαίσιο όπου σχεδιάζονται κοινές πράξεις, οι συνεργάτες δεν παύουν να επικοινωνούν. Γιατί όμως επιμένουν σε αυτή τη διαδικασία που καταναλώνει ενέργεια (πχ, πλούτο), για χάρη ενός πιθανού μελλοντικού αποτελέσματος;[319] Ο Weiner το χαρακτήρισε «το παράδοξο του να διατηρείς με το να προσφέρεις». Είναι αυτό που *δεν προσφέρεται με το δώρο* το κίνητρο που προξενεί την επανάληψη. Κάποια πράγματα δεν δίδονται εύκολα ή δεν προσφέρονται καθόλου (αποτελούν ταμπού). Οι άνθρωποι επανέρχονται ελπίζοντας ότι την επόμενη φορά θα πάρουν αυτό που κατά βάθος επιζητούν. Αν όλα προσφέρονταν με το δώρο, ή αν το δώρο ήταν πλήρως ανταποδοτικό, δεν θα υπήρχε καμία ανάγκη να επαναληφθεί η επαφή που διατηρεί την αλληλεπίδραση στο πλαίσιο της σιωπηλής προσμονής.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι στο δίκτυο, η οργάνωση και η διοίκηση δεν περιορίζονται σε παρακολούθηση και απόδοση ευθυνών, όπως συμβαίνει στις ιεραρχίες. Δεν είναι επίσης ένα απλό κέντρο υπολογισμού, όπως συμβαίνει με τις αγορές. Εκφράζει στρατηγικές ταυτόχρονα με τη δράση σε επίπεδο τακτικής, χρησιμοποιεί διαδικασίες μη αντιστρεπτές, προϋποθέτει συχνές επαφές. Ο χρόνος έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση, όπου αποφάσεις του παρόντος επηρεάζουν το μέλλον. Ως ρυθμός, ο χρόνος εκφράζει κύκλους και πλαίσια επικοινωνίας, επαναλαμβανόμενες κοινωνικές επαφές. Ως διάρκεια, ο χρόνος δεν χειραγωγείται με βάση αποκλειστικά ορθολογικούς υπολογισμούς – είναι στοιχείο που ενισχύει ή αποσυνθέτει αλληλεπιδράσεις, οργανώνει δρώντες γύρω από την επίτευξη έργων με χρονικούς περιορισμούς, όπου η επίτευξη του στόχου είναι ένα δώρο που προσφέρουν όλοι οι συμμετέχοντες στον ατομικό και συλλογικό τους εαυτό.

Στα επόμενα κεφάλαια θα διερευνηθούν μέσα από πειραματική έρευνα ο τρόπος που εκφέρεται (καταμετρείται, προσφέρεται) ο προσωπικός χρόνος στα κοινωνικά δίκτυα ως χαρακτηριστικό της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης – ως διάρκεια αλληλεπίδρασης,

[319] Στα πλαίσια μιας ορθολογιστικής εξήγησης υπολογισμού Θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει το επιχείρημα του αλτρουϊσμού: Κάθε ένας προσφέρει δώρα προσδοκώντας ότι, σε κάποια κατάσταση ανάγκης, το περιβάλλον του θα βοηθήσει (πχ, είναι αιμοδότης προσδοκώντας ότι ίσως κάποτε χρειαστεί και αυτός αίμα). Ή το επιχείρημα της κοινωνικής απόρριψης και της αίσθησης ντροπής (social embarrassment). Δες, Thompson (2003), p. 93.

ως συχνότητα επαφών, ως παράγοντας στρατηγικής και πράξης διοίκησης. Κάποιες από αυτές τις κατευθύνσεις εξετάζονται για πρώτη φορά στο πλαίσιο της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης.

<u>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ</u>: ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

4. ΣΥΝΟΜΙΛΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

4.1 Η σύζευξη κοινωνικής δομής και λεκτικής επικοινωνίας

Α.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται η ερευνητική εργασία για τη μελέτη διαλογικών συζητήσεων μεταξύ ομάδων, από δεδομένα που συνελλέγησαν από συνδιαλέξεις κινητής τηλεφωνίας την περίοδο του Β΄ εξαμήνου 2004 στην Ελλάδα. Η προσέγγιση είναι από τη μεριά του κοινωνικού φυσικού, ο οποίος μελετά ταυτόχρονα χαρακτηριστικά αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ατόμων (επίπεδο «μίκρο-») και χαρακτηριστικά μακροσκοπικών κοινωνικών δικτύων (επίπεδο «μάκρο-»), τα οποία είναι συμβατά με τις παρατηρούμενες διαπροσωπικές σχέσεις.

Ο τρόπος μελέτης διαλόγων από την κοινωνική φυσική αντιπαραβάλλεται με τις προσεγγίσεις των κοινωνιολόγων και των εθνομεθοδολόγων, οι οποίες φωτίζουν διαφορετικές πλευρές του ζητήματος, προτείνοντας διαφορετική συσχέτιση «μίκρο-μάκρο» επιπέδων. Στόχος είναι η πληρέστερη ανάλυση των μετρούμενων παραμέτρων, σε βαθμό που αυτές ενδεχομένως να μπορούν να αξιοποιηθούν καλύτερα σε κάθε θεωρητικό πλαίσιο.

Η συμφωνία και οι αποκλίσεις των κατευθύνσεων κοινωνιολογίας, εθνομεθοδολογίας και κοινωνικής φυσικής, αναφορικά με τη μελέτη της λεκτικής επικοινωνίας, αναδεικνύονται στο Κεφάλαιο 4, μέσα από τρεις κυρίως πειραματικές έρευνες. Μετά από την παράθεση των βασικών θεωρητικών αρχών για τη μελέτη «μίκρο-μάκρο» (ενότητα 4.1), η πρώτη βασική αναφορά αποτελεί η πειραματική έρευνα των West και Zimmermann για τη συχνότητα που οι άνδρες και οι γυναίκες διακόπτουν το συνομιλητή τους στις συζητήσεις (ενότητα 4.2). Η πειραματική μελέτη των Onnela *et al* παρουσιάζεται στην ενότητα 4.3, ως ενδεικτική πρόσφατων εξελίξεων στον τομέα της έρευνας κοινωνικών συσχετισμών, οι οποίες αναδεικνύονται από τις συνομιλίες μέσω κινητών τηλεφώνων. Τέλος, η οικεία μελέτη *ομαδικών κλήσεων* κινητής τηλεφωνίας στην ενότητα 4.4 αναδεικνύει νέα χαρακτηριστικά διαλόγων, τα οποία μπορούν αξιοποιηθούν στο θεωρητικό πλαίσιο κοινωνικής φυσικής και

εθνομεθοδολογίας. Εδώ θα μελετηθεί ο τρόπος οργάνωσης των ατόμων που διαφαίνεται μέσα από τους διαλόγους, και ο οποίος ενδεχομένως προϋπάρχει ή δημιουργείται μέσω του διαλόγου.

Β.

Υπεραπλουστεύοντας, το ζήτημα μίκρο-μάκρο αφορά την σύζευξη κοινωνικών αλληλεπιδράσεων τοπικού χαρακτήρα με την ύπαρξη κοινωνικών δομών. Η συνομιλία είναι ένας από τους τρόπους που μπορεί κανείς να προσεγγίσει τις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, δεδομένου ότι αποτελεί έκφραση κάθε προσωπικού ανθρώπινου συναισθήματος που σχετίζεται με τον κοινωνικό περίγυρο και συνοδεύει ανθρώπινες αποφάσεις ή ενέργειες. Οι μορφές και το περιεχόμενο της συνομιλίας μπορούν να θεωρηθούν ως ένδειξη ή έκφραση κοινωνικών δομών που χαρακτηρίζουν προσωπικές σχέσεις, άτυπες ομάδες, ηλικιακές ομάδες, φύλα, εθνικές μειονότητες, κοινωνικές τάξεις, κλπ.

Η έννοια της «κοινωνικής δομής» είναι κεντρική στον τρόπο με τον οποίο κοινωνιολόγοι εξετάζουν κοινωνικά φαινόμενα και διατυπώνουν τα υπό έρευνα ζητήματα. Εμπεριέχει δύο επί μέρους σημεία. Το πρώτο σημείο αφορά την έννοια της «δομής», που αναφέρεται σε κάποιο δίκτυο διακριτών μονάδων (επίπεδο «μίκρο-»), με το οποίο συσχετίζονται και ερμηνεύονται γεγονότα που εμφανίζουν κανονικότητα, επαναληψιμότητα και μη τυχαιότητα. Το δεύτερο στοιχείο αφορά την έννοια της «κοινωνίας», όπου τα γεγονότα μπορούν να μελετηθούν και να ερμηνευθούν ως συλλογικά (μη ατομικά) φαινόμενα (επίπεδο «μάκρο-»), στο πλαίσιο ενός επιπέδου ανάλυσης που αναδύεται χωρίς άμεση αναφορά στις δομικές του μονάδες, εκτός του ότι διαφοροποιείται στο χρόνο και το χώρο μεταξύ διαφορετικών ομάδων ανθρώπων. Σε αυτό το ανώτερο επίπεδο ανάλυσης, δεν προσδιορίζεται απαραίτητα ο τρόπος με τον οποίο δικτυώνονται οι δομικές μονάδες, καθώς θεωρείται ότι στηρίζεται συχνά σε πολυσύνθετες, μη αναγνωρίσιμες αλληλεπιδράσεις.[320]

---

[320] Δες, για παράδειγμα:

Durkhem, E. (1938) [1895] *Rules of Sociological Method*, trans. George Kaplin. New York: Free Press;

Parsons, T. (1937) *The structure of social action*. New York: McGraw-Hill;

Guiddens, A. (1971). *Capitalism and Modern Social Theory*. Cambridge: Cambridge University Press;

Για κάποιους από τους κοινωνιολόγους, η σχέση μίκρο-μάκρο είναι απλή: Τα δύο επίπεδα απλώς δεν χρειάζεται να συσχετισθούν.[321] Αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικούς ερευνητικούς χώρους με διαφορετικό αντικείμενο. Η μακρο-ανάλυση αφορά μακροσκοπικά φαινόμενα, όπως η κρατική οργάνωση, η κοινωνική διαστρωμάτωση ή η διαφοροποίηση εργασίας. Η μικρο-ανάλυση αφορά τη μελέτη προσωπικών κινήτρων, την κοινωνικοποίηση του ατόμου, τη διαμόρφωση μικρών ομαδικών συμμαχιών, την ανταλλαγή επικοινωνιακών συμβόλων, κλπ.

Μια δεύτερη άποψη, επικρατούσα μεταξύ των κοινωνιολόγων, είναι ότι οι κοινωνικές δομές αποτελούν *αιτίες* της κοινωνικής συμπεριφοράς και ότι οι διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις *απορρέουν* από τη συσχέτιση γεγονότων με κοινωνικά οργανωμένους δρώντες.[322] Υπό αυτή την έννοια, η λεκτική επικοινωνία εξαρτάται ή καθορίζεται και αυτή από κοινωνικούς συσχετισμούς. Όπως κάθε άλλη αλληλεπίδραση μεταξύ δρώντων ατόμων, *προκύπτει* από την ύπαρξη κοινωνικών δομών. Οι κοινωνιο-γλωσσολόγοι αναγνωρίζουν κοινωνικά χαρακτηριστικά σε παραλλαγές γλωσσολογικών χαρακτηριστικών[323] ή προτείνουν ότι πολιτισμικά στοιχεία προσφέρουν το απαραίτητο πλαίσιο ερμηνείας της λεκτικής αλληλεπίδρασης.[324] Σε κάθε πάντως περίπτωση, η κοινωνική τάξη και η δυναμική μελετάται ως «κοινωνικό γεγονός», «εξωτερικό και δεσμευτικό» για κοινωνικές καταστάσεις, δραστηριότητες και πρακτικές. Στο κύριο ερώτημα του 2ου κεφαλαίου της εργασίας, "αν υπάρχουν κανονικότητες που χαρακτηρίζουν συλλογικές ανθρώπινες συμπεριφορές", οι κοινωνιολόγοι απαντούν αυθόρμητα καταφατικά. Πάνω σε αυτές τις κανονικότητες και στην ιστορία τους χτίζουν τον κόσμο των διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων και των ατομικών επιδιώξεων και καθορίζουν την ενδεδειγμένη και την αποκλίνουσα ανθρώπινη συμπεριφορά.

Guiddens, A. (1984). *The Consitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. Cambridge: Polity Press.

[321] Δες για παράδειγμα Blau, P. M. (1987) Contrasting Theoretical Perspectives. Στο Alexander *et al*. (eds), *The Micro-Macro Link*. Berkeley: University of California Press, 71-85.

[322] Blau, P.M. (1977). *Inequality and Heterogeneity: A Primitive Theory of Social Structure.* New York: Free Press/ Macmillan; Burt, R. S. (1982). *Toward a Social Theory of Action.* New York: Academic Press; Hechter, M. (1983). *The Microfounddations of Macrosociology*. Philadelphia: Temple University Press.

[323] Labov, W. (1972) *Sociolinguistic Patterns*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press; Hudson, R.A. (1980) *Sociolinguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

[324] Gumperz, J. (1982) *Language in Social Groups*. Sttanford: Stanford University Press.

Μια γραμμή κριτικής στις παραπάνω απόψεις ξεκινά από το ότι ανθρώπινες πρακτικές, όπως η λεκτική επικοινωνία, εμφανίζονται να έχουν πολλές λεπτομέρειες, καθώς εκφέρονται κάθε φορά με πολύ διαφορετικό τρόπο. Η συσχέτιση όλων αυτών των λεπτομερειών με υφιστάμενους κοινωνικούς δεσμούς μπορεί να γίνει μόνον με *αφ' ετέρου* ανάλυση (in retrospect). Μία τέτοιου είδους ανάλυση δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα στο να αποδώσει συγκεκριμένες συμπεριφορές σε κάποιες κοινωνικές κατηγοριοποιήσεις, δεδομένου του πλήθους των επικαλυπτόμενων ομάδων, στις οποίες κάθε άνθρωπος συμμετέχει – οικογενειακών, επαγγελματικών, θρησκευτικών, οικονομικών, ταξικών, ψυχολογικών προτύπων, ερωτικών προτιμήσεων, κλπ. Μολονότι όμως η αφ' ετέρου ανάλυση κάθε λεπτομέρειας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι σχετικά εύκολη, η ανάλυση ταυτόχρονα με τα γεγονότα ("in action") είναι δυσχερής, ενώ η πρόβλεψη είναι απολύτως αδύνατη. Αντίστοιχη κριτική αφορά και στο ανώτερο επίπεδο ανάλυσης: παρότι η ιστορική εξέλιξη ενός θεσμού ή μιας κοινωνικής ομάδας είναι εύκολο να κατηγοριοποιηθεί *αφ' ετέρου*, υπάρχει μεγάλη δυσκολία μακροσκοπικής ανάλυσης κατά τη διάρκεια του σταδίου, όπου θεσμοί και κοινωνικές σχέσεις υφίστανται σταδιακές μεταβολές, παράλληλα ενδεχομένως με αντίστοιχες αλλαγές στο μικροσκοπικό επίπεδο διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων.

Γ.

Η εθνομεθοδολογία προτείνει ένα διαφορετικό δρόμο θεώρησης του ζητήματος της λεκτικής επικοινωνίας. Βασική της παραδοχή είναι ότι η κοινωνική τάξη μπορεί να αναζητείται μόνον στις μεθοδολογικές πρακτικές που χρησιμοποιούνται από τα άτομα, για να δημιουργήσουν ή να ερμηνεύσουν τις συνθήκες και τις καταστάσεις που ζουν. Μια από αυτές τις πρακτικές είναι ο διάλογος και η συζήτηση. Μέσα από αντίστοιχες πρακτικές, η κοινωνική ζωή αναδύεται κάθε φορά, συσχετίζοντας τα άτομα που δρουν. Οι κοινωνικές δομές δεν προϋπάρχουν αυτόνομες, αλλά είναι κάτι που οι άνθρωποι διαρκώς πράττουν. *Social structure is what people do.* Ο κοινωνικός χαρακτήρας των θεσμών, ό πως και της ίδιας της επιστήμης, δεν μπο ρεί να λαμβάνεται ως δεδομένος και να μελετάται ανεξάρτητα και έξω από τις καθημερινές δραστηριότητες. Πρέπει να διερευνάται μόνο σε σχέση με τις λεπτομέρειες των ενεργειών των συμμετεχόντων, οι οποίες κάθε φορά τον αναδεικνύουν και τον

επανακαθορίζουν. Επί πλέον (και ίσως το σημαντικότερο) μπορεί να διερευνάται ταυτόχρονα με την ανθρώπινη δραστηριότητα ("in action"), και όχι μόνον αφ' ετέρου.

Τα τελευταία 25 χρόνια, ποικίλες δραστηριότητες του ανθρώπου αναλύθηκαν με την παραπάνω μέθοδο. Η επιστήμη είναι μια από αυτές, η συνομιλία μια άλλη. Από την ανάλυση προέκυψε ότι πολλά χαρακτηριστικά της εξασκούμενης πρακτικής εμφανίζονται σε πολλές περιστάσεις, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο και το πλαίσιο εμφάνισης συγκεκριμένων ενεργειών ("context free"). Ας θεωρήσουμε το παράδειγμα της διαλογικής συζήτησης. Οπουδήποτε, οποτεδήποτε και από οποιονδήποτε συμμετέχει στο διάλογο, οι συνομιλίες πρέπει να ανοίγουν και να ολοκληρώνονται, οι ερωτήσεις να τίθενται και να απαντώνται, αιτήματα να υποβάλλονται και να γίνονται ή όχι αποδεκτά, δηλώσεις να προβάλλονται για να εκφράζεται συμφωνία ή αντίρρηση, δευτερολογίες να ακολουθούν τις κύριες τοποθετήσεις, κλπ. Αυτά τα στοιχεία είναι "context free". Από την άλλη μεριά όμως, οι συμμετέχοντες δεν είναι αναγκασμένοι να ακολουθούν μια συγκεκριμένη, προγραμματισμένη συμπεριφορά. Παίρνοντας το λόγο, κατά την αλληλουχία φράσεων του διαλόγου, επιλέγουν *σειριακά* από τα διαθέσιμα εργαλεία, με τα οποία ερωτούν, απαντούν, καταδικάζουν, αγνοούν επιδεικτικά, επιμένουν επιχειρηματολογώντας, διακόπτουν τον συνομιλητή. Η επιλογή τους καθοδηγείται από το πλαίσιο και τις συνθήκες όπου πραγματοποιείται η συζήτηση ("context oriented"), κάθε φορά επιδιώκοντας να οργανώσουν τη συζήτηση και να τη διατηρήσουν μέχρι ο στόχος της να επιτευχθεί. Η ευθύνη ("accountability") για την συνέχιση της συζήτησης δεν αφορά συγκεκριμένους κανόνες που πρέπει να ακολουθηθούν, αλλά υφίσταται ως άποψη των συμμετεχόντων, ως προσπάθεια και ως αμοιβαία δέσμευση στη συζήτηση.[325] Δεν προϋπάρχει ως χαρακτηριστικό κανόνων που οφείλεται να ακολουθηθούν. *Κατασκευάζεται,* καθώς κάθε ένας από τους συμμετέχοντες ενεργεί υποθέτοντας ότι αλληλεπιδρά με αυτόνομα άτομα, των οποίων οι ενέργειες καθορίζονται μέσω της αλληλεπίδρασης (και, ως εκ τούτου, ούτε δεδομένες είναι ούτε τυχαίες).[326] Οι κοινωνικοί κανόνες *αποτελούν απόψεις των συμμετεχόντων,* που διαμορφώνονται

[325] Η άποψη των κοινωνιολόγων είναι ότι η κοινωνική ευθύνη αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων, ιστοριών, δικαιολόγησης πρακτικών, που προκύπτουν από την ανάγκη συμμόρφωσης σε υφιστάμενες κοινωνικές δομές. Η θέση αυτή αντικρούεται στο Garfinkel, H. (1967) *Studies in Ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall (επίσης Cambridge: Polity Press) p. 33

[326] Wilson, T. P. (1989). *Social Structure and the Sequential Organization of Interaction*. Στο , Boden D. and Zimmermann, D. H. (eds.) *Talk and Social Structure.* Campbridge: Polity Press.

δυναμικά, ταυτόχρονα με την κατανομή της ευθύνης, από τις λεπτομέρειες που εκφράζονται με την κοινή δράση, την ανταλλαγή και την αλληλεπίδραση.

Από το παραπάνω παράδειγμα διαφαίνονται βασικές αρχές ανάλυσης που ακολουθούνται από εθνομεθοδολόγους για τη μελέτη ανθρώπινων πρακτικών, οι οποίες αφορούν την δράση και την ευθύνη των συμμετεχόντων ("agency" και "accountability"), με τη χρήση εργαλείων της υπό μελέτη πρακτικής (που είναι μαζί και ανεξάρτητα και προσαρμοζόμενα στις συγκεκριμένες συνθήκες που εφαρμόζεται η πρακτική). Με αυτόν τον τρόπο τονίζεται ο επίπλαστος χαρακτήρας των κοινωνικών δομών και κανόνων (ταυτόχρονα "context free" και "context oriented"). Πέρα όμως από αυτά τα κοινά σημεία, οι απόψεις σχολών ερευνητών διίστανται σε ένα σημαντικό ζήτημα που αφορά το βαθμό που επιδρούν υφιστάμενοι θεσμοί στην ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Ακραίες απόψεις αγνοούν την ύπαρξη οποιουδήποτε ευρύτερου πλαισίου ερμηνείας. Άλλες απόψεις προϋποθέτουν ότι η ανθρώπινη δράση σχηματίζει προσωρινά κοινωνικούς δεσμούς (με κάποια διαδικασία «τερματισμού»- "closure"), οι οποίοι παραμένουν σχετικά σταθεροί επηρεάζοντας τις απόψεις των δρώντων, έως ότου μεταβληθούν ή καταργηθούν μεταγενέστερα.

Η αντιπαράθεση μεταξύ εθνομεθοδολόγων μπορεί να επιδειχθεί αναφέροντας την ανάλυση των Garfinkel, Lynch και Livingston (1981), για την ανακάλυψη του ανεξάρτητου Galilean pulsar (IGP) από τους αστροφυσικούς Cocke και Disney. Ακολουθώντας τις γενικές κατευθύνσεις των εθνομεθοδολόγων στη ακραία τους μορφή, προτείνουν τη μελέτη της δραστηριότητας των αστροφυσικών, μόνο τη νύχτα της ανακάλυψης – πώς αυτοί, για παράδειγμα, παρακολουθούσαν εικόνες στην οθόνη του υπολογιστή ή εκτυπώσεις, για να συνάγουν ότι ανακάλυψαν κάτι νέο. Το IGP δεν είναι ανεξάρτητο από αυτή τη δραστηριότητα του χώρου που πραγματοποιείται η ερευνητική δραστηριότητα. Σημειώνουν:

> *"From the local historicity of the embodied night's work, they [Cocke and Disney] extracted a cultural object, the independent Galilean pulsar. The IGP remains the material contents of astronomical things in their entirety. The IGP is a cultural object, not a 'physical' or a 'natural' object."*[327]

[327] Garfinkel, H., Lynch, M., and Livingston, E. (1981) *Philosophy of the Social Sciences* 11, 131-58.

Σύμφωνα με τους Garfinkel, Lynch και Livingston, η επιστημονική ανακάλυψη είναι δουλειά μιας νύχτας. Η θέση όμως αυτή εγείρει ερωτήματα. Μπορεί να αγνοηθεί ότι η ανακάλυψη του πολιτισμικού στοιχείου αποτυπώνεται (*"inscribed"* κατά τους Latour και Woolgar[328]) σε επιστημονικές αναφορές, που ενδεχομένως να επηρέασαν τους ερευνητές; Δεν υπάρχει ιστορία στην επιστήμη, συνήθεις παραδοχές, ερευνητικές προτιμήσεις που κατευθύνουν την έρευνα; Δεν ακολουθούσαν οι Cocke και Disney κάποιο επιστημονικό *παράδειγμα*, κυρίαρχο στις μέρες τους, που «εμπότιζε» τις παρατηρήσεις που τελικά εντόπισαν το pulsar; Οποιαδήποτε από τις ερωτήσεις αυτές απαντηθεί καταφατικά, καθώς και το είδος της απάντησης, οδηγεί σε θεωρήσεις που συνδυάζουν με διαφορετικό τρόπο εθνομεθοδολογία και κοινωνική κατασκευασιοκρατία ("social constructivism").

Δ.

Οι διαφορετικές απόψεις για το πώς αντιλαμβάνονται οι δρώντες ευρύτερα ερμηνευτικά πλαίσια αντικατοπτρίζονται και στους ερευνητές της λεκτικής επικοινωνίας ("conversation analysts").

Για να φανεί η διαφορά ας ξεκινήσουμε από την προφανή διαπίστωση, ότι το περιβάλλον στο οποίο κινούνται οι δρώντες επηρεάζει ένα μεταξύ τους διάλογο. Σε γενικές γραμμές περιμένουμε διαφορετική συζήτηση στο δικαστήριο, στη σχολική αίθουσα ή υπό το ρομαντικό φως κεριών. Παρόλα αυτά, είναι επίσης προφανές πως τα αντικείμενα και το περιβάλλον της συζήτησης δεν καθορίζουν *μονοσήμαντα* τις αλληλεπιδράσεις που εξυφαίνονται με αυτόν. Για να είναι κανείς σίγουρος, πρέπει να μελετά τη μορφή και το περιεχόμενο του διαλόγου και να παρατηρεί τον προσανατολισμό των συνομιλητών ("orientation"), τι θεωρούν σχετικό με τη συζήτηση και τι όχι ("relevance").[329] Ένας διάλογος σε μια σχολική αίθουσα μπορεί να εκφράζει την κυρίαρχη θέση του καθηγητή ή και το αντίθετο – να φανερώνει κάποια συμπάθεια ή αδυναμία του προς μαθητή. Ένας διάλογος στο χώρο εργασίας μπορεί να υποκρύπτει ποικίλου είδους αλληλεπιδράσεις. Η διαφωνία των αναλυτών

[328] Latour, B. and Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Constitution of Scientific Facts.* Princeton: Princeton University Press.
[329] Schegloff, E. A. (1991) Reflections on Talk and Social Structure. Στο Boden (1991).

διαλόγου ("conversation analysts") αφορά στον τρόπο που αναφαίνεται κατά την λεκτική ανταλλαγή το θέμα της συζήτησης, είτε κύριο είτε δευτερεύον. Μία κατηγορία αναλυτών θεωρεί ότι αρκεί να εξεταστεί *η σύνταξη* του διαλόγου, η σειρά δηλαδή των ερωταποκρίσεων, παρά το περιεχόμενό τους. Ο χειρισμός του λόγου, ο τρόπος που κατευθύνουν τη σειρά των ερωταποκρίσεων, επαρκεί για να καθορίσει την ιδιότητα των δρώντων, τις επιδιώξεις και το αποτέλεσμα της συζήτησης.[330] Άλλοι πάλι αναλυτές ισχυρίζονται ότι για να καθοριστεί πλήρως η ιδιότητα, οι επιδιώξεις και το αποτέλεσμα της συζήτησης, πρέπει να ληφθούν υπόψη ευρύτερα ερμηνευτικά πλαίσια, υφιστάμενοι κοινωνικοί θεσμοί, το φύλο των δρώντων, κλπ. Οι απόψεις των συμμετεχόντων στο διάλογο (ακόμα και η ίδια η σύνταξη των ερωταποκρίσεων) επηρεάζονται από το θεσμικό περιβάλλον, παρόλο που οι θεσμοί είναι επίπλαστοι και μπορεί στη διαδικασία να διαφοροποιηθούν. Οι κοινωνικές δομές υφίστανται και επηρεάζουν τους δρώντες, αλλά εμφανίζονται και αναδημιουργούνται μέσα από τη διαλογική πρακτική.

Οι αναλυτές της πρώτης κατηγορίας μελετούν καταστάσεις-στιγμιότυπα, αντίστοιχα με τους Garfinkel, Lynch και Livingston που μελετούσαν τις ερευνητικές πρακτικές, τη συγκεκριμένη νύχτα της ανακάλυψης του pulsar. Το ζήτημα «μίκρο-μάκρο» επιλύεται, κρίνοντας ότι οποιαδήποτε μάκρο-χαρακτηριστικό είναι αδιάφορο. Οι δεύτεροι αντιτάσσουν ότι δεν πρέπει να αγνοηθεί μια ευρύτερη πληροφόρηση, για το πώς αντιλαμβάνονται οι δρώντες την ταυτότητα του συνομιλητή, τους θεσμούς που υπηρετεί, τη σημασία των τεχνημάτων στο περιβάλλον, κλπ. Κατ' αυτούς δεν υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ μίκρο- και μακρο επιπέδων ανάλυσης. Η εξέλιξη κοινωνικών θεσμών και οι μεταλλαγές διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων διαπλάθονται ταυτόχρονα, ως να αποτελούν τις δύο πλευρές του ίδιου νομίσματος ή τα δύο πρόσωπα του μυθολογικού θεού Ιανού.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούν οι δύο παραπάνω θεωρητικές γραμμές ανάλυσης είναι στιγμιότυπα ανθρώπινης πρακτικής (πχ, της λεκτικής επικοινωνίας ή της επιστημονικής ανακάλυψης) σε διάφορα περιβάλλοντα. Όλα τα δυνατά στιγμιότυπα χτίζονται με συγκεκριμένα συστατικά, ένα σύνολο συντακτικών στοιχείων του διαλόγου. Η παρουσία ή η απουσία κάποιων στοιχείων (πχ, ερωτήσεων ή

[330] Heritage, J. (1984). *Garfinkel and Ethnomethodology*. Cambridge: Polity Press, p 290.

δευτερολογιών στο διάλογο και επιστημονικών δημοσιεύσεων ή συμμετοχή σε συνέδρια στην επιστημονική πρακτική) βοηθά στην αντιστοίχηση κάθε στιγμιότυπου με κάποια εικόνα μακροσκοπικών κοινωνικών δεσμών.[331] Εδώ ας υπενθυμίσουμε το κύριο ερώτημα τούτης της εργασίας: Υπάρχουν μακροσκοπικές κανονικότητες που χαρακτηρίζουν συλλογικές ανθρώπινες δραστηριότητες; Η επικρατούσα απάντηση εθνομεθοδολόγων είναι ότι αυτές εξαντλούνται στα συντακτικά στοιχεία της πρακτικής. Κάθε συνδυασμός τους οδηγεί σε διαφορετικούς κοινωνικούς κόσμους.

4.2 Η πρόταση της κοινωνικής φυσικής και οι κατανομές πιθανότητας

Το 1983, οι West και Zimmermann διαπίστωσαν ότι υπήρχε ασυμμετρία στη συχνότητα που συνομιλητές διέκοπταν ο ένας τον άλλο, ανάλογα με το αν αυτοί ήταν γυναίκες ή άνδρες.[332] Μια τέτοια στατιστική παρατήρηση θα μπορούσε θαυμάσια να έχει γίνει από έναν κοινωνικό φυσικό. Πώς μπορεί να αναλυθεί; Η άποψη των West και Zimmermann είναι ότι αντικατοπτρίζει τάση κοινωνικής κυριαρχίας του αρσενικού. Ο τίτλος της επιστημονικής τους δημοσίευσης ("Small insults") είναι ενδεικτικός της άσκησης εξουσίας. Ακολουθώντας τη βασική κοινωνιολογική υπόθεση, οι West και Zimmermann θεωρούν ότι το στοιχείο αυτό της αλληλεπίδρασης των ανθρώπων *προκύπτει*, μέσω της συζήτησης, από ένα φυλετικό χαρακτηριστικό, το οποίο χαρακτηρίζει μακροσκοπικά τις κοινωνικές σχέσεις.

Το συμπέρασμα των ερευνητών βρέθηκε σύντομα στο στόχαστρο πλήθους εθνομεθοδολόγων και αναλυτών διαλόγου, οι οποίοι δεν αμφισβητούσαν το αποτέλεσμα της πειραματικής καταγραφής, αλλά εξέταζαν τα δεδομένα με μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Μελετώντας *συγκεκριμένες περιστάσεις,* φάνηκε ότι δεν διαγραφόταν καθαρά η έκφραση ισχύος πίσω από την παρατηρούμενη συμπεριφορά. Αντίθετα, η χρήση άλλων εκφραστικών στοιχείων όπως η σειράς ερωταποκρίσεων, μπορούσαν να αναλυθούν πληρέστερα.[333] Άλλωστε, όταν κάποιος διακόπτει τον συνομιλητή του, ενδέχεται να το κάνει για πλήθος λόγων, είτε, για παράδειγμα,

[331] Αναλυτές που φλερτάρουν με το σχετικισμό προχωρούν περισσότερο και προτείνουν πως κάθε στιγμιότυπο αντιστοιχεί σε *πολλές αναγνώσεις* για τους συσχετιζόμενους κοινωνικούς δεσμούς.
[332] West, C., and Zimmermann, D.H. (1983). "Small insults: a study of interruptions in conversations between unacquainted persons". Στο Throne, B., and Henley, N. (eds), *Language, Gender, and Society*, Rowley, MA: Newbury House, 125-51.
[333] Wilson, T. P. (1991) "Social structure and Interaction". Στο Boden (1991), p.39.

φερόμενος δεσποτικά είτε και για τον ακριβώς αντίθετο λόγο, στην προσπάθειά του να δικαιολογηθεί για κάτι που θεωρεί ότι του αποδίδεται άδικα από τον συνομιλούντα.

Όμως, παρά τη δυσκολία ανάλυσης, η μέτρηση των West και Zimmermann δεν μπορεί να αγνοηθεί. Ακόμα και αν δεν αφορά τη φορά της κατεύθυνσης της άσκησης ισχύος, δεν παύει να αφορά κοινωνικές σχέσεις. Επίσης, ακόμα και αν η μελέτη στιγμιοτύπων δεν μπορεί να αναδείξει το κοινό κοινωνικό υπόβαθρο, από όπου η συγκεκριμένη συμπεριφορά ανδρών και γυναικών πηγάζει, αυτό δεν αναιρεί το γεγονός ότι το πείραμα μπορεί να επαναληφθεί σε διαφορετικά περιβάλλοντα και να διαφανεί ότι έχει γενικότερη ισχύ. Η κοινωνική φυσική προτείνει ότι μια εμπειρική κατανομή πιθανότητας οφείλει να μελετάται ταυτόχρονα με την έννοια της κοινωνικής δομής. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, προσφέρονται δύο κατευθύνσεις έρευνας:

- Στην πρώτη κατεύθυνση, το ζήτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί σαν πρόβλημα περιορισμού της ανθρώπινης επιλογής στα πλαίσια υφιστάμενων κοινωνικών συνθηκών (“bounded rationality”). Εδώ, η διαφορά συμπεριφοράς μεταξύ ανδρών και γυναικών, που μετρούν οι West και Zimmermann και που χαρακτηρίζει την ετερογένεια των δρώντων στο διάλογο, *δεν θεωρείται δεδομένη*. Αντίθετα, ενδέχεται να καταδειχθεί ότι η συμπεριφορά ανδρών-γυναικών *αναδύεται* μέσα στο πλαίσιο μακροσκοπικών κοινωνικών δεδομένων, εξελισσόμενη σταδιακά από μια αρχικά ομοιογενή και τυχαία κατανομή συμπεριφορών. Η επίλυση προβλημάτων τύπου bounded rationality είναι συνήθως αντικείμενο της θεωρίας παιγνίων (όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 2.8), όπου αρχικά ουδέτερες (και συμμετρικές μεταξύ των συνομιλητών) ανθρώπινες επιλογές μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ διαφορετικές προσωπικές στρατηγικές άσκησης ισχύος.

- Εναλλακτικά, ο ερευνητής μπορεί να θεωρήσει την ετερογενή συμπεριφορά ανδρών-γυναικών στις διαλογικές συζητήσεις *ως δεδομένη*, για να τη χρησιμοποιήσει στη μελέτη της χρονικής εξέλιξης κοινωνικών συσχετισμών. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για την απεικόνιση ομοιομορφισμού μεταξύ

μίκρο-μάκρο επιπέδων (δες Σχήμα 14 και την ανάλυση που το συνοδεύει), η παρατηρούμενη ετερογενής συμπεριφορά μπορεί να συνδυαστεί με ένα σύνολο κανόνων αλληλεπίδρασης[334] και αρχικών συνθηκών, ώστε να μελετηθεί ταυτόχρονα η χρονική εξέλιξη μικροσκοπικών και μακροσκοπικών παραμέτρων του προβλήματος. Για την κατάρτιση της λίστας των κανόνων αλληλεπίδρασης, τα μοντέλα εκπροσώπησης της κοινωνικής φυσικής μπορούν να αξιοποιήσουν αποτελέσματα της εθνομεθοδολογικής έρευνας (για τους συντακτικούς κανόνες του διαλόγου και την προσαρμογή τους στις προδιαθέσεις-"orientations" των συνομιλητών). *Ταυτόχρονα,* μπορούν να επιδείξουν εάν οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι συμβατές με την εικόνα της κοινωνικής δομής, την οποία η κοινωνιολογική ανάλυση θεωρεί «υπερκείμενη».

Και οι δύο παραπάνω μέθοδοι εξετάζουν δεδομένα υπό μορφή κατανομών πιθανότητας παραμέτρων, είτε μικροσκοπικών (χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης) είτε μακροσκοπικών (φάσεις, μορφολογία, καταστάσεις του περιβάλλοντος). Η μελέτη μίκρο- και μάκρο- επιπέδων γίνεται ταυτόχρονα.

Ιστορικά, οι μετρήσεις ατομικών ιδιοτήτων και συλλογικών συμπεριφορών και κανονικοτήτων βρίσκονται στο στόχαστρο της οργάνωσης της εμπειρικής παρατήρησης επί τρεις αιώνες. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, συστηματικοποιήθηκαν στη μορφή κατανομών πιθανότητας συχνότητας εμφάνισης κάποιου χαρακτηριστικού, όπως επίσης έντασης/ ισχύος εμφάνισης ή διάρκειας εμφάνισής του, μετά από το έργο του Quetelet. Η συσχέτιση αυτών των παρατηρήσεων με ευρύτερα ερμηνευτικά πλαίσια, όπως της τυχαιότητας στη φύση από τον Quetelet, δεν ήταν παρά το πρώτο βήμα. Αργότερα, η στατιστική μηχανική πρόσφερε έναν νέο τρόπο σύζευξης των κατανομών πιθανότητας μακροσκοπικών χαρακτηριστικών με στοιχειώδεις αλληλεπιδράσεις στο επίπεδο των ατομικών συμπεριφορών. Σύμφωνα με αυτόν, μικροσκοπικές αλληλεπιδράσεις και μακροσκοπικές μορφές φάσης και δυναμικής είναι μεταξύ τους άρρηκτα δεμένες.

[334] Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδράσεων που ενδιαφέρουν τους κοινωνικούς φυσικούς είναι Πρόσημο/ Ισχύς/ Εμβέλεια/ Επιλεκτικότητα/ Φορά.
Οι παρατηρήσεις των West και Zimmermann αντιστοιχούν σε μετρήσεις της επιλεκτικότητας της αλληλεπίδρασης.

Η κοινωνική φυσική επωφελείται από παρατηρήσεις που γίνονται είτε στο «μίκρο-» είτε στο «μάκρο-» επίπεδο. Και τα δύο όμως είναι εικόνες του ίδιου μηχανισμού, *του οποίου οι συντακτικοί κανόνες είναι το μόνο σταθερό στοιχείο:* Στο μικροσκοπικό επίπεδο, οι αλληλεπιδράσεις χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένα δομικά χαρακτηριστικά, ανεξαρτήτως περιεχομένου. Στο μακροσκοπικό επίπεδο δίνεται επίσης έμφαση στη δομή: Η αναπαράσταση μακροσκοπικών δρώντων που βρίσκονται σε αλληλεπίδραση έχει την εικόνα είτε «ατόμων σε κουτί» ("atoms-in-a-box") είτε «δικτύου» ("network"). Μετά το τέλος της ανάλυσης, τα δύο επίπεδα είναι ένα: Η ατομική αλληλεπίδραση και δυναμική *είναι* η κοινωνική δομή.

Η συσχέτιση αυτή είναι πιθανολογική, όχι ντετερμινιστική. Ανοίγει δυνατότητες για τη χαρτογράφηση της ανθρώπινης πρακτικής και τη διασύνδεση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ατομικής αλληλεπίδρασης με συγκεκριμένα συλλογικά ενδεχόμενα. Παρ' όλα αυτά, η πιθανολογική διασύνδεση *δεν έχει την ισχύ της πρόβλεψης για το τι θα συμβεί σε συγκεκριμένα στιγμιότυπα του κοινωνικού γίγνεσθαι*, όπως εκτεταμένα αναλύθηκε στην ενότητα 1.6. Την ισχύ της όμως αντλεί από τη γενικότητα των χαρακτηριστικών αλληλεπίδρασης και δομής που συνδυάζει, τα οποία δεν εξαρτώνται από το περιεχόμενό τους. Εμφανίζονται σε σύνολα ατόμων που μπορεί να είναι αντικείμενα, απλοί βιολογικοί οργανισμοί, ζώα ή άνθρωποι.

Τα παραπάνω υποδεικνύουν το διαφορετικό τρόπο με τον οποίο χειρίζονται οι τρεις επιστήμες (κλασσική κοινωνιολογία, εθνομεθοδολογία και κοινωνική φυσική) μια κατανομή πιθανότητας. Μπορούν να επισημανθούν και άλλες μεθοδολογικές διαφορές:

- <u>Το θέμα της αντανακλαστικότητας ("reflexivity")</u>: Οι άνθρωποι έμαθαν να συνεννοούνται μέσα από το διάλογο, πολύ πριν κάποιος κοινωνιολόγος ή εθνομεθοδολόγογος αναλύσει τις μορφές που παίρνει μια συζήτηση. Η πρακτική της λεκτικής συνεννόησης γεννήθηκε ανεξάρτητη από την πρακτική της ανάλυσής της, σε άμεση όμως εξάρτηση από άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν την ανθρώπινη επιβίωση. Είναι ενδιαφέρον πώς οι διαφορετικές ανθρώπινες πρακτικές αναδιπλώνονται και διαπλέκονται μεταξύ τους, καθώς, για παράδειγμα, η κοινωνιολογική ανάλυση μιας ομάδας συνομιλιών απαιτεί και η ίδια τη χρήση της συζήτησης (με τη μορφή

επιστημονικής ανακοίνωσης, διαβούλευσης, κλπ). Κατ' επέκταση, μία συνεπής ανάλυση πρέπει να αντιμετωπίζει τον εαυτό της με τα ίδια μεθοδολογικά εργαλεία, με τα οποία διερευνά τα αντικείμενα της έρευνας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αντανακλαστικότητα ("reflexivity") και επιλύει ριζοσπαστικά το ζήτημα μίκρο-μάκρο εξαφανίζοντας κάθε διαφορά επιπέδου ακόμα και στο επίπεδο της ανάλυσης. Αντίθετα με την κοινωνιολογία, η εθνομεθοδολογία διαθέτει αυτή την ιδιότητα.[335] Παραμένει ανοικτό ζήτημα, αν η αντανακλαστικότητα αποτελεί ιδιότητα της μεθόδου της κοινωνικής φυσικής.

- Ο στόχος της μελέτης διαφέρει στις τρεις μεθοδολογίες. Κατά την κοινωνιολογία, ο άνθρωπος είναι εμβαπτισμένος σε ποικίλες κοινωνικές δομές – οικογενειακές, επαγγελματικές, οικονομικές, ταξικές, θρησκευτικές, κλπ. Από εκεί εκπορεύονται πλήθος χαρακτηριστικών συμπεριφορών που εκφέρει ο ίδιος ή παρατηρεί στον κοινωνικό του περίγυρο. Αναλύοντας και συνειδητοποιώντας τις κοινωνικές αυτές δομές, ενδέχεται να θεωρήσει κάποιες ως ανεπιθύμητα δεσμά και να τις υπερβεί – είναι ελεύθερος. Κατά την εθνομεθοδολογία, ο άνθρωπος έχει στα χέρια του διαθέσιμα τα εργαλεία, που συνιστούν οποιαδήποτε καθημερινή πρακτική που εξασκεί με συνεργάτες. Παρότι όμως τα εργαλεία είναι δεδομένα, αυτός μπορεί να αναλύσει τον περίγυρό του και να τα χρησιμοποιήσει σύμφωνα με τις δικές του δυνατότητες, στόχους, ευαισθησίες και ιδιαιτερότητες, αλληλεπιδρώντας με ανθρώπους και αντικείμενα. Η κοινωνική δομή (αν υπάρχει) διαμορφώνεται από τις ίδιες του τις πράξεις και βοηθά ώστε οι θεσμοί να αναγεννώνται, με την ίδιο ή με διαφορετική/ αλλοιωμένη κάθε φορά μορφή. Ο άνθρωπος μπορεί και κατευθύνει την εξέλιξη – είναι ελεύθερος. Κατά την κοινωνική φυσική, ο άνθρωπος κάθε στιγμή δραστηριοποιείται επιλέγοντας από *πεπερασμένο πλήθος* επιλογών (bounded rationality). Οι αλληλεπιδράσεις με τους γύρω του μπορούν σε γενικές γραμμές να χαρακτηριστούν από ένα επίσης πεπερασμένο πλήθος χαρακτηριστικών (όπως φορά, ένταση, κλπ). Αναλύοντας τις σχέσεις αυτές είναι δυνατόν να συσχετίσει συγκεκριμένο τύπο αλληλεπιδράσεων με μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του κοινωνικού του περιβάλλοντος. Του

[335] Για βιβλιογραφία πάνω στις απόψεις εθνομεθοδολόγων στο θέμα, δες T. P. Wilson (1991) στο Boden (1991), p. 41.

> δίνεται λοιπόν η ευκαιρία να επέμβει και να ανασχεδιάσει το περιβάλλον του, αλλάζοντας το μικρόκοσμο των κοινωνικών του σχέσεων. Και αντίστροφα, μεταβάλλοντας μακροσκοπικά μεγέθη στο περιβάλλον να επιτρέψει νέες συμπεριφορές και δραστηριότητες στο επίπεδο των διαπροσωπικών σχέσεων. Έχοντας επίγνωση της αλληλεξάρτησης των επιπέδων μίκρο- και μάκρο-, είναι ελεύθερος να ανασχεδιάσει και να φτιάξει ένα καινούργιο κόσμο.

Μέχρι σήμερα, δεν έχει επιχειρηθεί ανάλυση των παρατηρήσεων των West και Zimmermann από κοινωνικούς φυσικούς. Οι μελέτες διαλογικής συζήτησης και η σύζευξή τους με κοινωνικές δομές έχουν εστιαστεί τα τελευταία τρία χρόνια στη μελέτη τηλεφωνικών συνδιαλέξεων.

4.3 Κοινωνική φυσική και κινητή τηλεφωνία

Το 1973, τρία χρόνια μετά τη δημοσίευση των πειραμάτων του Milgram για τους «έξη βαθμούς διαχωρισμού» στον κόσμο, ο Granovetter αναγνώριζε ότι οι κοινωνικοί δεσμοί δεν διέθεταν όλοι την ίδια ένταση, ούτε είχαν τον ίδιο ρόλο ή την ίδια αποτελεσματικότητα.[336] Αυτό που το πείραμα του Milgram δεν μπορούσε να διερευνήσει, έγινε για πρώτη φορά φανερό από τα ερωτηματολόγια του Granovetter: Οι άνθρωποι πετύχαιναν προσωπικούς τους στόχους (όπως το να βρουν απασχόληση[337]) στηριζόμενοι στην πληροφορία και τη μεσολάβηση από άτομα έξω από τον κύκλο των στενών τους γνωστών και φίλων, τα οποία γνώριζαν προσωπικά λίγο ή ελάχιστα. Το αποτέλεσμα αυτό έθεσε το ερώτημα, το οποίο ακόμα δεν έχει επαρκώς απαντηθεί – πώς διαδίδεται η πληροφορία στον κοινωνικό ιστό; Εδώ υπάρχουν πολλοί άγνωστοι: Η διάδοση της πληροφορίας είναι ιδιότητα μακροσκοπική, μπορεί να τη φανταστεί κανείς σαν κύμα που απλώνεται και ταξειδεύει σαν κακή φήμη, σαν ένα καλό ανέκδοτο, σαν μια αρρώστια. Από την άλλη μεριά, η μορφή του κοινωνικού ιστού αφορά μικροσκοπικές διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, κάθε μια με διαφορετική ένταση, κατεύθυνση ή χροιά.

---

[336] Granovetter, M. (1973) The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78, 1360-80.
[337] Granovetter, M. (1995). *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Chicago: Chicago University Press, 2nd Ed.

Τριάντα χρόνια μετά τον Milgram και τον Granovetter και είκοσι χρόνια μετά τους Strogatz και Watts έχει γίνει αρκετή πρόοδος για να αντιμετωπιστεί μεθοδολογικά το ερώτημα. Η προσπάθεια της κοινωνικής φυσικής εστιάζεται στην ταυτόχρονη μελέτη παραμέτρων σε επίπεδα μάκρο- και μίκρο-. Τα δεδομένα που διατίθενται στους ερευνητές είναι σήμερα πολύ περισσότερα. Τα ερωτηματολόγια του Granovetter και τα γράμματα του Milgram εξέταζαν δείγματα μερικών δεκάδων ή εκατοντάδων ανθρώπων. Σήμερα, η διάδοση της πληροφορίας γίνεται με τηλεπικοινωνιακά μέσα που μπορούν να κρατούν αρχεία εκατομμυρίων συνδιαλέξεων. Οι άνθρωποι επικοινωνούν με πλήθος ηλεκτρονικών μέσων (κινητό τηλέφωνο, e-mail, χρήση προσωπικών ιστοσελίδων διαδικτύου, face-book, tweeter, chat, κλπ). Κάθε τηλεπικοινωνιακό μέσο αποτελεί μια αναπαράσταση κοινωνικών σχέσεων, σε μία μόνο εκδοχή τους. Κανένα δεν περιέχει όλα τα χαρακτηριστικά των διαπροσωπικών σχέσεων, καθένα τους όμως αποτελεί ένα δείκτη για αυτές. Ένα τέτοιο δείκτη αποφάσισαν να μελετήσουν οι Onnela *et al*.[338]

Τα κινητά τηλέφωνα είναι τεχνολογικά αντικείμενα που μπήκαν στη ζωή μας στις αρχές της δεκαετίας του ’90 και μέσα στα χρόνια που μεσολάβησαν διαδόθηκαν παντού. Σήμερα, πάνω από τον μισό πληθυσμό της γης τα χρησιμοποιεί, νέοι, γέροι και παιδιά. Γνωστοί και άγνωστοι τηλεφωνούν ο ένας στον άλλο καταπίνοντας αποστάσεις και παρακάμπτοντας φυσικά εμπόδια, προκαταλήψεις και σύνορα παντός είδους. Έτσι λοιπόν οι Onnela *et al* ανάλυσαν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις 18 εβδομάδων, από το 20% των συνδρομητών μιας Ευρωπαϊκής χώρας, της οποίας το 90% του πληθυσμού χρησιμοποιούσε κινητό τηλέφωνο. Από αυτές επιλέχθηκαν μόνο εκείνες που αντιστοιχούσαν σε ζεύγη ατόμων που τηλεφώνησαν αλλήλους. Καταστρώθηκε το δίκτυο αυτών των κλήσεων που αντιστοιχούσε σε 4.6 εκατομμύρια κόμβους (χρήστες) και 7 εκατομμύρια δεσμούς. Κάθε δεσμός είχε ένα «βάρος» που αντιστοιχούσε στο συνολικό χρόνο συνομιλίας, στο σύνολο των κλήσεων μεταξύ των αντίστοιχων δύο συνδρομητών. Το 84% των συνδρομητών ανήκε σε ένα συνεκτικό τμήμα του δικτύου, ενώ το υπόλοιπο 16% αντιστοιχούσε σε χρήστες που ανήκαν σε μικρότερες ανεξάρτητες ομάδες και που συνομιλούσαν μεταξύ τους. Οι ερευνητές εστίασαν κυρίως στο μεγάλο συνεκτικό τμήμα του δικτύου (“giant component”).

[338] Onnela, J.-P., Saramäki, J., Hoyvönen, J., Szabó, G., Lazer, D., Kaski, K., Kertész, J., and Barabási, A.-L. (2007) Structure and tie strengths in mobile communication networks. *Nature* 104, 7332-7336.

Σχήμα 1: *Α) Η στατιστική κατανομή του αριθμού γειτόνων ("degree") σε κόμβους του δικτύου και Β) η στατιστική κατανομή της έντασης της αλληλεπίδρασης μεταξύ κόμβων. (Onnela et al, 2007)*

Η κατανομή του αριθμού των γειτόνων ("degree") φαίνεται στο Σχ. 1α. Είναι από τις κατανομές που χαρακτηρίζονται ότι έχουν «πλατιά απόληξη» ("fat tail") καθώς ένα σημαντικό ποσοστό κόμβων συνδέεται με πάρα πολλούς γείτονες. Η κατανομή των βαρών έχει επίσης πλατιά απόληξη, όπως φαίνεται στο Σχ. 1β. Παρότι τα περισσότερα τηλεφωνήματα διήρκεσαν μερικά λεπτά, υπήρχαν άλλα που διήρκεσαν ώρες. Το αποτέλεσμα αυτό είναι μη αναμενόμενο. Όπως θα περιγράψουμε σε επόμενη ενότητα, έως σήμερα οι μηχανικοί τηλεπικοινωνιών υποθέτουν για το σχεδιασμό των δικτύων ότι τα τηλεφωνήματα έχουν τυχαία διάρκεια, που προβλέπει ότι κλήσεις μεγάλης διάρκειας είναι εξαιρετικά σπάνιες.[339]

[339] Η επικρατούσα υπόθεση είναι ότι η κατανομή αντίστοιχη του Σχ. 1 είναι Poisson, με πιθανότητα μακριών κλήσεων να μικραίνει εκθετικά με τη διάρκεια της κλήσης. Ήτοι, η εξίσωση Poisson δεν έχει πλατιά απόληξη (fat tail).

Σχήμα 2: *A) Η τοπολογία του δικτύου των συνδιαλέξεων κινητής τηλεφωνίας, όπου διακρίνεται με χρωματικό κώδικα η ένταση αλληλεπίδρασης μεταξύ των δεσμών. Παρατηρούμε ότι οι κόμβοι ομαδοποιούνται σε κοινότητες γύρω από κάποιο χρήστη με πολλές διασυνδέσεις. B) Η ίδια τοπολογία δικτύου με ένταση δεσμών που κατανέμεται με τυχαίο τρόπο. C) Η ίδια τοπολογία δικτύου με ασθενείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ μελών της κοινότητας και ισχυρούς δεσμούς μεταξύ κοινοτήτων. (Onnela, 2007)*

Αυτό που ενδιαφέρει εδώ τους κοινωνικούς φυσικούς, πέρα από τη μορφή των κατανομών πιθανότητας, είναι να διερευνήσουν την τοπολογία των κοινωνικών σχέσεων που φανερώνει η κινητή τηλεφωνική επικοινωνία. Για να απεικονισθεί το δίκτυο στο χαρτί, οι ερευνητές οι Onnela *et al* επέλεξαν τυχαία ένα κόμβο και σχεδίασαν όλους τους συνομιλητές του, τους συνομιλητές των συνομιλητών, κτλ, έως πέντε βήματα. Βρήκαν ότι οι χρήστες του δικτύου συγκεντρώνονται σε ομάδες, γύρω

από κάποιο κεντρικό πρόσωπο που συνομιλεί με πολλούς. Ανάμεσα στις ομάδες, οι συνδέσεις ήταν περιορισμένες, συνήθως μέσω ενός χρήστη από κάθε ομάδα. Παρόμοια δίκτυα έχουν δειχθεί για πλήθος περιστάσεων. Για παράδειγμα, οι αεροπορικές επικοινωνίες σε εθνικό επίπεδο αποτελούν ανεξάρτητες ομάδες από πτήσεις, που ενώνουν πλήθος πόλεων με την πρωτεύουσα. Ανάμεσα στα κράτη, οι αεροπορικές επικοινωνίες ενώνουν μεγάλα αεροδρόμια πρωτευουσών ή λίγων μεγάλων πόλεων.

Παρότι η τοπολογία του δικτύου κινητών επικοινωνιών έχει παρατηρηθεί και αλλού, η σταθερότητά της είναι ασυνήθιστα μεγάλη σε σύγκριση με παρόμοια δίκτυα. Για παράδειγμα, περιμένουμε διαισθητικά μεγάλη αναστάτωση, εάν ένα κεντρικό αεροδρόμιο κλείσει (πχ, το JFK της Νέας Υόρκης). Αντίθετα οι κοινωνικές επαφές δεν φαίνεται να διακόπτονται με την απομάκρυνση κάποιου χρήστη. Αυτό επισημαίνει η εργασία του Granovetter, σύμφωνα με την οποία δεν είναι οι (λίγες) ισχυρές αλληλεπιδράσεις που σταθεροποιούν τα κοινωνικά δίκτυα, αλλά οι (πολύ περισσότερες) ασθενείς. Τα δεδομένα της κινητής τηλεφωνίας επιβεβαίωσαν πειραματικά για πρώτη φορά αυτό το στοιχείο. Οι χρήστες που διασυνδέουν ομάδες έχουν μεταξύ τους ασθενείς σχέσεις (μιλούν μεταξύ τους λίγο). Το μεγαλύτερο μέρος των τηλεφωνικών κλήσεων γίνεται στα πλαίσια της ίδιας κοινωνικής ομάδας.

Το Σχ. 2 δείχνει το δίκτυο των 5 βημάτων γύρω από έναν τυχαία επιλεγμένο χρήστη. Στο Σχ. 2 Α φαίνεται η μετρηθείσα ένταση της αλληλεπίδρασης. Για να φανεί η διαφορά, σχεδιάζεται στο 2Β το ίδιο δίκτυο με τυχαία ένταση αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους χρήστες. Παρατηρείται ότι πολλοί δεσμοί ανάμεσα σε ομάδες έχουν πολύ μεγαλύτερη ένταση από την παρατηρηθείσα. Επίσης, σχεδιάζεται στο 2C το ίδιο δίκτυο όπως θα αντιστοιχούσε σε αεροπορικές πτήσεις. Εκεί το μεγαλύτερο πλήθος ατόμων μετακινείται μεταξύ κεντρικών κόμβων, το οποίο είναι αντίθετο με αυτό που παρατηρείται στην κινητή τηλεφωνία.

Στα παραπάνω ελέγχθηκαν τρεις διαφορετικές συσχετίσεις δρώντων, που αντιστοιχούν σε διαφορετικό τρόπο οργάνωσης.

- Στο 2C, οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους κόμβους εξαρτώνται από μακροσκοπικές παραμέτρους του δικτύου. Η ροή από κάθε έναν από αυτούς

διατηρείται, ώστε να διευκολύνεται η συνολική κίνηση. Οι ταξιδιώτες που ταξειδεύουν ανάμεσα σε πρωτεύουσες έχουν συγκεντρωθεί από μικρότερες πόλεις. Η κίνηση στην πρωτεύουσα διατηρείται, καθώς το μεγάλο μέρος των ανθρώπων που φθάνουν στον κόμβο επαναπροωθούνται σε άλλους προορισμούς. Πέρα από δίκτυα τεχνημάτων (όπως το δίκτυο των κέντρων ηλεκτροδότησης, το Internet, κλπ), αυτή η κατανομή ισχύος στην δικτυακή τοπολογία εμφανίζεται και σε κοινωνικά ιεραρχικά σχήματα. Η οργάνωση εκεί απαιτεί υποταγή του ατόμου σε μακροσκοπικούς στόχους, κατανεμημένους ρόλους για συλλογική αποτελεσματικότητα, κόμβους-εργαλεία επίτευξης συλλογικών επιδιώξεων. Το θέμα αυτό θα μας απασχολήσει στο Κεφάλαιο 5 της εργασίας.

- Στο Σχ. 2Β, οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους κόμβους εξαρτώνται αποκλειστικά από τη μεταξύ τους προσωπική σχέση. Ο κοινωνικός περίγυρος δεν επηρεάζει την αλληλεπίδραση, και αυτό οδηγεί σε μεγάλη διασπορά έντασης αλληλεπίδρασης, ανεξάρτητα αν οι κόμβοι ενώνουν χρήστες σε διαφορετικές ομάδες ή μέσα στην ίδια κοινότητα.

- Αντίθετα, στο Σχ. 2Α οι κοινωνικές σχέσεις είναι ισχυρότερες στο εσωτερικό κάθε κοινότητας. Κοιτώντας λεπτομερέστερα, βρέθηκε πως η ένταση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε δύο χρήστες ήταν ανάλογη με τον αριθμό των κοινών τους γνωστών.

Έχουμε επανειλημμένα διατυπώσει τη θέση ότι η κοινωνική φυσική ενδιαφέρεται να συσχετίσει παραμέτρους στα επίπεδα μίκρο- και μάκρο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, μέσα από τα δεδομένα της κινητής τηλεφωνίας, αναγνωρίζονται οι περιορισμοί της αναπαράστασης των κοινωνικών σχέσεων. Με ποιες όμως μακροσκοπικές παραμέτρους μπορούν να συσχετισθούν τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης *στη συγκεκριμένη δικτυακή αναπαράσταση*; Οι Onnela *et al* μελέτησαν δύο παραμέτρους: Τη σταθερότητα του δικτύου και τη μετάδοση πληροφορίας πάνω από αυτό.

Η σταθερότητα του δικτύου μπορεί να καταδειχθεί αν αρχίσουμε να αφαιρούμε τυχαία κόμβους του. Τότε κάποιες από τις ομάδες θα αρχίσουν να ξεχωρίζουν από τον κύριο όγκο του δικτύου (giant component), ο οποίος σταδιακά θα μικραίνει σε μέγεθος. Οι ερευνητές άρχισαν να αφαιρούν κόμβους με προτεραιότητα σε εκείνους που ήταν ισχυρότεροι. Όπως φαίνεται στο Σχ. 3, η μείωση του giant component ήταν σταδιακή, μέχρι οι κόμβοι να αφαιρεθούν όλοι. Μετά οι ερευνητές άρχισαν να αφαιρούν κόμβους με προτεραιότητα σε εκείνους που ήταν ασθενέστεροι. Όταν αφαιρέθηκε το 80% των κόμβων, το δίκτυο διαλύθηκε σε ανεξάρτητους κόμβους. Μάλιστα η πτώση στο μηδενικό μέγεθος εμφανίζει τα χαρακτηριστικά της μεταβολής φάσης. Οι ασθενείς δεσμοί είναι αυτοί που σταθεροποιούν το δίκτυο. Η διαίσθηση του Granovetter επαληθεύτηκε και εδώ. Η σημασία των ασθενών αλληλεπιδράσεων που διαφαινόταν στην έρευνα μερικών εκατοντάδων ερωτηματολογίων, παρατηρήθηκε και στα δεδομένα από εκατομμύρια τηλεφωνικές συνδιαλέξεις κινητών επικοινωνιών.

Η μετάδοση πληροφορίας του δικτύου μελετήθηκε ξεκινώντας από κάποιο τυχαίο χρήστη, ο οποίος μετέδιδε κάποιο δεδομένο σε γείτονές του. Ο χρόνος που απαιτείτο να διαδώσει κάτι που γνώριζε, υποτέθηκε ανάλογος της έντασης της αλληλεπίδρασης με τον γείτονα (δηλαδή ανάλογος του συνολικού χρόνου που αυτοί συνομιλούν στο κινητό τηλέφωνο). Στο Σχ. 4 φαίνεται ο χρόνος που απαιτήθηκε να διαδοθεί στο δίκτυο η πληροφορία. Είναι μια σιγμοειδής καμπύλη, όπως αναμενόταν. Στην αρχή η πληροφορία εξαπλώνεται με δειλά βήματα, μετά απλώνεται με ταχύτατα αυξανόμενους ρυθμούς, έως ότου περιοριστεί από το μέγεθος του δείγματος και επιβραδυνθεί, καθώς λιγοστεύουν οι κόμβοι που δεν έχουν δεχθεί ακόμα τα δεδομένα.

Σχήμα 3: *Η επίδραση της αφαίρεσης δεσμών στο μέγεθος του κύριου (συνεκτικού) όγκου του δικτύου R_{GC}. Τα μαύρα σημεία αντιστοιχούν σε αφαίρεση ισχυρών δεσμών με μειούμενο βάρος. Τα κόκκινα σημεία αντιστοιχούν σε αφαίρεση ασθενών δεσμών με αυξανόμενο βάρος, τα οποία αποσυνθέτουν το δίκτυο γρηγορότερα. Η ισχύς δεσμού υπολογίζεται με δύο τρόπους: Α) με τη διάρκεια του χρόνου συνομιλίας των εκατέρωθεν κόμβων και Β) με τον αριθμό των κοινών γειτόνων των εκατέρωθεν κόμβων. (Onnela et al, 2007) Στην πρώτη περίπτωση, το συνεκτικό δίκτυο R_{GC} συρρικνώνεται στο μηδέν όταν αφαιρεθεί το 80% των ασθενέστερων δεσμών. Στη δεύτερη όταν αφαιρεθεί το 60% των ασθενέστερων δεσμών. Η διαφορά του ποσοστού αφορά κόμβους με μεγάλο χρόνο συνομιλίας, που όμως δεν έχουν πολλούς κοινούς γείτονες.*

Φυσικά, οι μακροσκοπικές αυτές παράμετροι πρέπει να μετρηθούν με ανεξάρτητες εμπειρικές μελέτες. Αν οι μετρήσεις δεν είναι συμβατές με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, αυτό θα σημαίνει ότι υπάρχουν στοιχεία της αλληλεπίδρασης που είναι σημαντικά (πχ, για τη διάδοση της πληροφορίας), τα οποία δεν υπάρχουν ή δεν έχουν ακόμα αποκαλυφθεί στα δίκτυα της κινητής τηλεφωνίας. Άλλωστε, η κινητή τηλεφωνία δεν είναι παρά μια μόνον εκδοχή της έκφρασης της διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης, ένας μόνο από τους τρόπους που συσχετίζονται οι άνθρωποι, ένας από τους δρόμους με τους οποίους φθάνει πληροφορία σε ένα άτομο.

Σχήμα 4: *Η διάχυση της πληροφορίας στο δίκτυο των Onnela et al (2007) στο δίκτυο του Σχ. 2Α. Η ένδειξη "control" είναι για τη διάχυση στο ίδιο δίκτυο από πλευράς τοπολογίας αλλά με ίσο βάρος σε όλους τους δεσμούς.*

Όμως, η έρευνα των κοινωνικών φυσικών Onnela *et al* έθεσε για πρώτη φορά ένα μεθοδολογικό πλαίσιο, με το οποίο μπορεί να συσχετισθεί η κοινωνιολογική έρευνα του Granovetter. Επίσης, πρότεινε ένα νέο δικτυακό περιβάλλον προσομοίωσης όπου μπορούν να αντιπαραβληθούν μετρήσεις μακροσκοπικών στοιχείων δυναμικής.

Η συνεισφορά της παρούσας εργασίας στην συζήτηση αφορά τη συσχέτιση μακροσκοπικών χαρακτηριστικών της συνομιλίας (όπως η διάρκειά της) με διάφορους προσανατολισμούς -orientations των συμμετεχόντων. Υποδεικνύει ότι η κατανομή του Σχ. 1β αθροίζει ανόμοιες μεταξύ τους συμπεριφορές, που αντιστοιχούν σε διαφορετικές δικτυακές τοπολογίες (όχι μόνον μία, όπως υποθέτει το σχήμα 2α) και διαφορετικού τύπου διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις. Τα δεδομένα που επεξεργάζεται διαφέρουν από αυτά των Onnela *et al*, στο ότι αφορούν μεν χρήστες κινητών τηλεφώνων, οι οποίοι όμως δεν επικοινωνούν ανά δύο, αλλά σε μιλούν σε ομάδες.

Τα αποτελέσματα των Onnela *et al* θα αντιπαραβληθούν με νέα στοιχεία από την οικεία έρευνα. Συνοπτικά επίσης αναφέρουμε ότι θα δείξουμε στο κεφάλαιο 5, πως η προσομοίωση του Σχ. 4 για τη μετάδοση της πληροφορίας δεν επαρκεί για τη μελέτη της δυναμικής σε κοινωνικά δίκτυα. Θα προτείνουμε έναν άλλο τρόπο κοινωνικής δικτύωσης, που είναι συμβατός με πειραματικά δεδομένα από τη διάδοση

τεχνολογικών αντικειμένων και ασθενειών στο δίκτυο. Ο τρόπος αυτός θα αντιπαραβληθεί με θεωρητικές μελέτες για τοπολογικά χαρακτηριστικά δικτύου ατόμων που μετέχουν ταυτόχρονα πολλών κοινωνικών ομάδων. Τέλος, στο κεφάλαιο 6 θα μελετήσουμε τις διαφορές στις αλληλεπιδράσεις σε οργανωτικές δομές κατακόρυφης και οριζόντιας κατεύθυνσης, από στοιχεία διοίκησης για την εγκατάσταση και τη λειτουργία δικτύου κινητής επικοινωνίας (TETRA) στην Ελλάδα.

4.4 Διερεύνηση κοινωνικών σχέσεων από δεδομένα ομαδικών κλήσεων κινητής τηλεφωνίας

4.4.1 Μελέτη ομαδικών κλήσεων κινητής τηλεφωνίας

Όπως τονίστηκε αναφέροντας την εργασία των Zimermann και West, οι εθνομεθοδολόγοι έχουν μεγάλες ενστάσεις για τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι κατανομές πιθανότητας από κοινωνιολόγους ή κοινωνικούς φυσικούς. Υποστηρίζουν ότι αυτές αθροίζουν πολύ διαφορετικούς συσχετισμούς μεταξύ των ατόμων. Κάθε περιστατικό οφείλει να μελετάται ξεχωριστά, ώστε να διαπιστώνονται οι προσανατολισμοί της συζήτησης (“orientations”) και η επίδραση/συμμετοχή του περιβάλλοντος (“setting”) στους συνομιλητές. Μόνο τότε μπορεί να γίνει φανερός ο διαπροσωπικός τρόπος δικτύωσης, οι στόχοι της αλληλεπίδρασης, η κατανομή της κοινωνικής ευθύνης, ο συσχετισμός με άλλες πρακτικές των ατόμων, κλπ. Υπό αυτή την έννοια, διαγράμματα όπως εκείνα του Σχ. 1 από τους Onnela *et al* πρέπει να αντιμετωπίζονται με σκεπτικισμό. Ταυτόχρονα όμως, οι εθνομεθοδολόγοι παραδέχονται ότι κατανομές όπως αυτές των Zimermann και West (ή στην περίπτωσή μας οι προβλέψεις των Onnela *et al*) δεν μπορούν να αγνοηθούν – αποτελούν δείκτες κοινωνικών συσχετισμών, επαναλήψιμες μακροσκοπικές κανονικότητες, παρά τη δυσκολία ανάλυσής τους. Υποδεικνύουν μια πιθανοκρατική (μη ντετερμινιστική σύζευξη) ανάμεσα σε μικρο- και μάκρο- κοινωνικά χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούν να μετρηθούν ανεξάρτητα. Η ύπαρξη μιας τέτοιας σύζευξης αποτελεί αντικείμενο διερεύνησης και εκτός κοινωνικής φυσικής, από

εθνομεθοδολόγους.[340] Και το αντίστροφο – αποτελέσματα εθνομεθοδολογικής μελέτης για το είδος των αλληλεπιδράσεων μπορεί να είναι οδηγός για κοινωνικούς φυσικούς, ώστε να αναλύσουν κατανομές (όπως αυτές στο Σχ. 1) σε επί μέρους υποπεριπτώσεις στο μικροσκοπικό επίπεδο.

Σε αυτή την κατεύθυνση κινήθηκε η μελέτη που θα αναφερθεί παρακάτω. Αφορά δεδομένα κινητής τηλεφωνίας από ομαδικές κλήσεις που συνελλέγησαν σε διάστημα έξη μηνών από το εμπορικό δίκτυο TETRA στην Ελλάδα. Τα δεδομένα αυτά εμφανίζουν χαρακτηριστικά συνεπή με τις μετρήσεις των Onnela *et al*. Μπορούν όμως να φωτίσουν ένα επί πλέον διαχωρισμό, που εξαρτάται από τον εννοιολογικό προσανατολισμό της συζήτησης και τις αντίστοιχες διαφορετικές ανάγκες επικοινωνίας. Συγκεκριμένα, ένα κύριο συμπέρασμα είναι ότι οι επαγγελματικές συνομιλίες των ατόμων διαφέρουν από συνομιλίες που κάνουν οι ίδιοι στον ελεύθερο χρόνο τους – είναι επομένως "content oriented". Όπως όμως προτείνουν εθνομεθοδολόγοι, βρίσκουμε ότι οι διαφορές είναι ταυτόχρονα και "content free", καθώς μπορούν να μελετηθούν στατιστικά ανεξάρτητα των συνθηκών που εμφανίζεται κάθε περιστατικό. Ο διπλός αυτός ρόλος της ομιλίας *αντικατοπτρίζεται ποσοτικά* σε χαρακτηριστικά συνομιλιών (όπως η διάρκεια των κλήσεων), τα οποία ακολουθούν διαφορετικές κατανομές πιθανότητας την ημέρα από εκείνες τη νύχτα ή τις ώρες του μεσημεριού. Η ανάλυση υποδεικνύει πως οι διαφορές στις στατιστικές κατανομές υποδεικνύουν διαφορετικού τύπου αλληλεπιδράσεις και διαφορετική τοπολογία δικτύωσης των ατόμων.

Μια νέα, μη αναμενόμενη σύζευξη, που ενδεχομένως θα ενδιέφερε την εθνομεθοδολογική έρευνα, εμφανίζεται επίσης κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα χρησιμοποιούν το χρόνο για να εκφραστούν σε διάλογο είναι παρόμοιος με εκείνον όταν χρησιμοποιούν χρήματα σε οικονομικές συναλλαγές. Η διαχείριση του χρόνου είναι παρόμοια με τη διαχείριση του χρήματος.

[340] Η άποψη αυτή διατυπώνεται, για παράδειγμα, από τον Wilson (1991) στο Boden (1991), p.39.

4.4.2 Μορφή ομαδικών συνομιλιών μέσω κινητών τερματικών TETRA

Το κινητό τηλέφωνο "TETRA" μοιάζει πολύ με το συνηθισμένο κινητό τηλέφωνο. Όμως προσφέρει πολύ πιο αξιόπιστη υπηρεσία από αυτό και παρέχει υπηρεσίες προσαρμοσμένες σε επαγγελματική χρήση (ομαδικές κλήσεις, κλήσεις προτεραιότητας, κλήσεις ανάγκης, ασφάλεια κλήσεων και κρυπτογράφηση, κλπ). Χρησιμοποιείται λοιπόν παγκοσμίως για επαγγελματική κυρίως χρήση. Στην Ελλάδα μπορεί εύκολα να το δει κανείς να χρησιμοποιείται στον Διεθνή Αερολιμένα της Αθήνας, από την Ελληνική Αστυνομία και Πυροσβεστική ή ιδιωτικές εταιρείες ραδιοταξί.[341] Στο Σχ. 5 φαίνεται ένα από τα τερματικά που χρησιμοποιήθηκαν την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων 2004 στην Αθήνα, όταν γίνονταν και οι μετρήσεις που θα αναλυθούν παρακάτω. Επιπλέον των πλήκτρων του συνηθισμένου κινητού τηλεφώνου υπάρχει και ένα κουμπί στο πλάι – το "Push-to-Talk" button ή PTT. Αυτό χρησιμοποιείται από τους χρήστες στις ομαδικές κλήσεις ως εξής:

Οι συνδρομητές του TETRA ομαδοποιούνται σύμφωνα με τις ανάγκες της υπηρεσίας τους. Πατώντας το κουμπί PTT στο τερματικό, ένα μέλος της ομάδας μιλά και όλα τα άλλα μέλη της ομάδας ακούν. Η ομάδα μπορεί να αποτελείται από ελάχιστα (πχ, τρία) έως εκατοντάδες μέλη. Ένας συνδρομητής TETRA μπορεί να μετέχει πολλών ομάδων. Κάθε φορά όμως επιλέγει από το μενού του κινητού του μία μόνο από αυτές, για να συμμετέχει σε ομαδική κλήση.[342]

[341] Όλα τα σώματα ασφαλείας στις χώρες που έχουν υπογράψει τη συνθήκη της Schengen για διασυνοριακή επικοινωνία οφείλουν να εξοπλιστούν με ψηφιακά τυποποιημένα συστήματα ενδοεπικοινωνίας όπως το TETRA.

[342] Η δομή των ομάδων μπορεί να είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη. Ομάδες μπορούν να είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες, να επικαλύπτονται ή να αποτελούν η μια υποσύνολο της άλλης. Μπορούν έτσι *να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε δομή management μιας επιχείρησης ή μιας διοργάνωσης,* είτε αυτή είναι ιεραρχική είτε οριζόντια δομημένη. Επίσης, τα μέλη μιας ομάδας δεν είναι ανάγκη να βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων 2004, για παράδειγμα, η τεχνική ομάδα ελέγχου του δικτύου του ΟΤΕ αποτελείτο από μέλη και στις πέντε Ολυμπιακές πόλεις στην Ελλάδα. Με το κουμπί PTT επικοινωνούσαν όλοι ταυτόχρονα με ομαδική κλήση.

Σχήμα 5: *Η τερματική συσκευή TETRA διαθέτει ένα κουμπί PTT τοποθετημένο στο πλάι, που χρησιμοποιείται στις ομαδικές κλήσεις. Η εικονιζόμενη συσκευή είναι Motorola MTH-300 που χρησιμοποιήθηκε στη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων 2004.*

Όταν ο συνδρομητής σταματήσει να μιλά, αφήνει το κουμπί PTT. Ένας άλλος θα απαντήσει, πατώντας το PTT στο δικό του τερματικό. Αυτός που μιλά κάθε φορά δεν μπορεί να διακοπεί, όσο πατά το PTT. Ο διάλογος λοιπόν στην ομαδική κλήση δεν έχει επικαλυπτόμενο λόγο. Στο Σχ. 6 φαίνεται σχηματικά η μορφή της κλήσης. Αποτελείται από μια αλληλουχία PTTs, που απέχουν ένα μικρό διάστημα μεταξύ τους που σημειώνουμε με τ_s. Όταν το τ_s είναι πολύ μεγάλο, αυτό σημαίνει ότι κανείς δεν απαντά στον προηγούμενο ομιλήσαντα και η κλήση θεωρείται ότι έληξε.

Σχήμα 6: *Η ομαδική κλήση TETRA αποτελείται από μία αλληλουχία PTTs, τα οποία αντιστοιχούν σε τμήματα ομιλίας μελών της ομάδας. Όταν ο χρόνος σιωπής που μεσολαβεί διαδοχικώνPTTs υπερβεί ένα χρονικό όριο τ_s, η ομαδική κλήση θεωρείται λήξασα. Στο σχήμα θεωρούμε ότι T_n και $T_{n+2} < \tau_s$ ενώ $T_{n+2} > \tau_s$.*

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι η ομαδική κλήση διαφέρει από τις κλήσεις κινητής τηλεφωνίας που μελέτησαν οι Onnela *et al*. Ο τύπος του διαλόγου που επιτρέπει το TETRA έχει την ιδιαιτερότητα της σειριακής ομιλίας χωρίς επικαλύψεις. Αν επιτρεπόταν επικάλυψη λόγου σε ομαδική κλήση, κανείς ενδεχομένως δεν θα καταλάβαινε ποιος μιλά ή τι προσπαθεί να πει.[343]

Παρά τον ασυνήθιστο τύπο σειριακού διαλόγου που προκύπτει, το σύστημα είναι πολύ πρακτικό και χρησιμοποιείται ευρύτατα από επαγγελματίες, κάτι που το καθιστά χρήσιμο για απόκτηση ερευνητικών δεδομένων. Η ψηφιακή τεχνολογία προσφέρει τη δυνατότητα στον ερευνητή να γνωρίζει τη συνεισφορά κάθε συνομιλητή, όπως διάρκεια ομιλίας, συχνότητα ομιλίας, σε ποια μέλη της ομάδας απαντούσε, αν ήταν αυτός που ξεκινούσε ή τελείωνε τις συζητήσεις, κλπ. Τα «συντακτικά» αυτά στοιχεία του διαλόγου μπορούν να μελετηθούν για συγκεκριμένες επαγγελματικές ομάδες, που διαφέρουν στον τρόπο οργάνωσης (πχ, ιεραρχικά δίκτυα σωμάτων ασφαλείας ή οριζόντια οργανωμένες ομάδες έργου). Επίσης μπορούν να μελετηθούν διάφορες παρεχόμενες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες TETRA, εκτός από ομαδικές κλήσεις, όπως συνήθεις κλήσεις κινητής τηλεφωνίας ανάμεσα σε ζεύγη χρηστών, κλήσεις ανάγκης, κλπ.

Εδώ θα διερευνηθεί η διάρκεια των ομαδικών κλήσεων. Ένας τηλεπικοινωνιακός μηχανικός δεν έχει πρόσβαση (εκτός ασυνήθιστων περιπτώσεων δικαστικής διερεύνησης) στο περιεχόμενο μιας συζήτησης. Έχει όμως πρόσβαση σε όλα τα «συντακτικά» στοιχεία που προαναφέρθηκαν, δεδομένου ότι από αυτά, για παράδειγμα, προκύπτει η τιμολόγηση και η χρέωση της υπηρεσίας στο χρήστη. Δεδομένης της μη πρόσβασης σε περιεχόμενο της συνομιλίας και της ειδικής δομής της συνδιάλεξης που φαίνεται στο Σχ. 6, τίθεται το θέμα πώς ορίζεται η διάρκεια μιας ομαδικής κλήσης – πότε δηλαδή ακριβώς θα θεωρηθεί ότι η κλήση ολοκληρώθηκε. Ποιοτικά, όταν δεν απαντηθεί ένα PTT *για μεγάλο χρονικό διάστημα* σημαίνει ότι η συζήτηση έχει λήξει. Πόσο όμως είναι αυτό το «μεγάλο χρονικό διάστημα» που συμβολίζουμε με τ_s;

[343] Το φαινόμενο όπου πολλοί μιλούν ταυτόχρονα εμφανίζεται στα τηλεοπτικά «παράθυρα», τα οποία πρωτο-χρησιμοποιήθηκαν από την δημοσιογράφο Έλλη Στάη σε συνεντεύξεις πολιτικών προσώπων. Στην τηλεόραση όμως ο θεατής υποβοηθείται από την οπτική απεικόνιση των ομιλητών, για να εστιάσει σε κάποιον από αυτούς και να τον ξεχωρίζει από άλλους που μιλούν ταυτόχρονα.

Δεν είναι ασυνήθιστο μια συζήτηση να μην ολοκληρώνεται ποτέ. Ακόμη και αν διακοπεί σε κάποιο σημείο, η συζήτηση μπορεί να συνεχιστεί πολύ αργότερα (πχ, την επόμενη ημέρα αν τ_s>24 ωρών), ξαναγεννημένη από καινούργια δεδομένα ή από την επιμονή των συμμετεχόντων. Παρόλα αυτά, για να μελετήσουμε διαλογικές συζητήσεις, είναι απαραίτητο να μην επιτρέψουμε μεγάλη διάρκεια σιωπής τ_s μεταξύ των τμημάτων ομιλίας, τα οποία θεωρούνται ότι ανήκουν στην ίδια διαλογική συνομιλία. Σε τηλεοπτικές εκπομπές, για παράδειγμα, μια τιμή τ_s = 5s αντιστοιχεί σε υπερβολικά μεγάλο διάστημα για να σωπαίνουν οι συνομιλητές σε μια συνέντευξη. Για να βρούμε μια ρεαλιστική τιμή για τις ομαδικές κλήσεις TETRA, χρησιμοποιούμε τα δεδομένα στο Σχ. 7.

Σχήμα 7: *Αθροιστική στατιστική κατανομή των χρόνων που μεσολαβούν των PTTs της ίδιας ομάδας ομιλίας. Χρόνοι μικρότεροι από ~10s αντιστοιχούν σε PTTs που ανήκουν στην ίδια διαλογική συζήτηση.*

Παρατηρούμε ότι η κατανομή πιθανότητας του χρόνου, που μεσολαβεί ανάμεσα σε PTT *της ίδιας ομάδας* στα δεδομένα που αναλύουμε, παρουσιάζει διαφορετική συμπεριφορά γύρω από την τιμή ~10 s. Για τιμές πολύ μεγαλύτερες από τ_s>10 s, η καμπύλη εμφανίζει εκθετική μείωση (ευθεία γραμμή σε λογαριθμικό διάγραμμα), κάτι που αναμένουμε αν τα PTT ήταν τυχαία. Μπορεί να υποτεθεί λοιπόν ότι χρονική διάρκεια σιωπής τ_s>10 s αντιστοιχεί σε διαφορετικές διαλογικές συζητήσεις, ενώ

τ_s<10 s αντιστοιχούν σε τμήματα διαλόγου στην ίδια διαλογική συζήτηση. Δεδομένου ότι θέλουμε να μελετήσουμε τη δυναμική συγκεκριμένων διαλόγων, υιοθετούμε μια τιμή τ_s<10 s, ώστε να μην ενώνουμε τμήματα διαφορετικών διαλόγων. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχει καμιά διαφορά αν επιλέξουμε οποιαδήποτε τιμή από τ_s = 3 έως 7 s.

Οι διάλογοι επομένως που διερευνούμε αποτελούνται από μια αλληλουχία PTTs που απέχουν μεταξύ τους μερικά δευτερόλεπτα το πολύ. Οι διαλογικές συζητήσεις λίγο διαφέρουν ανάλογα με τη μέγιστη διάρκεια των σιωπηρών διαστημάτων ανάμεσα στα PTTs, όπως φαίνεται από το Σχ. 8. Τριπλασιάζοντας την τιμή του από τ_s = 3 σε 9 s επηρεάζεται λιγότερο από το 3% των κλήσεων, οι οποίες αποτελούνται από περισσότερα από ~12 PTTs.

Σχήμα 8: *Αθροιστική στατιστική κατανομή του αριθμού των PTTs ανά ομαδική κλήση. Η παράμετρος τ_s επηρεάζει το 3% περίπου των κλήσεων. Ένθετο: Μέσος όρος αριθμού χρηστών ανά ομαδική κλήση με τ_s*= 3 s.

Τα δεδομένα που αναλύσαμε συνελλέγησαν ολόκληρο το δεύτερο εξάμηνο του 2004 στο δίκτυο TETRA, το οποίο παρέχει ο ΟΤΕ για επαγγελματική ιδιωτική χρήση. Το δίκτυο αυτό ξεκίνησε τη λειτουργία του με την έναρξη λειτουργίας του Διεθνούς

Αερολιμένα Αθηνών το 2001 και εξαπλώθηκε, ώστε σήμερα να είναι από τα μεγαλύτερα δίκτυα δημόσιας πρόσβασης παγκοσμίως. Αποτέλεσε το δίκτυο με το οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι κινητές επικοινωνίες που αφορούσαν τη λειτουργία των Ολυμπιακών και Παρολυμπιακών Αγώνων. Συγκεκριμένα, την περίοδο Ιουνίου – Δεκεμβρίου 2004 χρησιμοποιήθηκε από 16000 συνδρομητές, που περιλάμβαναν 9000 μέλη της Ολυμπιακής κοινότητας (διοίκηση, τεχνικές υπηρεσίες, διαιτητές αγωνισμάτων, ιατρικό προσωπικό, εθελοντές, κλπ). Επίσης, χρησιμοποιήθηκε από επαγγελματίες που σχετίζονταν με τους Αγώνες, συγκοινωνιακά μέσα (αεροδρόμια, μετρό, προαστιακός σιδηρόδρομος, λεωφορεία, ΤΑΧΙ, υπηρεσίες λιμουζινών, κλπ), κρατικούς οργανισμούς, ιδιωτικές εταιρείες ασφαλείας, catering, κλπ. Οι χρήστες είχαν οργανωθεί σε ~5000 ομάδες, με κάθε ομάδα να αποτελείται κατά μέσο όρο από N=20 μέλη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις 18 μέρες των Ολυμπιακών Αγώνων ο αριθμός των PTTs ξεπέρασε τα 12.4 εκατομμύρια.

Σχήμα 9: *Τυπικό δείγμα δεδομένων που αναλύθηκαν. Διακρίνεται ο αριθμός των ενεργών κλήσεων με δειγματοληψία ανά δευτερόλεπτο, που κυμαίνεται γύρω από μια μέση τιμή ~8 συνδιαλέξεων.*

Αναλύσαμε 15 σειρές PTTs της περιόδου Ιουνίου – Δεκεμβρίου 2004, που καταγράφηκαν πριν, κατά τη διάρκεια και μετά τους Αγώνες. Κάθε σειρά αποτελείται από ~60000 PTTs, που αντιστοιχούν σε ~10000 ομαδικές κλήσεις. Οι συνδρομητές επικοινωνούσαν από 40 σταθμούς βάσης κινητής επικοινωνίας TETRA στην Αττική, τις πόλεις Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Βόλο και τις πρωτεύουσες των τεσσάρων νομών της Κρήτης, καθώς και μεγάλο μέρος του δικτύου εθνικών οδών. Οι σειρές των

δεδομένων που μελετήθηκαν, επιλέχθηκαν με μοναδικό κριτήριο να αντιστοιχούν σε σχετικά σταθερή τηλεπικοινωνιακή κίνηση (5-10 ενεργές συνδιαλέξεις με δειγματοληψία ανά δευτερόλεπτο), καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής.[344]

4.4.3 Ανάλυση των δεδομένων

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε στοιχεία της δυναμικής των διαλόγων που εκτυλίσσονται με τις ομαδικές κλήσεις στο TETRA. Θα εξετάσουμε την στατιστική κατανομή των χρονικών διαστημάτων μεταξύ κλήσεων και τη διάρκεια των κλήσεων. Η δεύτερη στατιστική κατανομή θα αντιπαραβληθεί με εκείνην του Σχ. 2β, από τη μελέτη των Onnela *et al.*

Σχήμα 10: *Αθροιστική στατιστική κατανομή του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ ομαδικών κλήσεων. Όταν $\tau_s \geq 8s$, η κατανομή είναι εκθετική (ευθεία καμπύλη σε λογαριθμικό διάγραμμα) και οι κλήσεις είναι μεταξύ τους ασυσχέτιστες.*

[344] Για λεπτομερέστερη περιγραφή δες Xenikos (2009). Επίσης, P. Papagiannopoulos, D. G. Xenikos and P. Vouddas (2009).

Στο Σχ. 10 παρουσιάζεται η κατανομή του χρονικού διαστήματος μεταξύ συνεχόμενων ομαδικών κλήσεων, όπως αυτές καταγράφονται στο δίκτυο. Ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου τ_s, που θέτουμε για τη μέγιστη επιτρεπτή σιωπηρή περίοδο ανάμεσα στα PTT μιας ομαδικής κλήσης, παίρνουμε ελαφρά διαφορετική καμπύλη. Όταν $\tau_s \geq 8s$ η κατανομή που παίρνουμε είναι μια απλή εκθετική καμπύλη, που απεικονίζεται σαν ευθεία στο λογαριθμικό διάγραμμα. Αυτό δείχνει ότι οι κλήσεις εκκινούν με τυχαίο τρόπο. Όταν τ_s είναι της τάξεως των 3s εμφανίζεται μια απόκλιση από την ευθεία, που σημαίνει απλά ότι κάποιες από τις ομαδικές κλήσεις, που ορίζονται με αυτή την τιμή του τ_s, συσχετίζονται. Αυτό αναμενόταν και από την ανάλυση που έγινε για το Σχ. 7. Το στοιχείο που επιβεβαιώνεται εδώ είναι ότι οι άνθρωποι σε ένα μεγάλο δείγμα *εκκινούν κλήσεις με τυχαίους ρυθμούς*. Τα ερεθίσματα, που τους ωθούν να μιλήσουν μεταξύ τους, είναι τυχαία. Οι περιστάσεις που γεννούν διαλόγους εμφανίζονται σε τυχαίο χρόνο, όπως συμβαίνει σε ασυσχέτιστα γεγονότα, όπου δεν υπάρχει μνήμη προηγούμενων συνομιλιών.

Γνωρίζουμε φυσικά ότι αυτό δεν συμβαίνει για τον κάθε άνθρωπο ξεχωριστά. Αντίθετα, κάθε άνθρωπος απαντά με συγκεκριμένους ρυθμούς σε αλληλογραφία με επιστολές ή σε ηλεκτρονικά μηνύματα (e-mails).[345] Παρόμοια, στην περίπτωση των ομαδικών κλήσεων που διερευνούμε, κάθε ομάδα εκκινεί μια διαλογική συζήτηση για τους δικούς της λόγους, οι οποίοι ενδέχεται να μην είναι τυχαίοι. Η τυχαιότητα που παρατηρούμε στο Σχ. 10 είναι επιφαινόμενη του μεγέθους του δείγματος που διερευνούμε, το οποίο εμπεριέχει λίγες μόνο συνομιλίες από κάθε ομάδα, που δεν μπορούν να επηρεάσουν την μετρούμενη κατανομή. Η τυχαιότητα λοιπόν αφορά το ασυσχέτιστο των ομάδων, οι οποίες εκτελούν τις ομαδικές κλήσεις που καταγράφονται στο δείγμα. Ασυσχέτιστες ομάδες παρουσιάζουν και ασυσχέτιστο χρόνο έναρξης συνομιλιών.

[345] Barabási A.-L. (2005) The origin of bursts and heavy tails in human dynamics. *Nature* 435, 207.

Σχήμα 11: *Στατιστική κατανομή διάρκειας ομαδικών κλήσεων με* τ_s *= 5 s.*

Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα για το χρόνο μεταξύ κλήσεων, η διάρκεια των ομαδικών κλήσεων δεν αφορά συσχετισμούς μεταξύ ετερόκλητων ομάδων και έτσι εμφανίζει διαφορετικά (μη-τυχαία) στατιστικά χαρακτηριστικά. Μπορούμε να απεικονίσουμε τη στατιστική κατανομή της διάρκειας κλήσεων με διάφορους τρόπους. Στο Σχ. 11 δείχνουμε το ποσοστό των κλήσεων που έχουν συγκεκριμένη διάρκεια, από λίγα έως 100 δευτερόλεπτα Πολλές κλήσεις διαρκούν 3-6 δευτερόλεπτα και αντιστοιχούν PTT που έμειναν αναπάντητα. Όσο μακρύτερη η διάρκεια της κλήσης, τόσο λιγότερες και οι κλήσεις που αντιστοιχούν σε αυτή τη διάρκεια. Για να αντιπαραβάλλουμε τα δεδομένα αυτά με εκείνα των Onnela *et al*, σχεδιάζουμε το διάγραμμα του Σχ. 12. Εκεί σημειώνονται τα ίδια σημεία του Σχ. 11, αλλά οι άξονες είναι και οι δύο λογαριθμικοί. Επίσης, αυτό που απεικονίζεται είναι η *αθροιστική* κατανομή πιθανότητας, δηλαδή πόσες κλήσεις έχουν διάρκεια μεγαλύτερη από συγκεκριμένη τιμή. Η καμπύλη της κατανομής λοιπόν ξεκινά από το σημείο (1,1).[346] Παρατηρούμε ότι στην τιμή $t_w \approx 30$ s συμβαίνει κάτι αξιοσημείωτο. Τα δεδομένα που αντιστοιχούν σε πρωινές ώρες εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά από δεδομένα που αντιστοιχούν σε ομαδικές κλήσεις που έγιναν τη νύχτα. Σε μαθηματική ορολογία, οι κατανομές πιθανότητας είναι “log-normal” στην πρώτη περίπτωση και “power law” στη δεύτερη.

[346] Ήτοι το (10^0, 10^0) που σημαίνει φυσικά ότι δεν υπάρχει καμία κλήση με διάρκεια μικρότερη του μηδενός.

Σχήμα 12: *Αθροιστική στατιστική κατανομή διάρκειας ομαδικών κλήσεων με τ_s = 5 s, για δύο σετ δεδομένων που εμφανίζουν διαφορετική συναρτησιακή συμπεριφορά πάνω από μια τιμή t_w= 30 s.*

Το αποτέλεσμα αυτό ελέγχθηκε με τις συνήθεις πρακτικές ανάλυσης για να διερευνηθεί η γενικότητά του. Το Σχ. 13, για παράδειγμα, δείχνει ότι το αποτέλεσμα δεν επηρεάζεται από τιμές της παραμέτρου τ_s = 3 – 7 s, που αφορά την επιτρεπτή διάρκεια των σιωπηρών διαστημάτων μεταξύ PTTs. Επίσης, η ίδια ανάλυση επαναλήφθηκε με πολλές σειρές δεδομένων, καθ' όλη τη διάρκεια Ιουνίου – Δεκεμβρίου του 2004. Βρέθηκε ότι η συσχέτιση συγκεκριμένης στατιστικής κατανομής με την ώρα της ημέρας δεν είναι απόλυτη. Η ώρα προσφέρει μια γενική ένδειξη, αλλά δεν είναι η αποκλειστική αιτία που καθορίζει τα χαρακτηριστικά της συνομιλίας. Συγκεκριμένα, σε μια από τις 15 σειρές που αντιστοιχούσαν σε νυχτερινά δεδομένα εμφανίστηκε η κατανομή log-normal, που είναι συνήθης σε διαλόγους της ημέρας. Επίσης, μια σειρά που περιείχε ομαδικές κλήσεις στις ώρες του μεσημεριού (2-4 μμ) εμφάνιζε την κατανομή power law, που αντιστοιχεί συνήθως σε δεδομένα νυχτερινών ωρών.

Σχήμα 13: *Η εξάρτηση της αθροιστικής στατιστικής κατανομής διάρκειας ομαδικών κλήσεων από την παράμετρο 3 s ≤ τ_s ≤ 7 s. Επάνω, κλήσεις που αντιστοιχούν σε κατανομή log-normal. Κάτω, κλήσεις που αντιστοιχούν σε κατανομή με κατάληξη δύναμης εκθέτη (power law),για κλήσεις διάρκεια μεγαλύτερη από μια τιμή κατωφλίου t_w= 30 s.*

Ανεξάρτητα από το αν τελικά οι δύο τύποι κατανομών συσχετίζονται με διαφορετικού περιεχομένου συνομιλίες (επαγγελματικού ή περισσότερο προσωπικού), που είναι σύνηθες τις αντίστοιχες ώρες της ημέρας ή της νύχτας, το στοιχείο που πρέπει να κρατηθεί εδώ είναι το εξής: Οι κατανομές διάρκειας κινητών επικοινωνιών, όπως αυτή του Σχ. 1β στη μελέτη των Onnela *et al*, δεν αντιστοιχεί σε μια γενικευμένη συμπεριφορά, από όπου μπορεί να συναχθεί ενός τύπου κοινωνική

αλληλεπίδραση. Είναι συνισταμένη πολλών διαφορετικών συμπεριφορών και, ενδεχομένως, διαφορετικών κοινωνικών συσχετισμών. Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε δύο από αυτούς, τους οποίους εξάγουμε από τα δεδομένα μας.

Έχει ήδη αναφερθεί ότι δεν υπάρχει πρόσβαση από τον ερευνητή στο περιεχόμενο των συνομιλιών που μελετώνται. Κάτι τέτοιο θα αποτελούσε παραβίαση προσωπικών δεδομένων. Η ανάλυση λοιπόν που μπορεί να γίνει συσχετίζει μόνο «συντακτικά» στοιχεία του διαλόγου με τη συνολική του διάρκεια. Τέτοια στοιχεία μπορεί να είναι διάρκεια ομιλίας συγκεκριμένων συμμετεχόντων, η σειρά που παίρνουν το λόγο, κλπ. Εστιάζοντας στη διάρκεια των κλήσεων, πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι είναι αναμενόμενο τη νύχτα οι άνθρωποι να μιλούν με λιγότερο άγχος και οι συνομιλίες να διαρκούν περισσότερο. Το σημείο αφετηρίας της ανάλυσης (κάτι που δεν είναι καθόλου προφανές) είναι το γιατί παρατηρούνται *δύο διαφορετικές στατιστικές κατανομές* (κατανομή log-normal και power law, αντίστοιχα), και εάν αυτό αντανακλά διαφορετικό *τρόπο αλληλεπίδρασης* μεταξύ των συνομιλητών.

4.4.4 Ένα μοντέλο για την συνομιλία

Σε κάθε ομάδα ανθρώπων που συνομιλούν, παρατηρεί κανείς πλήθος διαφορετικών συμπεριφορών. Άλλοι εκφράζονται άνετα και κρατούν το λόγο επί μακρόν, παίρνουν το λόγο πολλές φορές. Άλλοι πάλι ακούν προσεκτικά, αλλά μιλούν σπάνια. Υπάρχουν επίσης φορές που τα μέλη μια ομάδας που συνομιλούν ακολουθούν κάποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας ή υπακούουν σε μια ιεραρχία (πχ, δυνάμεις ασφαλείας), που τους επιτρέπει να μιλούν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις ή να απαντούν σε συγκεκριμένους προϊσταμένους. Προσωπικές προτιμήσεις διαδραματίζουν, επίσης, ρόλο στη σειρά των ερωταποκρίσεων. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μιας συζήτησης (η οποία στην περίπτωση του TETRA περιέχει σειριακό λόγο, χωρίς επικαλύψεις) μπορούν να απεικονιστούν με τη μορφή δικτύου: Οι κόμβοι αναπαριστούν συνομιλητές και οι δεσμοί υποδηλούν τη διαδοχή τους στο διάλογο (δες Σχ. 14).

Σχ. 14: *Δίκτυο διαλόγου από ομαδική κλήση που εκκινεί ο χρήστης τερματικού '1' και απολύει ο χρήστης '8'. Τα βέλη δείχνουν τη φορά στην αλληλουχία των PTTs κατά τη διαλογική συζήτηση.*

Κατασκευάζουμε ένα μοντέλο συνομιλίας ως εξής: Θεωρούμε χρονικά σημεία $\{s_0, s_1, s_2, \ldots, s\}$, στα οποία ένα άτομο δέχεται ένα ερέθισμα για να μεταβάλει τη στάση του στη συζήτηση – να εισέλθει ή να διακόψει να μιλά, να εντείνει την προσοχή του ή να αδιαφορήσει, κλπ. Τα χρονικά αυτά σημεία μπορεί να σηματοδοτούν ένα επιχείρημα που διατυπώθηκε και απαιτεί περεταίρω υποστήριξη, ένα ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί, μια λέξη που ειπώθηκε και υπενθύμισε κάτι στο συνομιλητή, ή ακόμα και ένα τυχαίο συμβάν που πρέπει να σχολιαστεί. Φυσικά, αυτά τα χρονικά βήματα χωρίζουν το χρονικό διάστημα που εξελίσσεται ο διάλογος σε φράσεις ή λέξεις, με κάθε ένα διάστημα να έχει τυχαία διάρκεια και το πλήθος των βημάτων s να είναι ένας μεγάλος αριθμός.

Η συμμετοχή ενός ατόμου i στη συζήτηση έχει χρονική διάρκεια ℓ_i, όπου το i παίρνει τιμές από 1 έως το πλήθος N των ατόμων στην ομάδα (ι = 1,2,3,…N). Η συμμετοχή του ξεκινά από το χρονικό σημείο που εστίασε την προσοχή του στη συνομιλία (είτε μιλώντας αμέσως, είτε ακούγοντας προσεκτικά). Είναι εύλογο να θεωρήσουμε ότι το άτομο που ξεκίνησε τη συζήτηση παρακολουθεί και συμμετέχει στη συζήτηση που ο ίδιος ξεκίνησε, έως το τέλος. Δηλαδή, ότι η διάρκεια του διαλόγου διαρκεί όσο και η συμμετοχή του πρώτου ομιλήσαντα. Διατυπώνοντας το σημείο αυτό διαφορετικά,

θεωρούμε ότι η διάρκεια της ομαδικής κλήσης ταυτίζεται με το χρόνο συμμετοχής ενός τουλάχιστον από τα μέλη της ομάδας.

Αφού ορίσαμε τα μεγέθη, προχωρούμε να καταστρώσουμε μια γενική εξίσωση που να περιγράφει τη δυναμική του διαλόγου. Αυτή είναι μια διαφορική εξίσωση που συνδέει τον ρυθμό που μεταβάλλεται η ποσότητα ℓ_i ενός ομιλητή i σε σχέση με την ομιλία ℓ_j των υπολοίπων μελών $j \neq i$ της ομάδας.[347] Για απλότητα θεωρούμε το όριο που το s είναι πολύ μεγάλο και προσεγγίζεται με συνεχή μεταβλητή, ώστε ο ρυθμός μεταβολής του ℓ_i να περιγράφεται από την παράγωγό του ως προς s.[348] Γράφουμε την εξίσωση του μοντέλου:

$$d\ell_i/ds = \eta\, \ell_i + \Sigma_j\, J_{ij}\, \ell_j - \Sigma_i\, J_{ji}\, \ell_i \qquad (1)$$

Υπάρχουν τρεις όροι στο δεξί μέρος της εξίσωσης. Ο πρώτος καταγράφει την τάση ενός ατόμου να μιλά συνήθως πολύ ή λίγο. Οι άλλοι δύο όροι αντιστοιχούν στην αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της ομάδας, η οποία άλλοτε επιμηκύνει και άλλοτε συντομεύει τη συζήτηση, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα:

- Ο πρώτος όρος υποδηλώνει ότι ένας ομιλητής που μιλάει επί μακρόν (μεγάλο ℓ_i) έχει την τάση να εξακολουθήσει να μιλά πολύ, έχει δηλαδή μεγάλο ρυθμό $d\ell_i/ds$. Αντίθετα, κάποιος που μιλά σπάνια (μικρό ℓ_i), θα διατηρήσει χαμηλό ρυθμό μεταβολής της συμμετοχής του στο διάλογο. Η παράμετρος η είναι ένας τυχαίος αριθμός (από μια κατανομή Gauss με διασπορά $2\sigma^2$), για να εισάγουμε διακυμάνσεις στη συμπεριφορά του ομιλητή.

- Ο δεύτερος όρος περιγράφει ότι ο ομιλητής i παρακινείται *να μιλήσει περισσότερο*, από ερεθίσματα που του προκαλούνται καθώς μιλούν άλλα μέλη j της ομάδας. Υπάρχει μια σταθερή αναλογίας J_{ij} που περιγράφει την επίδραση που του ασκεί κάθε συνομιλητής j.

[347] Όταν οι φυσικοί μιλούν για «δυναμική» ενός συστήματος εννοούν ότι καταστρώνουν και επιλύουν μια διαφορική εξίσωση που συνδέει το ρυθμό αλλαγής μιας παραμέτρου του συστήματος με τις υπόλοιπες παραμέτρους του.
[348] Λεπτομερέστερη μαθηματική ανάλυση στη δυναμική εξίσωση που θα καταστρώσουμε, για την περίπτωση όπου το s παραμένει διακριτό, έχει ήδη γίνει στο Bouchaud (2000).

- Ο τρίτος όρος περιγράφει το κατά πόσο η συνομιλία *συντομεύει* σε διάρκεια, από αυτά που ανακοινώνει στην ομάδα ο ομιλητής i, τα οποία ενδεχομένως επιλύουν κάποιο ζήτημα. Άλλωστε, ένας από τους στόχους των ομιλητών είναι να εξαντλήσουν το θέμα που τους απασχολεί. Το αρνητικό πρόσημο υποδηλοί την *ελάττωση* του ρυθμού $d\ell_i/ds$, που προκύπτει από τη συνεισφορά του ℓ_i στο διάλογο επηρεάζοντας τη συμμετοχή των συνομιλητών j. Υπάρχει και εδώ μια σταθερή αναλογίας J_{ji} που περιγράφει την επίδραση που ασκεί σε κάθε ομιλητή j.

Η εξίσωση 1 έχει επιλυθεί για πλήθος περιπτώσεων αλληλεπίδρασης. Για δεδομένους όρους J_{ij}, η λύση της εξίσωσης είναι μια κατανομή πιθανότητας των συντελεστών $\ell_i(s)$, του πόσο δηλαδή συμμετέχουν τα μέλη της ομάδας στη συζήτηση. Η διάρκεια συμμετοχής του καθενός είναι και η διάρκεια της συνομιλίας όταν αυτός την εκκινεί, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Υποθέτοντας ότι όλα τα μέλη της ομάδας ομιλίας ξεκινούν διαλόγους με τον ίδιο ρυθμό, τότε η κατανομή των συντελεστών $\ell_i(s)$ είναι και η κατανομή διάρκειας των ομαδικών κλήσεων και μπορεί να συγκριθεί με τα δεδομένα που έχουμε από το δίκτυο TETRA.

Η εξίσωση 1 έχει την ίδια μορφή με εκείνην στην §2.7.4 των J.-P. Bouchaud και M. Mézard (μοντέλο B-M), που περιγράφει την κατανομή περιουσιακών στοιχείων, όπως αναλύθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, που αφορά στις μελέτες της κοινωνικής φυσικής για την οικονομία.

4.4.5 Χρόνος και χρήμα

Ας θεωρήσουμε τη λύση της εξίσωσης 1 στις δύο απλούστερες περιπτώσεις, όπου $J_{ij}=0$ και J_{ij}=σταθερό.

Για $J_{ij}=0$ παραμένει μόνο ο πρώτος όρος στο δεξί μέρος της εξίσωσης:

$$d\ell_i/ds = \eta\, \ell_i \qquad (2)$$

Αυτή είναι η εξίσωση του οικονομολόγου Gibrat που καταστρώθηκε για να περιγράψει την μεγέθυνση των εταιρειών.[349] Προτείνει ότι ο ρυθμός αύξησης του μεγέθους μιας εταιρείας ή ενός οργανισμού είναι ανάλογη με το εκάστοτε μέγεθός της. Η παράμετρος η εισήγαγε τυχαίες διακυμάνσεις (μεγέθους που συμβολίζονται με $2s_D^2$) στο ρυθμό αύξησης. Η σχέση αυτή για την εταιρική ανάπτυξη δεν επαληθεύεται στην πράξη.[350] Εξήντα χρόνια όμως μετά τη διατύπωσή της, η εξίσωση χρησιμοποιήθηκε από τους B-M για να περιγράψουν την κατανομή πλούτου στις εθνικές οικονομίες. Ο πλούτος ενός φυσικού προσώπου αυξάνει με ρυθμό ανάλογο του ήδη υφιστάμενου. Αντίθετα από ότι συμβαίνει με την εταιρική ανάπτυξη, η υπόθεση εδώ αποδεικνύεται εύλογη και η λύση της περιγράφει με επιτυχία την κατανομή πλούτου των φτωχών κοινωνικών στρωμάτων. Η λύση της εξίσωσης 2 είναι η κατανομή log-normal, όπου ο λογάριθμος της παραμέτρου $\ell_i(s) \equiv D$ ακολουθεί την κανονική κατανομή.

$$p(D) = \frac{\beta}{D\sqrt{\pi}} \exp[-\beta^2 \log^2(D/D_0)] \qquad (3)$$

Χρησιμοποιούμε την ορολογία $\beta=(2s_D^2)^{-1/2}$, όπου η παράμετρος $s_D=0.35\pm0.03$ εκφράζει το μέτρο της διακύμανσης. Ο όρος $\log D_0$ είναι ο μέσος όρος του logD στα δεδομένα που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Η εξίσωση 2 συμφωνεί με τη λαϊκή ρήση πως «τα λεφτά πάνε στα λεφτά». Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε την ίδια εξίσωση για κάποιον που ομιλεί, αυτό θα μεταγραφόταν στο «τα λόγια πάνε στα λόγια». Αυτή η αναλογία θα υποδήλωνε ότι, όπως κάποιος πλούσιος έχει περισσότερες δυνατότητες να αποκτήσει πλούτο μέσα στο κοινωνικό περιβάλλον που ζει, έτσι και ο ομιλητικός άνθρωπος παίρνει περισσότερες πρωτοβουλίες, για να συνομιλεί με τα άτομα που τον περιβάλλουν. Αν ο άνθρωπος ήταν απομονωμένος από τον περίγυρό του, πλήρως ασυσχέτιστος με τις οικονομικές δραστηριότητες (ή τη συνομιλία) συνανθρώπων του, τότε η κατανομή της παραμέτρου $\ell_i(s)$ θα ήταν η κανονική (normal - Gaussian). Το γεγονός ότι η κατανομή είναι log-normal, η οποία έχει πολύ μεγαλύτερη διασπορά από την

[349] Gibrat (1931).
[350] Δες αντίστοιχη ανάλυση στην ενότητα 2.7.

κανονική, σημαίνει ότι το περιβάλλον της παραμέτρου $\ell_i(s)$ επιδρά στο να συντομεύει ή να επεκτείνει τις δυνατότητες απόκτησης χρήματος (ή τη διάρκεια ομιλίας). Η εξίσωση του Gibrat δεν τις διακρίνει, αλλά ενσωματώνει εμπειρικά τη δράση κοινωνικών αλληλεπιδράσεων που οδηγούν στην παρατηρούμενη απόκλιση από την τυχαιότητα. Θα επανέλθουμε στο σημείο αυτό στην επόμενη ενότητα.

Όπως αναφέρθηκε στο 1° κεφάλαιο, παρά την σημαντική επιτυχία της, η εξίσωση του Gibrat δεν αποτελεί καλή περιγραφή ακραίων καταστάσεων στην οικονομία. Συγκεκριμένα, δεν προβλέπει την κατανομή της περιουσίας των πλουσιότερων, που αποτελούν ένα σχετικά μικρό ποσοστό (πχ, 10%) του συνολικού πληθυσμού. Η ποσοτική περιγραφή επιτυγχάνεται με την εξίσωση 1. Αυτή θεωρεί επιπλέον αλληλεπιδράσεις, όπου $J_{ij} \neq 0$. Υποθέτοντας απλά ότι $J_{ij} = J / N$, όπου J=σταθερά και N ο αριθμός των κόμβων του δικτύου, η αθροιστική κατανομή της παραμέτρου $\ell_i(s)$ (που στην περίπτωσή μας είναι η κατανομή διάρκειας κλήσεων D) αποκτά απόληξη δύναμης εκθέτη (power law tail), όπου:

$$P(D>t) \sim t^{-\alpha} \qquad (4)$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για τιμές D πάνω από κάποια τιμή κατωφλίου $D>t_w$, ενώ τυπικές τιμές του εκθέτη είναι $\alpha>1$. Τα δεδομένα μας υποδεικνύουν $t_w = 30$ s και $2.2 < \alpha < 3.1$.

Όπως ειπώθηκε στην ενότητα 2.7, η λύση δύναμης εκθέτη (4) δεν εξαρτάται από τη συγκεκριμένη μορφή των J_{ij}. Έχουν μελετηθεί δικτυακές αλληλεπιδράσεις self similar, octopus, κλπ, για τις οποίες η κατανομή power law προκύπτει από την εξίσωση 1. Στην (ενδεικτική) περίπτωση, όπου κάθε αλληλεπίδραση ανά δύο άτομα είναι ίδια ($J_{ij} = J / N$), ο εκθέτης α της κατανομής και η τιμή t_w απόκλισης από την κατανομή log-normal δίνονται από τις σχέσεις

$$\alpha = 1+J/\sigma^2$$

$$t_w \sim 10\ J/\sigma^2 \qquad (5)$$

Αποκλίσεις δύναμης εκθέτη (της μορφής της 4) από την κατανομή log-normal παρατηρούμε σε συζητήσεις που λαμβάνουν χώρα τη νύχτα ή σε ώρες που οι συνομιλητές δεν έχουν την πίεση της εργασίας. Αυτό σημαίνει ότι στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, μια επιπλέον αλληλεπίδραση εμφανίζεται μεταξύ των συνομιλητών. Δεδομένου ότι η ακριβής της δικτυακή έκφραση δεν προκύπτει από την εξίσωση 4, πέρα από το αποτέλεσμα $J_{ij} \neq 0$, πρέπει να διερευνηθούν άλλα ποσοτικά στοιχεία της λύσης, ώστε να βρεθούν χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης, σε μορφή αξιοποιήσιμη από κοινωνιολόγους ή εθνομεθοδολόγους και αναλυτές διαλόγου.

4.4.6 Μορφολογία δικτύου επικοινωνίας

Παρακάτω συγκρίνουμε το δίκτυο των ομάδων στο δίκτυο TETRA με εκείνο που παρουσιάστηκε στην ανάλυση των Onnela *et al*. Εξ αιτίας της δομής των ομάδων, οι ισχυροί δεσμοί διασυνδέουν άτομα της ίδιας ομάδας, τα οποία συνομιλούν μεταξύ τους. Αναφέραμε βέβαια προηγουμένως ότι ένας χρήστης μπορεί να συμμετέχει σε πολλές ομάδες. Για παράδειγμα, ένας τεχνικός διευθυντής ενός σταδίου κατά τους Ολυμπιακούς Αγώνες επικοινωνούσε κυρίως με την ομάδα των τεχνικών που είχαν αρμοδιότητα επίβλεψης και επισκευής τεχνικών εγκαταστάσεων. Συνομιλούσε όμως και με άλλους διευθυντές, στην ομάδα των managers του σταδίου (πχ, με τον διευθυντή αθλημάτων ή τον επικεφαλής της ιατρικής ομάδας). Αυτού του είδους οι συνομιλίες ήταν σπανιότερες, όμως αντιστοιχούσαν σε ασθενείς δεσμούς, μεταξύ έντονα δραστηριοποιούμενων ομάδων. Το δίκτυο λοιπόν TETRA είναι παρόμοιο με εκείνο του σχήματος 2α. Περίπου τα 2/3 από τα τερματικά χρηστών (πάνω από 10000 κόμβοι του δικτύου) διασυνδέονταν μεταξύ τους και σχημάτιζαν ένα δικτυακό “giant component”, με ισχυρούς δεσμούς μεταξύ μελών της ίδιας ομάδας εργασίας και ασθενείς δεσμούς μεταξύ ομάδων, μέσω ενός δικτύου διοίκησης (management) με λίγα ιεραρχικά επίπεδα στον κάθε Ολυμπιακό χώρο και την κεντρική διοίκηση των Αγώνων.[351] Η δομή των ομάδων στο δίκτυο TETRA υποδεικνύει ότι οι ασθενείς αυτοί δεσμοί αντιστοιχούν στο 10% περίπου των συνολικών ομαδικών κλήσεων. Το αντίστοιχο ποσοστό στο δίκτυο των Onnela *et al*, όπως φαίνεται στο Σχ. 15, είναι 60%.

[351] Papagiannopoulos (2009).

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι η κατανομή της διάρκειας των κλήσεων στο δίκτυο TETRA αντιστοιχεί σε ισχυρούς δεσμούς μεταξύ των μελών ομάδων εργασίας, οι οποίες μεταξύ τους σχετικά απομονωμένες. Αντικατοπτρίζουν δηλαδή καθαρότερα ενδο-ομαδικές επικοινωνίες, σε σχέση με το δείγμα των Onnela *et al*, στο οποίο ένα σημαντικό ποσοστό ισχυρών δεσμών διασυνδέει ομάδες.[352]

Όπως φαίνεται ενδεικτικά στην αλληλουχία της ομαδικής κλήσης του Σχ. 14, οι ομαδικές κλήσεις μεγάλης διάρκειας, ακόμη και αν αρχικά έχουν πολλούς εμπλεκόμενους, τελικά καταλήγουν σε συζήτηση μεταξύ δύο μόνον μελών της ομάδας. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με έρευνα αναλυτών συζήτησης και εθνομεθοδολόγων, υποδεικνύει δε ότι στο κατάλληλο δικτυακό όριο (όπου έχουν αφαιρεθεί το μεγαλύτερο μέρος των δεσμών μεταξύ ομάδων), η κατανομή 1β των Onnela *et al* και τα αποτελέσματα των ομαδικών κλήσεων TETRA ενδεχομένως συγκλίνουν (δες Σχ. 15). Η διερεύνηση της τοπολογίας διασύνδεσης των μελών της ομάδας (motif) της διαδικασίας μετάπτωσης της ομαδικής επικοινωνίας σε συζήτηση δύο μόνον ατόμων μπορεί να αξιοποιηθεί συγχρόνως και από κοινωνικούς φυσικούς και εθνομεθοδολόγους.

Επιπλέον, η παρούσα εργασία διακρίνει δύο είδους συμπεριφορές στις διαλογικές συζητήσεις, που, όπως ειπώθηκε, η μία αντιστοιχεί σε ώρες της ημέρας που υπάρχει ένταση εργασίας, η δε άλλη σε ώρες όπου το άγχος είναι μικρότερο. Παρότι ο κοινωνικός φυσικός δεν έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο των διαλόγων, οι διαφορές είναι τόσο σημαντικές, που γίνονται φανερές από τις στατιστικές κατανομές για τη διάρκεια της συνομιλίας. Η ώρα προδιαθέτει έμμεσα τους ομιλητές για διαφορετικού τύπου διαλόγους. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών στις ομάδες TETRA διαφοροποιούνται στις δύο περιπτώσεις. Είναι δύσκολο να θεωρηθεί ότι αυτό το χαρακτηριστικό προκύπτει από σταθερές μακροσκοπικές κοινωνικές δομές, οι οποίες προϋπάρχουν ανεξάρτητα από τη δραστηριότητα των συγκεκριμένων μελών. Είναι προσφορότερο να αποδοθεί σε διαφορά προσανατολισμού (orientation) της συζήτησης, η οποία σύμφωνα με τους εθνομεθοδολόγους επαναπροσανατολίζει κάθε

[352] Δες το σχόλιο στη λεζάντα του Σχ. 3.

φορά την πρακτική του διαλόγου, ώστε να αναδυθούν νέες (ή να επανεμφανιστούν υφιστάμενες) κοινωνικές δομές.

Σχήμα 15: *Τα δεδομένα του Σχ. 3Β όπου το συνεκτικό μέρος του δικτύου (giant component) μικραίνει καθώς αφαιρείται ποσοστό f των δεσμών με μειούμενο βάρος (μαύρα σημεία) και με αυξανόμενο βάρος (κόκκινα σημεία). Το βάρος δεσμού μεταξύ δύο κόμβων είναι ανάλογο του αριθμού των κοινών τους γειτόνων. Το βέλος αποτελεί εκτίμηση για την τοπολογία του συνεκτικού τμήματος του δικτύου των ομαδικών κλήσεων TETRA. Θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθεί πώς μεταβάλλεται η κατανομή των Onnela et al (διάγραμμα 1β) με το f, ώστε να διαπιστωθεί αν θα προσεγγίσει τις συναρτησιακές μορφές log-normal και power law που βρίσκουμε στις επικοινωνίες TETRA.*

Ποσοτικά όπως είδαμε, αυτό που αλλάζει μεταξύ των δύο τυπικών συμπεριφορών, με διαφορετικά στατιστικά χαρακτηριστικά, είναι η τιμή της έντασης αλληλεπίδρασης J. Η περίπτωση J=0 οδηγεί σε log-normal στατιστική κατανομή διάρκειας κλήσεων. Η περίπτωση J≠0 αντιστοιχεί σε κατανομή power law. Υπάρχει ένα φαινομενικό παράδοξο. Θα περίμενε κανείς ότι, όσο το J μικραίνει τείνοντας στο μηδέν, η μία κατανομή θα προσέγγιζε την άλλη. Αυτό όμως δεν συμβαίνει. Σύμφωνα με την εξίσωση 5, $\alpha=1+J/\sigma^2$, δηλαδή όσο μικραίνει η ένταση της αλληλεπίδρασης J, τόσο

μικραίνει η κλίση α της καμπύλης τείνοντας στη μονάδα και τόσο η καμπύλη έχει την τάση να *αποκλίνει* από την log-normal. Οι κατανομές θα συνέκλιναν εάν, αντίθετα, η κλίση της καμπύλης της καμπύλης μεγάλωνε, δηλαδή $\alpha \rightarrow \infty$.

Η άρση του παραδόξου απαιτεί οι περιπτώσεις J=0 και J≠0 να χαρακτηρίζουν πολύ διαφορετικά δίκτυα, όπου το όριο του ενός όταν $J \rightarrow 0^+$ να διαφέρει ριζικά από το δίκτυο που χαρακτηρίζει η λύση J=0.

Ας ξεκινήσουμε από την περίπτωση του δικτύου όταν J≠0. Στο Σχ. 13 παρατηρούμε ότι, όταν η παράμετρος τ_s μεγαλώνει, δηλαδή όταν ο διάλογος περιέχει ομιλητές πιο διστακτικούς που καθυστερούν να επέμβουν στη συζήτηση (ένδειξη ασθενέστερης αλληλεπίδρασης με τα άτομα της ομάδας ή μεγαλύτερη απόσταση από λύσεις στο πρόβλημα που συζητείται), η στατιστική κατανομή περιλαμβάνει τηλεφωνικές συνδιαλέξεις μεγαλύτερης διάρκειας και η κλίση της καμπύλης μικραίνει. Αυτό αναμενόταν και διαισθητικά. Η συσχέτιση των παραμέτρων στη σχέση $\alpha=1+J/\sigma^2$ δεν εμφανίζει κάτι μη αναμενόμενο. Επί πλέον, οι όροι που περιέχουν την παράμετρο J στη βασική εξίσωση 1 εκφράζουν αλληλεπιδράσεις *ανταλλαγής πληροφορίας* μεταξύ των ομιλητών, όπου κάθε ομιλητής επηρεάζει με το λόγο του τις απαντήσεις των συνομιλητών του, είτε συντομεύοντάς τες είτε επιμηκύνοντάς τες. Τα δικτυακά αυτά χαρακτηριστικά είναι συνεπή με την τοπολογία του δικτύου του Onnela *et al*, με τις επιφυλάξεις που προαναφέρθηκαν.

Εξετάζουμε τώρα την περίπτωση J=0, που προκύπτει από τη εξίσωση 2 του Gibrat. Η μορφή αυτής της εξίσωσης δεν περιέχει καθαρά όρους ανταλλαγής πληροφορίας. Οι αλληλεπιδράσεις των ομιλητών περιγράφονται από την εμπειρική διαπίστωση ότι «τα λόγια πάνε στα λόγια» (όπως «το χρήμα πάει στο χρήμα»). Το πλέον ομιλητικό μέλος της ομάδας ομιλίας είναι αυτό που θα εξακολουθεί να μιλά πολύ, ενώ ο ολιγόλογος θα προτιμά να παραμένει σιωπηλός για μεγάλα διαστήματα. Εδώ περιγράφεται ένα διαφορετικό πρόβλημα συμπεριφοράς, το οποίο δεν αφορά τόσο ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ συνομιλητών, όσο την ανάληψη πρωτοβουλίας από τον καθένα από αυτούς. Ο ομιλητικός θα εξακολουθήσει να θέτει εαυτόν στο κέντρο της συζήτησης, επιμένοντας να παρεμβαίνει για οποιοδήποτε νέο στοιχείο παρουσιάζεται στη συζήτηση. Το δραστήριο μέλος της ομάδας θα εξακολουθήσει να

αναλαμβάνει την ευθύνη επίλυσης προβλημάτων της κοινότητας, όπως ο πλούσιος θα εξακολουθήσει να προεξέχει με τη συσσώρευση πλούτου.

Σχήμα 16: *«Δημοκρατικό» δίκτυο ανταλλαγής όπου ο πλούσιος γίνεται πλουσιότερος. Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα ζεύγη μονάδων είναι ομοιογενής. Παρόλα αυτά, ο πλούσιος περιέχει συγκριτικά μεγαλύτερο αριθμό μονάδων, οι οποίες ασκούν συνολικά ισχυρότερη αλληλεπίδραση. Η συσσώρευση πλούτου μεγαλώνει τις ανισότητες (στην περίπτωση Gibrat με J=0), καθώς, μακροσκοπικά, εμφανίζεται σαν αποτέλεσμα προσωπικής στρατηγικής.*

Υπάρχει μια απλή δικτυακή απεικόνιση αυτού που προβλέπει η εξίσωση του Gibrat, η οποία διαφέρει ριζικά από εκείνην των Onnela *et al*. Αφορά μια «δημοκρατική» αλληλεπίδραση *του μέσου που ανταλλάσσεται* στο δίκτυο. Ας υποθέσουμε για ευκολία περιγραφής ότι αυτό είναι το χρήμα. Θεωρούμε ότι υπάρχει μια ελκτική αλληλεπίδραση, ανάμεσα σε κάθε χρηματική μονάδα. Για παράδειγμα, ότι κάθε ευρώ έλκεται από οποιοδήποτε άλλο. Τότε, ένα νέο ευρώ που εμφανίζεται στο δίκτυο θα έλκεται εξ ίσου από οποιοδήποτε άλλο υφιστάμενο στο δίκτυο. Ως εκ τούτου, θα έλκεται περισσότερο από πλουσίους που κατέχουν ήδη μεγάλο αριθμό από αυτά. Το δίκτυο αυτό απεικονίζεται στο Σχ. 16. Στην περίπτωση του διαλόγου, αυτά που ανταλλάσσονται στη θέση του χρήματος είναι *συντακτικά στοιχεία συζήτησης* με στόχο τη δημιουργία κλίματος εμπιστοσύνης και ενός πλαισίου συμφωνίας (εμβόλιμες ερωτήσεις, εκτενέστερη επιχειρηματολογία, έκθεση προσωπικών

στοιχείων και παραδειγμάτων, κλπ). Αυτά τα στοιχεία είναι που επιμηκύνουν κάθε συζήτηση.

4.4.7 Δύο προσανατολισμοί της συνομιλίας και δύο εκφράσεις κοινωνικής ευθύνης

Οι παραπάνω απεικονίσεις δικτύου, αναφορικά με το πρόβλημα της διάρκειας του διαλόγου που μελετάται εδώ, υποδηλούν τα ακόλουθα:

Όταν εμφανίζεται ένα ζήτημα που υποκινεί την έναρξη του διαλόγου, τα μέλη της ομάδας αναλαμβάνουν ρόλους, προς επίλυσή του ζητήματος. Η συμφωνία για την ανάληψη του ρόλου γίνεται μέσω της συνομιλίας. Εάν η συμφωνία αυτή ήταν προϋπολογισμένη ή προέκυπτε αυτόματα, ως αποτέλεσμα υφιστάμενης μακροσκοπικής δομής, τότε θα είχε *τυχαία διάρκεια*, όπως τυχαία εμφανίζονται (έχοντας τυχαία ένταση και τυχαίο βαθμό δυσκολίας επίλυσης) τα προς εξέταση ζητήματα. Η κατανομή όμως διάρκειας της συνομιλίας δεν είναι τυχαία (“normal”), αλλά log-normal.

Η στατιστική κατανομή log-normal έχει το χαρακτηριστικό ότι δύσκολα επιλύσιμα προβλήματα απαιτούν δυσανάλογα μεγαλύτερο χρόνο, για να αποφασιστεί ο ρόλος των συμμετεχόντων, από το χρόνο που προβλέπει η τυχαία κανονική κατανομή. Η κατανομή log-normal προσφέρει *μια ποσοτική εκτίμηση* για τη χρησιμοποίηση συντακτικών εργαλείων συζήτησης, που καταγράφει η εθνομεθοδολογική έρευνα, και τα οποία στοχεύουν στη δημιουργία ευνοϊκού κλίματος εμπιστοσύνης μεταξύ των ατόμων, όταν αυτά επιζητούν να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα στο πλαίσιο καθορισμού όρων αμοιβαίας ανάληψης ευθύνης (accountability).

Σύμφωνα με τα δεδομένα της κινητής τηλεφωνίας που διερευνούμε, τα παραπάνω έχουν εφαρμογή σε συνομιλίες που γίνονται στα πλαίσια επαγγελματικής δραστηριότητας. Αυτές είναι συνήθως συνομιλίες μεταξύ ομάδων έργου σε ώρες αιχμής και κυριαρχούνται *από προσωπικές στρατηγικές των συνομιλητών*, για επίλυση διαδικαστικών ζητημάτων. Στις περιπτώσεις όμως που οι συζητήσεις αποκλίνουν από

αυστηρά επαγγελματικά πλαίσια και ανταλλάσσεται πληροφορία σε προσωπικό επίπεδο, ένα νέο είδος αλληλεπίδρασης εμφανίζεται μεταξύ των μελών της ομάδας ομιλίας, η οποία επιμηκύνει τη συνομιλία με πολύ διαφορετικό τρόπο από ό,τι οι προσωπικές επαγγελματικές τακτικές (στατιστική κατανομή power law).

Σχήμα 17: *Η συσχέτιση της διάρκειας ομαδικών κλήσεωνμε τον αριθμό των PTTs και το μέσο χρόνο ομιλίας ανά PTT. Ομαδικές κλήσεις που ακολουθούν log-normal κατανομή βρίσκονται στο κάτω δεξιά μέρος του διαγράμματος (τρίγωνα). Κλήσεις με κατανομή power law εμφανίζουν συστηματικά μεγαλύτερες τιμές συσχέτισης (κύκλοι).*

Η επιμήκυνση της συνομιλίας εξαιτίας της αλληλεπίδρασης με J≠0 γίνεται εμφανής από το εξής: Μεγαλώνει η *συσχέτιση* ανάμεσα στη διάρκεια της συζήτησης και τους δύο συντελεστές που την αποτελούν – το πόσες φορές παίρνουν τον λόγο οι συνομιλητές N_{PTT} και το πόσο μιλούν κάθε φορά T_{PTT}. Αυτό απεικονίζεται στο Σχ. 17, όπου διακρίνονται δύο περιοχές, οι οποίες χωρίζονται με μια ενδεικτική βοηθητική γραμμή. Πάνω από τη γραμμή, όπου αντιστοιχούν μεγάλες τιμές συσχέτισης $\langle D, N_{PTT}\rangle$ και $\langle D, T_{PTT}\rangle$, παρουσιάζονται συνομιλίες με J≠0 και power law κατανομή διάρκειας κλήσεων. Αντίθετα, όλες οι συνομιλίες με log-normal κατανομές που μελετήθηκαν εμφανίζονται στο κάτω αριστερά μέρος του

διαγράμματος. Αυτό αναμενόταν και διαισθητικά. Σε σύγκριση με διαλόγους, όπου κυριαρχούν προσωπικές επιλογές διαδικαστικού περιεχομένου (J=0), τα άτομα που αλληλεπιδρούν συμμετέχοντας σε πιο προσωπικές συζητήσεις παίρνουν το λόγο και μιλούν περισσότερο σε διάρκεια, με πιο οργανωμένο τρόπο και με περισσότερο ντετερμινιστικά χαρακτηριστικά.

Μια άλλη σημαντική παρατήρηση της μελέτης που παρουσιάστηκε είναι ότι η στατιστική κατανομή της διάρκειας της συμμετοχής ενός ατόμου στο διάλογο είναι ίδια με την στατιστική κατανομή της συνολικής διάρκειας της συζήτησης. Αυτό σημαίνει ότι η επιμήκυνση του διαλόγου σε άτομα που αλληλεπιδρούν (στην περίπτωση $J \neq 0$) αντανακλά τη συμπεριφορά κάθε συνομιλητή. Επί πλέον, μπορούμε να προχωρήσουμε σε μια ποσοτική εκτίμηση τάξης μεγέθους. Από το διάγραμμα 13 βρίσκουμε ότι η κλίση της κατανομής μεταβάλλεται από $\alpha = 2.2$ έως 3.1 (ανάλογα με την τιμή $3s < \tau_s < 7$ s της διάρκειας σιωπηρών διαστημάτων που μεσολαβούν ανάμεσα στα PTT των ομιλητών). Το μοντέλο προβλέπει $\alpha = 1 + J/\sigma^2$ και επομένως $J \sim 2\sigma^2$ περίπου. Επίσης, από τη σχέση 5 και την παρατηρούμενη τιμή $t_w \approx 30$ s $\approx 10\ J/\sigma^2$ οδηγούμαστε ανεξάρτητα στην ίδια εκτίμηση $J \sim 2\sigma^2$. Αυτό σημαίνει ότι η ένταση της αλληλεπίδρασης J κάθε ατόμου με τους συνομιλητές του αντιστοιχεί στην συνήθη διακύμανση $2\sigma^2$ της διάρκειας της ομιλίας του. Κάθε ομιλητής συστηματικά ομιλεί περισσότερο από ό,τι σε περιπτώσεις διαδικαστικών συζητήσεων με J=0, χωρίς όμως να αλλάζει ριζικά τον τρόπο που συνήθως διαλέγεται με τους γύρω του.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία που αναδεικνύει η παρούσα εργασία είναι συναφή με το αντικείμενο μελέτης επιστημών, που μπορούν να μελετήσουν το *περιεχόμενο* των συνομιλιών, κάτι στο οποίο οι κοινωνικοί φυσικοί έχουν ελάχιστη πρόσβαση. Η διάκριση συνομιλιών που γίνονται την ημέρα, από εκείνες που λαμβάνουν μέρος τη νύχτα, από τις ίδιες ομάδες ανθρώπων, στον ίδιο τόπο δουλειάς, είναι μια ένδειξη για το τι περιεχόμενο (content) αυτές περιλαμβάνουν. Κάπου εδώ όμως είναι τα όρια του κοινωνικού φυσικού. Η συνεισφορά του στη δέσμη των κοινωνιολογικών και εθνομεθοδολογικών μελετών απορρέει από τις στατιστικά μετρήσιμες και επαναλήψιμες παρατηρήσεις που αναδεικνύει και που, οπωσδήποτε, διαθέτουν πρακτική αξία ακόμα και δίχως να τους προσδίδεται συγκεκριμένη ερμηνεία περιεχομένου.

5. ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό, μετά από μια απαραίτητη εισαγωγή σε πρόσφατες ερευνητικές εργασίες (υποκεφάλαιο 5.1), παρουσιάζεται πρωτότυπη ερευνητική εργασία στους τομείς της διάδοσης τεχνολογιών και της διάδοσης επιδημιών. Συγκεκριμένα:

- Στο υποκεφάλαιο 5.2 παρουσιάζονται τα δεδομένα που συνελέγησαν για τη διείσδυση κινητών επικοινωνιών χώρες της Ευρώπης και την Ιαπωνία. Ακολουθεί ανάλυση σύμφωνα με τα μοντέλα διάχυσης «πλήρους ανάμειξης», όπου αναφέρονται τα όρια ερμηνείας των δεδομένων με τα μοντέλα αυτά.

- Στο υποκεφάλαιο 5.3 αναφέρεται στο μοναδικό θεωρητικό δικτυακό μοντέλο που προβλέπει χρονική εξέλιξη δύναμης εκθέτη που εμφανίζεται στο αρχικό στάδιο διάχυσης στα δεδομένα μας. Πέρα από τις διαπιστώσεις ακόμα και των συντακτών του, υποδεικνύεται από λεπτομερή περεταίρω ανάλυση στην παρούσα διατριβή ότι το μοντέλο αυτό αποτελεί το πρώτο στη βιβλιογραφία που προβλέπει θεωρητικά την κατανομή Weibull για το φαινόμενο της τεχνολογικής διείσδυσης στις αγορές, προσδίδοντας συγκεκριμένη φυσική σημασία στις μαθηματικές παραμέτρους της κατανομής. Παρόλα αυτά, τονίζεται ότι η συγκεκριμένη αυτή φυσική σημασία αδυνατεί να εφαρμοσθεί στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας.

- Στο υποκεφάλαιο 5.4 προχωρούμε στη διατύπωση νέου θεωρητικού μοντέλου, που στηρίζεται σε σύγχρονες επιστημονικές εργασίες πάνω στον χρονισμό των ανθρώπινων επιλογών και στον ρόλο της μνήμης στη διαδοχή των αποφάσεων που λαμβάνουν τα άτομα. Δείχνουμε πως το μοντέλο είναι συνεπές με τα δεδομένα της κινητής τηλεφωνίας.

- Στο υποκεφάλαιο 5.5, υποδεικνύεται ότι, υπό όρους, το μοντέλο ίδιο μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε επιδημιολογικές μελέτες, όπου ο ανθρώπινος ρόλος στη διάδοση της νόσου είναι σημαντικός.

- Τέλος, στο υποκεφάλαιο 5.6 γίνεται μια σύνοψη των προβλέψεων και των επιπτώσεων του μοντέλου.

5.1 Διάδοση τεχνολογικών αντικειμένων – βιβλιογραφική αναφορά

> No other field of the behavioral science research represents more effort by more scholars in more disciplines in more nations"
>
> E. M. Rogers[353]

Η υιοθέτηση ενός τεχνολογικού αντικειμένου είναι ζήτημα προσωπικής απόφασης. Δεδομένου ότι η απόφαση αυτή εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, συνήθως αστάθμητων, από ερεθίσματα που το άτομο λαμβάνει από το περιβάλλον, ο Ε. Μ. Rogers κατέταξε τους χρήστες μιας τεχνολογίας σύμφωνα με την κατανομή τυχαίων χαρακτηριστικών Gauss.[354] Η κατάταξη αυτή αποτελεί την πρώτη συστηματική προσέγγιση των ιδιαίτερων ατομικών τάσεων απέναντι στην καινοτομία και προσφέρει ορολογία που χρησιμοποιείται ευρύτατα έως σήμερα.

Σύμφωνα τον Rogers, κάθε άτομο έχει διαφορετική στάση απέναντι σε ένα νεοεισερχόμενο στην αγορά τεχνολογικό αντικείμενο – άλλοτε το αντιμετωπίζει με σκεπτικισμό και περιμένει να δει την γενικότερη αποδοχή του στην αγορά πριν σκεφθεί να το αποκτήσει ο ίδιος, άλλοτε αναγνωρίζει αμέσως τη χρησιμότητα του αντικειμένου και το υιοθετεί γρήγορα. Όταν μελετά όμως μεγάλο πληθυσμό, ο Rogers θεώρησε (όπως και ο Quetelet δύο αιώνες πριν) ότι η Gaussian καμπύλη του Σχ. 1 μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια τη στατιστική κατανομή του ανθρώπινου αυτού χαρακτηριστικού. Εξ αυτού διέκρινε πέντε γενικές κατηγορίες συμπεριφοράς που αντιστοιχούν σε πέντε διαφορετικές περιοχές της κατανομής:

[353] Rogers, E. M. (1983) *Diffusion of innovations*, New York: Free Press.
[354] Rogers, 1983.

Σχήμα 1: *Η κατανομή Rogers που κατηγοριοποιεί τον πληθυσμό των χρηστών μιας τεχνολογίας, ανάλογα με τον χρόνο που την υιοθετούν.*

- Οι καινοτόμοι (innovators) αποτελούν στο 2.5% περίπου του πληθυσμού που θα υιοθετήσει τελικά το τέχνημα, και αντιστοιχούν στο αρχικό τμήμα της καμπύλης, που αυξάνει με αργό ρυθμό. Είναι συνήθως ριψοκίνδυνοι και έτοιμοι να δοκιμάσουν νέες ιδέες.
- Οι πρώτοι χρήστες (early adopters) αποτελούν το 13.5 % περίπου του αντίστοιχου πληθυσμού, οι οποίοι πρακτικά εισάγουν το προϊόν στην αγορά. Είναι άτομα με ισχυρή θέληση και επιρροή σε άλλους, δοκιμάζουν νέες ιδέες με προσοχή και αποτελούν κοινωνικά παραδείγματα προς μίμηση.
- Η αρχική πλειοψηφία (early majority) αποτελούν το υπόλοιπο 34 % του πληθυσμού έως το μέσον της κατανομής. Υιοθετούν το προϊόν όσο ο ρυθμός αύξησης των πωλήσεων ακόμα αυξάνει.
- Η ύστερη πλειοψηφία (late majority) αντιστοιχεί στο 34% του πληθυσμού που υιοθετεί το τέχνημα όταν ο ρυθμός διείσδυσής του στην αγορά αρχίζει και φθίνει.
- Οι επιφυλακτικοί (laggards) χαρακτηρίζονται από τέτοια διστακτικότητα, ώστε υιοθετούν το τέχνημα τελευταίοι, όταν ήδη οι ρυθμοί διείσδυσης τείνουν να μηδενιστούν.

Η θεώρηση του Rogers είναι δύσκολο να ελεγχθεί μελετώντας απλά τη διείσδυση ενός προϊόντος στην αγορά. Κι αυτό διότι η συμπεριφορά των ατόμων απέναντι σε ένα τέχνημα οφείλεται όχι μόνον στην στάση και την ψυχολογική διάθεση, που κάποιος τρέφει έναντι του τεχνήματος, αλλά και στο είδος και το ποσό πληροφόρησης που έχει για αυτό. Και η πληροφόρηση που κάποιος λαμβάνει στηρίζεται στον τρόπο και την συχνότητα που αλληλεπιδρά με άλλους χρήστες, καθώς και στον βαθμό που είναι ανοικτός σε κανάλια πληροφόρησης (μέσω διαφήμισης, προσωπικού ενδιαφέροντος, κλπ). Συνολικά, η διάχυση ενός τεχνήματος οφείλεται σε δύο διαφορετικά κοινωνικά χαρακτηριστικά: στον τρόπο διασύνδεσης του ατόμου (connectivity) ώστε να δέχεται πληροφόρηση και στον τρόπο αλληλεπίδρασης, με τον οποίο πείθεται να υιοθετήσει τεχνήματα (contagion), δεδομένης της γενικότερης στάσης του απέναντι σε αυτά.

Πιο συγκεκριμένα, ένα τυπικό πρόβλημα διάχυσης, ανεξάρτητα από το τι ακριβώς διαδίδεται, συχνά χαρακτηρίζεται από μια καμπύλη σχήματος καμπάνας, παρόμοια με εκείνη του Rogers (δες Σχ. 2) Ο ρυθμός διάδοσης ξεκινά από μικρές τιμές και αυξάνει αργά. Μετά από κάποιο σημείο, όμως, ο ρυθμός επιταχύνεται ταχύτερα έως κάποιο μέγιστο, από όπου ακολουθεί μια αντίστοιχη φθίνουσα πορεία. Αυτή η συμπεριφορά εμφανίζεται κατά τη διάχυση τεχνημάτων και ονομάζεται «κύκλος προϊόντος» (product cycle). Παρόμοιο κύκλο εμφανίζει η διάδοση μιας φήμης – ξεκινά διστακτικά, μετά διαδίδεται πολύ ταχύτερα και αργότερα με επιβραδυνόμενο ρυθμό. Αντίστοιχο κύκλο εμφανίζουν ασθένειες, η δημοφιλία ενός πολιτικού, κλπ. Πρακτικά όμως, πολλές φορές ο κύκλος αυτός δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή Gauss. Και οι διαφορές από την τυχαιότητα (άρα και την κατανομή Gauss) είναι εκείνες που αντιστοιχούν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας διαδικασίας διάχυσης, που μελετώνται διεξοδικά τα τελευταία 30 χρόνια, για να αναδειχθούν οι τοπολογίες διασύνδεσης και τα είδη της αλληλεπίδρασης στα κοινωνικά σύνολα.

Οι διάφοροι συνδυασμοί διασύνδεσης και αλληλεπίδρασης (connectivity και contagion) μοντελοποιούνται και μελετώνται από την κοινωνική φυσική. Όπως πάντα, η μέθοδος αυτή απαντά σε ερωτήματα του τύπου «τι θα συνέβαινε αν…». Επί του προκειμένου, τι θα σήμαινε για τη μακροσκοπική κατάσταση της διάχυσης τεχνήματος (όπως ο ρυθμός διείσδυσης ενός προϊόντος στην αγορά, το μέγιστο τμήμα

του πληθυσμού που θα το υιοθετήσει, κλπ), αν η διασύνδεση και η αλληλεπίδραση ατόμων έπαιρνε συγκεκριμένες μορφές. Αυτό έχει πρακτικό ενδιαφέρον από πλευράς marketing, καθώς προσφέρει έμμεσα κάποια σημεία πρόβλεψης της αγοράς. Η κοινωνική φυσική βέβαια στοχεύει βαθύτερα, δεδομένου ότι η μελέτη διασύνδεσης και αλληλεπίδρασης γίνεται με τρόπο ανεξάρτητο του περιεχομένου των κοινωνικών συσχετισμών: Η προσπάθεια είναι να διατυπωθεί η τοπολογική διασύνδεση και το είδος της αλληλεπίδρασης με τρόπο τόσο γενικό, όπου η σύζευξη συλλογικών συμπεριφορών με ατομικά χαρακτηριστικά να εμφανίζεται σε πολλά προβλήματα διάχυσης (που αφορούν, πχ, κοινωνική διείσδυση τεχνολογικών αντικειμένων, διάχυση πληροφορίας, διάχυση ασθενειών, κλπ).

Σχήμα 2: *Ο «κύκλος ενός προϊόντος», που καταμετρά τον συνολικό αριθμό χρηστών μιας τεχνολογίας στο χρόνο, φέρει συχνά τη μορφή της σιγμοειδούς καμπύλης του σχήματος (επάνω). Οι νεοεισερχόμενοι χρήστες απεικονίζονται από την κλίση της σιγμοειδούς, ήτοι την καμπύλη μορφής καμπάνας (κάτω). Εδώ απεικονίζεται η πρόταση του Rogers, ήτοι η αθροιστική κατανομή και η πυκνότητα πιθανότητας Gauss, αντίστοιχα.*

Η βασική μεθοδολογία μιας τέτοιας ανάλυσης κοινωνικών τοπολογιών και αλληλεπιδράσεων έχει αναφερθεί στα Κεφάλαιο 3. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στη διάδοση τεχνολογικών αντικειμένων αλλά και ασθενειών, στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο κοινωνικό περιβάλλον. Προς τούτο, θα αναφέρουμε τα πειραματικά δεδομένα που σήμερα μελετώνται, τα κυριότερα μαθηματικά μοντέλα ανάλυσης αυτών των δεδομένων, και τις σύγχρονες προσεγγίσεις για το χρονισμό των ανθρώπινων αποφάσεων, που μπορούν να θεωρηθούν εναλλακτικές εκείνης του Rogers.

5.1.1 Μοτίβα διάχυσης τεχνολογιών – Μοντέλα πλήρους ανάμειξης

Όπως προαναφέρθηκε, ο κύκλος προϊόντος εμφανίζει τη γενική μορφή σχήματος καμπάνας, αλλά συχνά φέρει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Στο Σχήμα 3 δείχνουμε τέσσερις άλλες μορφές προϊοντικού κύκλου, ενώ διάφοροι ερευνητές έχουν αναφερθεί σε έξη ως και σε δεκαεπτά διακριτούς τύπους.[355] Ακόμα όμως και στην περίπτωση που ακολουθείται μια καμπύλη σχήματος καμπάνας, αυτή δεν είναι απαραίτητα η Gaussian. Πώς αντιμετωπίζει η κοινωνική φυσική παρόμοια δεδομένα και πώς τα διασυνδέει με μικροσκοπικά χαρακτηριστικά κοινωνικής δικτύωσης και αλληλεπίδρασης;

[355] Kotler, P. (2000) Marketing Management, 10th ed., London: Prentice-Hall International Limited, p. 356.

Σχήμα 3: *Χαρακτηριστικοί τύποι διείσδυσης προϊόντων στην αγορά.(Από Kotler, 2000)*

Σε γενικές γραμμές, δύο είναι οι τύποι των μοντέλων που χρησιμοποιεί η κοινωνική φυσική για να συνδέσει εκφάνσεις μακρο-φαινομένου (διάδοση) με μικρο-αλληλεπιδράσεις. Αφορούν την τοπολογία διασύνδεσης των φορέων διάχυσης και είναι:

- Πρώτον, τα μοντέλα πλήρους ανάμειξης (“fully mixed models”) υποθέτουν ότι κάθε άτομο έχει την ίδια πιθανότητα να αλληλεπιδράσει με οποιοδήποτε άλλο. Αυτό συμβαίνει στην αναπαράσταση ενός ρευστού. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρείται να προσεγγισθεί η εξαιρετικά πολύπλοκη κοινωνική αλληλεπίδραση. Οι διαφορές του προϊοντικού κύκλου από την τυχαία κατανομή Gauss αντικατοπτρίζουν επομένως στοιχεία της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ατόμων, τα οποία έτσι δεν μπορούν να χαρακτηρισθούν τυχαία.

- Δεύτερον, μοντέλα δομημένων πληθυσμών (ή δικτυακά μοντέλα). Εδώ εξετάζεται πώς ένα είδος τοπολογίας, όταν συνδυασθεί με κάποιο τύπο αλληλεπίδρασης, οδηγεί στον μελετώμενο κύκλο διάχυσης.

Παρακάτω θα αναφερθούμε στα μοντέλα πλήρους ανάμειξης, αφήνοντας τα δικτυακά μοντέλα για το επόμενο υποκεφάλαιο.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3, το βασικό μοντέλο πλήρους ανάμειξης είναι το «λογιστικό μοντέλο» των Fisher-Pry. Παρόμοια με τη θεώρηση του Rogers που αφορά την τυχαιότητα στην ανταπόκριση των ατόμων στην ύπαρξη ενός τεχνήματος, οι Fisher και Pry προσεγγίζουν με το μοντέλο τους την *τυχαιότητα της αλληλεπίδρασης* μεταξύ των ατόμων. Θεωρούν πως κάθε άτομο από εκείνα που δεν έχουν ακόμα υιοθετήσει το τέχνημα επηρεάζονται *στον ίδιο βαθμό* από όλους εκείνους που το έχουν ήδη υιοθετήσει. Σε πρώτη ανάγνωση, η θεώρηση αυτή μπορεί να φαίνεται μη ρεαλιστική, όμως υποθέτει ότι κάποια άτομα είναι δυσκολότερο να πεισθούν ενώ άλλα ευκολότερα, *με τρόπο που αποκλίσεις από μια μέση τιμή απαλείφονται.*[356] Αντίστοιχα, κάποιοι χρήστες της τεχνολογίας είναι (με τυχαίο τρόπο) δυσκολότερο να πείσουν άλλους, ενώ άλλοι ευκολότερο, ώστε αποκλίσεις από μια μέση τιμή επηρεασμού να μπορούν τελικά να αγνοηθούν. Η μορφή αυτή αλληλεπίδρασης των ατόμων οδηγεί στην έκφραση

$$dn/dt = b\, n\, (n^{*}-n) \qquad (1)$$

Ήτοι, σε πληθυσμό n^{*} συνολικά ατόμων, όπου υπάρχουν ήδη n χρήστες της τεχνολογίας, η πιθανότητα να υιοθετήσει την τεχνολογία ένα άτομο που δεν την έχει ακόμα αποδεχθεί είναι ανάλογη του n. Η σταθερά b καλείται σταθερά μιμητισμού και εκφράζει την πιθανότητα ένα άτομο να πεισθεί και να μιμηθεί ένα χρήστη στη

[356] Μαθηματικά, η απαλειφή αυτή ισοδυναμεί με διατήρηση δύο μόνον όρων στην ανάλυση Taylor της γενικής έκφρασης ανάπτυξης πληθυσμών (ρυθμός γέννησης ανά άτομο πληθυσμού). Δεδομένου ότι το σημείο $n(t)=n^{*}$ είναι σημείο ισορροπίας του πληθυσμού, η παράμετρος γέννησης χρηστών B στο σημείο αυτό μηδενίζεται $B(n^{*})=0$, ενώ η πρώτη της παράγωγος είναι αρνητική $B'(n^{*})<0$. Η έκφραση Taylor γύρω από το n^{*} είναι $n^{-1}dn/dt = B(n^{*}) + B'(n^{*})(n-n^{*})+\ldots$ Ήτοι, είναι το μοντέλο Fisher-Pry με σταθερά μιμητισμού την $b= -B'(n^{*})$. Από το Mitteldorf, J. (accessed Sept 2010) Life History Evolution in the Context of K Selection Solution of the Age-Structured Logistic Equation. http://arxiv.org/ftp/q-bio/papers/0511/0511018.pdf

μονάδα του χρόνου. Η λύση της εξίσωσης που διέρχεται από συγκεκριμένο σημείο (t_o , n_o) έχει κλειστή μορφή μια σιγμοειδή καμπύλη:

$$n(t) = n^* / (1+ (n^*/n_o-1) \exp(-b(t-t_o))) \qquad (2)$$

Αυτή διαφέρει από τη σιγμοειδή καμπύλη του Rogers (Σχ. 2) μόλις κατά 2%. Παρόλα αυτά, τα αντίστοιχα μοντέλα έχουν διαφορετικά σημεία αφετηρίας. Οι Fisher και Pry θεωρούν ένα συγκεκριμένο τρόπο, με τον οποίο πείθονται *μέσω μιμητισμού* υποψήφιοι χρήστες ενός τεχνολογικού αντικειμένου να το υιοθετήσουν. Ο Rogers υπέθεσε απλά ότι η ατομική στάση απέναντι στο τέχνημα είναι τυχαία. Όπως επισημάνθηκε πολλές φορές στα προηγούμενα κεφάλαια, διαφορετικές υποθέσεις για τις μικροσκοπικές αλληλεπιδράσεις ατόμων μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο μακροσκοπικό αποτέλεσμα.

Αυτό που συμβαίνει στην πράξη είναι ότι η καμπύλη Fisher-Pry (ή αυτή του Rogers) δεν ταιριάζει σχεδόν ποτέ απόλυτα με τα πειραματικά δεδομένα. Αυτό γίνεται φανερό αμέσως από την πολυμορφία στις καμπύλες στο Σχ. 3. Είναι όμως σχεδόν πάντα μια καλή τους προσέγγιση στην περιοχή όπου τα δεδομένα ακολουθούν το διάγραμμα σχήματος καμπάνας. Έτσι, πειραματικές μελέτες τεχνολογικής ανάπτυξης υπέδειξαν ως δεκαεπτά γενικά μοντέλα με καμπύλες, που σε κάποιο όριό τους προσεγγίζουν την εξίσωση (2). Κάθε μοντέλο έχει τις δικές του παραδοχές, που το απομακρύνουν από την τυχαιότητα της αλληλεπίδρασης. Τα περισσότερα από αυτά έχουν τη μορφή:

$$dn/dt \sim n^{\delta} (n^*-n)^x \qquad (3)$$

Θα αναφερθούμε σε κάποια από αυτά που σχετίζονται με τις πρωτότυπες πειραματικές μελέτες που θα χρησιμοποιηθούν παρακάτω στην ανάλυση. Για πληρότητα, πλήρης κατάλογος μοντέλων δίνεται από τους U. Kumar and V. Kumar[357] και τους N. Meade and T. Islam [358]. Πιο συγκεκριμένα όμως, εστιάζουμε στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιβλιογραφία για προβλέψεις της

[357] Kumar, U., and Kumar, V. (1992) Technological innovation diffusion: The proliferation of substitution models and easing the user's dilemma, *IEEE Transactions on Engineering Management* 39, 158.
[358] Meade (2006). Επίσης, Meade, N., and Islam, T. (1998) *Management Science* 44, 1115.

αγοράς (technology forecasting), εισάγοντας τη διάκριση ανάμεσα σε άτομα που υιοθετούν την τεχνολογία καινοτομώντας ή από μιμητισμό:

1. Μοντέλο καινοτομίας $\delta=0$, $x=1$. Είναι η περίπτωση όπου άτομα υιοθετούν την τεχνολογία, έχοντας τάση να πειραματίζονται με καινοτόμα τεχνήματα χωρίς να επηρεάζονται από υφιστάμενους χρήστες. Ήτοι $dn/dt \sim (n^*-n)$.

2. Bass model: $dn/dt \sim (a + bn)(n^*-n)$. Το μοντέλο αυτό προσθέτει στην έκφραση των Fisher-Pry έναν όρο για να περιλάβει την παραπάνω περίπτωση των «καινοτόμων» ατόμων (innovators), που υιοθετούν την τεχνολογία ανεξάρτητα από το πόσοι την έχουν ήδη αποδεχθεί. Για λόγους σαφήνειας, επικράτησε οι παράμετροι a και b να καλούνται σταθερά της καινοτομίας και σταθερά της μίμησης, αντίστοιχα.

3. Gompertz σιγμοειδής: $dn/dt \sim bn\,[1- \ln(n/n^*)]$. Προέρχεται από μια παραλλαγή της (1), που διασπείρει την ύστερη πλειοψηφία χρηστών σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η λύση $n(t) \sim n^* \exp(-c(\exp(-bt))$ προσομοιώνει πειραματικά δεδομένα, όπου το σημείο καμπής της σιγμοειδούς βρίσκεται σε πολύ μικρότερες τιμές από $n^*/2$. Πέρα από αυτή τη διαπίστωση, δεν έχει προταθεί κάποια μικροσκοπική αλληλεπίδραση για τη διαδικασία της τεχνολογικής διάχυσης, στην οποία να αντιστοιχεί η καμπύλη Gompertz.[359]

4. Easingwood model $0<\delta<1$, $x=1$.[360] Ανήκει στη γενικότερη κατηγορία των "sublinear models" συγκρινόμενα με την έκφραση των Fisher-Pry, δεδομένου ότι $n^\delta<n$. Στην περίπτωση $\delta\rightarrow1$, τα μοντέλα αυτά μεταπίπτουν στην καμπύλη Fisher-Pry. Χαρακτηρίζουν περιπτώσεις όπου τα άτομα υιοθετούν μεν την τεχνολογία από μιμητισμό, αλλά γίνονται σταδιακά περισσότερο δύσπιστοι καθώς περνά ο χρόνος και οι χρήστες αυξάνουν. Στο μοντέλο του Easingwood

[359] Μια φυσική σημασία, που αποδίδεται στην καμπύλη Gompertz, αφορά τη σταδιακή εξαφάνιση ενός πληθυσμού n^* ατόμων. Όταν ο πληθυσμός είναι προστατευόμενος από τυχαία γεγονότα που αφαιρούν τη ζωή, τότε τα άτομα χάνονται κυρίως από ασθένειες που εξαρτώνται από την ηλικία, και άρα διασπείρονται σε σχετικά μεγαλύτερες ηλικίες, εμφανίζοντας «ουρά» στις μεγάλες τιμές της κατανομής.

[360] Easingwood, C., Mahajan, V., and Muller, E.(1981) A nonsymmetric responding logistic model for forecasting technological substitution. *Technological Forecasting and Social Change* 20, 199. Επίσης, Easingwood, C., Mahajan, V., and Muller, E.(1983) A non-uniform influence innovation diffusion model of new product acceptance. *Marketing Science* 2, 273.

δεν μπορούν να διαχωριστούν οι καινοτόμοι από τους αρχικούς χρήστες, δεδομένου ότι για $n<<n^*$ ισχύει η ίδια σχέση $dn/dt \sim n^{\delta}$ (πρακτικά από την αρχή της διείσδυσης έως το σημείο καμπής της σιγμοειδούς). Δεν υπάρχει κανένα συναρτησιακό χαρακτηριστικό στην τιμή $n \approx 2.5\%\ n^*$ του πληθυσμού, που ξεχωρίζει κατά τον Rogers τους δύο αυτούς τύπους συμπεριφοράς.

5. Weibull model. Η ακριβής έκφραση της σιγμοειδούς καμπύλης είναι $n(t)= n^* (1- \exp(-(t/c)^{\beta})$, με την «παράμετρο μορφής» $\beta = b\ n^*$. Αποτελεί μια ειδική περίπτωση sublinear model και, όπως και στο μοντέλο Easingwood, ισχύει η ίδια σχέση $dn/dt \sim n^{\delta}$, για καινοτόμους και αρχικούς χρήστες (δηλαδή σε μικρές τιμές του χρόνου $n<<n^*$), οι οποίοι έτσι δεν διαχωρίζονται. Έχουμε χρησιμοποιήσει την έκφραση $\delta=\beta/(\beta+1)$. Το μοντέλο προτάθηκε αρχικά χωρίς να προσδιοριστεί κάποια μικροσκοπική αλληλεπίδραση στην οποία να αντιστοιχεί.[361] Παρόλα αυτά, στην παρούσα διατριβή προτείνεται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ατομικών συμπεριφορών που οδηγούν στην σιγμοειδή Weibull.

Μια σύγκριση των παραπάνω μοντέλων φαίνεται στο Σχ. 4, που υποδεικνύει κριτήρια με τα οποία μπορεί να διαχωριστεί η σιγμοειδής καμπύλη που ακολουθεί ο κύκλος κάποιου προϊόντος, ώστε να προβλεφθούν στοιχεία της μετέπειτα πορείας του από αρχικά δεδομένα της διείσδυσής του στην αγορά. Εκεί διακρίνεται η υπεροχή των sublinear models (και συγκεκριμένα εδώ του μοντέλου Weibull) που δεν περιέχουν καινοτόμους χρήστες, καθώς *μια και μόνη παράμετρος* χαρακτηρίζει την κλίση της σιγμοειδούς καμπύλης σε λογαριθμικό διάγραμμα.

Γίνεται φανερό από τα παραπάνω ότι τα μοντέλα πλήρους ανάμειξης προσπαθούν να επωφεληθούν από τα πλέον συνήθη δεδομένα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, τα οποία περιγράφουν τις πωλήσεις ενός τεχνήματος σε τακτά χρονικά διαστήματα (πχ, πωλήσεις αυτοκινήτων, τηλεοράσεων, κινητών τηλεφώνων ανά τρίμηνο). Η αντιστοίχηση με κάποια σιγμοειδή καμπύλη δίνει πληροφορία για ζητήματα όπως:[362]

[361] Sharif, N. M., and Islam, N. M. (1980) The Weibull distribution as a general model for forecasting technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 18, 247.
[362] Δες Meade, 2006.

Σχήμα 4: *Σύγκριση μοντέλων σιγμοειδούς διείσδυσης τεχνήματος στην αγορά. Επάνω διακρίνονται οι καμπύλες logistic, Gompertz και Weibull με παραμέτρους που καθορίζουν το σημείο καμπής στο* $n=n^{*}/2$. *Κάτω, οι ίδιες καμπύλες εμφανίζονται σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα, όπου επιδεικνύεται η μεγάλη διαφορά τους σε μικρές τιμές του n. Όπως αναφέρεται στο κείμενο, αυτό έχει μεγάλες συνέπειες για τη δυνατότητα ασφαλών προβλέψεων της πορείας της τεχνολογικής διείσδυσης από τα αρχικά της στάδια.*

- Την ταχύτητα διείσδυσης μιας τεχνολογίας στην αγορά,
- Τον συσχετισμό της διείσδυσης του ίδιου τεχνήματος σε διάφορες αγορές και συνθήκες
- Τον συσχετισμό της διείσδυσης τεχνήματος σε σχέση με την πορεία άλλων τεχνημάτων που ιστορικά προηγήθηκαν (πχ, την διείσδυση εγχρώμων τηλεοράσεων σε αγορά όπου προϋπήρχαν διαδεδομένες ασπρόμαυρες συσκευές).

Σύμφωνα με τη συνήθη πρόταση της κοινωνικής φυσικής, τα δεδομένα που συστηματικά ακολουθούν κάποια από τις παραπάνω καμπύλες ενδέχεται να αντιστοιχούν σε σύνολα ατόμων που αλληλεπιδρούν σύμφωνα με τις προϋποθέσεις του μοντέλου, αναφορικά με τα φαινόμενα του μιμητισμού και της ατομικής τάσης για καινοτομία.

5.1.2 Μοντέλα δομημένων πληθυσμών – διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις

Η βασική υπόθεση των μοντέλων πλήρους ανάμειξης, ότι δηλαδή κάθε άτομο αλληλεπιδρά με την ίδια πιθανότητα με κάθε άλλο άτομο στο κοινωνικό σύνολο, αποτελεί προφανώς μια πολύ χονδροειδή προσέγγιση. Στον αντίποδα αυτής της προσέγγισης μπορεί κανείς να υποθέσει πως κάθε άτομο επικοινωνεί και επηρεάζεται από συγκεκριμένα μόνον άτομα. Ανήκει δηλαδή σε ένα δίκτυο, όπου το άτομο διασυνδέεται με σχετικά μικρό αριθμό γειτόνων. Στη γενική περίπτωση, τα κοινωνικά δίκτυα είναι εξαιρετικά πολύπλοκα, αφού κάθε άτομο ανήκει σε διαφορετικές ομάδες στο οικογενειακό ή το επαγγελματικό περιβάλλον και έχει ποικίλες δραστηριότητες (φιλικές και ερωτικές σχέσεις, προσωπικά χόμπι, αθλητικές δραστηριότητες, κλπ) που μεταβάλλουν σημαντικά τον κύκλο των γνωστών του. Επίσης, κάθε σχέση του φέρει διαφορετικό βάρος. Το βάρος δε αυτό επίσης εξαρτάται από το ποια είναι η αιτία της αλληλεπίδρασης (πχ, η αγορά ενός τεχνήματος όπως αυτοκινήτου ή κινητού τηλεφώνου, η μεταφορά μιας επαγγελματικής πληροφορίας ή ενός αστείου ανεκδότου, κλπ). Είναι φανερό πως η απεικόνιση ενός τέτοιου δικτύου αλληλεπιδράσεων είναι εξαιρετικά δύσκολη.

Όπως είναι σύνηθες στην κοινωνική φυσική (όπως και στην φυσική), εξετάζονται πρώτα απλοποιημένες περιπτώσεις διασύνδεσης και επιμόλυνσης (connectivity και contagion). Έτσι, στα μοντέλα δομημένων πληθυσμών (percolation models), το δίκτυο αλληλεπιδράσεων θεωρείται ότι μπορεί να περιγραφεί από μια συγκεκριμένη τοπολογία. Επίσης, ότι κάθε άτομο έχει επαφές/συναλλαγές με οποιοδήποτε γειτονικό του από όπου μπορεί να «μολυνθεί» (πχ, να αλλάξει άποψη σε σχέση με ένα τέχνημα και να το υιοθετήσει). Από εδώ τα μοντέλα δομημένων πληθυσμών χωρίζονται σε

δύο κατηγορίες, ανάλογα με τους κανόνες με τους οποίους τα άτομα αλληλεπιδρούν ώστε το ένα να μεταδώσει κάποια ιδιότητα στο γειτονικό του (contagion):

- Στην πρώτη κατηγορία, το άτομο «πείθεται» από κάποιο γειτονικό σε κάθε μια από αυτές τις επαφές με μια πιθανότητα r. Στη γενική περίπτωση, η τιμή του r διαφέρει σε κάθε ζευγάρι γειτόνων.

- Στη δεύτερη κατηγορία, το άτομο πείθεται από τα γειτονικά του αν πληρούνται συγκεκριμένοι όροι αλληλεπίδρασης (πχ, να δέχεται παρόμοια ερεθίσματα από *πολλούς* γείτονες ή να παίζει ένα 2×2 παιγνίδι με κάθε γείτονα, κλπ). Στην κατηγορία αυτή μοντέλων γίνεται προσπάθεια να ενσωματωθούν κανόνες από την θεωρία παιγνίων, από πειράματα bounded rationality, κλπ, τα οποία χαρακτηρίζουν τα μοντέλα εκπροσώπησης που αναφέρθηκαν σε προηγούμενα Κεφάλαια.

Η γενική μεθοδολογία ανάλυσης της διερεύνησης της πρώτης κατηγορίας μοντέλων αναφέρονται από τον M. E. J. Newman.[363] Κεντρικό σημείο της θεωρίας είναι ότι πολλά χαρακτηριστικά της διάδοσης μιας ιδιότητας στο δίκτυο μπορούν να περιγραφούν σαν συναρτήσεις μιας ποσότητας που καλείται μεταδοτικότητα (transmissivity). Η μεταδοτικότητα δεν είναι παρά η μέση πιθανότητα μετάδοσης της ιδιότητας από έναν δικτυακό κόμβο σε άλλον. Υπολογίζεται ως εξής:

Ας υποθέσουμε ότι ένα άτομο i είναι μολυσματικό για κάποιο χρονικό διάστημα τ_i και ένα γειτονικό άτομο j έχει πιθανότητα r_{ij} να μολυνθεί σε κάθε επαφή του με αυτό. Έστω επίσης ότι οι μεταξύ τους επαφές γίνονται κάθε διάστημα δt (δηλαδή συμβαίνουν $\tau_i/\delta t$ επαφές στο χρόνο κατά τον οποίο το άτομο i είναι μολυσματικό). Τότε, η πιθανότητα *να μην μολυνθεί* τελικά το j από το i είναι (παίρνοντας και το όριο $\delta t \to 0$):

$$1-T_{ij} = (1-r_{ij}\delta t)^{\tau_i/\delta t} \to e^{-r_{ij}\tau_i} \qquad (4)$$

[363] Newman, M. E. J. (2002) The spread of epidemic disease on networks, Phys. Rev. E 66, 016128.

Το όριο είναι για $\delta t \to 0$. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι τιμές των r_{ij} και τ_i ενδέχεται να διαφέρουν από άτομο σε άτομο. Στην περίπτωση που λαμβάνουν τυχαίες τιμές από κατανομές P(r) και P(τ), αντίστοιχα, τότε ο Newman δείχνει πώς η μεταδοτικότητα T είναι απλά η μέση τιμή $\langle T_{ij} \rangle$. Δηλαδή:

$$T = 1 - \int_0^\infty P(r)P(\tau)e^{-r\tau}\,dr\,d\tau \qquad (5)$$

Επίσης, ο Newman εξετάζει την ακόμα γενικότερη περίπτωση όπου η πιθανότητα ένας κόμβος i (που έχει k_i γειτονικούς κόμβους) να αντλείται από κατανομή $P_\iota(r)$ που διαφέρει από άτομο σε άτομο. Σε αυτή την περίπτωση η μεταδοτικότητα του συγκεκριμένου κόμβου είναι

$$T_i = 1 - \int_0^\infty P(r)P(\tau)e^{-r\tau}\,dr\,d\tau \qquad (6)$$

Τα χαρακτηριστικά της διάδοσης που μπορούν να εκφραστούν σε σχέση με την T (ή την T_i) και τα οποία *είναι αδύνατον ν υπολογισθούν από μοντέλα πλήρους ανάμειξης* είναι:

- το κατώφλι έναρξης επιδημίας,
- το μέγεθος της μεγαλύτερης συνδεδεμένης ομάδας μολυσμένων κόμβων,
- ο μέσος αριθμός γειτόνων ενός μολυσμένου ατόμου, κλπ.

Από την άλλη μεριά (και αντίθετα με τα μοντέλα πλήρους ανάμειξης), στα μοντέλα δομημένου πληθυσμού υπάρχει μεγάλη δυσκολία να υπολογισθεί η εξέλιξη της διάχυσης σε πραγματικό χρόνο. Για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει να υποτεθεί και μια σχέση μεταξύ πραγματικού χρόνου και πιθανότητας T, η οποία δεν σχετίζεται με τις υπόλοιπες παραμέτρους του προβλήματος. Θα επανέλθουμε στο πρόβλημα αυτό στο υποκεφάλαιο 5.3.

Σχήμα 5: *Για διάφορες τιμές r και τ υπολογίστηκε το μέγεθος της επιδημίας S, καθώς και το κατώφλι έναρξης της επιδημίας s, όταν η κατανομή βαθμού των κόμβων είναι δύναμης εκθέτη.*[364] *Φαίνεται ότι διαφορετικά ζευγάρια (r,τ) οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα μόνο όταν αντιστοιχούν σε διαφορετική τιμή της transmissivity T. (Από το Newman 2002)*

Όπως σημειώνεται και στο Κεφάλαιο 3, ιδιαίτερη σημασία στη διεθνή βιβλιογραφία δίνεται στον υπολογισμό του κατωφλίου ευρείας διάδοσης (epidemic threshold). Για να διαδοθεί μια ιδιότητα (πχ, η χρήση ενός τεχνήματος) σε σημαντικό μέρος ενός δικτύου με μεταδοτικότητα T, πρέπει ο αριθμός των ατόμων που θα μολυνθούν αρχικά να ξεπεράσει μια τιμή s(T). Σε αντίθετη περίπτωση, η διάδοση δε θα μπορέσει να υποστηριχθεί. Στο διάγραμμα 5 φαίνεται η μέση τιμή του s(T) καθώς και το ποσοστό των ατόμων S(T) στο συνολικό πληθυσμό, τα οποία θα μολυνθούν για κάθε τιμή της μεταδοτικότητας T.

Η δυνατότητα ευρείας διάδοσης μπορεί να συσχετισθεί και με τοπολογικά χαρακτηριστικά του δικτύου, όπως τον αριθμό γειτόνων (δηλαδή τον «βαθμό») ενός μολυσμένου κόμβου k_i. Ο Newman αποδεικνύει τη σχέση για το κατώφλι ευρείας διάδοσης

[364] Για την ακρίβεια, εδώ θεωρείται πως η πιθανότητα p_κ ενός κόμβου να έχει κ γείτονες είναι δύναμης εκθέτη, για κάθε κ κάτω από μια τιμή αποκοπής. Δες Newman (2002). Επίσης, Moore C., and Newman, M. E. J.(2000) Epidemics and percolation in small world networks. *Phys. Rev. E* 61, 5678.

$$\sum_{i=0}^{N} k_i[(k_i - 1)T_i - 1] = 0 \qquad (7)$$

Αν η αριστερή πλευρά της έκφρασης αυτής είναι μεγαλύτερη του μηδενός, τότε υπάρχει ευρεία διάδοση. Αν είναι αρνητική, τότε η διάχυση υποχωρεί εκθετικά. Για παράδειγμα η μεταδοτικότητα ενός κόμβου T_k είναι αντίστροφα ανάλογη του βαθμού k (ήτοι $T_k \sim T_1/k$), η εξίσωση λύνεται για τον μέσο βαθμό μολυσμένων ατόμων $z=\langle k_i \rangle$. Τότε ισχύει

$$T_1 > z/(z-1) \qquad (8)$$

Αυτό είναι άτοπο, δεδομένου ότι z>1 και επομένως z(z-1) > 0. Από τον ορισμό του όμως, το T_1 μπορεί να πάρει τιμές μεταξύ 0 και 1. Για να υπάρξει έναρξη επιδημίας πρέπει η μεταδοτικότητα να είναι λιγότερο ευαίσθητη στη μείωση του βαθμού (πχ, αυτό συμβαίνει αν $T_k \sim (T_0-k)^{-1}$, για κάποιες τιμές του T_0).

Στην περίπτωση που η πιθανότητα επιμόλυνσης από ένα άτομο i σε άτομο j δεν χαρακτηρίζεται από μια πιθανότητα r_{ij}, αλλά εξαρτάται από πολύπλοκους κανόνες αλληλεπίδρασης (ενδεχομένως μεταξύ πολλών γειτόνων), είναι δύσκολο να βρεθεί κλειστή μορφή των αποτελεσμάτων, παρόμοια με εκείνην που περιγράφεται από τον Newman. Στο Κεφάλαιο 3 αναφερθήκαμε στην πρωτότυπη εργασία του Watts, ο οποίος στηρίχθηκε σε τύπους αλληλεπίδρασης που υπέδειξαν τα πειράματα του Solomon Asch. Έκτοτε, η έρευνα συνεχίζεται στην κατεύθυνση της ενσωμάτωσης κριτηρίων, με τα οποία κόμβοι λαμβάνουν αποφάσεις, που περιγράφονται από διμερείς αλληλεπιδράσεις μέσω της τυπολογίας 2×2 παιγνίων.[365]

Ανακεφαλαιώνοντας, η μελέτη φαινομένων διάχυσης σε δομημένους ή πλήρως ανανεμειγμένους πληθυσμούς στοχεύει στη συσχέτιση ενός μακροσκοπικού αποτελέσματος (όπως ο ρυθμός τεχνολογικής διείσδυσης στον κοινωνικό ιστό) με υποθέσεις για τη διασυνδεσιμότητα και για τον τρόπο επιμόλυνσης μεταξύ ατόμων. Στόχος είναι να βρεθούν στοιχεία της αλληλεπίδρασης των ατόμων που θα

[365] Δες, για παράδειγμα, López-Pintado, D., and Watts, D. J. (2008) Social Influence, Binary Decisions and Collective Dynamics. *Rationality and Society*, 20(4): 399-443.
Επίσης, δες Galeotti, A., Goyalz, S., Jackson, M. O., Vega-Redondo, F., and Yariv, L. (2010) Network Games. *The Review of Economic Studies* 77, 218-244.

διαφωτίσουν υφιστάμενους κοινωνικούς συσχετισμούς, ώστε να είναι δυνατή η πρόγνωση και να διευκολύνεται ή να παρακωλύεται η επέμβαση στις συνθήκες διάχυσης σε περιπτώσεις όπου αυτό είναι επιθυμητό (πχ, στη μετάδοση μιας πληροφορίας ή ενός αντικειμένου) ή ανεπιθύμητο (πχ, διάδοση ασθενειών).

5.1.3 Ατομικές αποφάσεις και χρόνος

Κεντρικό στοιχείο της διάχυσης ενός τεχνήματος είναι ο τρόπος που κάθε άτομο, ενταγμένο στον κοινωνικό του περίγυρο, παίρνει αποφάσεις. Αντίστοιχα, κεντρικό στοιχείο της διάδοσης μιας μολυσματικής ασθένειας στον κοινωνικό ιστό αποτελεί ο βαθμός έκθεσης του ατόμου σε μολυσματικές συνθήκες, κάτι που επίσης είναι προϊόν προσωπικής επιλογής σε πλήθος περιπτώσεων (πχ, στα αφροδίσια νοσήματα). Πρόσφατες έρευνες αποκαλύπτουν κανονικότητες στον ρυθμό λήψης αποφάσεων σε ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτό θέτει σε αμφισβήτηση την ισχύ της υπόθεσης στα στοχαστικά μοντέλα διάχυσης (είτε αυτά είναι πλήρους ανάμειξης είτε είναι μοντέλα δομημένων πληθυσμών) ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων είναι τυχαία.

Στο παρόν υποκεφάλαιο αναφέρονται οι πιο πρόσφατες μελέτες για το χρονισμό των ανθρώπινων αποφάσεων. Στο επόμενο κεφάλαιο θα προταθούν τρόποι με τους οποίους αποτελέσματα της έρευνας αυτής επηρεάζουν τα μοντέλα διάχυσης, και πώς αυτές εφαρμόζονται για να περιγράψουν δεδομένα από πρωτότυπες πειραματικές έρευνες της παρούσης διατριβής.

Όπως έχει διεξοδικά αναλυθεί στο Κεφάλαιο 2, αποκλίσεις από τυχαιότητα στο ρυθμό συμβάντων είναι σχετικά εύκολο να παρατηρηθεί σε χρονοσειρές. Εκεί είχαμε εστιάσει σε αποκλίσεις από μέση συμπεριφορά στην τιμή χρηματιστηριακών μετοχών. Η στατιστική αυτή ανάλυση μπορεί να μεταφερθεί και για να περιγράψει αποκλίσεις στο ρυθμό αποφάσεων ή ενεργειών ενός ατόμου από κάποια μέση συμπεριφορά. Ας υποθέσουμε ότι παρακολουθούμε τη δραστηριότητα κάποιου που επικοινωνεί μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, καθώς στέλνει και δέχεται ηλεκτρονικά μηνύματα (e-mails). Εάν το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην αποστολή

δύο μηνυμάτων τ είναι τυχαίο, τότε υπακούει στην πυκνότητα κατανομής πιθανότητας Poisson:[366]

$$P(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau} \qquad (9)$$

Σχήμα 6: *Χρόνος τ που μεσολαβεί δύο αποφάσεων. Εάν η στατιστική κατανομή P(τ) είναιPoisson (ήτοι, οι αποφάσεις λαμβάνονται με τυχαίο ρυθμό), τότε οι αποκλίσεις του τ από μια μέση τιμή είναι μικρές (επάνω). Εάν η P(τ) είναι κατανομή δύναμης εκθέτη, τότε το διάστημα τ μπορεί να πάρει εξαιρετικά μεγάλες τιμές (κάτω).*[367]

Όπως θα φανεί παρακάτω, όμως, αυτό που πειραματικά διαπιστώνεται είναι ότι το χρονικό διάστημα τ ακολουθεί την πυκνότητα πιθανότητας δύναμης εκθέτη:

$$P(\tau) \sim \tau^{-A} \qquad (10)$$

Ο εκθέτης A είναι αριθμός της τάξεως μονάδας. Η διαφορά στην ατομική δραστηριότητα που προκύπτει από τις δύο αυτές κατανομές φαίνεται στο Σχ. 6 και

[366] Haight, F. A. (1967) *Handbook of the Poisson Distribution.* New York: Wiley.
[367] Αναπαραγωγή σχήματος από το Vázquez (2006).

είναι εντυπωσιακή. Τυχαία περιστατικά εμφανίζονται με κάποια ομοιομορφία στο χρόνο, με μέση τιμή <τ> = 1/λ. Αντίθετα, η κατανομή δύναμης εκθέτη εμφανίζει πολύ μεγάλες αποκλίσεις από τη μέση τιμή <τ>, με μεγάλες περιόδους χωρίς δραστηριότητα μεταξύ τους. Πειραματικά δεδομένα για την ατομική συμπεριφορά προσομοιώνονται καλύτερα από την δεύτερη περίπτωση, με τη μαθηματική έκφραση (10). Η ατομική δραστηριότητα δεν εμφανίζει στοχαστική τυχαιότητα. Η κύρια υπόθεση στα μοντέλα διάχυσης, είτε πλήρους ανάμειξης είτε δομημένων πληθυσμών, φαίνεται ότι δεν ισχύει.

Σχήμα 7: *Η κατανομή των χρονικών διαστημάτων ανάμεσα στη λήψη ενός ηλεκτρονικού μηνύματος και της απάντησής του. Ακολουθεί κατανομή δύναμης εκθέτη $P(\tau) = \tau^{-1}$ (από το Vasquez, 2006).*

Στο Σχ. 7 διακρίνονται τα δεδομένα από την αποστολή 129135 ηλεκτρονικών μηνυμάτων σε μια τρίμηνη και μια εξάμηνη περίοδο από 3188 και 9665 μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας, που συνελέγησαν από τον Eckmann.[368] Από τα δεδομένα αυτά εξήχθη η συμπεριφορά μεμονωμένων χρηστών και συγκεκριμένα ο χρόνος τ_w που μεσολαβούσε έως ότου ο χρήστης απαντήσει σε μήνυμα που είχε λάβει. Στο διπλά λογαριθμικό διάγραμμα, η κατανομή αυτή είναι ευθεία γραμμή, ήτοι είναι κατανομή δύναμης εκθέτη με A=1 (την κλίση της ευθείας που σημειώνεται με κόκκινο).

[368] Eckmann, J. –P., Moses, E., and Sergi, D. (2004) Entropy Dialogues Creates Coherent Structures in e-mail Traffic. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 101, 14333-14337.

Παρόμοια αποτελέσματα με εκθέτη A=1 έχουν καταγραφεί για το ρυθμό που ένας φοιτητής κάνει αναζητήσεις στο διαδίκτυο ή δανείζεται βιβλία από την πανεπιστημιακή βιβλιοθήκη. Σε άλλη περίπτωση, βρέθηκε ότι ο ρυθμός κατάθεσης εντολών από χρηματιστή της Wall Street αντιστοιχεί σε κατανομή δύναμης εκθέτη A=3/2.

Στο Σχ. 8 φαίνονται οι αντίστοιχοι χρόνοι που μεσολαβούσαν για να απαντηθεί μια επιστολή από τους Αϊνστάιν και Δαρβίνο.[369] Εδώ η κατανομή έχει τιμή εκθέτη A=2.37, παρουσιάζοντας όμως μεγάλη απροσδιοριστία, καθώς στην προγενέστερη αναφορά των Vasquez και Barabási (2006) έχει εκτιμηθεί ως A≈ 3/2 (δες Σχ. 9 στο υποκεφάλαιο 3.5.4).

Σχήμα 8: *Η κατανομή των χρονικών διαστημάτων ανάμεσα στη λήψη μιας επιστολής και της απάντησής της από τους Einstein (τετράγωνα) και Darwin (κύκλοι). Η συνεχής γραμμήαντιστοιχεί σε κατανομή δύναμης εκθέτη* $P(\tau) = \tau^{-2.37}$ *(από το Vasquez, 2007).*

Παράλληλα, στη βιβλιογραφία υπάρχει μια μεγάλη κατηγορία δεδομένων, στα οποία καταγράφεται το *συνολικό αποτέλεσμα* από τη δραστηριότητα μεγάλου πλήθους ατόμων: Εδώ τα χρονικά διαστήματα δεν αντιπροσωπεύουν την καθυστέρηση λήψης απόφασης από συγκεκριμένο άτομο, αλλά τα μεσοδιάστημα μεταξύ ενεργειών που οποιουδήποτε χρήστη (πχ, μεταξύ δύο συνεχόμενων αναζητήσεων στο διαδίκτυο),

[369] Vázquez, A. (2007) Impact of memory on human dynamics. *Physica A* 373, 747.

μεταξύ υποβολής εργασιών σε υπερ-υπολογιστή (supercomputer) ή εκτυπωτές δικτύου, κλπ. Και εδώ η στατιστική κατανομή του χρονικού αυτού διαστήματος δεν είναι Poisson, τα αντίστοιχα δηλαδή γεγονότα δεν εμφανίζονται με τυχαίους ρυθμούς.[370]

Έως σήμερα έχουν διατυπωθεί δύο προσπάθειες να εξηγηθεί η κατανομή δύναμης εκθέτη για τις ατομικές δραστηριότητες. Η μία προτείνεται από τον Barabási και αφορά τον τρόπο που καθένας ιεραρχεί τις δραστηριότητές του.[371] Η δεύτερη προτείνεται από τον Vásquez και αφορά τον τρόπο που ενεργεί κανείς ενθυμούμενος την πρότερη συμπεριφορά του και μεταβάλλοντάς την σταδιακά.[372] Σε αυτή την περίπτωση μελετάται η επίδραση της μνήμης στη λήψη ατομικών αποφάσεων.

Πρώτα θα αναφερθούνε στα μοντέλα ιεράρχησης. Έστω ότι υπάρχουν L δραστηριότητες, τις οποίες ένα άτομο ιεραρχεί και εκτελεί. Ας περιγράψουμε δύο ακραίες περιπτώσεις:

- Το άτομο επιλέγει τυχαία μια δραστηριότητα από τις L και την εκτελεί. Αμέσως μετά μια νέα υποψήφια εμφανίζεται και συμπληρώνεται πάλι η λίστα.
- Το άτομο πρώτα ιεραρχεί τις δραστηριότητες με μια βαθμολογία x που παίρνει από κάποια κατανομή η(x). Κατόπιν εκτελεί εκείνην με τη μεγαλύτερη βαθμολογία (ντετερμινιστικό όριο). Αμέσως μετά μια νέα υποψήφια δραστηριότητα εμφανίζεται για να συμπληρωθεί η λίστα, βαθμολογείται σύμφωνα με την η(x) και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Ο Barabási πρότεινε πώς η πιθανότητα να εκτελεστεί μια δραστηριότητα με βαθμολογία x στη μονάδα του χρόνου είναι $\Pi(x) \sim x^{\gamma}$, με $0 \leq \gamma < \infty$. Όταν $\gamma \to 0$, το άτομο ενεργεί τυχαία. Όταν $\gamma \to \infty$, το άτομο ενεργεί πλήρως ντετερμινιστικά, δεδομένης της ιεράρχησης που έχει ο ίδιος υποθέσει. Η πιθανότητα να περιμένει χρόνο t για την εκτέλεση της επιλεγμένης δραστηριότητας δίνεται από τη σχέση $f(x,t)=(1-\Pi(x))^{t-1}\Pi(x)$. Η μέση τιμή του χρόνου αναμονής τ_w λαμβάνεται αθροίζοντας στα t=1,2,3…:

[370] Deszö, Z. *et al* (2006) Dynamics of information access on the Web. *Phys. Rev. E* 73, 066132. Επίσης, Harder U., and Paczuski, M. (2006) Correlated dynamics in human printing behavior. *Physica A* 361, 329.
[371] Barabási (2005).
[372] Vázquez (2007).

$$\tau_w = \sum t\, f(t,x) = 1/\Pi(x) \sim x^{-\gamma} \qquad (11)$$

από όπου προκύπτει η κατανομή των χρόνων αναμονής

$$P(\tau_w) \sim \eta(\tau_w^{-1/\gamma}) / \tau_w^{1+1/\gamma} \qquad (12)$$

Στο ντετερμινιστικό όριο $\gamma \to \infty$, η κατανομή είναι $P(\tau_w) \sim \tau_w^{-1}$, η οποία παρατηρείται στα δεδομένα της ανταλλαγής ηλεκτρονικών μηνυμάτων. Παρόμοια ανάλυση, όταν αφεθεί το L να μεταβάλλεται (δηλαδή όταν το άτομο έχει κατά καιρούς διαφορετικό αριθμό υποψήφιων δραστηριοτήτων που καλείται να εκτελέσει και τις οποίες ιεραρχεί) δίνει $P(\tau_w) \sim \tau_w^{-3/2}$, η οποία παρατηρείται στα δεδομένα της ανταλλαγής επιστολών.

Κατ' αυτόν τον τρόπο ο Barabási περιέγραψε τα πειραματικά αποτελέσματα για μεμονωμένους χρήστες. Όπως βέβαια έχουμε αναφέρει επανειλημμένα, δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει μια μόνον μικροσκοπική θεώρηση για να περιγράψει μια μακροσκοπική στοχαστική κανονικότητα. Παραθέτουμε λοιπόν τη θεώρηση του Alexei Vásquez, η οποία αποσκοπεί να περιγράψει τα ίδια δεδομένα.

Έστω ότι ένα άτομο εκτελεί κάποια ενέργεια μεταξύ χρόνου t και t+dt με πιθανότητα λ(t). Πόσος χρόνος μεσολαβεί X μεταξύ διαδοχικών του ενεργειών;

Στο στοχαστικό μοντέλο του A. Vázquez, i) κάθε άτομο διατηρεί μια προσωπική εντύπωση για την προηγούμενη δραστηριότητά του (έστω από χρόνο t_0), και ii) κάθε στιγμή το άτομο αποφασίζει να αυξήσει ή να μειώσει το ρυθμό με τον οποίο ενεργεί (δηλαδή να αυξήσει ή να μειώσει το λ(t)). Αυτό σημαίνει ότι:

$$\lambda(t) = \frac{\alpha}{t - t_0} \int_{t_0}^{t} \lambda(t)\, dt \qquad (13)$$

Όταν η παράμετρος α>1, τότε το άτομο αυξάνει το ρυθμό ενεργειών του (σε σχέση πάντα με την εντύπωση που διατηρεί για την προηγούμενη δραστηριότητά του και

που ποσοτικά εκφράζεται από τη μέση τιμή των προγενέστερων τιμών του λ(t)). Αντίστοιχα, όταν α<1, το άτομο μειώνει το ρυθμό ενεργειών του. Όταν α=1, ο ρυθμός παραμένει ο ίδιος λ(t)=λ(0). Θέτοντας για απλότητα t_0=0, η εξίσωση (13) επιλύεται ακριβώς:

$$\lambda(t) = \alpha\lambda_0 (t/T)^{\alpha-1} \qquad (14)$$

Με λ_0 συμβολίζεται η μέση τιμή των ενεργειών του ατόμου στο χρόνο παρατήρησης Τ. Γράφουμε επίσης $\tau_0=1/(\alpha\lambda_0)$. Από την (14), ο Vázquez είναι σε θέση να προσδιορίσει την στατιστική κατανομή f(τ) των μεσοδιαστημάτων τ μεταξύ διαδοχικών ενεργειών, η οποία παίρνει τη μορφή δύναμης εκθέτη σε δύο περιπτώσεις:

- Για α>1 και τ_0>>Τ, ισχύει $f(\tau) \sim \tau^{-A}$, όπου A=2+1/(α-1) >2.
- Για 0<α<1/2 και τ_0<<Τ, ισχύει $f(\tau) \sim \tau^{-A}$, όπου A=2-α/(α-1) <1.

Τα δεδομένα των Σχ. 7 και 8 περιγράφονται ως εξής με το μοντέλο του Vázquez:

- Η αλληλογραφία του Δαρβίνου και του Φρόυντ (Σχ. 8), ο ρυθμός αποστολής επιστολών επιταχυνόταν περίπου ως $dn/dt \sim t^{2.7}$. Αυτό σημαίνει ότι α=2.7+1=3.7 και επομένως A=2.4±0.1. Ο Barabási για την ίδια περίπτωση υπολογίζει A=1.5. Το δείγμα δεν είναι στατιστικά επαρκές για να διακρίνει ποιο μοντέλο εκ των δύο είναι περισσότερο επιτυχές.

- Τα δεδομένα για τα ηλεκτρονικά μηνύματα (Σχ. 7) είναι πιο δύσκολο να αναλυθούν. Βρίσκονται στην περιοχή τ_0<Τ, όπου σημειώνονται λίγα μόνον γεγονότα σε χρόνο Τ: συνήθως τα άτομα στο δείγμα στέλνουν ένα e-mail κάθε 2 μέρες. Επίσης, τα περισσότερα μηνύματα αποστέλλονται το πρωί και η συχνότητά τους μειώνεται προς τις απογευματικές ώρες εργασίας. Έτσι, α<1, ενδεχομένως α<<1. Ο Vázquez λοιπόν εκτιμά πως βρίσκεται στην περιοχή όπου A=1-α/(α-1) ≈ 0.9 ±0.1, σε καλή συμφωνία με τα δεδομένα (ο Barabási βρίσκει A=1).

Παρότι ξεκινούν από διαφορετικές αφετηρίες, οι Barabási και Vázquez καταλήγουν σε παρόμοια αποτελέσματα. Ο πρώτος θεωρεί ότι η δύναμη εκθέτη της ατομικής συμπεριφοράς παίρνει τιμές A=1 ή A=3/2. Ο δεύτερος, ότι παίρνει τιμές είτε A<1 είτε A>2. Τα δύο μοντέλα προβλέπουν δύο τάξεις ισοδυναμίες για τα πειραματικά δεδομένα. Επί πλέον, τα αποτελέσματα αυτά δεν διαφέρουν αρκετά ώστε να είναι δυνατή η επαλήθευσή τους από την ακρίβεια των πειραματικών δεδομένων που είναι διαθέσιμα σήμερα.

5.2 Πειραματική μελέτη Ι – Διάδοση κινητής τηλεφωνίας

Η εκρηκτική ανάπτυξη της κινητής τηλεφωνίας έχει μελετηθεί σε μεγάλη έκταση στη διεθνή βιβλιογραφία. Ο J. Donner αναφέρει 200 δημοσιεύσεις πάνω στη διάδοση της κινητής τηλεφωνίας, σε αναπτυσσόμενες χώρες.[373] Άλλες μελέτες επικεντρώνονται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Πολιτείες των ΗΠΑ, την Αυστραλία ή την Ιαπωνία.[374] Τι φιλοδοξεί να προσθέσει στον όγκο αυτό πληροφορίας η παρούσα μελέτη;

---

[373] Donner, J. (2008) Research approaches to mobile use in the developing world: A review of the literature. *The Information Society* 24(3), 140.

[374] Δες:

- Dekimpe, M. G., Parker, P. M., and Sarvary, M. (1998) Stage estimation of international diffusion models: An application of global cellular telephone adoption, *Technological Forecasting and Social Change* 57, 105.
- Gruber, H. (2001) Competition and innovation: The diffusion of mobile telecommunications in Central and Eastern Europe. *Information Economics and Policy* 13(1), 19.
- Gruber, H., and F. Verboden, F. (2001) The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union countries. *European Economic Review* 45, 577.
- Koski, J., and T. Kretschmer, T. (2005) Entry, standards and competition: Firm strategies and the diffusion of mobile telephony, *Rev. Ind. Org.* 26, 89.
- Liikanen, H., Stoneman, P., and Toivanen, O. (2004) Intergenerational effects in the diffusion of new technology: The case of mobile. *International Journal of Industrial Organization* 22, 1137.
- Frank, L. D. (2004) An analysis of the effect of the economic situation on modeling and forecasting the diffusion of wireless communications in Finland, *Technological Forecasting and Social Change* 71, 391.
- Sundqvist, S., Frank, L., and Puumalainen, K. (2005) The effects of country characteristics, cultural similarity and adoption timing on the diffusion of wireless communications, *Journal of Business Research* 58, 107.
- Rouvinen, P. (2006) Diffusion of digital mobile telephony: Are developing countries different? *Telecommunications Policy* 30, 46.
- Michalakelis, C., Dede, G., Varoutas, D., and Sphicopoulos, T. (2008) Impact of cross-national diffusion process in telecommunications demand forecasting, *Telecommunication Systems* 39, 51.
- Lindmark, S., and Bohlin, E. (2003) The i-mode success story: Towards a system explanation. *Communication and Strategies* 52, 193.

Η απάντηση βρίσκεται στη διαφορετική στόχευση της διατριβής. Και αυτό γιατί μεγάλο τμήμα των δημοσιευμένων μελετών διερευνούν τις κοινωνικές και οικονομικές ιδιαιτερότητες ενός πληθυσμού, τις οποίες συσχετίζουν με την ανάπτυξη της αγοράς κινητής τηλεφωνίας. Παράδειγμα αποτελεί η συσχέτιση της ταχύτητας διείσδυσης της κινητής τηλεφωνίας στον ενεργό πληθυσμό με τυχόν υφιστάμενη εκτεταμένη παρουσία τεχνολογιών πληροφορικής. Άλλο παράδειγμα είναι η συσχέτιση του ποσοστού διείσδυσης επί του συνολικού πληθυσμού σε σχέση με οικονομετρικούς παράγοντες, όπως το εισόδημα ή το Εθνικό Ακαθάριστο Προϊόν. Αντιθέτως, η παρούσα μελέτη αναζητά μετρήσιμα χαρακτηριστικά της διάδοσης της κινητής τηλεφωνίας, τα οποία *είναι κοινά σε πολύ διαφορετικές κοινότητες*, ήτοι, παρά τις μεγάλες διαφορές στην παράδοση, την μορφή των κοινωνικών δεσμών, το βιοτικό επίπεδο, το μορφωτικό επίπεδο, κλπ. Επίσης, ζητείται τα κοινά αυτά χαρακτηριστικά να μην περιορίζονται σε μια μόνον τεχνολογία τηλεφωνίας, αλλά *να εμφανίζονται σε συναφείς τεχνολογίες πολλών τύπων*, οι οποίοι εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια των δεκαπέντε περίπου ετών που αφορά η μελέτη. Τέτοια κοινά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν ενδεχομένως να θεωρηθούν κεντρικά στοιχεία της ανθρώπινης συμπεριφοράς και αλληλεπίδρασης, πέρα από πλείστες συνθήκες του περιβάλλοντος, στο οποίο διαδίδεται η κινητή τηλεφωνία.

Θα δείξουμε ότι υπάρχει ένα τέτοιο κοινό χαρακτηριστικό. Σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις που εξετάσθηκαν για χώρες της δυτικής ή ανατολικής Ευρώπης, και σε διάφορους τύπους τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας (αναλογική τηλεφωνία, ψηφιακή τηλεφωνία, υπηρεσίες δεδομένων), ο αριθμός των χρηστών αυξανόταν νε τετραγωνική ή κυβική δύναμη στο χρόνο. Η γενικότητα αυτού του χαρακτηριστικού δεν είχε προηγουμένως αναφερθεί στην (εκτεταμένη) βιβλιογραφία. Στο παρόν υποκεφάλαιο παρουσιάζουμε τα δεδομένα. Στο επόμενο, παραθέτουμε τρόπους με τους οποίους το χαρακτηριστικό αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί.

Τη δεκαπενταετία 1990-2004 συνυπήρχαν τρεις γενιές τεχνολογίας κινητών επικοινωνιών. Με τον όρο «πρώτη γενιά» ("1st generation" ή 1G) χαρακτηρίζονται αναλογικές τεχνολογίες τηλεφωνίας. Τεχνολογίες «δεύτερης γενιάς» (2G) άρχισαν να διαδίδονται στις χώρες της δυτικής Ευρώπης στις αρχές της δεκαετίας του '90, με κυριότερη της τεχνολογία GSM (Groupe Spéciale Mobile). Παράλληλα, στην

τεχνολογικά περισσότερο αναπτυγμένη Ιαπωνία, τη δεκαετία του ’90 διαδίδονταν κινητά τηλέφωνα που, εκτός από απλή κινητή τηλεφωνία, παρείχαν και υπηρεσίες δεδομένων. Αυτά χαρακτηρίζονταν ως κινητά 2.5 G.[375]

Η ανάπτυξη των τεχνολογιών 1G και 2G σε Ευρωπαϊκές χώρες εμφανίζεται στους Πίνακες I, II και III. Ήταν τέτοια η τεχνολογική υπεροχή των κινητών 2G έναντι εκείνων της προηγούμενης γενεάς, ώστε όταν δίνονταν άδεια ανάπτυξης των αντίστοιχων δικτύων σε κάποια χώρα από την εθνική ρυθμιστική αρχή, η τεχνολογία 2G εκτόπιζε μέσα σε ελάχιστα χρόνια όλες τις προηγούμενες αναλογικές υλοποιήσεις. Σημειώνεται εδώ ότι κατά ττη συλλογή των δεδομένων χρειάστηκε ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να καταγράφεται ξεχωριστά ο αριθμός των χρηστών των ανταγωνιστικών τεχνολογιών 1G και 2G.[376]

Στο Σχ. 9 παρουσιάζονται οι συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας GSM σε 12 Ευρωπαϊκές χώρες, στην αρχή του αντίστοιχου εξαμήνου που σημειώνεται στους Πίνακες. Οι καμπύλες εμφανίζουν διαφορετική χρονική αρχή, διαφορετική κλίση, κλπ. Συγκρινόμενες με τις τυπικές σιγμοειδείς καμπύλες, που περιγράφουν τον κύκλο του προϊόντος, το σημείο καμπής της σιγμοειδούς για το σύνολο των κρατών βρίσκεται στην περίοδο 2001-2. Παρά τις προφανείς διαφορές στο διάγραμμα μέχρι το σημείο καμπής της καμπύλης, τα ίδια δεδομένα έχουν τελείως διαφορετική μορφή όταν προβούμε στις δύο παρακάτω ενέργειες:

- Ο οριζόντιος άξονας είναι μεν χρονολογικός, αλλά ξεκινά από την ημερομηνία εκχώρησης άδειας λειτουργίας των δικτύων.
- Οι δύο άξονες χαράζονται με λογαριθμικές κλίμακες.

---

[375] Σήμερα, ως γνωστόν, χρησιμοποιούμε κινητά 3.5 G, και αναμένουμε την επόμενη εξέλιξή τους με τεχνολογίες «τέταρτης γενιάς» (4G). Δες, Βασιλόπουλος, Χ., Κωτούλας, Δ., Ξενικός, Δ., Βούδδας, Π., Δούκογλου, Τ., Χελιώτης, Γ., Αγαπίου, Γ. (2010) *Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς,* Αθήνα: Κλειδάριθμος.

[376] Υπάρχουν βάσεις δεδομένων, όπως αυτή του ΟΑΣΑ, που εμφανίζει μόνο το άθροισμα των κινητών τηλεφώνων, ανεξαρτήτως τεχνολογίας: Δες, OECD Communications Outlook 2009, Information and Communication Technologies, 15 September 2009. Τέτοια δεδομένα είναι κατάλληλα για την παρούσα μελέτη μόνον στην περίπτωση μετά το 1998, που το GSM έχει εκτοπίσει αναλογικά δίκτυα. Για προηγούμενα έτη, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από διάφορες πηγές που έκαναν αυτόν τον διαχωρισμό και διατίθεντο δημόσια στο διαδίκτυο. Συγκεκριμένα, από το newsletter *Public Network Europe – for European Telecomms Management* (ISSN 0963-5084), issues 1991-2001, και από την ιστοσελίδα www.pnewire.com (Μάρτιος 2003). Επιλεγμένα στοιχεία διασταυρώθηκαν και από άλλες βάσεις δεδομένων, όπως η www.telegeography.com (Οκτώβριος 2005).

	Jan. '91	Jun. 91	Jan. '92	Jun. '92	Jan. '93	Jun. '93	Jan. '94	Jun. '94	Jan. 95	Jun. '95	Jan. '96	Jul. '96	Jan. '97	June '97	Jan. '98	κ (±0.2)
Czech Republic	0	0	300	1.100	4.500	6.500	11.000	17.341	29.867	34.500	47.596	76.000	91.000	60.000	80.000	2.4
Estonia	0	450	800	1.200	3.100	4.600	6.500	8.582	14.400	16.600	19.436	19.700	19.700	19.000	18.000	2.1
Hungary	1.000	4.000	8.480	12.000	20.000	30.000	40.000	53.366	60.000	67.000	71.048	73.300	72.660	77.400	79.000	2.1
Latvia	0	0	0	150	650	2.300	4.500	7.279	8.364	10.500	9.327	9.800	10.350	11.700	13.500	2.3
Lithuania	0	0	0	100	500	700	1.200	1.885	4.512	6.350	8.150	8.300	11.480	11.600	12.300	2.1
Poland	0	0	0	700	2.800	6.500	15.000	24.789	44.783	57.500	82.753	113.400	158.730	200.000	257.000	2.5
Slovakia	0	0	50	400	1.000	1.800	2.800	4.511	6.022	8.300	13.520	16.700	30.000	42.000	32.000	2.2

Πίνακας Ι : Αριθμός συνδρομητών σε αναλογικά κυψελωτά δίκτυα, που εμφάνισαν σημαντική διείσδυση σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης και της Βαλτικής (συστήματα εισήχθησαν το 1991 ή ενωρίτερα)

	Jan. 95	Jun. '95	Jan. '96	Jul. '96	Jan. '97	June '97	Jan. '98	Jan. '99	Jan. '00	Jan. '01	1st license issued at	κ (±0.2)
Bulgaria	0	0	5.000	10.800	14.000	14.750	16.800	50.222	193.000	570.000	9/1995	*
Estonia	500	3.000	15.630	25.400	47.660	68.200	132.000	230.000	358.000	547.000	1/1995	2.2
Hungary	80.000	145.000	187.000	300.000	414.990	525.000	622.000	766.000	1.531.000	3.013.000	3/1994	1.8
Latvia	0	0	7.059	10.700	20.210	35.330	63.100	151.538	272.310	390.565	1/1995	2.6
Lithuania	0	0	8.767	15.600	42.660	62.200	131.000	305.000	324.000	524.000	3/1995	2.2

Πίνακας ΙΙ : Αριθμός συνδρομητών GSM κυψελωτών δικτύων στην Κεντρική Ευρώπη και τις χώρες της Βαλτικής (συστήματα εισήχθησαν το 1995 ή ενωρίτερα)

	Jan. '93	Jan. '94	Jan. '95	Jan. '96	Jan. 97	Jan. '98	Jan. '99	Jan. '00	Jan. '01	Dec. '01	Dec. '02	Dec. '03	1st license issued at	κ (±0.2)
Austria	0	550	13.000	100.700	281.000	804.000	2.000.000	3.780.000	6.320.000	8.010.000	11.100.000	12.670.000	7/1992	3.0
Belgium	0	5.000	70.000	129.000	424.000	966.000	1.735.000	3.145.840	5.580.000	7.690.000	8.101.778	8.605.834	1/1994	2.9
Denmark	8.800	40.000	238.803	491.000	1.100.000	1.194.000	1.799.000	2.460.000	3.345.000	3.370.020	3.960.165	4.477.845	3/1992	2.2
Finland	6.000	20168	112.543	283.203	862.612	1.594.121	1.700.000	3.010.098	3.642.000	4.175.587	4.516.772	4.747.000	1/1992	3.0
France	36.635	78.500	459.267	1.045.600	2.169.900	5.624.200	11.070.000	20.290.000	29.050.000	36.997.400	38.593.000	41.702.000	7/1992	3.0
Germany	200.000	980.000	1.720.000	2.950.000	5.000.000	7.800.000	13.000.000	23.450.000	47.900.000	56.126.000	59.128.000	64.800.000	6/1992	*
Greece	0	33.000	158.612	290.000	492.000	950.000	2.057.246	3.845.960	5.900.000	7.963.742	9.314.000	10.330.000	7/1993	*
Italy	0	0	0	480.000	2.623.000	7.460.000	16.800.000	28.668.321	40.600.000	51.096.000	53.100.000	56.700.000	3/1995	2.1
Luxembourg	0	4.500	12.000	29.000	50.000	60.000	130.000	209.364	303.302	432.400	473.000	539.000	7/1993	2.1
Netherlands	0	0	68.417	268.268	632.000	1.455.198	2.701.545	6.899.000	10.730.000	11.500.000	11.800.000	13.100.000	7/1994	2.4
Norway	0	8.500	130.799	519.426	787.016	1.260.000	1.730.000	2.483.758	3.000.000	3.593.251	3.790.086	4.060.829	3/1993	2.0
Portugal	7100	66.000	149.000	232.500	535.000	1.270.000	2.800.995	4.285.000	6.700.000	7.977.537	9.202.232	10.002.705	9/1992	*
Spain	0	0	0	60.000	1.650.000	3.237.000	6.157.000	13.700.000	24.400.000	29.655.729	33.530.997	37.219.839	7/1995	2.3
Sweden	0	41.000	430.000	1.012.900	1.556.000	2.300.000	3.279.000	4.468.000	5.980.000	7.034.000	7.812.000	8.669.000	1/1992	2.2
Switzerland	0	5.500	37.000	117.000	382.000	890.000	1.600.000	2.885.000	4.610.000	5.275.791	5.736.303	6.188.793	3/1993	3.2
Un. Kingdom	200	37500	378.000	1.398.000	3.460.000	6.609.000	11.637.655	23.742.000	39.950.000	44.633.000	49.546.944	52.795.573	12/1991	4.5

Πίνακας ΙΙΙ : Αριθμός συνδρομητών σε GSM κυψελωτά δίκτυα στις χώρες της Δυτικής Ευρώπης. Τα δεδομένα 1ης Ιαν. 1993 έως 1ης Ιαν. 2001 είναι από τα αντίστοιχα τεύχη του Public Networks magazine. Τα δεδομένα 31ης Δεκ. 2001 έως 31ης Δεκ. 2003 είναι από τον ΟΑΣΑ.

Σχήμα 9: *Συνδρομητές GSM σε 1 2 Ευρωπαϊκές χώρες, όπως καταμετρήθηκαν την 1η Ιανουαρίου του αντίστοιχου έτους.*

Τότε, τα δεδομένα παίρνουν τη μορφή των Σχημάτων 10 και 11. Σε πρώτη προσέγγιση, δείχνουν να ακολουθούν αρκετά πιστά ευθεία γραμμή. Αυτό σημαίνει πως logn= κ logt +logB, ήτοι $n(t) = Bt^{\kappa}$. Επί πλέον, η κλίση κ παίρνει τιμές κυρίως μεταξύ 2 και 3, με ακραία τιμή κ=4.5 για το δίκτυο GSM στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Αποκλίσεις από την δικτυακή ανάπτυξη δύναμης εκθέτη παρουσιάστηκαν σε τέσσερις μόνον περιπτώσεις, από όλες όσες μελετήθηκαν. Αυτές διακρίνονται στου Πίνακες ΙΙ και ΙΙΙ, όπου σημειώνεται «*» αντί για κάποια συγκεκριμένη τιμή του εκθέτη κ. Είναι η ανάπτυξη αναλογικού συστήματος στη Βουλγαρία και του GSM δικτύου σε Ελλάδα, Γερμανία και Πορτογαλία. Αυτή εμφανίζει, πριν το σημείο καμπής της σιγμοειδούς, *μια ξαφνική επιτάχυνση* του ρυθμού αύξησης συνδρομητών μεγαλύτερη από τις προβλέψεις της δύναμης εκθέτη και μπορεί να αποδοθεί σε

ιδιαίτερους λόγους σε κάθε μια από περιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα υπήρξε μια απότομη αύξηση του ρυθμού εγγραφής συνδρομητών όταν δόθηκε η τρίτη άδεια για πανελλαδικό δίκτυο στην εταιρεία Cosmote, θυγατρική του ΟΤΕ. Λόγω του μεγέθους και της εμπιστοσύνης στον κρατικό (τότε) πάροχο, υπήρξε μεγάλη αύξηση συνδρομητών από μέρος της αγοράς το οποίο δεν είχε προηγουμένως αξιοποιηθεί από τα δύο προηγηθέντα ιδιωτικά δίκτυα.[377]

Σχήμα 10: *Συνδρομητές κυψελωτών δικτύων στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης και της Βαλτικής: Στα (a), (b) και (c) αναλογική τηλεφωνία. Στο (d), τηλεφωνία GSM. Οι λογαριθμικές κλίμακες έχουν βάση 10.*

[377] Michalakelis, C., Varoutas, D., and Sphicopoulos, T. (2008) Diffusion of mobile telephony in Greece. *Telecommunications Policy* 32, 234.

Σχήμα 11: *Συνδρομητές κυψελωτών δικτύων GSM: (a) σε Γαλλία και Αυστρία, (b) σε Ιταλία και Φιλανδία, (c) στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι λογαριθμικές κλίμακες έχουν βάση 10.*

Σχήμα 12: *Συνδρομητές του δικτύου i-mode της NTT Docomo στην Ιαπωνία, οι οποίοι αυξήθηκαν σε 30 περίπου εκατομμύρια σε 3 μόλις χρόνια, ολοκληρώνοντας πρακτικά τον προϊοντικό κύκλο (ένθετο σχήμα).*[378] *Στο διπλά λογαριθμικό διάγραμμα, η ευθεία αντιστοιχεί σε αθροιστική κατανομή δύναμης εκθέτη* $n \sim t^{2.0\pm0.2}$. *Οι σιγμοειδείς καμπύλες του λογιστικού και του Bass μοντέλου υπερεκτιμούν τα αρχικά δεδομένα. Οι λογαριθμικές κλίμακες έχουν βάση 10.*

Δεδομένου ότι το ζητούμενο στην κοινωνική φυσική είναι η σύζευξη μακροκατάστασης και μικροσκοπικής αλληλεπίδρασης χρηστών, είναι σημαντικό να δειχθεί ποια μοντέλα διάχυσης είναι συμβατά με τις παρατηρήσεις. Εστιάζοντας εδώ σε μοντέλα πλήρους ανάμειξης (δες υποκεφάλαιο 5.1.1), θα δείξουμε πώς η δύναμη εκθέτη μπορεί να οδηγήσει σε αυτό το συμπέρασμα. Για ευκολία παρατηρούμε τα δεδομένα του Σχ. 12, τα οποία ακολουθούν δύναμη εκθέτη 2. Στο διπλά λογαριθμικό διάγραμμα ακολουθούν ευθεία γραμμή με κλίση 2. Η λογιστική καμπύλη και το μοντέλο Bass αποκλίνουν σε μικρές τιμές για διαφορετικούς λόγους:

[378] Τα δεδομένα αντλήθηκαν από την ιστοσελίδα της εταιρείας Docomo που παρείχε την υπηρεσία: www.ntt.docomo.com (Ιανουάριος 2003).

- Στο μοντέλο Fisher-Pry (λογιστικό), η σιγμοειδής καμπύλη παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόκλιση από τα δεδομένα για μικρές τιμές των t και n. Παρόμοια απόκλιση εμφανίζεται σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν. Προέρχεται από την μαθηματική έκφραση της λογιστικής καμπύλης (δες παράσταση 2, υποκεφάλαιο §5.1.1), η οποία προβλέπει ότι, σε πολύ αρχικό στάδιο της διάχυσης $t \to 0$, ο αριθμός συνδρομητών είναι $n \approx 0.01n^*$. Για παράδειγμα, η λογιστική καμπύλη στο Σχ. 12 αντιστοιχεί σε $n^*=3.200.000$ συνδρομητές και $b=0.2$, δίνοντας για $t \to 0$ τιμή $n \approx 0.01n^*$ έως $0.02n^*$, εξαρτώμενη από το συγκεκριμένο σημείο (t_o, n_o) των δεδομένων από το οποίο θα διέρχεται με ασφάλεια η καμπύλη. Μια τέτοια αρχική τιμή φαίνεται αφύσικη για την περίπτωση της διάδοσης κινητής τηλεφωνίας. Σημαίνει επίσης, ότι η λογιστική καμπύλη δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να πάρει τιμές και να προσομοιάσει αριθμό συνδρομητών μικρότερο από $n \approx 0.01n^*$. Ή επίσης, ότι δεν μπορεί να προσομοιάσει δεδομένα που ακολουθούν δύναμη εκθέτη για πάνω από δύο τάξεις μεγέθους στον αριθμό συνδρομητών n(t), αφού αλλάζει πολύ αργά γύρω από την τιμή $n \approx 0.01n^*$ για μικρές τιμές του χρόνου.

- Στο μοντέλο Bass, η σιγμοειδής δίνεται από την κλειστή μορφή:

$$n = n^* (1-\exp(-(a+b)t)) / (1+(a/b)\exp(-(a+b)t)) \qquad (15)$$

όπου a και b είναι οι σταθερές καινοτομίας και μίμησης, αντίστοιχα (δες υποκεφάλαιο §5.1.1). Παρόμοια με το λογιστικό μοντέλο, η καμπύλη (15) έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στη βιβλιογραφία για να περιγράψει τη διάχυση τεχνολογικών αντικειμένων. Στο Σχ. 14 διακρίνεται η προσομοίωση των δεδομένων με το μοντέλο Bass. Σε γενικές γραμμές είναι περισσότερο επιτυχής από τη λογιστική καμπύλη, αλλά σε μικρές τιμές του χρόνου εμφανίζει γραμμική συμπεριφορά, εξ αιτίας της σταθεράς καινοτομίας $a \neq 0$. Έτσι αποκλίνει από τα δεδομένα, τα οποία μειώνονται με την ίδια δύναμη εκθέτη $\kappa \approx 2$ από, πρακτικά, τις πρώτες καταγραφές των συνδρομητών.

- Στο μοντέλο Gompertz, το εύρος των δεδομένων που μπορούν να προσεγγιστούν από κατανομή δύναμης εκθέτη είναι αρκετά μεγαλύτερο, και μπορεί να εκτείνεται έως τρεις τάξεις μεγέθους στο n(t). Όπως όμως φαίνεται και στο Σχ. 3, το σημείο καμπής της σιγμοειδούς του προσεγγίζει την $n \sim t^2$ βρίσκεται περίπου στο $0.1n^*$. Δεδομένου ότι το σημείο καμπής των δεδομένων για το i-mode είναι περί τα 25 εκατομμύρια χρήστες (δες ένθετο στο Σχ. 12), αυτό θα σήμαινε ότι ο κύκλος του προϊόντος θα ολοκληρωνόταν στις περίπου 250 εκατομμύρια τερματικές συσκευές, αριθμό πολύ μεγαλύτερο του διπλασίου του πληθυσμού της Ιαπωνίας. Κάτι τέτοιο δεν έχει παρατηρηθεί ούτε στις συσκευές GSM στην Ευρώπη, όπου ο αριθμός των συσκευών δεν ξεπερνά το 150% του πληθυσμού.

- Αντίθετα με τα ανωτέρω, υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι το μοντέλο Weibull μπορεί να περιγράψει τα δεδομένα μεγάλου μέρους του προϊοντικού κύκλου που παρουσιάζονται στα δεδομένα της παρούσης μελέτης. Συγκεκριμένα, σε μικρούς χρόνους η Weibull σιγμοειδής καμπύλη αυξάνει με δύναμη εκθέτη $n \sim t^{\kappa}$ (δες ανάλυση στο υποκεφάλαιο §5.1.1). Επίσης, στο Σχ. 16 προσομοιάζουμε με βάση το μοντέλο αυτό *το σύνολο των δεδομένων* του i-mode, καθώς και *το σύνολο των δεδομένων* από τη διάδοση αναλογικού δικτύου 1G στην Ουγγαρία.

Το Σχ. 13 εκμεταλλεύεται τη δυνατότητα να γραφεί η σιγμοειδής Weibull $n(t)= n^* (1-\exp(-(t/\tau)^{\beta})$ με τη μορφή:

$$\ln \ln ((1-n/n^*)^{-1}) = \beta \ln t - \beta \ln \tau \qquad (16)$$

Κατ' αυτόν τον τρόπο, η έκφραση στα αριστερά είναι γραμμική συνάρτηση του lnt. Η επιτυχία του μοντέλου έγκειται στο βαθμό που μια ευθεία γραμμή διέρχεται από το σύνολο των δεδομένων, όταν τοποθετηθούν σε διάγραμμα με άξονες που υποδεικνύονται από την έκφραση (16).

Σχήμα 13: *Τα δεδομένα της αύξησης των συνδρομητών στο 2.5G δίκτυο i-mode NTT Docomo στην Ιαπωνία (τετράγωνα) και στο 1G αναλογικό δίκτυο στην Ουγγαρία (τρίγωνα) προσομοιώνονται με επιτυχία από το μοντέλο Weibull (συνεχείς ευθείες γραμμές). Οι λογαριθμικές κλίμακες έχουν βάση τον νεπέρειο αριθμό e. Ένθετο: Η κατανομή νέων χρηστών που εγγράφονταν στο δίκτυο i-mode σύμφωνα με το μοντέλο Weibull (συνεχής γραμμή) και σύμφωνα με το λογιστικό μοντέλο (διακεκομμένη).*

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα δεδομένα διάχυσης κινητών επικοινωνιών σε εθνικές αγορές είναι συνεπή με το μοντέλο Weibull. Όπως όμως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο §5.1.1, έως σήμερα δεν έχει αποσαφηνιστεί τι υποδηλοί η σιγμοειδής Weibull για τις αποφάσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο και τις αλληλεπιδράσεις των ατόμων που πείθονται να γίνουν χρήστες. Αυτή η φυσική σημασία θα αναζητηθεί παρακάτω.

Μια κατεύθυνση πάντως για την ανάλυση που θα ακολουθήσει μπορεί να δοθεί από την κατανομή δύναμης εκθέτη στα δεδομένα σε μικρούς χρόνους. Ήτοι, αφού για $t<<\tau$ ισχύει $n \sim t^{\kappa}$, τότε $dn/dt \sim t^{\kappa-1} \sim n^{1-1/\kappa}$. Για ευκολία στη συζήτηση, ας θεωρήσουμε την τυπική τιμή $\kappa=2$, η οποία σημαίνει $dn/dt \sim \sqrt{n}$. Η έκφραση αυτή μπορεί να συγκριθεί με την πρόβλεψη του λογιστικού μοντέλου $dn/dt \sim n$, όπου η πιθανότητα να πεισθεί κάποιο άτομο να γίνει συνδρομητής κινητής τηλεφωνίας εξαρτάται από το πλήθος των υφιστάμενων χρηστών. Αντίθετα, κατά τη Weibull, η πιθανότητα αυτή εξαρτάται από την *τετραγωνική ρίζα* του αριθμού των υφιστάμενων χρηστών – είναι δηλαδή πολύ μικρό υποσύνολο του n και μεταβάλλεται πολύ πιο αργά. Αυτό σημαίνει πως το περιβάλλον που είναι σημαντικό για κάθε άτομο στην απόφαση να γίνει συνδρομητής είναι *σχετικά μικρό και σχεδόν σταθερό στο χρόνο*. Τα χαρακτηριστικά αυτού του περιβάλλοντος που υποδεικνύονται από τα δεδομένα μας και επηρεάζουν τις ατομικές αποφάσεις εξετάζεται στο παρακάτω υποκεφάλαιο.

5.3 Διάχυση Weibull και μοντέλα δομημένου πληθυσμού

Τα μοντέλα δομημένων πληθυσμών (δες §5.1.2) δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στο περιβάλλον των χρηστών, από ότι τα μοντέλα πλήρους ανάμειξης που εστιάζουν σε γενικευμένες μέσες συμπεριφορές. Αυτά τα μοντέλα θεωρούν ότι τα άτομα είναι κόμβοι ενός δικτύου και αλλάζουν κάποια ιδιότητά τους (πχ, πείθονται να αγοράσουν κινητό τηλέφωνο ή γενικότερα «μολύνονται») μετά από αλληλεπίδραση με τους γείτονες k που τους περιβάλλουν. Βασική υπόθεση είναι ότι $k<<n$, δηλαδή ότι οι γείτονες που επηρεάζουν το άτομο είναι μικρό υποσύνολο του συνολικού πληθυσμού.

Στα προβλήματα αυτά η τοπολογία και ο τρόπος «επιμόλυνσης» αποτελούν δύο αρχικές προϋποθέσεις, ώστε κατόπιν να επιλυθούν για να αναδείξουν τα χαρακτηριστικά της διάχυσης της μελετώμενης ιδιότητας στον πληθυσμό. Υπό αυτή την έννοια, οι παρατηρήσεις του παραπάνω υποκεφαλαίου, ότι δηλαδή ο αριθμός χρηστών κινητών τηλεφώνων την περίοδο 1990-2001 αυξάνει ακολουθώντας δύναμη εκθέτη ($dn/dt \sim t^{\kappa-1} \sim n^{1-1/\kappa} \equiv n^{\delta}$, με τυπικές τιμές $\kappa = 2\text{-}3$ και $\delta=0.5\text{-}0.6$), υποδεικνύει διάδοση σε δίκτυο. Κάθε άτομο επιδρά με έναν αριθμό από γείτονες $k \sim n^{\delta} << n$, που έχουν ήδη γίνει χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Στη δικτυακή ορολογία, οι εκθέτες

δ=ln(k)/ln(n) and κ= ln(n)/ln(n/k) μετατρέπονται σε γεωμετρικές παραμέτρους της τοπολογίας του δικτύου των «μολυσμένων» κόμβων. Εάν η γεωμετρία παίζει ρόλο στη σημερινή κοινωνική δομή, τότε τα δεδομένα της παρούσης διατριβής μπορούν να αποτελέσουν στοιχείο άντλησης της γεωμετρικής διάστασης των κοινωνικών συσχετισμών.

Έως σήμερα, έχει προταθεί μόνον μία ερευνητική εργασία που συνδυάζει κάποια υπόθεση για την τοπολογία και την επιμόλυνση και οδηγεί σε διάχυση με χαρακτηριστικά δύναμης εκθέτη. Είναι η θεωρητική προσομοίωση σε υπολογιστή από τους Goldenberg *et al*.[379] Οι αρχικές υποθέσεις είναι οι ακόλουθες:

- Τοπολογία δικτύου: τετραγωνικό πλέγμα διάστασης d=2,3…
- Τρόπος επιμόλυνσης: Κάθε δικτυακός κόμβος i αντιστοιχίζεται σε έναν τυχαίο αριθμό p_i μεταξύ του 0 και του 1. Όταν ο αριθμός είναι μικρότερος από ένα σταθερό αριθμό Q, τότε ο κόμβος είναι επιρρεπής να μολυνθεί. Η μόλυνση ξεκινά από έναν από αυτούς τους κόμβους. Στο επόμενο βήμα μολύνονται όλοι οι επιρρεπείς γείτονες του κόμβου αυτού. Μετά, οι επιρρεπείς γείτονες των γειτόνων, κοκ.

Για την περίπτωση των κινητών τηλεφώνων, το Q αντιστοιχεί στην ποιότητα του προϊόντος, το οποίο ο χρήστης αγοράζει όταν υπερτερεί των προσδοκιών του p_i, δηλαδή όταν $p_i < Q$.

Μετά από κάθε βήμα μετρούνται οι μολυσμένοι κόμβοι. Εάν Q είναι αριθμός μικρότερος από μια τιμή p_c (που αποτελεί το κατώφλι έναρξης επιδημίας - “percolation threshold” και είναι γνωστός για κάθε τετραγωνικό πλέγμα διάστασης d=2,3…), τότε η διάχυση μετά από λίγα βήματα σταματά.[380] Όταν $Q \geq p_c$, τότε η διάχυση ακολουθεί κατανομή δύναμης εκθέτη, όπως φαίνεται και στο Σχ. 14.

[379] Goldenberg, J., Libai, B., Solomon, S., Jan, N., and Stauffer, D. (2000) *Marketing percolation*, arXiv:cond-mat/0005426v1 [cond-mat.stat-mech] 24 May 2000.

[380] Δεδομένου ότι τα p_i παίρνουν τυχαίες και ανεξάρτητες (iid) τιμές, το Q ταυτίζεται με την πιθανότητα μετάδοσης της μόλυνσης ή transmissivity T με την ορολογία της § 4.1.2. Τότε, το p_c αποτελεί το κατώφλι έναρξης επιδημίας. Για παράδειγμα σημειώνουμε ότι, για d=2, ισχύει p_c = 0.592746.

Σχήμα 14: *Η διάχυση ενός προϊόντος (εδώ κινητών τηλεφώνων) σύμφωνα με το υπολογιστικό μοντέλο των Goldenberg et al, για πλέγμα 2, 3, 4 και 5 διαστάσεων. Η κλίση της καμπύλης είναι d-1, όπου d η διάσταση του δικτύου. Ο οριζόντιος άξονας καταμετρά υπολογιστικά βήματα της διαδικασίας διάχυσης που προτείνει το μοντέλο και δεν αντιστοιχεί απαραίτητα σε πραγματικό χρόνο – δες ανάλυση στο κείμενο. (Από την αναφορά Goldenberg, 2000)*

Για τις ανάγκες της διατριβής χρησιμοποιήσαμε τα ίδια δεδομένα του Σχ. 14 για να μελετήσουμε ολόκληρη τη σιγμοειδή καμπύλη, όχι μόνο το αρχικό στάδιο αύξησης σύμφωνα με την δύναμη εκθέτη. Βρήκαμε ότι τα δεδομένα ακολουθούν την κατανομή Weibull (Σχ. 15). Με αυτή την παρατήρηση εκτιμούμε ότι το μοντέλο *Goldenberg et al* είναι το πρώτο μοντέλο που βρίσκει μια φυσική σημασία για την χρησιμοποίηση της κατανομής Weibull σε προβλήματα διάχυσης τεχνολογικών αντικειμένων. Όπως είχε τονιστεί στο §5.1.1, η σιγμοειδής Weibull είχε αρχικά προταθεί σαν ένας απλός, ευέλικτος τρόπος προσομοίωσης πειραματικών δεδομένων.[381]

[381] Meade, 1980.

Σχήμα 15: *Όταν τα δεδομένα του Σχ. 14 εμφανίζονται σε κατάλληλους νεπέρειους λογαριθμικούς άξονες γίνεται φανερό ότι ακολουθούν την κατανομή Weibull. Αυτό παρουσιάζεται εδώ για τα δεδομένα με d=3 (ένθετο επάνω), που έχουν ληφθεί από το Σχ. 14, ακολουθούν σιγμοειδή καμπύλη (ένθετο κάτω) και που συντάσσονται σε ευθεία γραμμή, σύμφωνα με τις προβλέψεις της κατανομής Weibull (δες έκφραση (16) στο κείμενο). Το σημείο αυτό δεν είχε διερευνηθεί από τους συντάκτες του μοντέλου Goldenberg et al (2000), οι οποίοι εστίασαν μόνο στην δύναμη εκθέτη της αρχικής αύξησης του πληθυσμού.*

Η διάχυση σύμφωνα με το μηχανισμό που προτείνουν οι Goldenberg *et al* (2000) υποδηλοί ότι οι χρήστες του προϊόντος καταλαμβάνουν στο πλέγμα θέσεις που σχηματίζουν fractal. Για παράδειγμα, σε διδιάστατα πλέγματα αναφέρουν ότι το fractal που σχηματίζεται έχει διάσταση 1.6 -1.9. Το αποτέλεσμα αυτό εξάγεται από διατάξεις όπως αυτή στο Σχ. 16, το οποίο υποδεικνύει την ανομοιογένεια στον πληθυσμό που προμηθεύεται το προϊόν. Η διατήρηση των fractal τοπολογικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του προϊοντικού κύκλου συμφωνεί με την

παρατήρηση στα δεδομένα μας, τα οποία εμφανίζουν τον ίδιο εκθέτη διάχυσης είτε οι χρήστες είναι μερικές χιλιάδες ή εκατομμύρια.[382] Σημειώνεται πάντως ότι η αύξηση των αρχικών χρηστών στο μοντέλο Goldenberg *et al*, δηλαδή η κλίση του διαγράμματος 13, συσχετίζεται ποσοτικά μόνον με τη διάσταση του πλέγματος του συνολικού πληθυσμού και όχι με την κλασματική fractal διάσταση του δικτύου των χρηστών, αφού στο μοντέλο παίρνει αποκλειστικά ακέραιες τιμές.

Παρότι το μοντέλο Goldenberg *et al* είναι το μοναδικό στην έως σήμερα βιβλιογραφία που συσχετίζει την κατανομή Weibull με ατομικά χαρακτηριστικά, εμφανίζει μειονεκτήματα που δυσχεραίνουν την εφαρμογή του στην κινητή τηλεφωνία. Συγκεκριμένα:

1) Προβλέπει ότι η αύξηση χρηστών ακολουθεί κατανομή δύναμης εκθέτη που παίρνει ακέραιες τιμές. Μένει να δειχθεί αν το μοντέλο μπορεί να προβλέψει κλασματικούς εκθέτες που παρατηρούνται στην κινητή τηλεφωνία. Ενδεχομένως, πρέπει να μελετηθούν πληθυσμοί δικτυωμένοι σε τοπολογίες fractal ή τοπολογίες με την ιδιότητα των μικρών κόσμων.
2) Το μοντέλο προβλέπει ότι ένα υποσύνολο του ενεργού πληθυσμού δεν αποκτά κινητό. Στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας η διείσδυση στον πληθυσμό είναι πρακτικά πλήρης, κάτι που στο μοντέλο προβλέπεται μόνο στην τετριμμένη περίπτωση $Q \rightarrow 1$.
3) Ο τρόπος διάχυσης του μοντέλου προσιδιάζει περισσότερο διάδοση επιδημίας παρά τεχνολογική διείσδυση σε αγορές. Δεν προβλέπει, για παράδειγμα, μαζική ενημέρωση κόμβων, που ενδέχεται να μεταλαμπαδεύει ξαφνικά τη νόσο σε απομακρυσμένο σημείο του δικτύου.
4) Το σπουδαιότερο όμως μειονέκτημα του μοντέλου είναι αυτό που ενυπάρχει σε όλα τα μοντέλα δομημένου πληθυσμού και αφορά την έννοια του χρόνου. Αυτό φαίνεται καθαρά στο Σχ. 13, όπου ο άξονας του χρόνου *καταμετρά χρονικά βήματα στην αριθμητική προσομοίωση και όχι πραγματικό χρόνο*. Όπως αναφέρθηκε στο 5.1.2 για μοντέλα δομημένου πληθυσμού, η παραδοχή ότι τα υπολογιστικά βήματα αντιστοιχούν σε κανονικά χρονικά διαστήματα

[382] Χαρακτηριστικό παράδειγμα η περίπτωση του Ηνωμένου Βασιλείου (Σχ. 11). Ο ίδιος εκθέτης αύξησης χρηστών περιγράφει τη φάση της διάχυσης από 30,000 έως 30,000,000 συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας.

είναι παντελώς αυθαίρετη. Η αξία αυτών των μοντέλων έγκειται κυρίως στην ανάδειξη τοπολογικών χαρακτηριστικών της κοινωνικής δομής. Έτσι, η μεθοδολογία του μοντέλου των Goldenberg *et al* μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο διερεύνησης της χωρικής ανομοιογένειας (πχ, της fractal διάστασης) του πληθυσμού των χρηστών ενός προϊόντος, για διάφορες αρχικές τοπολογίες κοινωνικών συσχετισμών και για διάφορες τιμές (σταθερές ή μεταβαλλόμενες) των παραμέτρων της ποιότητας του προϊόντος Q και των απαιτήσεων των πελατών p_i. Είναι όμως δύσκολο να εφαρμοστεί για να περιγράψει τη χρονική εξέλιξη του φαινομένου της διάχυσης, δίχως πρόσθετες παραδοχές.

Σχήμα 16: *Χωρική ανομοιογένεια των χρηστών ενός προϊόντος, όπως προβλέπεται από το μοντέλο Goldenberg et al. Η τυπική διάσταση fractal του πληθυσμού που δεν είναι χρήστες έχει διάσταση 1.6-1.9 για διδιάστατο δικτυακό πλέγμα, όπως αυτό που απεικονίζεται. (Από το Goldenberg, 2000).*

5.4 Προτεινόμενο μοντέλο – Ομαδοποίηση ατομικών αποφάσεων

Παρακάτω προτείνεται ένα νέο μοντέλο, το οποίο φιλοδοξεί να περιγράψει τις σιγμοειδείς καμπύλες Weibull, που παρουσιάζονται στην παρούσα διατριβή, παρακάμπτοντας αδυναμίες των μοντέλων δομημένου πληθυσμού αναφορικά με τη θεώρηση του χρόνου. Στηρίζεται στις νέες ερευνητικές κατευθύνσεις στην κοινωνική φυσική που αφορούν τον τρόπο που λαμβάνονται ατομικές αποφάσεις και που αναφέρθηκαν στο §5.1.3.

Κατ' αρχήν, το μοντέλο αναγνωρίζει ότι η διάχυση τηλεπικοινωνιακών τεχνημάτων (όπως κινητών τηλεφώνων), η ταχύτητα δηλαδή με την οποία υιοθετούνται τεχνολογίες, είναι αποτέλεσμα προσωπικής απόφασης. Αυτή εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, που αφορούν το προϊόν (τη μορφή, το κόστος, την ευκολία χρήσης, το αν εξακολουθεί να αλλάζει και να βελτιώνεται κατά τη διαδικασία της διάχυσης) αλλά και τον κοινωνικό περίγυρο – όπως την οικονομική συγκυρία κατά την εισαγωγή του προϊόντος, πολιτισμικά στοιχεία της κοινότητας, τη διαφήμιση, τεχνική υποστήριξη, κλπ. Κάθε παράγοντας στο πολύπλοκο αυτό φαινόμενο αντικατοπτρίζεται σε διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις. Το άτομο συνυπολογίζει κάποιους από τους παράγοντες που θεωρεί σημαντικούς, και οι οποίοι ενεργούν θετικά ή αρνητικά στην απόκτηση του τεχνήματος κάποια στιγμή. Παράλληλα, το άτομο «πολιορκείται» μέσω κοινωνικών επαφών (διαφήμιση στα μέσα ενημέρωσης, απόψεις φίλων, κλπ), με επιχειρήματα που τονίζουν ότι το τέχνημα διευκολύνει προσωπικές δραστηριότητες, την κοινωνικότητα, τη δυνατότητα μετακίνησης και ταξειδιού, κλπ.

Ένα ακόμη σημαντικό σημείο στο μοντέλο αφορά την παρατήρηση της παρούσης εργασίας ότι το δίκτυο των χρηστών κινητής τηλεφωνίας μεγεθύνεται διατηρώντας αναλλοίωτο το περιβάλλον και τις αλληλεπιδράσεις, υπό τις οποίες κάθε δυνητικός χρήστης πείθεται να γίνει συνδρομητής. Το ακριβές *περιεχόμενο* μιας τέτοιας αλληλεπίδρασης μεταξύ χρηστών και δυνητικών χρηστών, που δεν εξαρτάται από τοπικά, εθνικά, πολιτιστικά, οικονομικά χαρακτηριστικά, παραμένει ανοικτό ζήτημα και θα πρέπει να διερευνηθεί από άλλου τύπου κοινωνιολογικές έρευνες. Η προσέγγιση της εργασίας (στα πλαίσια της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης) είναι

ότι η απόφαση του χρήστη να εγγραφεί στην υπηρεσία, τόσο αναλλοίωτη στον τόπο και τον χρόνο, δεν μπορεί παρά να στηρίζεται σε ένα βασικό ανθρώπινο χαρακτηριστικό. Αυτό το στοιχείο προτείνεται ότι είναι η ανθρώπινη μνήμη. Το μοντέλο διάχυσης που προτείνεται στην παρούσα διατριβή για τη διάχυση τύπου Weibull, θα στηριχθεί στην εργασία του A. Vásquez, που περιγράφηκε αναλυτικά στο §5.1.3.

Η πειθώ αποτελεί μια μορφή αλληλορύθμισης της δραστηριότητας κοινωνικών εταίρων που, με την έννοια που καθιερώθηκε από την Κυβερνητική, απαιτεί επαναλαμβανόμενες επαφές και συνεννοήσεις. Οι επαφές αυτές δεν γίνονται απαραίτητα μετά από υπολογισμό κόστους/ οφέλους, αλλά αντιστοιχούν σε κοινωνικές επαφές που προσφέρονται ως «δώρο» στα πλαίσια της διατήρησης μιας κοινωνικής σχέσης (πχ, ως φιλική συμβουλή). Κάθε άτομο διατηρεί στη μνήμη του τον αντίκτυπο που του προκάλεσε κάθε προηγούμενη επαφή. Σε αυτό το πλαίσιο, τα πειραματικά δεδομένα της εργασίας περιγράφονται πλήρως, αρκεί να υποτεθεί ότι η απόφαση του ατόμου να υιοθετήσει ένα τέχνημα εξαρτάται από τον *αντίκτυπο* των προηγούμενων επαφών με τον κοινωνικό του περίγυρο πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα. Η υιοθέτηση του τεχνήματος επέρχεται τόσο πιο γρήγορα, *όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός των θετικών ερεθισμάτων που λαμβάνει το άτομο, και όσο μεγαλύτερο βάρος τους προσδίδει και με το οποίο τα εγγράφει και τα διατηρεί στη μνήμη του.*

Σε ένα πρόβλημα διάχυσης θεωρούμε έναν πληθυσμό από n^* άτομα, ένας αριθμός n(t) από τα οποία έχουν ήδη υιοθετήσει την τεχνολογία, ενώ τα υπόλοιπα n^*- n(t) είναι επιρρεπή να την υιοθετήσουν στο μέλλον. Θεωρούμε επίσης ότι κάποιος που θα υιοθετήσει την τεχνολογία δεν θα αλλάξει άποψη στο μέλλον. Γράφουμε λ(t)dt την πιθανότητα ένα άτομο να υιοθετήσει την τεχνολογία σε χρόνο μεταξύ t και t+dt. Τότε:

$$dn/dt \sim \lambda(n^* - n) \qquad (17)$$

Στα στοχαστικά μοντέλα, η πιθανότητα λ αποτελεί μέτρο του βαθμού στον οποίο ένα άτομο επηρεάζεται από το περιβάλλον του, το οποίο τον ωθεί να γίνει χρήστης της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Αν, για παράδειγμα, τα κοινωνικά ερεθίσματα εξαρτώνται από τυχαίες επαφές με *όλους* τους υφιστάμενους χρήστες, τότε το λ είναι

ανάλογο του αριθμού τους $\lambda=\lambda_0 n$, όπου λ_0 είναι ένας ρυθμός επαφών με κάθε χρήστη, και έτσι αναπαράγεται η λογιστική καμπύλη. Το προτεινόμενο μοντέλο, ακολουθώντας την εργασία του A. Vázquez, θεωρεί ότι το λ δεν είναι απ' αυθείας ανάλογο του ρυθμού $\lambda_0 n$ των κοινωνικών επαφών, αλλά *της εντύπωσης* που αυτές προκαλούν στον υποψήφιο χρήστη. Αυτή η εντύπωση προκαλείται σταδιακά, βασιζόμενη στη μνήμη που διατηρεί για τις συγκεκριμένες κοινωνικές επαφές. Ο Vázquez υπολόγισε το λ μέσω επαναληπτικής διαδικασίας (recursively), από την μέση τιμή των προηγούμενων τιμών που έχει λάβει το λ στην περίοδο ενδιαφέροντος (t_0, t), πριν παρθεί η ατομική απόφαση αγοράς κινητού τηλεφώνου, πολλαπλασιασμένη με μια μακροσκοπική παράμετρο α:

$$\lambda(t) = \frac{\alpha}{t - t_0} \int_{t_0}^{t} \lambda(t)\, dt \qquad (18)$$

Ανάλογα με την τιμή του α, το άτομο αποφασίζει να επιταχύνει ($\alpha>1$) ή να επιβραδύνει τις ενέργειές του ($0<\alpha<1$), αυξάνοντας ή μειώνοντας την πιθανότητα λ, αντίστοιχα.

Η σχέση (18) μπορεί να συνδυαστεί με την (17) εάν συντρέχουν τα ακόλουθα:

1. Τα ερεθίσματα που λαμβάνει κάθε άτομο προέρχονται από διάφορες πηγές (πληροφόρηση από άλλους που γνωρίζουν περισσότερα, από διαφήμιση, από προσωπική έρευνα στο διαδίκτυο, κλπ). Ξεκινά να εξετάζει την υιοθέτηση της τεχνολογίας τον χρόνο $t_0=0$, ο οποίος είναι και ο χρόνος έναρξης της διάχυσης. Με άλλα λόγια, θεωρείται ότι κάθε άτομο δέχεται ερεθίσματα *από την αρχή της διαδικασίας*. Αυτό σημαίνει είτε ότι εκτεταμένη διαφημιστική εκστρατεία έχει προηγηθεί της εισαγωγής του προϊόντος στην αγορά, είτε ότι κάθε άτομο βρίσκεται πολύ κοντά σε πηγή ενημέρωσης για το συγκεκριμένο ζήτημα.[383]

[383] Αυτό δεν είναι ασυνήθιστο στις σύγχρονες παγκοσμιοποιημένες αγορές και τα αντίστοιχα μοντέλα διάδοσης. Δες, Agliari, E., Burioni, R., Cassi, D., and Neri, F. M. (2006) Efficiency of information spreading in a population of diffusing agents. *Phys. Rev. E* 73, 046138.

2. Καθώς ο χρόνος περνά, η εντύπωση από τον ρυθμό πρόσληψης ερεθισμάτων μεταβάλλεται. Κάθε στιγμή, η εντύπωση που αυτά προκαλούν στο άτομο σχετίζεται με εκείνην που είχαν προκαλέσει προηγούμενα ερεθίσματα, μεγεθυμένη ή εξασθενημένη ανάλογα με το αν το άτομο διάκειται θετικά ή όχι σε αυτά.

3. Ο τρόπος που το άτομο φιλτράρει την πληροφόρηση που δέχεται περιγράφεται με τη βοήθεια της παραμέτρου α, σύμφωνα με τη μαθηματική έκφραση (18) του μοντέλου του Vázquez. Έτσι μπορεί να περιγραφεί η τάση ενός ατόμου να αγνοεί ερεθίσματα και να αντιστέκεται στην ιδέα της υιοθέτησης ενός προϊόντος με τιμή $0<\alpha<1$, που υποβαθμίζει τον πραγματικό ρυθμό πρόσληψης ερεθισμάτων. Ή, αντίθετα, με μια τιμή $\alpha>1$, μπορεί να περιγραφεί η τάση ενός ατόμου που ευαισθητοποιείται έντονα από τα εξωτερικά ερεθίσματα, αυξάνει ηθελημένα την πιθανότητα υιοθέτησης του προϊόντος λ και, τελικά, επιταχύνει τη διάχυση του προϊόντος.

Στη γενική περίπτωση, η παράμετρος α είναι στοχαστική, αφού κάθε άτομο κρατά διαφορετική στάση απέναντι στο προϊόν. Παρόλα αυτά, στο προτεινόμενο μοντέλο θεωρείται ότι η τιμή του α εκφράζει μια γενική τάση του πληθυσμού και αντιμετωπίζεται ως μεταβλητή του προβλήματος. Θέτοντας $t_0=0$ και επιλύοντας την (18) λαμβάνουμε

$$\lambda(t) = \alpha\lambda_0 \, t^{\alpha-1} \qquad (19)$$

Αντικαθιστώντας στην (17), και χρησιμοποιώντας την έκφραση $\alpha\lambda_0= \tau^{1-\alpha}$, η λύση είναι

$$n(t) = n^* \left(1 - \exp[-(t/\tau)^{\alpha} / \alpha] \right) \qquad (20)$$

Η εξίσωση αυτή είναι η δι-παραμετρική κατανομή Weibull για κάθε τιμή $\alpha>0$. Όταν $\alpha>1$, η εξίσωση (20) έχει τη μορφή ης σιγμειδούς καμπύλης που αναφέρθηκε στο §5.1.1. Στο όριο $n<<n^*$, ο πληθυσμός των χρηστών του προϊόντος ακολουθεί κατανομή δύναμης εκθέτη:

$$n(t) \sim t^{\alpha} \sim n^{(\alpha-1)/\alpha} \qquad (21)$$

Στο ίδιο όριο $n<<n^*$ μπορούμε επίσης να γράψουμε

$$dn/dt \sim n^{\delta} (n^*-n) \qquad (22)$$

όπου $\delta=(\alpha-1)/\alpha$. Δεδομένου ότι οι σιγμοειδείς Weibull λαμβάνονται όταν $\alpha>1$, ισχύει $0<\delta<1$.

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στην ανάλυση των δεδομένων της κινητής τηλεφωνίας (§ 5.2), το πλείστον των περιπτώσεων που μελετήθηκαν περιγράφονται από τις κατανομές (19) και (20), θέτοντας $\alpha = \kappa$. Είδαμε πως στα πλαίσια των μοντέλων πλήρους ανάμειξης, η παράμετρος α δεν έχει φυσική σημασία. Επίσης, στα μοντέλα δομημένου πληθυσμού δεν μπορεί να συσχετισθεί με την τοπολογία του δικτύου χρηστών με έναν μη αυθαίρετο τρόπο. Στα πλαίσια όμως του τρόπου που λαμβάνονται προσωπικές αποφάσεις, που προτείνεται στο παραπάνω μοντέλο, η παράμετρος α αποκτά καθαρό φυσικό νόημα. Εκφράζει την θετική ή την αρνητική τάση που τηρούν τα άτομα απέναντι σε ερεθίσματα που προσλαμβάνουν για τη συγκεκριμένη τεχνολογία από το κοινωνικό περιβάλλον. Αυτή αποτελεί στοιχείο προσωπικό που ενδέχεται να χαρακτηρίζει την ανθρώπινη φύση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της διάχυσης των κινητών τηλεφώνων να εκφράζει μια ενδόμυχη τάση του ανθρώπου να διευρύνει τις δυνατότητες επικοινωνίας με τους γύρω του.

Το μοντέλο αυτό προσφέρει μια εναλλακτική πρόταση για να κατανοηθεί η ομοιότητα της διάχυσης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων κινητής τηλεφωνίας σε εθνικά κράτη με διαφορετική παράδοση, πολιτισμικές, πολιτικής ή οικονομικές συνθήκες. Δεδομένου μάλιστα ότι, μέσα σε μια δεκαπενταετία, οι συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας ξεπέρασαν το ήμισυ του πληθυσμού της γης, συναινεί στο ότι η θετική τάση που εκφέρεται από τους ανθρώπους για τη συγκεκριμένη μορφή επικοινωνίας διατηρεί μικρή μόνον συνάφεια με οικονομικά ή πολιτισμικά στοιχεία του κοινωνικού περιβάλλοντος.

Συμπερασματικά, προκύπτει από την ανάλυση για το μοντέλο Weibull ότι κάποιο γενικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης συμπεριφοράς υποκρύπτεται του τρόπου που

κάθε άτομο ζυγίζει τα ερεθίσματα από τον κοινωνικό περίγυρο, αναφορικά με το χρόνο εγγραφής του ως συνδρομητή στα δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το προτεινόμενο μοντέλο είναι σε θέση να διακρίνει γενικά χαρακτηριστικά της τεχνολογικής διείσδυσης, από λεπτομερειακές περιγραφές των δρώντων κόμβων ή του περιεχομένου των κοινωνικών ερεθισμάτων. Προτείνει ότι η κατανομή δύναμης εκθέτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για προβλέψεις, ανεξάρτητα από τη φύση του μηχανισμού επιμόλυνσης. Τέλος, αφήνει χώρο για αναλύσεις σε άλλους επιστημονικούς τομείς (πχ, αναλύσεις αγοράς, μακρο-οικονομικές και μικρο-οικονομικές μελέτες), οι οποίες μπορούν να αποσαφηνίσουν τα όρια μεταξύ προσωπικών και οικονομικών κοινωνικών σχέσεων, μέσα ή πέρα από εθνικά σύνορα.

5.5 Πειραματική μελέτη ΙΙ – Επιδημιολογία: Αφθώδης πυρετός

Όπως έχουμε αναφέρει εκτενώς στο Κεφάλαιο 3, τα μοντέλα διάχυσης χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην επιδημιολογία, είτε αυτά είναι πλήρους ανάμειξης είτε δομημένων πληθυσμών. Φυσικά, η διάδοση μιας ασθένειας μέσω ιών απαιτεί συνήθως κοντινή (ίσως και φυσική) επαφή μεταξύ ατόμων, κάτι που διαφέρει από τον τρόπο που διαδίδεται ένα τεχνολογικό προϊόν. Τα ερωτήματα που τίθενται παρακάτω και απαντώνται καταφατικά είναι αν η κατανομή Weibull περιγράφει περιπτώσεις διάχυσης μολυσματικών ασθενειών και αν η φυσική σημασία των παραμέτρων της κατανομής, η οποία προτάθηκε στην § 5.4, μπορεί να συνεισφέρει στην πρόβλεψη, στην κατανόηση των μηχανισμών μετάδοσης και τον τρόπο αντιμετώπισης μιας επιδημίας.

Για να απαντηθούν τα ερωτήματα αυτά, αναζητήθηκαν δεδομένα από επιδημίες εξαιρετικά μολυσματικών ασθενειών. Σύμφωνα με την ανάλυση SIR μοντέλων σε δομημένους πληθυσμούς από τον Watts, αυτές είναι ασθένειες με δύσκολη διάγνωση και οι οποίες δεν οδηγούν σε ταχεία απώλεια ζωής, ώστε να δίνεται η δυνατότητα στον ιό να μεταδοθεί από ήδη μολυσμένους φορείς. Η ενδεδειγμένη λύση για να εμποδιστεί η εξάπλωση είναι προφανώς να απομακρυνθούν μολυσμένα άτομα από τον γενικό πληθυσμό (σε καραντίνα για ιάσιμες περιπτώσεις ή ευθανασία για μη ιάσιμες). Δεύτερον, αναζητήθηκαν επιδημίες που ενδεχομένως είναι συναφείς με το

μοντέλο της § 5.4, όπου ανθρώπινες δραστηριότητες και προσωπικές αποφάσεις παίζουν σημαντικό ρόλο, επιταχύνοντας ή επιβραδύνοντας τη διάχυση του ιού. Τρίτον, επιδημίες κατάλληλες για τη μελέτη μας πρέπει να έχουν καταγραφεί λεπτομερώς, με πλήρη στοιχεία αριθμού κρουσμάτων, γεωγραφικής εξάπλωσης και τρόπων αντιμετώπισης. Τα παραπάνω στοιχεία πληρούνται από τις επιδημίες, στις οποίες τελικά εστίασε η διατριβή – αυτές του αφθώδους πυρετού ("foot-and-mouth disease") σε αμνοερίφια και βοοειδή στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Σχήμα 17: *Αριθμός μολυσμένων αγροκτημάτων όπου εμφανίστηκαν κρούσματα αυθώδους πυρετού στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1967 (γραμμή) και το 2001 (ιστόγραμμα).*[384]

Οι επιδημίες που μελετήθηκαν αφορούσαν δύο διαφορετικές εξάρσεις του ιού, το 1967 και το 2001, αντίστοιχα. Στο Σχ. 17 φαίνεται ο αριθμός των μολυσμένων αγροκτημάτων, στα οποία ασθένησαν ζώα. Οι δύο επιδημίες επεκτάθηκαν με διαφορετικό τρόπο, δεδομένου ότι χρονικά απέχουν 33 χρόνια, στα οποία είχαν υπάρξει μεγάλες μεταβολές στο κανονιστικό πλαίσιο και τις πρακτικές στην κτηνοτροφία της χώρας. Το 1967, η επιδημία περιοριζόταν σε κάποιες διοικητικές

[384] Τα δεδομένα αντλήθηκαν από τις ιστοσελίδες http://www.defra.gov.uk/foodfarm/farmanimal/diseases/atoz/fmd/2001/chart2.htm και http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/1207463.stm

περιφέρειες του Ηνωμένου Βασιλείου. Ο τοπικός χαρακτήρας της επιδημίας θεωρήθηκε αποτέλεσμα της μετάδοσης του ιού από τον αέρα, από πτηνά ή από μετακίνηση ανθρώπων και ζώων μεταξύ των αγροκτημάτων. Το 2001, η επιδημία ήταν πανεθνική, διαδιδόμενη μέσω της διακίνησης ζώων. Οι διαφορές στο ρυθμό διάδοσης, στη γεωγραφική επέκταση και στο μέγεθος των επιδημιών έχουν διεξοδικά μελετηθεί, στο βαθμό που η εμφάνιση του ιού σε κάποια περιοχή έχει πλήρως συσχετιστεί με συγκεκριμένη πιθανή εστία μόλυνσης και ο τρόπος αντιμετώπισής του έχει επακριβώς καταγραφεί. Τα δεδομένα έχουν επίσης προσομοιωθεί με διάφορα θεωρητικά μοντέλα επιδημιολογικής διάχυσης σε χώρο και χρόνο.[385] Εκτεταμένη έρευνα έχει διερευνήσει την αποτελεσματικότητα διαφόρων πρακτικών ευθανασίας και εμβολιασμού που εφαρμόστηκαν. Επί πλέον, η επιδημία του 2001 έχει μελετηθεί στο πλαίσιο των δικτύων μικρών κόσμων και δίχως-κλίμακα δικτύων.[386] Στην παρούσα μελέτη ακολουθείται διαφορετική ανάλυση. Όπως και με την περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας, αντιμετωπίζουμε τις δύο επιδημίες με τα ίδια αναλυτικά εργαλεία, αποσκοπώντας στην ανεύρεση *κοινών χαρακτηριστικών* της επιδημιολογικής επέκτασης, πέρα από τις προφανείς διαφορές τους, οι οποίες έχουν διερευνηθεί στην υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Στα δεδομένα του Σχ. 17 διακρίνουμε δύο χρονικές περιόδους με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Κατά τη διάρκεια της πρώτης περιόδου που διαρκεί περίπου 65

---

[385] Δες:

- Kao, R. R. (2002) The role of mathematical modeling in the control of the 2001 FMD epidemic in the UK, *Trends Microbiol.* 10, 279.
- Haydon, D. T., Chase-Topping, M., Shaw, D. J. *et al* (2003) The construction and analysis of epidemic trees with reference to the 2001 UK foot-and-mouth outbreak, *Proc. Roy. Soc. Lon., Series B* 270, 121.
- Shirley, M. D. F., and Rushton, S. P. (2005) Where diseases and networks collide: Lessons to be learnt from a study of the 2001 foot-and-mouth disease epidemic, *Epidemiol. Infect.* 133, 1023.
- Morris, M. S., Wilesmith, J. W., Stern, M. W., Stason, R. L., and Stevenson, M. A. (2001) Predictive spatial modeling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, *Vet. Rec.* 149, 137.

[386] Δες:

- Shirley, M. D. F., and Rushton, S. P. (2005) Where diseases and networks collide: Lessons to be learnt from a study of the 2001 foot-and-mouth disease epidemic, *Epidemiol. Infect.* 133, 1023.
- Ferguson, N. M., Donnelly, C. A., and Anderson, R. M. (2001) The foot-and-mouth epidemic in Great Britain: Pattern of spread and impact of interventions, *Science* 292, 1155.
- Ferguson, N. M., Donnelly, C. A., and Anderson, R. M. (2001) Transmission intensity and impact of control policies on the foot-and-mouth epidemic in Great Britain, *Nature* 413, 542.
- Keeling, M. J., Woolhouse, M. E. J., May, R. M., Davies, G., and Grenfell, B. T. (2003) Modelling vaccination strategies against foot-and-mouth disease, *Nature* 421, 136.

ημέρες, ο αριθμός των αγροκτημάτων με κρούσματα τον υψηλό αυξήθηκε ως μια μέγιστη τιμή και, κατόπιν, μειώθηκε εξ αιτίας των ενεργειών της διοίκησης και του κινητοποιημένου κτηνιατρικού προσωπικού. Αυτή τη διαδρομή της επιδημίας αναμένει κανείς από τυπικά μοντέλα διάχυσης. Παρόλα αυτά, κρούσματα των επιδημιών εξακολούθησαν να παρουσιάζονται και μετά από αυτή την χρονική περίοδο, όπως διακρίνεται κυρίως για την επιδημία του 2001 όπου υπάρχουν λεπτομερείς καταγραφές. Σποραδικές εμφανίσεις της ασθένειας εμφανίζονται καθημερινά με ένα σχετικά σταθερό ρυθμό.

Σχήμα 18: *Ο αθροιστικός αριθμός μολυσμένων αγροκτημάτων με κρούσματα αφθώδους πυρετού στον χρόνο, σχεδιασμένος σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα με δεκαδική βάση. Επάνω, η επιδημία του 1967. Κάτω, η επιδημία του 2001.Η ευθεία γραμμή αντιστοιχεί σε προσομοίωση της αύξησης των αγροκτημάτων με την ίδια δύναμη εκθέτη.*

Στο Σχ. 18 παραθέτουμε τη χρονική μεταβολή της αθροιστικής κατανομής των μολυσμένων αγροκτημάτων. Η ευθεία στην αρχική ανάπτυξη των δύο επιδημιών στο διπλό λογαριθμικό διάγραμμα είναι σε συμφωνία με την έκφραση (18) του μοντέλου Weibull που προτάθηκε στην § 5.4. Επί πλέον, και οι δύο επιδημίες χαρακτηρίζονται από τον ίδιο εκθέτη $\alpha=2.2\pm0.2$ (και $\delta\approx0.54$), στην ίδια μάλιστα περιοχή τιμών που εμφανίζεται στην διάδοση τεχνολογικών αντικειμένων. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι οι υποθέσεις του μοντέλου Weibull για την ανθρώπινη δραστηριότητα, που προτάθηκε παραπάνω για την τεχνολογική διάχυση, ενδέχεται να ισχύουν και στην περίπτωση της διάδοσης των συγκεκριμένων επιδημιών σε ζωικούς πληθυσμούς.

Το είδος της ανθρώπινης δραστηριότητας που συνεισφέρει στο ρυθμό διάδοσης της επιδημίας εξετάζεται στις δημοσιευμένες μελέτες πάνω στο ζήτημα. Από εκεί διαφαίνεται ότι υπήρχαν δύο αντίρροπες κατευθύνσεις:

- Από τη μία, οι αρχικές μετακινήσεις κοπαδιών (κυρίως στην επιδημία του 2001) δημιούργησαν εστίες μόλυνσης σε συγκεκριμένες αγορές ζώων, σε τοποθεσίες δηλαδή της χώρας όπου εκτελούντο εκτεταμένες αγοραπωλησίες αιγοπροβάτων και βοοειδών. Οι ανθρώπινες αυτές δραστηριότητες επιτάχυναν τη διάδοση της επιδημίας.

- Από την άλλη, ήταν πάλι ανθρώπινη δραστηριότητα που έθεσε περιορισμούς διακίνησης, απομόνωσε εστίες μολύνσεως, και κατά συνέπεια συνετέλεσε στον περιορισμό και τη βαθμιαία εξάλειψη της νόσου. Το πρόβλημα είναι ότι, για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι κύριες εστίες μολύνσεως στις αγορές ζώων δεν είχαν αναγνωρισθεί, εξ αιτίας της αργής εμφάνισης συμπτωμάτων της νόσου.

Τα γεγονότα της επιδημίας του 2001, καθώς και η συσχέτισή τους με της υποθέσεις του μοντέλου για την ανθρώπινη δραστηριότητα, έχουν ως ακολούθως:

1) <u>Δημιουργία εκτεταμένου δικτύου εστιών μολύνσεως (0-2η ημέρα):</u>

Το πρώτο κρούσμα (σε χρονική στιγμή $t_0=0$), το οποίο σηματοδοτεί την αρχή της καταγραφής της διάχυσης που εμφανίζεται στο ιστόγραμμα του Σχ. 17, αντιστοιχεί

στις 20 Φεβρουαρίου. Δυο μόλις μέρες αργότερα επιβλήθηκε απόλυτη απαγόρευση μετακινήσεων ζώων ("National Movement Ban" ή NMB) με παράλληλο κλείσιμο των αγορών. Ως τις 20 Φεβρουαρίου όμως, η νόσος είχε επεκταθεί σε 57 αγροκτήματα, σε 16 επαρχίες. Ακόμα χειρότερα, δύο μέρες αργότερα όπου επιβλήθηκε η απαγόρευση NMB, άλλα 62 αγροκτήματα είχαν μολυνθεί.[387] Δυστυχώς, η επιμόλυνση ζώων στα 57+62 αυτά αγροκτήματα διαπιστώθηκε αρκετές μέρες αργότερα, όταν η νόσος εμφάνισε συμπτώματα στα άρρωστα ζώα. Ο τόπος και ο φορέας επιμόλυνσης διαπιστώθηκε εκ των υστέρων, από ερευνητές που μελετούσαν τις μετακινήσεις των κοπαδιών, οι οποίες είχαν προηγηθεί. Σε ολόκληρο αυτό το χρονικό διάστημα, τα αγροκτήματα αυτά αποτελούσαν εστίες μόλυνσης για άλλα, γειτονικά τους.

Η σημασία των εστιών επιμόλυνσης διαπιστώνεται από στατιστικά στοιχεία της επιδημίας, που εμφανίζονται στο ένθετο διάγραμμα του Σχ. 19. Σχεδόν τα μισά από τις πρώτες 284 περιπτώσεις, που καταγράφηκαν τις πρώτες 24 μέρες της επιδημίας, σχετίζονται με μόλις 6 σημεία – 4 αγορές και 2 φάρμες. Κάθε ένα από αυτά τα σημεία έχει βαθμό $k \geq 8$, που δείχνει ότι διέσπειρε τη νόσο σε οκτώ τουλάχιστον αγροκτήματα. Δεν υπάρχει, επομένως, καμία αμφιβολία ότι η ανθρώπινη οικονομική δραστηριότητα μέσω μετακινήσεων κοπαδιών έβαλε τις βάσεις της διάχυσης της επιδημίας από τις δύο πρώτες μέρες καταγραφής της.

2) Φάση διάδοσης με τοπικό χαρακτήρα – εκκαθάριση νοσούντων ζώων ($2^η$ – $37^η$ ημέρα):

Μετά την απαγόρευση μετακινήσεων όμως, ο χαρακτήρας της διάδοσης της νόσου άλλαξε.[388] Ένα μεγάλο ποσοστό 80% των κρουσμάτων που ακολούθησαν καταγράφηκαν μόλις 3 χιλιόμετρα μακριά από το αγρόκτημα που λειτουργούσε ως εστία μολύνσεως.[389] Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι, για χρόνους $t>t_0$, το πλείστον των

[387] Gibbens, J. C., and Wilesmith, J. W. (2002) Temporal and geographical distribution of cases of foot-and-mouth disease during the early weeks of the foot-and-mouth disease during the early weeks of the 2001 epidemic in Great Britain, *Vet. Rec.* 151, 407.
Επίσης, δες Shirley, 2005.
[388] Gibbens, J. C. *et al* (2001) Descriptive epidemiology of the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain: the first five months, *Vet. Rec.* 149, 729.
[389] Δες Shirley, 2005.

καταγεγραμμένων περιπτώσεων αφορούν φάρμες που μολύνθηκαν από γειτονικές τους είτε μέσω του αέρα είτε εξ αιτίας ανθρώπινης απροσεξίας.

Η κατανομή δύναμης εκθέτη, που παρατηρείται κατά τη διάρκεια του πρώτου μήνα της επιδημίας μετά το $t_0=0$, αντανακλά την προοδευτική αύξηση του αριθμού των μολυσμένων αγροκτημάτων από τοπικούς παράγοντες διάδοσης του ιού, υπό την επιβολή της απαγόρευσης μετακινήσεων ζώων. Η κατανομή αυτή μπορεί να εξηγηθεί ποιοτικά θεωρώντας ότι η μόλυνση προχωρά γεωγραφικά σε ένα κυκλικό μέτωπο, με κέντρο το αρχικά επιμολυσμένο αγρόκτημα. Η απλούστερη υπόθεση (όχι όμως και η μοναδική) είναι η πιθανότητα επιμόλυνσης να είναι αντίστροφα ανάλογη της απόστασης r από την εστία. Τότε, ο αριθμός μολυσμένων αγροκτημάτων k που εκτείνονται ισοτροπικά γύρω από την εστία αυξάνει σύμφωνα με την $dk/dt \sim r \sim k^{1/2}$. Αθροίζοντας για όλες τις εστίες μολύνσεως (που έστω ότι είναι όμοιες) λαμβάνουμε $dn/dt \sim n^{1/2}$, σε συμφωνία με το $dn/dt \sim n^{0.54\pm0.04}$ που παρατηρούμε στο Σχ. 18.

Πέρα από αυτόν τον ποιοτικό μαθηματικό υπολογισμό, το μοντέλο της §5.4 προσφέρει μια καθαρότερη διασύνδεση του ρυθμού αύξησης των κρουσμάτων με την ανθρώπινη δραστηριότητα. Έστω ότι η πιθανότητα μόλυνσης λ(t) σε ένα αγρόκτημα (γειτονικό ενός μολυσμένου) αυξάνει εξ αιτίας αποκλειστικά ανθρώπινων παρεμβάσεων. Αυτό σημαίνει ότι η παράμετρος μορφής της κατανομής Weibull εκφράζει τη δραστηριότητα του ανθρώπου που είτε αγνοεί είτε παραβαίνει κάποια υγειονομική οδηγία, προξενώντας έτσι τη μετάδοση της νόσου. Κάτι τέτοιο δεν είναι ασυνήθιστο – έχουν μάλιστα καταγραφεί και αντίστοιχα περιστατικά κατά την επιδημία του 2001. Εκεί διαπιστώθηκε ότι σειρά κρουσμάτων είχαν αιτία έναν γαλατά, που επισκεπτόταν γειτονικές φάρμες αγνοώντας επιβληθέντες περιορισμούς για την πρόσβαση σε μολυσμένα αγροκτήματα. Σε αυτή την περίπτωση, η τιμή $\alpha=2.2\pm0.2$ που συνάγουμε από το διάγραμμα στο Σχ. 18 αντιπροσωπεύει ένα ανθρώπινο κοινωνικό χαρακτηριστικό, ήτοι, την απόφαση του ατόμου να παραβεί κανόνες (εδώ, να επισκεφθεί την μολυσμένη φάρμα και να μολυνθεί και ο ίδιος). Παρόμοια συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά ενδέχεται να μην μεταβάλλονται ριζικά στην πάροδο των ετών για αντίστοιχες κοινωνικές συνθήκες, όπως οι δύο επιδημίες του αφθώδους πυρετού που μελετάμε και που απέχουν 33 χρόνια μεταξύ τους.

Σχήμα 19: *Ο αθροιστικός αριθμός μολυσμένων αγροκτημάτων κατά την επιδημία του 2001 ακολουθούν την σιγμοειδή Weibull για τις πρώτες 65 ημέρες. Ένθετο: Η κατανομή του αριθμού k των αγροκτημάτων που μολύνθηκαν από συγκεκριμένη εστία, για τις πρώτες 284 εστίες. Με την πάροδο του χρόνου και την εφαρμογή των πολιτικών NMD και 24/48 για την αντιμετώπιση της επιδημίας, στην κατανομή προστίθεντο εστίες (αγροκτήματα) με ολοένα και μικρότερο k.*

3) Φάση ύφεσης – εκκαθάριση και υγιών ζώων (38η – 65η μέρα):

Μετά τον πρώτο μήνα της επιδημίας, η πολιτική απαγόρευσης μετακινήσεων NMB μεταβλήθηκε. Για την περίπτωση του 2001 συγκεκριμένα, την 29η Μαρτίου αντικαταστάθηκε από την πολιτική "24/48 ωρών", όπου τα ζώα σε μολυσμένες φάρμες θανατώνονταν και καίγονταν μέσα σε 24 ώρες από την διαπίστωση κρούσματος, ακολουθούμενα από τα υγιή ζώα στις γειτονικές τους μέσα σε 48 ώρες. Για σύγκριση αναφέρουμε ότι, με την προηγούμενη πολιτική NMD, η εκκαθάριση των ζώων σε μολυσμένα αγροκτήματα επέρχετο σε 2-3 ημέρες μετά την διαπίστωση κρούσματος αφθώδους πυρετού.[390] Δεδομένου ότι γειτονικές φάρμες εκκαθαρίζονταν μαζί με τις μολυσμένες, αναμένουμε αποκλίσεις από τη στατιστική Weibull (όπου

[390] Woolhouse, M., and Donaldson, A. (2001) Managing foot-and-mouth, Nature 410, 515.

έχουμε υποθέσει σταθερό πληθυσμό n^*). Η πολιτική 24/48 διέκοψε την αυξητική πορεία του ημερήσιου αριθμού κρουσμάτων (Σχ. 17). Παρόλα αυτά, η πολιτική 24/48 δεν ήταν δυνατόν να εφαρμοστεί πλήρως αμέσως. Επίσης, η πιθανότητα της μόλυνσης μεταξύ γειτονικών αγροκτημάτων μειώθηκε μόνον σταδιακά, αφού ένα άρρωστο ζώο είναι μολυσματικό χωρίς σημεία ασθένειας για τις πρώτες 5 ημέρες της νόσου. Ως εκ τούτου, αναμένουμε ότι οι αποκλίσεις από την σιγμοειδή Weibull να εμφανιστούν σταδιακά. Αυτό είναι συνεπές με το Σχ. 20, όπου παρουσιάζουμε όλα τα διαθέσιμα δεδομένα της επιδημίας του 2001. Ο αριθμός των διαπιστωμένων κρουσμάτων των πρώτων 65 ημερών προσομοιάζονται με ευθεία γραμμή με $\alpha=2.2\pm0.2$, ίδιο πρακτικά εκθέτη με εκείνον που εξήχθη από τα δεδομένα των πρώτων ημερών στο Σχ. 18, σε συμφωνία με το μοντέλο Weibull.

4) Τελική ενδημική φάση:

Οι αποκλίσεις από την κατανομή Weibull μετά τις 65 ημέρες προσδιορίζουν την χρονική περίοδο όπου τα δεδομένα πρέπει να αναλυθούν από διαφορετικά δυναμικά μοντέλα, που λαμβάνουν υπόψη τους την παραμένουσα σποραδική εμφάνιση κρουσμάτων, παρά την ταχεία εκκαθάριση των μολυσμένων ζώων.

5.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων – προτάσεις για περεταίρω μελέτη

Εν συντομία, δείξαμε για πρώτη φορά ότι η σιγμοειδής Weibull περιγράφει τη διάδοση κινητών τηλεφώνων πρώτης και δεύτερης γενεάς (1G και 2G) στην Ευρώπη και 2.5G στην Ιαπωνία. Επίσης δείξαμε για πρώτη φορά ότι η ίδια κατανομή εμφανίζεται σε επιδημιολογικές μελέτες αφθώδους πυρετού.

Η παράμετρος μορφής της κατανομής παίρνει τιμές $\alpha=2\text{-}3$ για όλους τους τύπους δικτύου κινητής επικοινωνίας, σε όλες σχεδόν τις χώρες που μελετήσαμε. Επίσης, έχει τιμή $\alpha \approx 2$ για ίδια νόσο αλλά για διαφορετικά στοιχεία χωρικής διάδοσης.

Το μεγάλο εύρος των περιπτώσεων όπου παρατηρείται η σιγμοειδής Weibull είναι ένδειξη ότι ανθρώπινα συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από οικονομικούς, πολιτισμικούς ή πολιτικούς παράγοντες, αποτελούν κεντρικό στοιχείο της διάχυσης. Σε αυτή την κατεύθυνση, προτείνουμε μοντέλο που προβλέπει διάχυση Weibull και βασίζεται σε πρόσφατες έρευνες της Κοινωνικής Φυσικής πάνω στον χρονισμό των ανθρώπινων ενεργειών.

Συγκεκριμένα, το μοντέλο ανθρώπινης δραστηριότητας της §5.4 στηρίζεται σε συγκεκριμένο τρόπο χρήσης της μνήμης συσσωρευόμενων εντυπώσεων (κατά το μοντέλο του A. Vásquez). Μπορεί να περιγράψει με μια μόνο παράμετρο τη συναρτησιακή μορφή της διάδοσης επιδημιών στο χρόνο, αλλά και της διείσδυσης τεχνολογικών αντικειμένων στον κοινωνικό ιστό.

Το σημείο αυτό μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για εκτενέστερη έρευνα στις παρακάτω κατευθύνσεις:

1. Διερεύνηση γιατί η δύναμη εκθέτη στο πλείστον των περιπτώσεων που μελετήσαμε που μελετήσαμε παίρνει τιμές στην περιοχή α=2-3. Σύμφωνα με τα μοντέλα ανθρώπινης δυναμικής συμπεριφοράς που αναφέρθηκαν στην §5.1.3, αυτό σημαίνει ότι η χρονική απόσταση τ, ανάμεσα σε ένα ερέθισμα και την αντίστοιχη απάντηση του ατόμου μετά από προσωπική του απόφαση, ακολουθεί κατανομή δύναμης εκθέτη $P(\tau) \sim \tau^{-A}$, όπου A=2.5 έως 3. Αυτές είναι μεγάλες τιμές για το μοντέλο ιεραρχημένων αποφάσεων του Barabási (που προτείνει A=1 ή A=1.5), αλλά συνεπείς με το μοντέλο μνήμης του Vásquez (που προτείνει A<1 ή A>2). Πέραν αυτού όμως, μοντέλο μνήμης που να υπόκειται στον παρατηρούμενο περιορισμό A=2.5 ως 3 δεν έχει διατυπωθεί έως σήμερα. Σύμφωνα πάντως με το μοντέλο Goldenberg *et al*, κλασματικοί εκθέτες σε μια δικτυακή αναπαράσταση της μνήμης θα απαιτούσαν δίκτυα διάχυσης με τοπολογία fractal.

2. Η παρούσα διατριβή υποδεικνύει έναν μόνον από τους δυνατούς τρόπους, όπου μοντέλα ανθρώπινης δυναμικής στην Κοινωνική Φυσική προσεγγίζουν προβλήματα που δεν αφορούν αποφάσεις ενός ατόμου, αλλά πολλών. Πειράματα όπου καταμετράται η επιρροή ενός ατόμου σε άλλα είναι ιδιαίτερα σημαντικά στον τομέα. Εκεί παρατηρούνται αντίστοιχα χαρακτηριστικά διάχυσης: Για

παράδειγμα, μελετούμε τη χρονική διαδοχή λογοτεχνικών έργων που ακολούθησαν συγκεκριμένες μορφολογικές τεχνικές. Στο Σχ. 20 ενδεικτικά αναφέρονται τα έργα επιστημονικής φαντασίας από το έργο του Utopia του More στην Αναγέννηση ως το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο αυξάνονται με κατανομή δύναμης εκθέτη α=1.9±0.2. Αυτό σημαίνει Α=3.1, πολύ κοντά στην περιοχή τιμών της παραμέτρου Α για προσωπικές αποφάσεις μεμονωμένων ατόμων.

Σχήμα 20: *Ο αθροιστικός αριθμός έργων επιστημονικής φαντασίας N σαν συνάρτηση του χρονικού διαστήματος (σε έτη) που μεσολάβησε από το έργο Utopia του Tomas More (1512).*[391] *Τα δεδομένα είναι συμβατά με* $N \sim (Dt)^{1.9\pm0.2}$ *. Απεικονίζονται σε δεκαδικούς λογαριθμικούς άξονες.*

3. Όπως γίνεται φανερό από τα προαναφερθέντα, η τεχνολογική διείσδυση, αλλά και η διάδοση επιδημιών στο σύγχρονο παγκοσμιοποιημένο περιβάλλον, αποτελούν ζητήματα εντατικής έρευνας. Ιδιαίτερα, είναι σημαντικό τα θεωρητικά μοντέλα διάχυσης να ενσωματώσουν χαρακτηριστικά αυτής της παγκοσμιοποίησης, όπως η

[391] Τα δεδομένα πάρθηκαν από το Magazine Litteraire (2000), "La renaissance de l' utopie", Paris, Mai 2000.

ιδιότητα μικρών κόσμων (σε επικοινωνίες και συγκοινωνίες), ή το στοιχείο της άμεσης πληροφόρησης μέσω διαδικτύου. Ενδεχομένως, γενικότερα στοιχεία ανθρώπινης συμπεριφοράς επικοινωνίας ή ταξειδίου να παίζουν σημαντικότερο ρόλο από οικονομικούς, πολιτικούς ή πολιτισμικούς παράγοντες με έντονο τοπικό χαρακτήρα. Σύμφωνα με την παρούσα διατριβή, αυτό σημαίνει συχνότερη εμφάνιση διάχυσης τύπου Weibull.

6. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΣΕ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΙΕΡΑΡΧΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ – ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΑΣΑΦΕΙΑΣ ΕΡΓΟΥ ΥΠΟ ΧΡΟΝΙΚΟΥΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥΣ

Ένας ακόμα τρόπος, με τον οποίο ο χρόνος που υπεισέρχεται σε κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, είναι υπό την μορφή προθεσμίας για αναγκαστική ολοκλήρωση κάποιου έργου ή λειτουργίας στο δίκτυο. Αυτός διερευνάται στο Κεφάλαιο 6 της εργασίας. Συγκεκριμένα, μελετάται η ανάδυση οριζόντιων οργανωτικών δομών μέσα σε ιεραρχίες, με αποκλειστικό στόχο να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες δράσεις με σκληρούς χρονικούς περιορισμούς. Η ανάλυση γίνεται στα πλαίσια της προσέγγισης της Κοινωνικής Δικτυακής Ανάλυσης, που εξετάζει την αποτελεσματικότητα μετάδοσης της πληροφορίας σε δίκτυα με συγκεκριμένη δομή (εδώ ιεραρχίες). Η εργασία επεκτείνει την αριθμητική μελέτη του Duncan Watts σε δίκτυα «μικρών κόσμων» (“small worlds”), που αντιμετωπίζει *το χρόνο ως κόστος για τη μετάδοση πληροφορίας μεταξύ ιεραρχικών επιπέδων*. Επίσης, αναφορικά με τη *διαφοροποίηση του τύπου της αλληλεπίδρασης* μεταξύ κόμβων, η εργασία συσχετίζεται με την μελέτη του J. Kleinberg, που μελετά τη δυνατότητα ύπαρξης μικρών κόσμων. Συναφής είναι και η πρόσφατη ερευνητική προσπάθεια των A.-L. Barabasi, J.-P. Onnela και άλλων ερευνητών, που μελετούν την σταθερότητα του δικτύου *σε σχέση με την κατανομή της έντασης* των αλληλεπιδράσεων (πχ, αν κατανέμονται με τυχαίο τρόπο, αν ισχυροί δεσμοί διασυνδέουν μεγάλες ομάδες χρηστών, κλπ). Βασικά στοιχεία των συναφών αυτών ερευνητικών μελετών αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 και παρακάτω προσαρμόζονται σε τρεις ειδικές μελέτες.

Τα δεδομένα της έρευνας προέρχονται από οργανωτικά σχήματα που εμφανίστηκαν στον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση δικτύων ασύρματων επικοινωνιών “TETRA” (“ΜΕΛΕΤΗ ΙΙ”), καθώς και τη λειτουργία τους (“ΜΕΛΕΤΗ ΙΙΙ”), για τις ανάγκες παροχής κρίσιμων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στο διάστημα των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας. Τα οριζόντια αυτά οργανωτικά σχήματα είχαν στόχο την επιτυχή αντιμετώπιση

προβλημάτων σε ασαφές και διαρκώς μεταβαλλόμενο επιχειρησιακό περιβάλλον. Λειτουργούσαν παράλληλα με την εταιρική ιεραρχία, δημιουργούντο είτε *ad hoc* είτε με κεντρική απόφαση της εταιρείας και η δραστηριότητά τους ήταν εντονότερη όσο μεγαλύτερη ήταν η στενότητα των χρονικών περιορισμών που υφίσταντο στο έργο. Στόχος της μελέτης των ιστορικών στοιχείων είναι η ανάδειξη του τύπου των αλληλεπιδράσεων μεταξύ κόμβων της οριζόντιας οργάνωσης και του βαθμού αποτελεσματικότητας του συνολικά παραγόμενου έργου, σε συνάρτηση με την ασάφεια υλοποίησης και τον επείγοντα χαρακτήρα του.

Η δημιουργία οριζόντιων οργανωτικών δομών στον ΟΤΕ εμφανίζει μια σταδιακή διαφοροποίηση κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1994-2004. Αυτή επισημαίνεται στην παρούσα διατριβή, καθώς παραλληλίζονται τα πειραματικά δεδομένα του δικτύου των Ολυμπιακών Αγώνων με εκείνα της ανάπτυξης ενός άλλου τηλεπικοινωνιακού δικτύου (Ασύρματου Δικτύου Ασφάλειας Θάλασσας –"Olympia Radio"), ίσου περίπου κόστους επένδυσης με αυτή του OTElink (της τάξης των 15 εκατομμυρίων ευρώ), που υλοποίησε ο ΟΤΕ για λόγους εθνικής σπουδαιότητας υπό πλήρως ιεραρχικές οργανωτικές διαδικασίες ("ΜΕΛΕΤΗ Ι"). Παρότι το έργο αυτό ολοκληρώθηκε λίγα χρόνια πριν τους Ολυμπιακούς, η περίοδος που είχε μεσολαβήσει από την αρχική του σύλληψη έως την τελική του υλοποίηση εκτάθηκε σε διάστημα άνω των δύο δεκαετιών. Οριζόντια επικοινωνία και πρωτοβουλίες κατώτερων στελεχών, στον βαθμό που υπήρχαν εδώ για να αντιμετωπισθούν επείγοντα και ασαφή προβλήματα, *πραγματοποιούνταν ανεπίσημα, εκτός εταιρικού οργανογράμματος.*

Σε αντίθεση με το Olympia Radio, η υλοποίηση του δικτύου OTElink (ΜΕΛΕΤΗ ΙΙ) είχε καθορισμένο στόχο και ημερομηνία ολοκλήρωσης – έπρεπε το δίκτυο να ικανοποιεί τις ανάγκες των Ολυμπιακών Αγώνων (καθώς και των αναγκών των μέσων μαζικής μεταφοράς της πρωτεύουσας) και να είναι έτοιμο κατά την έναρξή τους. Στελέχη τεχνικών και εμπορικών υπηρεσιών του ΟΤΕ (κυρίως στο επίπεδο Τμηματάρχη ή του απλού στελέχους) συντόνιζαν τη δραστηριότητά τους, επικοινωνώντας *ως δίκτυο*. Στην αρχή του 2004, η διοίκηση του ΟΤΕ όρισε ως TETRA Manager έναν από αυτά τα στελέχη, με στόχο τον καλύτερο συντονισμό των υπηρεσιών. Πρακτικά όμως, δεν υπήρξε ουσιαστική μεταβολή στους συνήθεις διαύλους επικοινωνίας μεταξύ των στελεχών που εμπλέκονταν στο έργο. Τα στελέχη

αυτά, συμπεριλαμβανομένου του TETRA Manager, εξακολούθησαν να δρουν αυτο-οργανούμενοι *ad hoc* για τις ανάγκες των περιστάσεων, στηριζόμενοι στην αμοιβαία εκτίμηση μεταξύ συναδέλφων, τη φιλία, και την προσήλωση σε κοινούς στόχους, που προσάρμοζαν και διαμόρφωναν ανάλογα με τις διαρκώς μεταβαλλόμενες συγκυρίες.

Τέλος, στην ΜΕΛΕΤΗ ΙΙΙ, η διοίκηση του ΟΤΕ όρισε όχι μόνον τον TETRA Manager, αλλά και πολυμελή ομάδα έργου, με συγκεκριμένο πεδίο ευθύνης. Ο επείγων χαρακτήρας και η ασάφεια των προβλημάτων λειτουργίας του ασύρματου τηλεπικοινωνιακού δικτύου, κατά την διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων, απαιτούσε άμεση αντίδραση εκτός ιεραρχικής δομής και δεν επέτρεπε απώλεια χρόνου για συνήθεις γραφειοκρατικές διαδικασίες. Όπως και στις παραπάνω μελέτες, εξετάζεται και εδώ ο τύπος της αλληλεπίδρασης μεταξύ στελεχών της ομάδας έργου, σε συνάρτηση με την αποτελεσματικότητα αντιμετώπισης σύνθετων και επειγόντων προβλημάτων.

Οι διαφορές χειρισμού των θεμάτων που προέκυψαν και περιγράφονται λεπτομερώς στις τρεις Μελέτες δεν υποδεικνύουν κάποιο βέλτιστο τρόπο οργάνωσης τεχνικών έργων, έναντι άλλων λιγότερο αποτελεσματικών. Το αντίθετο μάλιστα, στοχεύουν να αναδείξουν τις κατευθύνσεις, στις οποίες η οργάνωση και διοίκηση ενός έργου μπορεί να επιδείξει ευελιξία, ώστε να αντιμετωπίσει ιδιαιτερότητες στο είδος των προβλημάτων και στους περιορισμούς των χρονοδιαγραμμάτων. Είναι χαρακτηριστικό ότι και τα τρία έργα που μελετώνται στέφθηκαν με αναμφισβήτητη επιτυχία, αναγνωρισμένη διεθνώς, ιδιαίτερα στην περίπτωση του δικτύου που εξυπηρέτησε τους Ολυμπιακούς Αγώνες της Αθήνας.

6.1 Ιεραρχικές οργανωτικές δομές και μικροί κόσμοι

Οι πειραματικές μελέτες στο παρόν κεφάλαιο αφορούν τη δημιουργία δικτυακών μορφών οργάνωσης μέσα σε υφιστάμενες ιεραρχικές δομές. Τοπολογικά, αυτό σημαίνει την μετατροπή της ιεραρχικής δομής, που αποφεύγει εξ ορισμού ομαδοποιήσεις κόμβων (εμφανίζει μηδενικό clustering coefficient), σε δίκτυο μικρών κόσμων. Πέρα από το τεχνικό αυτό χαρακτηριστικό, οι μελέτες αναφέρονται στη

διαφοροποίηση στις αλληλεπιδράσεις, την ταυτότητα και τη δραστηριότητα των δρώντων στα πλαίσια των δικτυακών αυτών οργανωτικών δομών, που αποσκοπούν στην αντιμετώπιση προβλημάτων σε επιχειρησιακό περιβάλλον που εμφανίζει γρήγορες μεταβολές και ασαφείς ρόλους και στόχους δρώντων ατόμων και οργανισμών. Επισημαίνεται ο ρόλος των χρονικών περιορισμών στην επιτάχυνση και ενίσχυση αυτών των διαφοροποιήσεων στις διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις. Και αντίστοιχα, η παρακμή των μορφών αυτών δικτυακής οργάνωσης, όταν οι χρονικοί περιορισμοί εκλείπουν, με την ολοκλήρωση των έργων.

Στο Κεφάλαιο 3 έγινε εκτενής αναφορά στα χαρακτηριστικά ιεραρχιών, αγορών και δικτύων, ως κύριων μορφών οργάνωσης και διοίκησης. Μεταξύ αυτών, η ιεραρχία προβάλλει ως δομή που εξαφανίζει στο εσωτερικό της τα κόστη συναλλαγών, αντικαθιστώντας τα με ένα συμβόλαιο εργασίας, και λειτουργώντας συνολικά ως συνάρτηση παραγωγής κέρδους. Στις εταιρείες, πιο συγκεκριμένα, το συμβόλαιο εργασίας των υπαλλήλων καθορίζει πλήρως μια πολύ-επίπεδη γραφειοκρατική δομή εξουσίας.

Στο Σχ. 1, φαίνεται η γενική μορφή της ιεραρχίας του Οργανισμού Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος, ΟΤΕ ΑΕ, στην οποία αναφέρονται οι μελέτες που θα ακολουθήσουν. Αποτελείται από διάφορα επίπεδα, με κορυφή τον Πρόεδρο και Διευθύνοντα Σύμβουλο, τους Γενικούς Διευθυντές, τους Διευθυντές, τους Υποδιευθυντές, τους Τμηματάρχες και τα λοιπά στελέχη του Οργανισμού. Οι κύριες εταιρικές κατευθύνσεις λαμβάνονται από το Διοικητικό Συμβούλιο (ΔΣ-ΟΤΕ) και εκτελούνται μέσα από τη συγκεκριμένη ιεραρχία. Η *λειτουργία* αυτής της δομής στηρίζεται καθαρά στην ανταλλαγή εγγράφων. Η επίσημη επικοινωνία με τον έξω κόσμο (με άλλες εταιρείες – προμηθευτές, κατασκευαστικούς, συμβουλευτικούς Οίκους) επιτρέπεται να γίνονται μόνο από το Διευθυντικό επίπεδο και άνω. Κάθε ημέρα, ο Δ/ντής ελέγχει την εισερχόμενη αλληλογραφία (που πηγάζει από ανώτερο ή ίσο ιεραρχικό επίπεδο ή από τον εξωτερικό κόσμο, οπότε και πρωτοκολλείται) και την προωθεί προς τα στελέχη του κατώτερου επιπέδου με την αντίστοιχη αρμοδιότητα. Επίσης, ελέγχει την εξερχόμενη αλληλογραφία, που έχει συνταχθεί από κατώτερο ιεραρχικά στέλεχος, και, εάν συμφωνεί ή/και επιδιορθώσει, την προωθεί με την υπογραφή του και συγκεκριμένο αριθμό πρωτοκόλλου είτε προς ανώτερο (ή ίσο) διοικητικό επίπεδο είτε προς τον εξωτερικό κόσμο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η επίσημη

μετάδοση πληροφορίας γίνεται γραπτώς, μέσω εγγράφων που έχουν καθορισμένη μορφή, εμφανίζοντας, πχ, αριθμό πρωτοκόλλου και ημερομηνία στην πρώτη σελίδα άνω δεξιά, με υπογραφή της ιεραρχικής σειράς στελεχών (που συνέταξαν το κείμενο ή έλαβαν γνώση του περιεχομένου του) σε θέση που καθορίζεται με συγκεκριμένη σφραγίδα, κλπ.

Σχήμα 1: *Η διάταξη σε μια ιεραρχική δομή με έξι επίπεδα. Στον ΟΤΕ ΑΕ αυτά αντιστοιχούν στα επίπεδα Προέδρου, Γεν Δ/ντή, Δ/ντή, Υποδ/ντή, Τμηματάρχη και απλού στελέχους της επιχείρησης. Η διαδρομή μιας υπηρεσιακής επιστολής στην ιεραρχία του ΟΤΕ ΑΕ μπορεί να περάσει οριζόντια στο επίπεδο το Διευθυντών (κόκκινη ροή), διευκολύνοντας τη μετάδοση πληροφορίας σε σχέση με την πλήρως ιεραρχική οργάνωση (μαύρη ροή).*

Η εργασία κάθε στελέχους του Οργανισμού χαρακτηρίζεται από μεγάλη εξειδίκευση. Οι αρμοδιότητες κάθε διοικητικής οντότητας (πχ, Δ/νσης, Υποδιεύθυνσης, Τμήματος) καθορίζονται επακριβώς σε ένα κείμενο, που αποκαλείται οργανόγραμμα. Τα αντίστοιχα στελέχη δεν επιτρέπεται να παραβιάζουν αρμοδιότητες ούτε ιεραρχία. Ευθύνη (accountability) για το περιεχόμενο ενός υπηρεσιακού εγγράφου έναντι του Οργανισμού έχει πάντα ο ανώτερος στη σειρά υπογραφών. Γενικότερη αστική ευθύνη για τις δράσεις του Οργανισμού έναντι τρίτων έχει ο Πρόεδρος & Διευθύνων Σύμβουλος.

Τα αίτια της επικράτησης αυτής της ιεραρχικής εταιρικής δομής, όπως της προαναφερθείσας στον ΟΤΕ ΑΕ ή αλλού, είναι πεδίο επιστημονικής διερεύνησης, όπως αναφέρθηκε λεπτομερέστερα στο Κεφάλαιο 3. Εδώ, η δομή αυτή λαμβάνεται

ως αφετηρία για να διερευνηθούν οι μεταβολές της σε περιβάλλον ασάφειας στόχων και χρονικών περιορισμών. Στην πράξη έχει φανεί ότι κάποιες μορφές ασάφειας (ambiguity) είναι ευκολότερο να αντιμετωπιστούν από άλλες, στα πλαίσια ιεραρχικών δομών. Για παράδειγμα, η χαλυβουργία στις Ηνωμένες Πολιτείες άλλαξε σταδιακά μέθοδο παραγωγής χάλυβα τα τελευταία τριάντα χρόνια, ώστε να μικρύνει το μέγεθος των βιομηχανικών μονάδων και να τις κάνει περισσότερο ευέλικτες για παραγωγή φθηνότερων προϊόντων, σε μεγάλη ποικιλία και σε μικρότερες, συγκριτικά, ποσότητες. [392] Οι νέες μονάδες εξακολουθούν να χαρακτηρίζονται από ιεραρχική οργάνωση, στηρίζονται όμως σε μεγάλο βαθμό σε μη εξειδικευμένα μηχανήματα γενικού τύπου και σε καλά εκπαιδευμένα στελέχη, που προσαρμόζονται εύκολα στις ανάγκες οικονομίας στόχων (economy of scope), αντί εκείνων σε οικονομία κλίμακας (economy of scale). Στη συνέχεια της διατριβής όμως θα μας απασχολήσει ένα άλλο είδος ασάφειας, το οποίο δεν μπορεί να αντιμετωπισθεί με αποκέντρωση ιεραρχικών μονάδων:

> *The true ambiguity of modern business process, in other words, is not just that the environment necessitates continual redesign of the production process but the redesign itself, along with innovation and trouble shooting, as a task to be performed, not only at the same time as the task of production but also in the same decentralized fashion.*[393]

Τα προβλήματα που πρέπει συχνά να αντιμετωπισθούν δεν ορίζονται καλά εκ των προτέρων. Επίσης, δεν μπορούν να χωρισθούν σε επί μέρους τμήματα, τα οποία θα μπορούσαν να λύσουν εξειδικευμένα άτομα με προκαθορισμένες αρμοδιότητες. Τα εργαλεία για την επίλυσή τους πρέπει ενδεχομένως και αυτά να κατασκευασθούν ή να συντεθούν από άλλα υφιστάμενα εργαλεία γενικής χρήσεως. Τα στελέχη που μπορούν να επιλύσουν το πρόβλημα οφείλουν να συνεργασθούν σε κάθε στάδιο της δραστηριοποίησής τους, μακριά από ιεραρχική άσκηση εξουσίας και, οπωσδήποτε,

[392] Χαρακτηριστικό παράδειγμα της αλλαγής που επήλθε κατά τη δεκαετία του ’70, μετά την κρίση του πετρελαίου, αποτελούν οι πόλεις Buffalo και Pittsburg, στις Πολιτείες της Νέας Υόρκης και της Πενσυλβάνια αντίστοιχα, στις οποίες η εγκατάλειψη των μεγάλων χαλυβδουργικών μονάδων συνέτεινε σε βαθειά κρίση απασχόλησης, μείωσης πληθυσμού και υποβάθμισης. Τα προϊόντα χάλυβα διαφοροποιήθηκαν και άρχισαν να κατασκευάζονται από μικρότερες μονάδες, μακριά από τις παραδοσιακές εγκαταστάσεις αυτών των πόλεων.
[393] Watts, 2003, pg. 268.

μακριά από γραφειοκρατικές διαδικασίες. Και όλα αυτά πρέπει να συμβούν μέσα σε στενά, συνήθως προδιαγραμμένα, χρονικά πλαίσια.

Σχήμα 2: *Πρόσθεση νέων διασυνδέσεων με τυχαίο τρόπο έχει ως αποτέλεσμα τη γραμμική μείωση στη συμφόρηση διακίνησης πληροφορίας. Όταν εισάγονται διασυνδέσεις μόνο μεταξύ κόμβων στην ίδια οργανωτική μονάδα και στο ίδιο ιεραρχικό επίπεδο, η αρχική μείωση της κίνησης είναι ραγδαία.*

Ο Watts, σε συνεργασία με τον οικονομολόγο Chuck Sabel, αναγνώρισε την πολυπλοκότητα του προβλήματος της μετάβασης από ένα ιεραρχικό σχήμα σε οργανωτικές δομές που στηρίζονται σε ομάδες έργου. Πρακτικά, αυτό σημαίνει την μετατροπή της ιεραρχικής τοπολογίας σε δίκτυο μικρών κόσμων. Η λύση που πρότεινε για τη διερεύνηση αυτής της μετάβασης στηρίζεται στην εξέταση της ροής της πληροφορίας στις αντίστοιχες οργανωτικές διατάξεις. Δεδομένου ότι κάθε κόμβος της οργανωτικής διάταξης έχει τους προφανείς ανθρώπινους περιορισμούς για διακίνηση πεπερασμένου μόνον ποσού πληροφορίας, πρότεινε ότι η τοπολογία της διάταξης αυτής μεταβάλλεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να ελαχιστοποιεί την πιθανότητα πληροφοριακής συμφόρησης σε οποιοδήποτε σημείο της. Αυτό αναφέρεται συνήθως σε ένα υψηλό ιεραρχικό επίπεδο, από το οποίο διέρχεται αναγκαστικά ολόκληρος ο όγκος αλληλογραφίας που προέρχεται ή απευθύνεται στους υφισταμένους του. Ο ΟΤΕ έχει μερικώς απλοποιήσει τη διακίνηση πληροφορίας επιτρέποντας στα Διευθυντικά στελέχη να ανταλλάσσουν γραπτή επικοινωνία, δίχως τη μεσολάβηση ανώτερων επιπέδων. Αυτό σημαίνει ότι το

συνηθέστερο σημείο συμφόρησης πληροφορίας στον Οργανισμό είναι Διευθυντικό στέλεχος.

Σχήμα 3: *Σύμφωνα με αριθμητικές προσομοιώσεις από τον D. J. Watts, αποσυμφόρηση του όγκου διακινούμενης πληροφορίας από προϊστάμενο στην εταιρική ιεραρχία (επάνω) προκύπτει κυρίως με οριζόντια επικοινωνία του υφιστάμενου σε αυτόν στελεχιακού δυναμικού (κάτω). Δες Watts (2003), σελ 279.*

Όπως έχει επιδειχθεί από τους Watts και Strogatz (δες Κεφ. 3), η επικοινωνία διευκολύνεται με τη μετατροπή της οργανωτικής δομής σε «μικρό κόσμο». Αυτό επιτυγχάνεται με πρόσθεση νέων συνδέσεων, από τις οποίες μπορεί να διοχετευθεί πληροφορία. Η διατήρηση, βέβαια, κάθε νέας σύνδεσης που καθορίζεται επίσημα από τον Οργανισμό, προϋποθέτει κόστος (επί πλέον μισθός, κατάλληλη αλλαγή οργανογράμματος, αναδιανομή αρμοδιοτήτων, κλπ). Παράλληλα φέρει και αυτή η διασύνδεση τους περιορισμούς στη διακίνηση της πληροφορίας, οι οποίοι είναι

συμφυείς με τις ανθρώπινες δυνατότητες. Παρόλα αυτά, όπως αναμένεται σε τοπολογίες δικτύων μικρών κόσμων, μια νέα διασύνδεση μεταξύ δύο κόμβων δεν ελαχιστοποιεί μόνον την απόσταση μεταξύ τους, αλλά μικραίνει δραστικά την απόσταση, πρακτικά, όλων των κόμβων του δικτύου. Αυτό φαίνεται και σε αριθμητική προσομοίωση, όπου τυχαία πρόσθεση συνδέσεων μειώνει γραμμικά τη διακίνηση πληροφορίας σε κόμβους που παρουσιάζουν μεγάλη συμφόρηση.

Σχήμα 4: *Σύμφωνα με τη λύση που προτείνει η αριθμητική μελέτη του Watts, η αποσυμφόρηση στη διακίνηση πληροφορίας από τον κάποιο κόμβο της ιεραρχίας μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία ομάδας επικοινωνίας που περιλαμβάνει όλους τους άμεσους υφισταμένους του, οι οποίοι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους δίχως τη μεσολάβησή του. Επάνω: διακρίνεται σκιαγραφημένη ομάδα στην κορυφή της ιεραρχίας. Κάτω: ομάδες σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα (Watts, 2003, σελ 278-284). Στον ΟΤΕ, η ομάδα στελεχών στο κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο είναι η συνηθέστερη (υπό τον Τμηματάρχη), δεδομένου ότι τα στελέχη αυτά έχουν γραφεία στο ίδιο δωμάτιο, χωρίς χωρίσματα μεταξύ τους. Υπάρχουν όμως και άλλου τύπου ομάδες, πέρα από τις δύο εικονιζόμενες ακραίες τοπολογίες (δες κείμενο).*

Η απελευθέρωση νέων διαύλων επικοινωνίας οδηγεί σε ταχύτερη απόκριση της οργανωτικής δομής σε ερεθίσματα που απαιτούν επικοινωνία πολλών στελεχών του Οργανισμού. Αντίστροφα, σε συνθήκες που απαιτούν γρήγορη λήψη αποφάσεων, ο Οργανισμός είτε αναθέτει σε ένα υψηλόβαθμο στέλεχος να αντιδράσει (δίχως πρακτικά να έχει μελετήσει ενδελεχώς τις δυνατότητες που θα του παρέχοντο συλλέγοντας πληροφορία από τα στελέχη, μέσω των καθιερωμένων χρονοβόρων οδών) είτε δημιουργεί ευέλικτα νέες διασυνδέσεις στη δομή του, οι οποίες παρακάμπτουν τμήματα της ιεραρχίας, συρρικνώνοντάς την σε δίκτυο «μικρού κόσμου».

Μεταβάλλοντας κατάλληλα τον αλγόριθμο της αριθμητικής προσομοίωσης, ο Watts παρατήρησε ότι όλες οι νέες διασυνδέσεις δεν έφεραν το ίδιο αποτέλεσμα στη βελτίωση της ροής πληροφορίας σε ιεραρχίες. Οι πιο αποτελεσματικές δείχθηκε ότι είναι εκείνες που διασυνδέουν στελέχη στο ίδιο ιεραρχικό επίπεδο (Σχ. 3). Ποσοτικά, τέτοιες διασυνδέσεις ανάμεσα σε στελέχη που έχουν κοινό προϊστάμενο ελαχιστοποιούν τη διακίνηση πληροφορίας, με τη συναρτησιακή μορφή που διακρίνεται στο γράφημα του Σχ. 2. Αντίστοιχη μείωση παρουσιάζεται στην περίπτωση που η διαδιδόμενη πληροφορία δεν έχει τοπικό χαρακτήρα αλλά διατρέχει μεγάλο τμήμα της ιεραρχίας, ρέοντας από και προς στελέχη που έχουν διαφορετικό προϊστάμενο.

Οι ιεραρχικά δομημένοι οργανισμοί έχουν λοιπόν, κατά τον Watts, αρκετούς τρόπους να αντιμετωπίζουν ασάφεια και χρονικούς περιορισμούς. Ανάλογα με το είδος του προβλήματος που πρέπει να αντιμετωπιστεί, δημιουργούνται ομάδες *μεταξύ στελεχών στο ίδιο ιεραρχικό επίπεδο*. Στην περίπτωση που το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπισθεί τοπικά, από στελέχη με τον ίδιο προϊστάμενο, ο Οργανισμός οφείλει να επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία όλων αυτών των στελεχών μεταξύ τους, δίχως την μεσολάβηση του προϊσταμένου. Τα άτομα που αποτελούν αυτές τις «ομάδες έργου», οι οποίες σχηματίζονται σε αυτή την περίπτωση, σημειώνονται με σκούρο χρώμα (Σχ. 4, κάτω). Στην αντίθετη ακραία περίπτωση, όπου το πρόβλημα απαιτεί επικοινωνία απομακρυσμένων ιεραρχικά στελεχών, η συμφόρηση πληροφορίας στα ανώτερα ιεραρχικά κλιμάκια μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη δημιουργία ενός πυρήνα επικοινωνίας στην κορυφή της ιεραρχίας (Σχ. 4, άνω). Αυτό

υποδεικνύει και η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ διευθυντών στην οργανωτική δομή του ΟΤΕ (Σχ. 1).

Παρόλα αυτά, τα προβλήματα που συχνά αντιμετωπίζουν οι σύγχρονοι εταιρικοί οργανισμοί εντοπίζονται μεταξύ των δύο παραπάνω ακραίων καταστάσεων. Για να επιλυθούν, απαιτούν τη συνεισφορά πλήθους στελεχών από διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα, τα οποία ενδέχεται να επικοινωνούν μεταξύ τους με απευθείας διασυνδέσεις. Αυτό μπορεί να συμβαίνει για πολλούς λόγους. Για παράδειγμα, το πρόβλημα μπορεί να προέρχεται από το εσωτερικό της οργανωτικής δομής – να αφορά, για παράδειγμα, στην αποτυχία ή απώλεια ενός κόμβου. Σε απόλυτες ιεραρχίες, κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οδηγήσει σε διαρραγή της οργάνωσης. Οι πολυ-επίπεδες συνδέσεις επικοινωνίας καθίστανται έτσι απόλυτα απαραίτητες για την διατήρηση της ροής πληροφορίας στην εταιρεία.

Στην περίπτωση πάλι που το πρόβλημα προέρχεται από τον εξωτερικό χώρο του Οργανισμού ενδέχεται να είναι εξαιρετικά ασαφές και να μην ορίζεται επαρκώς και έτσι να μην μπορεί να κατανεμηθεί η αντίστοιχη εργασία στους αρμόδιους. Ίσως, δηλαδή, πρέπει πρώτα να αναγνωρισθούν τα κύρια χαρακτηριστικά του, να αξιολογηθούν από διάφορες οπτικές και να μελετηθούν οι ενδεχόμενες επιπτώσεις του. Αυτό απαιτεί διερεύνηση από άτομα με διαφορετική τεχνική κατάρτιση, ειδικότητα ή θέση στην οργανωτική διαδικασία. Ένας άλλος λόγος για πολυ-επίπεδη επικοινωνία στην οργανωτική δομή προκύπτει από το ότι η πληροφόρηση κάθε στελέχους είναι *ποιοτικά διαφορετική,* καθώς δεν περιορίζεται στις αποκλειστικές του αρμοδιότητες στην ιεραρχία. Κάθε άνθρωπος είναι μια πολύπλευρη προσωπικότητα, με προσωπικές γνωριμίες από παράλληλες δραστηριότητες και με διαφορετικά δίκτυα κοινωνικών σχέσεων που σχετίζονται με το επίπεδο μόρφωσής του, την ηλικία, τα χόμπι, την ομάδα φίλων ή συγγενών, κλπ. Μέσω κάποιας από αυτές τις ιδιότητές του, ένα στέλεχος επιχείρησης ενδέχεται να διαθέτει κρίσιμη πληροφορία, να έχει αντιμετωπίσει αντίστοιχα προβλήματα, υπό άλλες συνθήκες εκτός Οργανισμού, ή να διαθέτει μη εταιρικούς διαύλους επικοινωνίας με τον εξωτερικό κόσμο, που προσφέρουν την απαραίτητη διέξοδο για την επίλυση ενός προβλήματος. Στην πράξη, η δυνατότητα επικοινωνίας του οργανισμού με άλλες εταιρείες δεν περιορίζεται από τα ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα (πχ, ανώτερα του Διευθυντή στον ΟΤΕ). Παράλληλα με τις επίσημες επαφές, υπάρχουν πλήθος άλλων, ανεπίσημων, ευρύτατα

διαφοροποιημένων, κάποτε απρογραμμάτιστων και απρόβλεπτων, εγγενών στην ανθρώπινη επιδίωξη για απόκτηση προσωπικής, ιδιαίτερης ταυτότητας.

Σχήμα 5: *Σύμφωνα με τον D. J. Watts, για την αντιμετώπιση ασαφών προβλημάτων, η πυκνότητα των διασυνδέσεων μεταξύ στελεχών, οργανωμένων ιεραρχικά, οφείλει να αυξάνει σταδιακά στα ανώτερα επίπεδα διοίκησης (επισημαίνεται με εντονότερο χρωματισμό).*

Η διαδικασία αυτή αναζήτησης πληροφορίας, κρίσιμης για την επίλυση προβλημάτων σε μια οργανωτική δομή, είναι αδύνατον να χαρακτηριστεί πλήρως και να ενσωματωθεί στο οργανόγραμμά της. Όσο ασαφές είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να εμφανισθεί, άλλο τόσο ασαφής είναι και ο τρόπος ή η πληροφορία που απαιτείται για να επιλυθεί. Διαισθητικά, ο Watts προτείνει την οργάνωση του Σχ. 5. Η πυκνότητα των διασυνδέσεων αυξάνει με το επίπεδο της ιεραρχίας. Οι επαφές με τον εξωτερικό κόσμο, αλλά και οι δυνατότητες διοχέτευσης πληροφορίας και καθορισμού διαδικασιών επίλυσης ενός προβλήματος, είναι μεγαλύτερες στα ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα. Όμως αυτό δεν υποβαθμίζει τη δυνατότητα κάποιο κατώτερο ιεραρχικά στέλεχος να διοχετεύσει άμεσα κρίσιμη πληροφορία, παρακάμπτοντας ιεραρχία και

τυπικές γραφειοκρατικές εταιρικές διαδικασίας ρουτίνας. Η πυκνότητα διασυνδέσεων σε κατώτερα ιεραρχικά στρώματα είναι μικρότερη, αλλά η σημασία της ενισχύεται, από το ότι αντιστοιχεί σε πολύ μεγαλύτερο πλήθος εταιρικών στελεχών. Το ερώτημα που μπορεί να τεθεί για την πρόταση του Watts είναι, αν αυτή η διαβάθμιση στην πυκνότητα διασυνδέσεων μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Επίσης, από την ανάλυση δεν μπορεί να αποκλεισθεί το ενδεχόμενο, κατά το οποίο η ασάφεια του προβλήματος να οδηγήσει σε εκφυλισμό της πυραμίδας του Σχ. 5, σε δύο ή και σε ένα μόνον επίπεδο, με πλήρως οριζόντια επικοινωνία.

Σχήμα 6: *Τα κοινωνικά δίκτυα μπορούν να φέρουν την ιδιότητα των μικρών κόσμων για μεγάλο εύρος συνδυασμών της «ιδιοφιλίας» (τάσης των ατόμων να ομαδοποιούνται) και του αριθμού των διαστάσεων άντλησης πληροφόρησης. Το σημείο (1,0) αντιστοιχεί στη συνθήκη Kleinberg (δες κείμενο).*

Για την κοινωνική φυσική, το πρόβλημα της μεταβολής της ιεραρχίας σε «μικρό κόσμο», με πρόσθεση διασυνδέσεων, προσομοιάζει την περίπτωση της στοχευμένης αναζήτησης (“directed search”) πληροφορίας στο δίκτυο. Στην περίπτωση ενός προβλήματος, που πηγάζει από ή προκαλεί αποτυχία κόμβων της ιεραρχίας, η οργανωτική δομή οφείλει να διαθέτει διασυνδέσεις για εναλλακτικούς δρόμους επικοινωνίας, όπως αυτές που χαρακτηρίζουν τα δίκτυα «μικρών κόσμων». Στην αντίθετη δε περίπτωση, όπου το πρόβλημα προέρχεται από τον εξωτερικό χώρο, η κρίσιμη πληροφόρηση μπορεί να προέλθει, όχι μόνο από την κορυφή της ιεραρχίας, αλλά από οποιοδήποτε στέλεχος του οργανισμού. Η πληροφορία οφείλει να

διακινηθεί άμεσα στο δίκτυο, το οποίο έτσι πρέπει πάλι να έχει τοπολογία «μικρών κόσμων». Σύμφωνα με την ανάλυση του Κεφαλαίου 3, και συγκεκριμένα στην έρευνα του Jon Kleinberg για δίκτυα μικρών κόσμων που μπορούν να αναπαρασταθούν σε δύο διαστάσεις (όπως η ιεραρχίες που αναπαρίστανται γραφικά στο χαρτί), υπάρχει μία ακριβής σχέση που διέπει τις πρόσθετες διασυνδέσεις που καθιστούν την δομή αυτή «μικρό κόσμο»: η πυκνότητα των πρόσθετων διασυνδέσεων πρέπει να ελαττώνεται λογαριθμικά σε συνάρτηση με την απόσταση στο δίκτυο.[394] Αυτό, θεωρητικά, καθορίζει μονοσήμαντα τον αριθμό τους στην ιεραρχία και θα μπορούσε να περιληφθεί στο εταιρικό οργανόγραμμα. Παρόλα αυτά, όπως έδειξε ο Watts, υπάρχουν στην πράξη πολλοί τρόποι να αποκτήσει ένα δίκτυο την ιδιότητα των μικρών κόσμων, πέρα από τη ντετερμινιστική συνθήκη του Kleinberg.

Φυσικά, οι ανθρώπινοι συσχετισμοί, ακόμα και στο πλαίσιο ιεραρχικής οργάνωσης, δεν μπορούν να περιγραφούν σε δύο μόνο διαστάσεις. Παράλληλα με τις σχέσεις εξουσίας και ανταλλαγής επιστολών, υπάρχουν σχέσεις φιλικές ή συγγενικές και γνωριμίες με διαφορετικό βαθμό εμπιστοσύνης. Κάθε άτομο έχει την τάση να ανήκει σε ομάδες ανθρώπων, με τους οποίους μοιράζεται κάποιο χαρακτηριστικό (την αγάπη για μια εξω-επαγγελματική δραστηριότητα, συνάφεια σε θρησκευτικές ή πολιτικές πεποιθήσεις, κλπ). Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αναζητά πληροφορία σε πολλές κατευθύνσεις/ διαστάσεις. Οι άξονες στο Σχ. 6 αντιπροσωπεύουν την τάση του ατόμου να ανήκει σε ομάδες («ιδιοφιλία» -“homofily”) και τον αριθμό των διαστάσεων, από τις οποίες αντλεί πληροφόρηση. Η λύση του Kleinberg είναι το σημείο αρχής των αξόνων, όπου αναζήτηση πληροφορίας περιορίζεται στο διδιάστατο εταιρικό οργανόγραμμα. Όμως, όπως φαίνεται από τη σκιαγραφημένη περιοχή, δίκτυα μικρών κόσμων μπορούν να δημιουργηθούν σε ένα μεγάλο εύρος στο χώρο ιδιοφιλίας – διάστασης αναζήτησης. Αρκεί οι συσχετισμοί να διαφοροποιούνται σε χαρακτήρα, από τις αυστηρές σχέσεις εξουσίας προϊσταμένου-υφισταμένου. Επίσης, δεν απαιτείται να είναι μόνο οριζόντιες στην ιεραρχική δομή. Σε δίκτυα μικρών κόσμων, διασυνδέσεις (και άρα ομάδες) μπορούν να υφίστανται σε όλα τα επίπεδα και με διαφορετικά επικοινωνιακά χαρακτηριστικά. Ενδεχομένως, οι σχέσεις

[394] «Απόσταση» μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου είναι απλά ο αριθμός των διαδοχικών διασυνδέσεων μεταξύ ενδιάμεσων κόμβων.

να έχουν πολύ διαφορετικό χαρακτήρα, που δεν βασίζεται σκαν ε οποιοδήποτε υπολογισμό ή/και ανταλλαγή.

Τα παραπάνω θέματα διερεύνησης προκύπτουν από τη μαθηματική διατύπωση, στα πλαίσια της Κοινωνικής Φυσικής, του προβλήματος της οργάνωσης, ως τρόπου εύκολης μετάδοσης πληροφορίας. Το τι συμβαίνει στην πράξη, θα εξετασθεί παρακάτω. Σε τρεις μελέτες σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας τηλεπικοινωνιακών δικτύων, η παρούσα διατριβή διερευνά

- την τοπολογία της οργανωτικής δομής που προκύπτει σε συνθήκες χρονικών περιορισμών που απαιτούν γρήγορη απόκριση σε ασαφή προβλήματα
- τον χαρακτήρα της αλληλεπίδρασης στην αναδυόμενη οργανωτική δομή.

Η έρευνα έγινε βάσει μελέτης εγγράφων της εποχής (κυρίως Τεύχη Εφημερίδας της Κυβερνήσεως και υπηρεσιακά έγγραφα του ΟΤΕ), καθώς και από συνεντεύξεις στελεχών του ΟΤΕ και της Οργανωτικής Επιτροπής Ολυμπιακών Αγώνων 2004 (ΟΕΟΑ), που συμμετείχαν στην κατασκευή των εν λόγω δικτύων. Οι απόψεις τους είναι αναγνώσεις των ίδιων γεγονότων από διαφορετικές οπτικές. Εδώ παρατίθενται μερικά κύρια ζητήματα, για τα οποία υπήρξε ιδιαίτερη συμφωνία.

6.2 Μελέτη Ι: Υλοποίηση δικτύου Ολυμπία Radio – απουσία χρονικών περιορισμών

Οι ιεραρχίες είναι πολύ αποτελεσματικές στην υλοποίηση μεγάλων τεχνικών έργων, όταν απουσιάζουν στενοί χρονικοί περιορισμοί. Ένα παράδειγμα τέτοιου έργου είναι η υλοποίηση του συστήματος ασύρματων επικοινωνιών «Olympia Radio» από τον ΟΤΕ, στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω και η οποία θα παραλληλιστεί με την υλοποίηση άλλων δικτύων υπό διαφορετικούς χρονικούς περιορισμούς ολοκλήρωσης.

Σχήμα 7: *Υπηρεσίες που είχαν σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση του δικτύου Olympia Radio. Σε πράσινο πλαίσιο διακρίνονται οι υπηρεσίες του ΟΤΕ ΑΕ.*

Το δίκτυο Ολυμπία Radio αποτελεί μέρος ενός παγκόσμιου συστήματος για τις θαλάσσιες τηλεπικοινωνίες, σχετικού με την ασφάλεια σκαφών. Υλοποιήθηκε σε διάφορα στάδια και απαίτησε μεγάλο συντονισμό και συνεργασία από διάφορους φορείς. Από το 1991, το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών είχε αναθέσει το έργο στον ΟΤΕ (τότε κρατικό μονοπώλιο) και είχε απονείμει την κατάλληλη άδεια για την εγκατάσταση των υποδομών (δύο κτίρια, συστήματα κεραιών ύψους ~100 μέτρων, κλπ). Οι τεχνικές υπηρεσίες του ΟΤΕ συγκέντρωσαν πληροφορίες γύρω από τις τεχνολογίες για συστήματα ασφάλειας σκαφών παγκοσμίως, συνέταξαν τεχνικές προδιαγραφές, πραγματοποίησαν διεθνή διαγωνισμό για το σύστημα και επέβλεψαν

τις εργασίες μέχρι την ολοκλήρωση. Η ανώτερη διοίκηση ΟΤΕ αποτελούσε την διεπαφή με το υπουργείο, επικύρωσε τον ανάδοχο του έργου και οργάνωσε τις τεχνικές υπηρεσίες για την επίβλεψη λειτουργίας του δικτύου. Ο Ανάδοχος Οίκος εγκατέστησε την υποδομή, σύμφωνα με τις προδιαγραφές. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο έλεγξε τα επίπεδα ακτινοβολίας και κατέδειξε την ασφαλή λειτουργία του δικτύου στις τοπικές κοινότητες. Οι δρώντες φορείς από όλες τις επαγγελματικές μονάδες συνέβαλαν σε μια καλά προγραμματισμένη και οργανωμένη εργασία, μεγάλης εθνικής σπουδαιότητας.

Υπάρχουν δύο κύρια ζητήματα στην ανωτέρω διαδικασία, στα οποία οι ερωτώμενοι στις συνεντεύξεις συγκλίνουν. Κατ' αρχάς, δεν υπήρξε αυστηρή προθεσμία για την ολοκλήρωση του έργου. Δεύτερον, υπήρξε ένας σαφής καθορισμός του επαγγελματικού ρόλου και ευθύνης κάθε δρώντος φορέα.

Αντί αυστηρών προθεσμιών, καθορίζονταν περιστασιακά "ημερομηνίες-στόχοι" κατά τη διάρκεια των εργασιών, καθώς ο χρόνος περνούσε. Το οικόπεδο στο νομό Ηλείας για την εγκατάσταση παραχωρήθηκε στον ΟΤΕ το 1972. Η διαδικασία για τη διεθνή προσφορά κινήθηκε από τη διοίκηση του ΟΤΕ το 1992 και ο Ανάδοχος ορίστηκε το 1997. Το δίκτυο άρχισε τη λειτουργία το 2000 και χρησιμοποιείται από τότε χωρίς οποιαδήποτε σημαντική δυσκολία.

Κάθε φορέας συνέβαλε στο πρόγραμμα με τις ιδιαίτερες αρμοδιότητές του. Τα όρια αρμοδιότητας και ευθύνης μεταξύ υπουργείου, διοίκησης, μηχανικών ΟΤΕ και αναδόχου κατασκευαστικής εταιρείας ήταν ευδιάκριτα. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των διαφορετικών υπηρεσιών στον ΟΤΕ ακολουθούσε το εταιρικό οργανόγραμμα, στα πλαίσια της ιεραρχικής διοικητικής δομής του κρατικού μονοπωλίου. Οι σύνδεσμοι επικοινωνίας με τους αναδόχους οίκους καθορίστηκαν επίσης επακριβώς, επιτρέποντας περιορισμένη μόνον δυνατότητα πρωτοβουλίας σε κατώτερα ιεραρχικά στελέχη (που αποδείχθηκε όμως εξαιρετικά ουσιαστική και αποτελεσματική όταν απαιτήθηκε, όπως θα αναφερθεί παρακάτω). Αυτή η άκαμπτη διοικητική δομή, αλλά και το μεγάλο διαθέσιμο χρονικό διάστημα, πρόσφερε στους δρώντες την δυνατότητα να συντονίσουν, να οργανώσουν και να ολοκληρώσουν τις εργασίες με μεγάλη επιτυχία.

Παρακάτω θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά στάδια υλοποίησης του έργου.

6.2.1 Στόχοι υλοποίησης, πρότερη κατάσταση

Το Olympia Radio είναι ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο ασύρματων επικοινωνιών βραχέων κυμάτων (1.6 – 30 MHz), που εξυπηρετεί ανάγκες εθνικής και ποντοπόρου ναυτιλίας. Προσφέρει παγκόσμια κάλυψη για δημόσιες και ιδιωτικές ραδιεπικοινωνίες, συμπεριλαμβανομένων και των υπηρεσιών του Συστήματος Ασφαλείας της Ανθρώπινης Ζωής (G.M.D.S.S. – Global Maritime Distress Safety System). Έως τα τέλη της δεκαετίας του ’90, ένα υποσύνολο αυτών των υπηρεσιών παρείχετο από τις εγκαταστάσεις του ΟΤΕ στα Μεσόγεια Αττικής. Η ανάγκη αναβάθμισης του συστήματος είχε αναγνωριστεί από το Ελληνικό Δημόσιο από 1972, το οποίο είχε δεσμεύσει για το σκοπό αυτό σημαντικές εκτάσεις στην Ηλεία, στην περιοχή Κοτύχι (902 στρέμματα που σήμερα ανήκουν στον υγροβιότοπο “natura”) και στην Αγουλινίτσα (2520 στρέμματα, που είχαν απελευθερωθεί με την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης). Τις εκτάσεις αυτές διαχειριζόταν αρχικά το Υπουργείο Οικονομικών και εν συνεχεία τις παραχώρησε στον ΟΤΕ για την εγκατάσταση του προβλεπόμενου τηλεπικοινωνιακού έργου με το Ν.Δ. 165/73.

Από την παραχώρηση των γηπέδων αυτών, έως το επόμενο βήμα για την υλοποίηση του έργου από τον ΟΤΕ μεσολάβησαν 20 σχεδόν χρόνια. Μία από τις αιτίες της καθυστέρησης ήταν η στάση των ραδιοτηλεγραφητών (200 περίπου στελέχη του ΟΤΕ στις εγκαταστάσεις στα Μεσόγεια Αττικής), που αντιδρούσαν σε ενδεχόμενη μετάθεσή τους στην Ηλεία ή σε αναγκαστική αλλαγή του αντικειμένου εργασίας τους στον Οργανισμό. Παράλληλα όμως, διεθνείς συγκυρίες αύξαναν την πίεση για αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρουμε την Διεθνή Σύμβαση στο Λονδίνο «περί ασφάλειας της ανθρώπινης ζωής εν θαλάσση, 1974», η οποία επικυρώθηκε με τον νόμο 1045/1980. Το Πρωτόκολλο που αφορά την εν λόγω Διεθνή Σύμβαση, υπεγράφη στο Λονδίνο το 1978 και κυρώθηκε με τον νόμο 1158/1981. Στις 9 Νοεμβρίου 1988 έγινε συνδιάσκεψη των συμβαλλομένων κρατών στην Διεθνή Σύμβαση και υιοθετήθηκε το G.M.D.S.S., το οποίο απεδέχθη το Ελληνικό κράτος με το Προεδρικό Διάταγμα 474/28-11-1991. Είχε προηγηθεί

Απόφαση του Υπουργείου Μεταφορών και Επικοινωνιών της 21-2-1991, με την οποία:

- Ανετίθετο στον ΟΤΕ η οργάνωση, βελτίωση, εκσυγχρονισμός και λειτουργία όλης της υποδομής για την υποδοχή του G.M.D.S.S. από τους παράκτιους σταθμούς.

- Ο ΟΤΕ θα επιμελείτο του έργου της προμήθειας, εγκατάστασης και λειτουργίας των απαραίτητων συστημάτων, *μετά από μελέτη πο υ θα εγκρίνετο από το Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών*. Η δαπάνη θα βάρυνε τον Κρατικό Προϋπολογισμό σύμφωνα με το Ν.Δ. 165/1973.

6.2.2 Αρχική εισήγηση, προδιαγραφές, διαγωνιστική διαδικασία

Κατόπιν των ανωτέρω, το 1991 η τότε Υποδιεύθυνση Τεχνικού Προγραμματισμού του ΟΤΕ επανέφερε εκ νέου το θέμα. Βοήθησε το γεγονός ότι, στο διάστημα που μεσολάβησε από το 1972, είχαν εξελιχθεί τα συστήματα απομακρυσμένης διαχείρισης των δικτύων. Αυτό επέτρεπε στους μηχανικούς του ΟΤΕ να διαχειρίζονται το σύστημα από κάποιο τηλεπικοινωνιακό κέντρο του ΟΤΕ στην Αττική, ενώ ένας μικρός μόνον αριθμός στελεχών θα ήταν ανάγκη να παρευρίσκονται στην Ηλεία. Ο Υποτομεάρχης[395] της αρμόδιας υπηρεσίας του ΟΤΕ συνέταξε εισήγηση σκοπιμότητας για τη δημιουργία του έργου. Προκειμένου να καμφθούν οι αντιδράσεις των ραδιοτηλεγραφητών, στην εισήγηση, προβλεπόταν δημιουργία κέντρου τηλεχειρισμού στην Αγία Παρασκευή Αττικής, όπου και θα μετακινούνταν οι ραδιοτηλεγραφητές από τη Λούτσα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι οι τεχνικοί που απαιτούνται για τη λειτουργία του συστήματος στην Ηλεία σήμερα είναι μόλις δεκατρείς (13).

Παρά το σκεπτικισμό που εκδήλωναν οι Ραδιοτηλεγραφητές, η Διοίκηση του ΟΤΕ επικύρωσε την εισήγηση. Υπήρχε και η πίεση της επερχόμενης δημιουργίας του νέου

[395] «Υποτομεάρχης» ήταν ένα επί πλέον ιεραρχικό επίπεδο διοίκησης στον ΟΤΕ, κάτω από το επίπεδο του Τμηματάρχη (που τότε αντιστοιχούσε στον «Τομεάρχη»).

αεροδρομίου στα Σπάτα, η οποία απαιτούσε την εκκαθάριση του χρησιμοποιούμενου ραδιοτηλεπικοινωνιακού φάσματος στην περιοχή.[396] Συγκροτήθηκε πολυμελής επιτροπή για την μελέτη και σύνταξη των απαιτούμενων προδιαγραφών, δεδομένου ότι το έργο δεν ήταν τυποποιημένο και δεν υπήρχαν κάποια διεθνή πρότυπα (standards). Στην επιτροπή συμμετείχαν στελέχη από όλες τις εμπλεκόμενες υπηρεσίες, ήτοι Τεχνικός Προγραμματισμός, Υποδιεύθυνση Ρ/Η Εγκαταστάσεων (Υπηρεσία υλοποίησης του έργου), Διεύθυνση Συντήρησης (Υπηρεσία υποστήριξης του έργου μετά την δημιουργία του), Συγκρότημα Παράκτιων Επικοινωνιών (Υπηρεσία λειτουργίας του έργου).

Τα μέλη της επιτροπής, προκειμένου να αποκτήσουν κάποιες γνώσεις αλλά και πληροφορίες, επισκέφθηκαν σχετικά νέους παράκτιους σταθμούς στην Αγγλία και Δανία. Η σύνταξη των προδιαγραφών κράτησε περίπου 8 μήνες. Οι προδιαγραφές εγκρίθηκαν από το Δ.Σ. Λόγω κάποιας αναδιάταξης των Υπηρεσιών (τον Ιούνιο του 1993) το έργο σταμάτησε για δύο περίπου χρόνια. Το καλοκαίρι του 1995 επανεκκίνησε. Αρμόδια υπηρεσία για την υλοποίηση του έργου ήταν η Υποδιεύθυνση Ρ/Η Εγκαταστάσεων. Ο προϊστάμενος της Υπηρεσίας ανέθεσε σε στέλεχος της Υποδ/νσης (Βασίλη Βαγενά[397]) να ελέγξει τις προδιαγραφές, ώστε να οργανωθεί η προκήρυξη διεθνούς διαγωνισμού για προμήθεια υλικού, σε συνεργασία με την Διεύθυνση Προμηθειών.

Το έργο ήταν πολυσχιδές και περιελάμβανε υλικά και υπηρεσίες σπάνια και μη διαδεδομένα στην αγορά: Πομπούς HF Υψηλής ισχύος, δέκτες HF παγκόσμιας λήψης, κεραίες HF παγκόσμιας κάλυψης. δημιουργία τριών Κέντρων (Εκπομπής, Λήψης και Τηλεχειρισμού πομπών, δεκτών και κεραιών). Οι προδιαγραφές για πομπούς, δέκτες και κεραίες ήταν σχετικά πλήρεις για τις ανάγκες του διαγωνισμού.

[396] Η εκκαθάριση του φάσματος για τη λειτουργία του αεροδρομίου Ελευθέριος Βενιζέλος δεν περιοριζόταν μόνο στη ζώνη βραχέων κυμάτων λειτουργίας των παράκτιων επικοινωνιών. Απαίτησε επίσης, για παράδειγμα, απομάκρυνση μεγάλου αριθμού ραδιοφωνικών σταθμών FM από τον Υμηττό, έργο που συνάντησε τεράστιες αντιδράσεις με πολύπλοκες κοινωνικές/ οικονομικές/ πολιτικές/ δικαστικές επιπτώσεις. Δες, Κ. Δρόσος, «Ρυθμιστικό Πλαίσιο Ραδιοφάσματος FM στην Αθήνα – Ετερογενή Δίκτυα και Ρύθμιση Τηλεπικοινωνιακού Τομέα» Διπλωματική Εργασία στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης, Επιβλέπων καθηγητής Μ. Ασημακόπουλος, ΕΜΠ και ΕΚΠΑ, 2006.

[397] Ο Βασίλειος Βαγενάς υπήρξε στέλεχος του ΟΤΕ με σημαντική δραστηριότητα στην υλοποίηση των δικτύων Olympia Radio και OTElink, τα οποία θα μας απασχολήσουν στο παρόν κεφάλαιο της διατριβής. Η συνεισφορά του στην καταγραφή και διασταύρωση των γεγονότων που παρατίθενται εδώ υπήρξε επίσης εξαιρετικά σημαντική.

Το κέντρο επίβλεψης και τηλεχειρισμού όμως απαιτούσε εκτεταμένη διερεύνηση, δεδομένου ότι δεν υπήρχε εξειδίκευση του στελεχιακού δυναμικού στον αντίστοιχο τομέα. Η προσαρμογή των προδιαγραφών σε μορφή κατάλληλη για το διαγωνισμό απαίτησε συνεργασία αρκετών στελεχών. Μεταξύ αυτών, ο Βαγενάς είχε πρότερη εμπειρία από κεντρικά συστήματα ελέγχου, καθώς είχε ασχοληθεί με τα δορυφορικά παράκτια συστήματα INMARSAT τα προηγούμενα τρία χρόνια, και είχε εκπαιδευτεί σε αυτά στο Λονδίνο (θεωρητική και πρακτική εκπαίδευση), ενώ συμμετείχε και στις δοκιμές παραλαβής υλικού στο εργοστάσιο. Συνεργάστηκε ενεργά με στελέχη του Μηχανογραφικού Κέντρου (ΜΚ) του ΟΤΕ, την μόνη υπηρεσία τότε που γνώριζε από συστήματα υπολογιστών. Πολύ καλή συνεργασία είχε επίσης με τρεις ραδιοτηλεγραφητές.[398] Με τη βοήθειά τους περιγράφηκαν με σαφήνεια και λεπτομέρεια οι λειτουργικές απαιτήσεις του Κέντρου τηλεχειρισμού, ενώ με τη βοήθεια του ΜΚ προδιαγράφηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος. Η εργασία αυτή διήρκεσε μερικούς μήνες. Παρότι απαίτησε προσωπική πρωτοβουλία και απ' ευθείας επικοινωνία στελεχών από διάφορες εμπλεκόμενες υπηρεσίες, η εργασία έγινε στα πλαίσια της εταιρικής πρακτικής, χωρίς να έχουν τεθεί αυστηροί χρονικοί περιορισμοί, πέρα από «ημερομηνίες στόχους» για την ολοκλήρωση του έργου.

Ο διεθνής διαγωνισμός προκηρύχθηκε τον Ιούλιο του 1996 και οι προσφορές κατατέθηκαν, μετά από παρατάσεις που ζήτησαν οι ενδιαφερόμενοι, τον Δεκέμβριο του 1996. Τα τεχνικά μέλη της επιτροπής αξιολόγησης των προσφορών ήταν τέσσερα, δύο από την Υποδ/νση Ρ/Η Εγκαταστάσεων, ένα από τη συντήρηση και ένας μηχανικός από την υπηρεσία δομικών υποδομών. Οι προσφορές ήταν ογκωδέστατες και 6 στον αριθμό. Η τεχνική αξιολόγησε κράτησε 3 μήνες. Μέχρι να ολοκληρωθεί από τη Διεύθυνση Προμηθειών το τελικό πρακτικό της επιτροπής, χρειάστηκε άλλος ένας περίπου μήνας.

[398]Παρά τον γενικό σκεπτικισμό που εξέφραζαν οι ραδιοτηλεγραφητές σε συνδικαλιστικό επίπεδο, σε ατομικό επίπεδο συνεισέφεραν ουσιαστικότατα στο έργο, παρασυρόμενοι από τις προκλήσεις του απαιτητικού και πρωτόγνωρου τεχνικού έργου. Η συμμετοχή σε άτυπες ομάδες συνεργασίας με συναδέλφους από διάφορες υπηρεσίες, όπως εν προκειμένω, δεν στηρίζεται σε υπολογισμό κόστους-οφέλους και δεν προεξοφλεί ενδεχόμενη ανταπόδοση από την εταιρεία (παρότι υπάρχει πάντα η προσμονή για κάποια αναγνώριση της προσπάθειας από προϊσταμένους). Αυτό, όπως έχουμε αναλύσει στο Κεφάλαιο 2, δεν είναι χαρακτηριστικό της ιεραρχικής οργάνωσης, απαντάται όμως συχνότατα σε δικτυακού τύπου «οριζόντιες» αλληλεπιδράσεις.

6.2.3 Υλοποίηση και παραλαβή του έργου

Το πρακτικό, που αξιολογούσε και κατέτασσε όλους τους οίκους που έλαβαν μέρος στο διαγωνισμό, μεταβιβάσθηκε στην Υποδ/νση Ρ/Η Εγκαταστάσεων. Αυτή εισηγήθηκε αρμοδίως προς το ΔΣ για την κατακύρωση του διαγωνισμού στον μειοδότη, σύμφωνα με το πρακτικό. Μειοδότης ήταν η εταιρεία ΓΕΝΕΡ. Το ΔΣ του ΟΤΕ επικύρωσε την εισήγηση και, μετά από διαπραγματεύσεις με τη ΓΕΝΕΡ, υπογράφηκε η Σύμβαση τον Σεπτέμβριο του 1997, που συμπεριλάμβανε και λεπτομερές χρονοδιάγραμμα. Το έργο είχε προβλεπόμενη διάρκεια 24 μηνών, η οποία πρακτικά τηρήθηκε, παρά την πολυπλοκότητά του.

Τον Νοέμβριο του 1999 είχαν αρχίσει οι δοκιμές προσωρινής παραλαβής και το έργο δόθηκε σε λειτουργία τον Μάρτιο του 2000. Την γενική επίβλεψη του έργου είχε το τεχνικό Συγκρότημα Πάτρας. Τα ειδικά όμως θέματα επέβλεπαν οι αρμόδιες Υπηρεσίες Ρ/Η. Την επίβλεψη του Κέντρου τηλεχειρισμού είχε η Υποδ/νση Ρ/Η Εγκαταστάσεων. Δεν είχε ορισθεί Υπεύθυνος Έργου με υπηρεσιακή απόφαση, αλλά η επίβλεψη και παρακολούθηση έγινε από τα στελέχη της Υποδ/νσης που είχαν συμμετάσχει στην επιτροπή αξιολόγησης του διαγωνισμού. Αυτό απαίτησε μερικές φορές την παρουσία τους στους τόπους του έργου. Επίσης, απαίτησε μετάβαση στα εργοστάσια κατασκευής υλικού και λογισμικού για δοκιμές παραλαβής που προέβλεπε η Σύμβαση –συγκεκριμένα, στο San Francisco για τα κεραιοσυστήματα, στο Λονδίνο για πομπούς και δέκτες και στο Παρίσι για το λογισμικό τηλεχειρισμού και ελέγχου. Τα ταξίδια αυτά ήταν χρήσιμα για απόκτηση πολύτιμης εμπειρίας από τα στελέχη του ΟΤΕ. Ειδικά οι δοκιμές του λογισμικού αποδείχθηκαν άκρως απαραίτητες, γιατί βρέθηκαν αρκετά λάθη και διευκρινίστηκαν πολλά λειτουργικά χαρακτηριστικά, έτσι ώστε το σύστημα που εγκαταστάθηκε να έχει τις λιγότερες, κατά το δυνατόν, ελλείψεις.

6.2.4 Αντιδράσεις κατοίκων, μελέτες επιπέδων ακτινοβολίας

Όταν έγινε γνωστό σε κοντινούς οικισμούς (ιδιαίτερα στο Επιτάλιο) ότι θα εγκατασταθούν μεγάλες κεραίες, οι κάτοικοι ανησύχησαν και ζήτησαν διευκρινήσεις

από τον ΟΤΕ. Η Διεύθυνση Προγραμματισμού ανέθεσε στο ΕΜΠ έργο μελέτης επιπτώσεων ακτινοβολίας.[399] Τη μελέτη έκανε ο καθηγητής Φίλιππος Κωνσταντίνου από τον Τομέα Ηλεκτροεπιστήμης το 1999, από την οποία διαφαινόταν ότι δεν θα υπήρχαν επικίνδυνες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες στην περιοχή, προέβλεπε όμως και την επανάληψη της μελέτης με μετρήσεις, όταν θα ολοκληρωνόταν το έργο.[400] Η μελέτη του ΕΜΠ διαβιβάστηκε για ενημέρωση στους εκπροσώπους της τοπικής αυτοδιοίκησης. Όταν τελείωσε το έργο, στελέχη της Υποδ/νσης Ρ/Η Εγκαταστάσεων, με κατάλληλο εξοπλισμό, μετέβησαν στο τέλος Σεπτεμβρίου του 2000 στην Αγουλινίτσα και διενεργήσαν μετρήσεις στάθμης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε όλη την περιοχή, παρουσία των τοπικών τηλεοπτικών μέσων. Πριν ξεκινήσουν, ενημέρωσαν τον Δήμαρχο για το τι επρόκειτο να γίνει και αυτός, προφανώς, για να μην έχει διαμαρτυρίες από κατοίκους, κάλεσε αμέσως τους δημοσιογράφους που κατέφθασαν με τις κάμερες. Οι μετρήσεις έγιναν κυρίως στο Δήμο Βώλακος, σε επιλεγμένα σημεία στο χωριό Επιτάλιο και στον παρακείμενο παραθαλάσσιο οικισμό. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δημοσιογράφοι πήραν συνέντευξη από τον Βαγενά (που συμμετείχε στις μετρήσεις) για τα αποτελέσματα, τα οποία μάλιστα είχαν δείξει πολύ χαμηλότερες τιμές ακτινοβολίας από τις προβλεπόμενες στη μελέτη, όπως άλλωστε είχε προβλέψει ο καθηγητής Κωνσταντίνου. Το βράδυ τα τοπικά κανάλια παρουσίασαν σχετικό ρεπορτάζ και τη συνέντευξη. Αντιδράσεις από κατοίκους ή δημοσιογράφους δεν υπήρξαν. Αντίθετα, υπήρχε διάχυτη η αίσθηση ότι όλα είχαν συντελεστεί με πλήρη διαφάνεια και επιστημονική μεθοδολογία, η οποία μάλιστα επιβεβαίωνε η μελέτη του ΕΜΠ, φορέα δηλαδή ανεξάρτητου από τον ΟΤΕ και με μεγάλο κύρος.

Οι μετρήσεις επιπέδων ακτινοβολίας στην περιοχή της Αγουλινίτσας επαναλήφθηκαν τον Ιούνιο του 2003 από ένα ακόμα επιτελείο στελεχών του ΟΤΕ. Οι μετρήσεις συμπεριλήφθηκαν στον φάκελο που υποβλήθηκε στην εθνική ρυθμιστική αρχή

[399] Η πρακτική της ανάθεσης μελετών από τον ΟΤΕ στο ΕΜΠ, ακολουθείτο συχνά για θέματα που ανέκυπταν και απαιτούσαν πρόσθετη αξιοπιστία και κύρος από τον ελέγχοντα οργανισμό. Δες: Xenikos, D. G., Kapogiannopoulou, K., and Assimakopoulos, M. (2003) National attitudes towards innovation in publicly funded research. *Proceedings of the Intern. Conference "Innovation in Europe: Dynamics, Institutions and Values"*. Roskilde University, Denmark, 8-9 May.

[400] Στην 12-1-1999, με Επιστολή του προς τον ΟΤΕ, ο καθηγητής Φ. Κωνσταντίνου συνοψίζει τα αποτελέσματα των μελετών ως εξής:

- Η τιμή πυκνότητας ισχύος στην περιοχή Επιτάλιο είναι κατώτερη από τα επιτρεπτά όρια του ΕΛΟΤ ENV50166-2 κατά 141 φορές.
- Οι υπολογισμοί των τιμών πυκνότητας ισχύος έγιναν με τις πλέον δυσμενέστερες παραδοχές λειτουργίας και εκπομπής από το κέντρο Ολυμπία.

(Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων - ΕΕΤΤ) για έκδοση επίσημης άδειας λειτουργίας των εγκαταστάσεων των σταθμών του Olympia Radio στην Ηλεία, σύμφωνα με το τότε ισχύον νομοθετικό πλαίσιο.[401] Η ΕΕΑΕ[402] επιβεβαίωσε τα αποτελέσματα. των μετρήσεων και η ΕΕΤΤ αδειοδότησε τις εγκαταστάσεις του συστήματος, σύμφωνα με το, πρόσφατο τότε, νομοθετικό πλαίσιο που συνόδευε την σύσταση λειτουργίας της το 1999.

6.2.5 Μεθοδολογικά σχόλια – ιεραρχία και ομάδες έργου

Το σύστημα Olympia Radio λειτουργεί έκτοτε απρόσκοπτα και είναι κερδοφόρο για τον ΟΤΕ, σύμφωνα με λεπτομερή τεχνικο-οικονομική ανάλυση που έγινε από τον Οργανισμό το 2006. Απασχολεί 13 εργαζόμενους στις εγκαταστάσεις της Ηλείας και 45 στο κέντρο ελέγχου στην Αγία Παρασκευή. Παρατηρώντας τον τρόπο που υλοποιήθηκε, επισημαίνουμε παρακάτω τα χαρακτηριστικά της ιεραρχικής ο ργανωτικής δο μής, αλλά και τις αποκλίσεις από αυτήν, πο υ ο δήγησαν στην ολοκλήρωση του έργου.

Η καταγραφή της ανάγκης δημιουργίας νέων εγκαταστάσεων έγινε σε χρόνο πολύ προγενέστερο της τελικής εκτέλεσης του έργου. Οι πρώτες κινήσεις της κρατικής διοίκησης, που αφορούσαν την εξεύρεση των κατάλληλων εκτάσεων στην Ηλεία και η απόδοσή τους στον ΟΤΕ, ήταν εξαιρετικά εύστοχες. Αυτό είναι ενδεικτικό της ευχέρειας πρόσληψης πληροφορίας και εκτέλεσης έργων, όταν αυτά δεν περιλαμβάνουν πολλούς δρώντες. Πράγματι, οι τηλεπικοινωνιακές ανάγκες του τεράστιου στόλου της ποντοπόρου ελληνικής ναυτιλίας και η κατοχή του γηπέδου της αποξηραμένης Αγουλινίτσας σε κρατικά χέρια συνδυάστηκαν με μεγάλη ευκολία, χωρίς μεσολάβηση παραγόντων που θα μπορούσαν να καθυστερήσουν αυτή την

[401] Η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) είχε ιδρυθεί το 1999, με στόχο τον έλεγχο του ανταγωνισμού στο χώρο των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα. Μεταξύ άλλων επιμελείται την έκδοση αδειών νόμιμης λειτουργίας τηλεπικοινωνιακών σταθμών εκπομπής, όταν ικανοποιούνται συγκεκριμένοι όροι που αφορούν το χώρο εγκατάστασης και τις υποδομές (πχ, αρχαιολογική άδεια, άδεια ΥΠΑ, πολεοδομία, proximity σε σχολικά κτίρια, κλπ), καθώς και τα χαρακτηριστικά ακτινοβολίας των συστημάτων (επίπεδα συνολικής ηλεκτρομαγνητικής εκπομπής).

[402] Εθνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, αρμόδια να εξετάζει, να εγκρίνει ή και να πραγματοποιεί μελέτες επιπέδου ακτινοβολίας σε ραδιοσυστήματα.

εξέλιξη. Η απόδοση του έργου και η υλοποίησή του από τον εθνικό τηλεπικοινωνιακό (και μονοπωλιακό τότε) Οργανισμό ήταν επίσης προφανείς και άμεσες.

Μετά τα πρώτα γρήγορα βήματα, η έναρξη της υλοποίησης του έργου από τον ΟΤΕ καθυστέρησε σχεδόν μια εικοσαετία. Η ιεραρχική διοίκηση του ΟΤΕ δεν προχωρούσε στην απόφαση έναρξης της διαδικασίας. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ως σημαντικός λόγος μπορούν να θεωρηθούν οι αντιδράσεις ενός τμήματος του στελεχιακού του δυναμικού, των ραδιοτηλεγραφητών, ο ρόλος των οποίων ήταν κεντρικός για την εξέλιξη του έργου λόγω τεχνικής συνάφειας. Η ιεραρχία του ΟΤΕ είχε να αντισταθμίσει εσωτερικές αντιδράσεις που εκφράζονταν σε ανώτερο σημείο της ιεραρχικής δομής στη Γενική Διεύθυνση Περιφερειών έναντι των εξωτερικών ερεθισμάτων για την υλοποίηση των νέων εγκαταστάσεων, τα οποία προσελάμβαναν τα ανώτερα επίπεδα της διοικητικής του ιεραρχία. Παράλληλα, *απουσίαζε έκφραση ισχυρού ενδιαφέροντος από κατασκευαστές και προμηθευτές τεχνικού υλικού*, η οποία θα μπορούσε να ασκήσει κάποια πίεση στην κατεύθυνση λήψης απόφασης: Η τεχνολογία δεν ήταν τυποποιημένη, το έργο δεν είχε προδιαγραφεί με λεπτομέρεια και έτσι ο κύκλος των ενδεχόμενων αναδόχων του έργου από τον επικείμενο διεθνή διαγωνισμό δεν μπορούσε εξ αρχής να προσδιορισθεί.

Το αποτέλεσμα είναι ότι το Διοικητικό Συμβούλιο του ΟΤΕ δεν προώθησε επί μακρόν την εκκίνηση της διαγωνιστικής διαδικασίας προμήθειας υλικού. Αυτό δεν ήταν φαινόμενο πρωτόγνωρο για τον ΟΤΕ. Πολύχρονες καθυστερήσεις αποδείχθηκαν αρκετές φορές χρήσιμες για τον Οργανισμό, καθώς υλοποιούσε έργα μόνο αφού είχαν ωριμάσει οι σχετικές τεχνολογίες, είχαν επικρατήσει διεθνώς και είχαν αποδείξει την κερδοφορία τους. Δεδομένου ότι κατείχε μονοπωλιακή θέση στην αγορά αποκλειόταν εκτέλεση του έργου από ανταγωνιστές. Έτσι ο ΟΤΕ διέθετε την άνεση να καθορίζει πλήρως το χρόνο εισαγωγής των αντίστοιχων παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στην Ελλάδα. Η επιπλοκή από την καθυστέρηση τ ο υ έργου ήταν να περιορίζεται ο χρόνος εμπορικής εκμετάλλευσης των υπηρεσιών, πριν αυτές απαξιωθούν ή ξεπεραστούν με την πρόοδο της τεχνολογίας. Αυτό όμως δεν αποτελούσε σοβαρό πρόβλημα για μη τυποποιημένες, αργά εξελισσόμενες τεχνολογίες, ως το τέλος του 20ού αιώνα. Στην περίπτωση του Olympia Radio αυτό αποδείχθηκε περίτρανα, αφού εξακολούθησε να αποτελεί κερδοφόρα τεχνολογία για τον ΟΤΕ έως τουλάχιστον το 2006, όπου διαθέτουμε οικονομικά στοιχεία.

Εκτός από την ελάττωση του ρίσκου από πρώιμες αποφάσεις, η ιεραρχική οργανωτική δομή εμφανίζεται πολύ αποτελεσματική στην υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών έργων, σε περιπτώσεις όπου απουσιάζουν σκληροί χρονικοί περιορισμοί (από τη στιγμή βέβαια που θα ληφθεί η απόφαση να ξεκινήσουν). Διαθέτει τη δυνατότητα να διαμοιράζει ρόλους και αρμοδιότητες και να επιβάλλει τη θέληση των ανώτερων ιεραρχικά επιπέδων σε κατώτερα. Μπορεί επίσης να μεταβάλλει προσωρινά το οργανόγραμμά διοίκησης, ώστε να αποφεύγει προβλήματα του τύπου που αναφέρθηκαν στην §6.1, σε περιπτώσεις δηλαδή όπου εγγενείς περιορισμοί από τη γραφειοκρατική λειτουργία της ιεραρχικής δομής, κατά την μετάδοση πληροφορίας, εμποδίζουν υπέρμετρα την πρόοδο του έργου από κάποιο κόμβο της ιεραρχίας. Συγκεκριμένα, για να αποφευχθούν καθυστερήσεις σε υποέργα που απαιτούν επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών κλάδων της ιεραρχίας, ο ΟΤΕ υιοθετεί λύσεις που περιγράφονται στο Σχ. 4β. Ορίζει δηλαδή ομάδες στελεχών από διάφορες υπηρεσίες, με συγκεκριμένο στόχο, στο οποίο δεν παρεμβαίνουν οι άμεσοι προϊστάμενοί τους. Για το Olympia Radio αυτό συνέβη με τα στελέχη που συνέταξαν τις τεχνικές προδιαγραφές του έργου.

Έτσι όμως εμφανίζεται μια μεταβολή στο είδος των αλληλεπιδράσεων μεταξύ δρώντων στελεχών στην εταιρεία. Διότι, παρότι οι ομάδες έργου ορίζονται με απόφαση της ιεραρχικής διοικητικής της δομής, λειτουργούν βασιζόμενες σε διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις διαφορετικές από τις συνήθεις ιεραρχικές σχέσεις εξουσίας προϊσταμένου-υφισταμένου. Στηρίζονται σε καθημερινές συνεννοήσεις, συνήθως χωρίς γραφειοκρατική καταγραφή πρακτικών. Απαιτούν επίσης συχνά παράλληλη εκπαίδευση των στελεχών αυτών, με σεμινάρια και ταξίδια στο εξωτερικό. Παρότι το συμβόλαιο εργασίας του Οργανισμού καθορίζει το ρόλο του κάθε στελέχους (ως εκφραστή του τεχνικού ρόλου που έχει η υπηρεσία στην οποία ανήκει), το αποτέλεσμα είναι συλλογικό, φέρει την υπογραφή όλων των μελών της επιτροπής.

6.2.6 Αντιμετώπιση επειγόντων και ασαφών προβλημάτων

Η αποτελεσματικότητα των οριζόντιων δομών που διακρίνεται στις αριθμητικές προσομοιώσεις της §6.1 έχει, επομένως, διαπιστωθεί στην πρακτική του ΟΤΕ, πολύ πριν από την εργασία του Watts. Η ιεραρχία του ΟΤΕ, συγκεκριμένα, την εκμεταλλεύεται με τις ομάδες έργου που συστήνονται για συγκεκριμένο σκοπό και διαλύονται με την ολοκλήρωσή του. Κάθε στέλεχος της ομάδας συνεισφέρει στο έργο της την τεχνογνωσία που υπάρχει στην υπηρεσία του και, αν απαιτηθεί, εκπαιδεύεται περεταίρω, αποκτώντας εξειδικευμένη γνώση για να ολοκληρωθεί το έργο. Αυτό προαπαιτεί ότι το προς επίλυση πρόβλημα έχει αναλυθεί πλήρως στα συστατικά του και ότι στην ομάδα έργου έχουν συμπεριληφθεί όλοι οι φορείς της τεχνικής γνώσης που είναι αναγκαίοι και ικανοί να φέρουν το έργο σε πέρας. Το ερώτημα που τίθεται τώρα είναι τι συμβαίνει σε περιπτώσεις που μια τέτοια ανάλυση του προβλήματος δεν είναι εξ αρχής δυνατή, όταν ανακύπτουν πολύπλοκα προβλήματα κατά τη διάρκεια της εργασίας, που απαιτούν διαρκώς νέες δραστηριότητες των στελεχών, συνεννοήσεις πέρα από τα όρια της ομάδας έργου, γνώσεις πέρα από τις συνήθεις στα πλαίσια της υπηρεσίας τους, πρωτοβουλίες που δεν τους έχουν αποδοθεί από το εταιρικό οργανόγραμμα.

Στο Olympia radio μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση προέκυψε μετά τις αντιδράσεις των κατοίκων, που εξέφραζαν την ανησυχία τους για την ακτινοβολία από τα κεραιοσυστήματα στην περιοχή. Σήμερα, τέτοια ζητήματα αναφύονται εξαιρετικά συχνά, και οι εταιρείες κινητών και ασύρματων επικοινωνιών διαθέτουν τεχνικά τμήματα με αρμοδιότητα να τα αντιμετωπίζουν, με μετρήσεις στάθμης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, με στελέχη που επιμελούνται δημοσίων σχέσεων με τοπικούς φορείς ή που εμφανίζονται σε παραστάσεις δικαστηρίων, κλπ. Την εποχή όμως της ολοκλήρωσης του Olympia radio, ο ΟΤΕ δεν διέθετε τέτοιο μηχανισμό. Το πρόβλημα προέκυψε και αντιμετωπίστηκε *ad hoc*. Είναι χαρακτηριστικό ότι το στέλεχος του ΟΤΕ Βασίλης Βαγενάς μίλησε σε δημοσιογράφους και εμφανίστηκε στην τοπική τηλεόραση. Ως στέλεχος της Υποδιεύθυνσης Ρ/Η Εγκαταστάσεων του ΟΤΕ παρακολουθούσε την εξέλιξη των εργασιών, διαθέτοντας μια συνολική εικόνα του τεχνικού έργου, έχοντας συμμετάσχει σαν βασικό στέλεχος σε ομάδες σύνταξης προδιαγραφών, προετοιμασίας του διεθνούς διαγωνισμού προμήθειας υλικού, κλπ. Όμως, δεν ανήκε στο διευθυντικό επίπεδο της διοίκησης του ΟΤΕ, το οποίο, όπως έχουμε προαναφέρει, ήταν επιφορτισμένο με τις επαφές με εκτός εταιρείας άτομα ή φορείς. Το πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε στην Ηλεία, τον Σεπτέμβριο του 2000,

δεν είχε προβλεφθεί επακριβώς από την εταιρεία, αλλά έπρεπε να αντιμετωπιστεί άμεσα από τους τεχνικούς που εκτελούσαν μετρήσεις ακτινοβολίας επί τόπου και αντιμετωπίστηκε επιτυχώς.

Η ασάφεια στον εκ των προτέρων καθορισμό όλων των πλευρών ενός σύνθετου έργου εμφανίζεται συχνά με τη μορφή επείγοντος προβλήματος, που πρέπει να επιλυθεί άμεσα από τους παρευρισκόμενους συντελεστές του έργου. Απαιτεί ενδεχομένως υπέρβαση των στενών δυνατοτήτων που προσφέρει το εταιρικό οργανόγραμμα. Απαιτεί επίσης και την ικανότητα ενός στελέχους να φέρει σε πέρας έργο έξω από τις συνήθεις δραστηριότητές του (πχ, έναν τεχνικό να συνομιλεί σε δημόσιο διάλογο με κοινωνικούς και πολιτικούς φορείς). Σε μεγάλα τεχνικά έργα, όπως το Olympia Radio, ο ΟΤΕ εμφάνιζε πάντα ανοχή σε πρωτοβουλίες στελεχών που επέλυαν *ad hoc* σύνθετα προβλήματα. Περιόριζε έτσι μια οργανωτική αδυναμία της αργής γραφειοκρατικής διεκπεραίωσης της ιεραρχικής δομής, *επιλέγοντας με προσοχή τα στελέχη* που ήταν πιθανό να βρεθούν σε αντίστοιχη θέση. Δεν ήταν τυχαίο ότι ο άνθρωπος που βρέθηκε μπροστά στο παραπάνω πρόβλημα δημοσίων σχέσεων και το επέλυσε, διέθετε όχι μόνο βαθειά γνώση αντικειμένου, αλλά και διοικητικές ικανότητες που έγιναν φανερές και στην μετέπειτα πορεία του στον Οργανισμό. Πρέπει πάντως να σημειωθεί, ότι ο ΟΤΕ αντιμετώπιζε αυτή την ανάγκη κατά περίπτωση, χωρίς να έχει ενσωματώσει τέτοιες λύσεις στις οργανωτικές του λειτουργίες. Η ιδιότητα του Project Manager (Δ/ντή Έργου), ως εργαλείο για την αντιμετώπιση ασάφειας έργων υπό στενούς χρονικούς περιορισμούς, αποδόθηκε μεταγενέστερα, και πάντως μετά το Olympia Radio.

6.3 Μελέτη ΙΙ: Υλοποίηση δικτύου TETRA Ολυμπιακών Αγώνων – Έργα μη υποκείμενα σε κατάτμηση

Ριζικές αλλαγές στις παραπάνω διαδικασίες συνέπεσαν με τις αλλαγές στον τηλεπικοινωνιακό τομέα στα τέλη της δεκαετίας του '90. Η αρχική εγκατάσταση ενός άλλου δικτύου, με την επονομασία “OTElink”, έπρεπε να προλάβει μια πιεστική προθεσμία, αυτή του ανοίγματος του νέου διεθνούς αερολιμένα της Αθήνας. Πρόκειται για ένα ασύρματο δίκτυο τεχνολογίας TETRA (ευρωπαϊκό πρότυπο “Terrestrial Trunked Radio”), στο οποίο στηρίζεται ένα μεγάλο μέρος του συστήματος επικοινωνιών του αερολιμένα. Ένας πρώην πρωθυπουργός είχε στοιχηματίσει δημόσια με τον τότε υπουργό Δημοσίων Έργων ότι ο νέος αερολιμένας δεν θα ήταν έτοιμος εγκαίρως. Η πρόβλεψή του διαψεύσθηκε.[403] Κατά τη διάρκεια των δεκαοχτώ μηνών που είχαν προηγηθεί, προετοιμάστηκε από τον ΟΤΕ και πραγματοποιήθηκε διεθνής διαγωνισμός για το OTElink. Ο τελευταίος σταθμός βάσης του συστήματος, κοντά στην περιοχή του αερολιμένα (στη Βάρη), εγκαταστάθηκε μόλις μια εβδομάδα πριν από την έναρξη λειτουργίας του αεροδρομίου, με άμεση επέμβαση του αρμόδιου υπουργού του ΥΜΕ. Έκτοτε, το δίκτυο OTElink αναπτύχθηκε ώστε να καλύψει τις μεγαλύτερες πόλεις στην Ελλάδα, τηρώντας δύο ακόμα σημαντικές προθεσμίες: την έναρξη λειτουργίας του μετρό της Αθήνας το 2003 και τους ολυμπιακούς αγώνες το 2004, ως κύριο σύστημα επικοινωνιών, για τη λειτουργία όλων των αθλητικών και όλων των σχετικών γεγονότων.

Σύντομα έγινε σαφές ότι οι ανάγκες των χρηστών OTElink καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις κατευθύνσεις και το χρόνο ανάπτυξης του δικτύου. Αντίθετα από το Ολυμπία Radio, το δίκτυο OTElink είναι προσαρμοσμένο στις ανάγκες της αγοράς. Οι χρήστες γίνονταν καθοριστικοί δρώντες στην υλοποίηση του δικτύου, προσανατόλιζαν τη γεωγραφική εξάπλωση του δικτύου και κατεύθυναν την ανάπτυξη προϊόντων και εφαρμογών.

[403] Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαρκούς δημόσιας φραστικής διαμάχης μεταξύ του τότε υπουργού Δημοσίων Έργων και υψηλόβαθμων στελεχών της αξιωματικής αντιπολίτευσης, δες Δελτίο Τύπου του ΥΠΕΧΩΔΕ στις 22-6-2000, όπου ο Κ. Λαλιώτης αναρφέρει με έναν σχετικά ειρωνικό τόνο: «Και βεβαίως όλο αυτό το έργο που βλέπετε γύρω σας [ΣΣ. Παρουσίαζε την πρόοδο των έργων του αεροδρομίου], προφανώς… είναι μια μακέτα!!! γιατί την κάνω δώρο στον αρχηγό της Νέας Δημοκρατίας και στα άλλα στελέχη της Νέας Δημοκρατίας, γιατί είναι απλώς μια μακέτα…»

Σε όλα τα ζητήματα, που κυμαίνονται από την εκπλήρωση στόχων εθνικής σπουδαιότητας ως την επίλυση προβλημάτων λειτουργίας δικτύου, ο χρόνος είναι σημαντικός. Για να τηρηθούν προθεσμίες, οι ρόλοι των δρώντων δεν είναι πλέον σταθεροί και προκαθορισμένοι. Οι μηχανικοί του ΟΤΕ, που σχεδιάζουν το δίκτυο αναζητούν τεχνολογικές λύσεις για να ικανοποιήσουν συγχρόνως τόσο τις τεχνικές απαιτήσεις των χρηστών όσο και τις εμπορικές απαιτήσεις για την ανταποδοτικότητα του συστήματος, συμβάλλοντας έτσι στο στρατηγικό σχεδιασμό του ΟΤΕ. Πολλοί έχουν ευρεία εκπαίδευση και επαγγελματικές ικανότητες στη διοίκηση και το μάρκετινγκ. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, η σύγκλιση επαγγελματικών δεξιοτήτων στο ίδιο πρόσωπο ήταν εμφανής στους συντελεστές του δικτύου OTElink. Ο επικεφαλής του τμήματος πωλήσεων ήταν μηχανικός με πολυετή θητεία στις ραδιοεπικοινωνίες. Οι διοικητικοί προϊστάμενοι (Γενικοί Δ/ντές Τεχνικών και Εμπορικών Θεμάτων) ήταν επίσης μηχανικοί. Οι τεχνικοί του δικτύου OTElink στον αερολιμένα προωθούσαν εμπορικά την υπηρεσία στις εταιρείες που χρησιμοποιούν υποδομές του αεροδρομίου. Το επιχειρησιακό πλάνο για λειτουργία του OTElink στο μετρό προωθήθηκε από μηχανικούς του μετρό, οι οποίοι με αυτόν τον τρόπο συμμετείχαν έμμεσα στο στρατηγικό σχεδιασμό του ΟΤΕ για την ανάπτυξη του δικτύου.

Λίγα χρόνια μετά από το Ολυμπία-Radio, το δίκτυο OTElink φαίνεται ότι υλοποιήθηκε σε έναν διαφορετικό κόσμο. Σε αυτόν, οι δρώντες εργάζονται σε ετερογενείς ομάδες που συμπεριλαμβάνουν στελέχη παρόχου και χρηστών, κάθε δρών εργάζεται ως "υβρίδιο" περισσότερων από μιας επαγγελματικών δεξιοτήτων και όλοι επικοινωνούν με ορολογία που θεωρεί τις τεχνολογίες ως μαύρα κουτιά. Η ιεραρχική δομή του ΟΤΕ επέτρεψε τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις, επιτρέποντας ανεπίσημα και επί μακρόν σε στελέχη της εταιρείας να δρουν ως συντονιστές έργου. Σε μία περίπτωση απέδωσε επίσημα την ιδιότητα του “TETRA Manager” (TM) σε ένα από αυτά τα στελέχη (συγκεκριμένα στον υπογράφοντα). Ο ρόλος του TM ήταν να συντονίζει αυτές τις ομάδες και να αναφέρεται απ’ ευθείας σε υψηλόβαθμο στέλεχος της ιεραρχίας (εδώ του Γενικού Διευθυντή). Σε γενικές γραμμές, κάτι τέτοιο προσφέρει την απαραίτητη κάλυψη για πρωτοβουλίες του Manager που υπερβαίνουν τις συνήθεις αρμοδιότητές στα πλαίσια της εταιρικής οργάνωσης, όπως απ’ ευθείας επικοινωνία με στελέχη άλλων υπηρεσιών που αποτελούν την ομάδα εργασίας ή

επαφές με φορείς εκτός εταιρείας. Σε αυτό το στάδιο όμως, όπως στις συγκυρίες που προέκυψαν κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του OTElink, ο ΤΜ εξακολουθούσε να μην έχει ούτε τη δυνατότητα να επιλέγει το ανθρώπινο δυναμικό της ομάδας ούτε κάποιο προϋπολογισμό που θα μπορούσε να διατεθεί για μικρά ή μεγαλύτερα έξοδα του έργου. Επίσημα, λειτουργούσε πάντα ως συντονιστής έργου με την κάλυψη της ιεραρχίας. Επεδίωκε να φέρει σε πέρας το έργο είτε αναπτύσσοντας μια αμοιβαία αλληλεπίδραση εμπιστοσύνης με άλλα στελέχη της εταιρείας, είτε χρησιμοποιώντας τη μεσολάβηση του υψηλόβαθμου στελέχους, στο οποίο αναφερόταν, για την εξασφάλιση της δραστηριοποίησης αυτών των στελεχών στο έργο. Αυτό το ιδιαίτερο μίγμα ιεραρχικής και μη αλληλεπίδρασης μεταξύ των δρώντων στο μεγάλο τεχνικό έργο OTElink, στη μορφή που παρουσιάστηκε στον ΟΤΕ στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, θα διερευνήσουμε παρακάτω.

6.3.1 Κατάσταση κατά την έναρξη του αεροδρομίου Ελ. Βενιζέλος

Ως σημείο χρονικής αφετηρίας της παρούσας μελέτης θέτουμε το καλοκαίρι του 2001. Τη χρονική εκείνη περίοδο, το δίκτυο TETRA του ΟΤΕ, με την επονομασία "OTElink", βρίσκεται στο αρχικό στάδιο υλοποίησής του, έχοντας ολοκληρώσει τον κύριο στόχο της δημιουργίας του – την εξυπηρέτηση του νέου Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών (ΔΑΑ) «Ελευθέριος Βενιζέλος», του οποίου η πρώτη μέρα επίσημης λειτουργίας ήταν η 27^{η} Μαρτίου 2001. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό τηλεπικοινωνιακό πρότυπο TETRA (Terrestrial Trunked Radio), οι παρεχόμενες υπηρεσίες ασύρματης επικοινωνίας περιλαμβάνουν όχι μόνον κινητή τηλεφωνία αλλά και ασύρματη επικοινωνία ομάδων χρηστών, όπως περιγράφησαν στο Κεφάλαιο 4.[404] Ο ΟΤΕ είχε προμηθευτεί το υλικό μετά από διεθνή διαγωνισμό, που είχε κατακυρωθεί στην «Ένωση Προμηθευτών» (όπου συμμετείχαν οι εταιρείες Intracom και Μοτορόλα Ελλάς[405]) στις αρχές του 2000. Ο κατασκευαστής του υλικού TETRA (σταθμοί βάσης, κέντρο μεταγωγής και τα πρώτα 1500 περίπου τερματικά) ήταν η Motorola.

[404] Μια περιγραφή τυπικών δικτυακών υποδομών και παρεχόμενων υπηρεσιών δικτύων TETRA μπορεί να αναζητηθεί στο: Χ. Βασιλόπουλος *et al*, *Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς,* Αθήνα: Κλειδάριθμος (2010).
[405] Στην πρώτη αυτή προμήθεια συμμετείχε και η Ράδιο-Καραγιάννης ΑΕΤΕ, η οποία όμως αργότερα αποχώρησε από την «Ένωση Προμηθευτών».

Σχήμα 8: *Ραδιοκάλυψη δικτύου OTElink τον Ιούνιο 2001. Διακρίνονται οκτώ εγκατεστημένοι σταθμοί βάσης TETRA. Άλλοι 4 είχαν εγκατασταθεί στους χώρους του ΔΑΑ «Ελ. Βενιζέλος». Τα στοιχεία αυτά αποτελούσαν σημείο αφετηρίας στις αρχικές συζητήσεις μεταξύ ΤΣΚΕ και ΟΕΟΑ (Οκτώβριος 2001), στην διερεύνηση της δυνατότητας εξυπηρέτησης της διοργάνωσης των Ολυμπιακών.*

Το δίκτυο παρείχε βασική ραδιοκάλυψη στην Αττική, όπως φαίνεται στο Σχ. 8. Αποτελείτο από 12 σταθμούς βάσης, έξη από τους οποίους παρείχαν ραδιοκάλυψη στο ΔΑΑ, δύο είχαν εγκατασταθεί σε κτίρια του ΟΤΕ στην Αθήνα, και από ένας σε Υμηττό, Πάρνηθα, Πέραμα, Τερψιθέα, Βάρη και Γεράνεια. Το Κέντρο Μεταγωγής του δικτύου είχε εγκατασταθεί στο κτίριο «ΝΥΜΑ» του ΟΤΕ στην οδό 3^{ης} Σεπτεμβρίου στην Αθήνα. Η τεχνολογία του δικτύου και των τερματικών είχε αναβαθμιστεί στα τέλη Ιουνίου 2001 στην έκδοση Motorola Dimetra 3.1.

Οι υπηρεσίες του ΟΤΕ αρμόδιες για τον σχεδιασμό, επέκταση, λειτουργία και εμπορική ανάπτυξη του δικτύου, την περίοδο έως την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων 2004, ήταν διασκορπισμένες σε 5 διαφορετικές Δ/νσεις των Τεχνικών και Εμπορικών Γενικών Δ/νσεων του Οργανισμού, όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα.

Τμήμα ΟΤΕ	Συντομογραφία	Δ/νση	Γεν. Δ/νση
Σχεδιασμού Κινητών Επικοινωνιών	ΤΣΚΕ	Σχεδιασμού & Ανάπτυξης	Τεχνικών Θεμάτων*
Συστημάτων Κινητών & Παράκτιων Επικοινωνιών	ΤΣΚ&Π	Τηλεπ. Επενδύσεων	
Συντήρησης & Διαχείρισης ΣΑΡ & TETRA	ΤΣ&Δ	Λειτουργίας Δικτύου	
Κιν. Δικτύων & Συστημάτων	ΤΚΔ&Σ	Τηλεπ. Περιφέρεια Αττικής	Περιφερειών*
Ανάπτυξης & πωλήσεων TETRA Από το 2003 καλείται: Εμπορικής Υποστήριξης TETRA	ΤΑ&Π	Εταιρικών Πελατών	Εμπορικών Θεμάτων **
Ανάπτυξης Ευρυζωνικών Υπηρεσιών (από 2002)	ΤΑΕΥ	Προϊόντων & Εφαρμογών	

*Οι δύο Γενικές Δ/νσεις συγχωνεύθηκαν σε μια το 2003.

**Μετά το 2003 ονομαζόταν Γεν. Δ/νση Εταιρικών & Οικιακών Πελατών.

Τα στελέχη των παραπάνω υπηρεσιών εργάζονταν σε διαφορετικές πτέρυγες και ορόφους του ίδιου κτιρίου (Διοικητικό Μέγαρο ΟΤΕ), με εξαίρεση το Τμήμα Κιν. Δικτύων & Συστημάτων (στο ΝΥΜΑ). Παρόλα αυτά, η επίσημη οδός επικοινωνίας στα πλαίσια της ιεραρχικής δομής του ΟΤΕ ήταν μέσω υπηρεσιακών εγγράφων. Παράλληλα με αυτή όμως, καθώς πλησίαζαν οι Αγώνες και τα προβλήματα γίνονταν συνθετότερα και περισσότερο επιτακτικά, κυριάρχησε μια οριζόντια επικοινωνία μεταξύ των παραπάνω στελεχών, η οποία θα διερευνηθεί στα παρακάτω υποκεφάλαια.

Το κυριότερο ζήτημα που διαρκώς επανερχόταν στη διάρκεια του 2001 ήταν ο προσδιορισμός των στόχων ανάπτυξης του δικτύου ΟΤΕ. Πέρα από την εξυπηρέτηση του ΔΑΑ (που από μόνη της αποτέλεσε ένα δύσκολο έργο), άρχισε να επικρατεί η

άποψη ότι η τεχνολογία TETRA θα μπορούσε να χρησιμεύσει στον εκσυγχρονισμό των επαγγελματικών επικοινωνιών στην Ελλάδα, όπου ως σήμερα κυριαρχούν αναλογικά συστήματα με περιορισμένες παρεχόμενες υπηρεσίες. Αυτό είχε διαφανεί και από το ενδιαφέρον του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς στα μέσα του 2001, ο οποίος υπήρξε ο πρώτος εταιρικός πελάτης μετά το ΔΑΑ και εξυπηρετείτο από το σταθμό βάσης TETRA Περάματος. Αυτό σήμαινε ότι έπρεπε να δημιουργηθεί το κατάλληλο πλαίσιο ανάπτυξης του δικτύου OTElink. Ο ΟΤΕ κινήθηκε στην κατεύθυνση της εμπορικής εκμετάλλευσης του δικτύου με σταδιακή ανάπτυξη σε επιλεγμένες περιοχές της Ελλάδας. Συγκεκριμένα:

- Τον Μάρτιο 2001 αποφασίστηκε η επέκταση κάλυψης του συστήματος OTElink στις πόλεις Θεσσαλονίκης και Πάτρας, καθώς και στις Εθνικές οδούς Αθήνας – Θεσσαλονίκης και Αθήνας – Πάτρας.

- Τον Μάιο 2001 αποφασίστηκε παροχή στοιχειώδους κάλυψης στη Βόρεια Κρήτη (Χανιά, Ρέθυμνο, Ηράκλειο, Αγ. Νικόλαος, Σητεία) και την πρωτεύουσα οδική αρτηρία που συνδέει αυτές τις πόλεις.

Η ανάπτυξη του δικτύου στις παραπάνω κατευθύνσεις προαπαιτούσε επίλυση βασικών κανονιστικών, τεχνικών και εμπορικών θεμάτων. Από κανονιστικής άποψης, έπρεπε να εξασφαλιστεί η ζώνη ραδιοφάσματος λειτουργίας και οι όροι χρήσης της από τον ΟΤΕ. Από τεχνικής άποψης έπρεπε να υπάρξει νέα προμήθεια υλικού, πάνω σε ένα καλά οργανωμένο σχέδιο δικτυακής επέκτασης. Τέλος, από εμπορική άποψη έπρεπε να βρεθούν εταιρικοί χρήστες, που θα διεύρυναν την πελατειακή βάση και τα έσοδα του δικτύου. Παράλληλα με τη διευθέτηση των παραπάνω ζητημάτων, μέσα στο 2001 ανέκυψαν και δύο μη αναμενόμενες επιπρόσθετες ευκαιρίες για ενδεχόμενη ανάπτυξη του δικτύου TETRA του ΟΤΕ:

- η ανάγκη της Ελληνικής Αστυνομίας να προμηθευτεί νέα εξελιγμένα ψηφιακά συστήματα τηλεπικοινωνιών, σύμφωνα με της προδιαγραφές της Συνθήκης Schengen για την ασφάλεια των Ευρωπαϊκών κρατών, και
- η δυνατότητα εξυπηρέτησης της κοινότητας των Ολυμπιακών αγώνων του 2004.

Οι δύο αυτές ευκαιρίες για εμπορική ανάπτυξη του δικτύου παρουσιάστηκαν ταυτόχρονα στην Ελλάδα, το 2^{ο} εξάμηνο του 2001, από συγκυρίες που δεν είχαν προβλεφθεί στον αρχικό προγραμματισμό του OTElink.

6.3.2 Κανονιστικό πλαίσιο υλοποίησης του δικτύου OTElink

Θα αναφερθούμε πρώτα στο κανονιστικό ζήτημα λειτουργίας του ασύρματου δικτύου TETRA. Οι όροι λειτουργίας ενός τηλεπικοινωνιακού παρόχου στην Ελλάδα, όπως ο ΟΤΕ, καθορίζονται από την ΕΕΤΤ. Μεταξύ άλλων, η ΕΕΤΤ από ιδρύσεώς της διαχειρίζεται το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων, που θεωρείται δημόσιος πόρος, απονέμοντας ή εκχωρώντας τμήμα του για τη λειτουργία των συστημάτων του παρόχου. Στην περίπτωση του TETRA έγινε κάτι ασυνήθιστο. Ένα χρόνο μετά τη λειτουργία του δικτύου OTElink, το οποίο παρείχε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες στον ΔΑΑ, η ΕΕΤΤ προκήρυξε σε διαγωνισμό το φάσμα που ο ΟΤΕ θεωρούσε ότι χρησιμοποιούσε σύννομα. (Αυτό, όπως θα δούμε παρακάτω, συνάγεται από την επίσημη υπηρεσιακή αλληλογραφία.) Δεδομένου του κύρους και της σημασίας του πελάτη ΔΑΑ, ο ΟΤΕ δεν μπορούσε να διακόψει τη λειτουργία του δικτύου του ή να έλθει σε αντιπαράθεση με την ΕΕΤΤ και το ΥΜΕ. Πρακτικά, οδηγήθηκε να συμμετάσχει στη διαγωνιστική διαδικασία, για να αποκτήσει το ραδιοφάσμα που ήδη χρησιμοποιούσε και από το οποίο ήταν δύσκολο να αποδεσμευθεί. Επί πλέον, το αντίτιμο που κατέβαλε (ύψους 3.000.000 ευρώ), το οποίο είχε ορισθεί ως ελάχιστο αντίτιμο για την απόκτηση της άδειας χρήσης ραδιοφάσματος, θεωρήθηκε αποτρεπτικό από άλλους παρόχους για τα μέτρα της Ελληνικής αγοράς, καθώς καμία άλλη εταιρεία, πλην του ΟΤΕ, δεν συμμετείχε στη διαδικασία.

Η βάση του κανονιστικού πλαισίου ανάπτυξης του δικτύου OTElink είχε τεθεί για πρώτη φορά με το ΠΔ 437/5-12-95 και την ΥΑ 92093/29-12-95 (σε συνέχεια του Νόμου 2264/1995), με τα οποία εκχωρήθηκε / απενεμήθηκε ζώνη 2 × 3 MHz στον ΟΤΕ, για παροχή υπηρεσιών TETRA. Η ζώνη όμως βρισκόταν στην περιοχή 450-470 MHz, η οποία τελικά δεν χρησιμοποιήθηκε στην Ευρώπη για δίκτυα TETRA. Οι κατασκευαστές συστημάτων προμήθευαν υλικό στις συχνότητες λειτουργίας, είτε 410-430 MHz για εμπορικά δίκτυα, είτε 380-400 MHz για δίκτυα ασφαλείας. Όταν

χρειάστηκε να σχεδιαστεί το δίκτυο για το ΔΑΑ, η απονεμημένη στον ΟΤΕ ζώνη δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί. Έτσι, με τις ΚΥΑ 1548/88/2-2-2000 και ΥΑ (ΥΜΕ) 4003/286/16-2-2002 ορίστηκε η ζώνη για τεχνολογία TETRA από τον ΟΤΕ η 413-414.5 MHz και η συζυγή της (423-424.5 MHz). Οι πρώτοι 12 σταθμοί βάσης του OTElink, που εγκαταστάθηκαν ως το καλοκαίρι του 2001, λειτουργούσαν στη νέα αυτή φασματική ζώνη.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί κανείς στην μεταστροφή της άποψης της Πολιτείας για την αλλαγή της εκχωρούμενης ζώνης ραδιοφάσματος, μέσα από την αλληλογραφία του ΟΤΕ με την ΕΕΤΤ και το ΥΜΕ, που μεσολάβησε από την πρώτη εκχώρηση φάσματος το 1995 έως τις 16 Φεβρουαρίου 2002. Αρχικά, εκεί θεωρείτο προφανής η νομιμότητα της χρήσης από τον ΟΤΕ της φασματιτικής ζώνης στην περιοχή 413-430 MHz για τη λειτουργία του δικτύου του. Αυτό προκύπτει από σειρά επιστολών του ΥΜΕ, ΥΠΑ και ΕΕΤΤ την περίοδο Μαΐου 1999 – Απριλίου 2001, στα οποία αναφερόταν είτε η πρόθεση είτε η σύμφωνη γνώμη για απόδοση φάσματος στον ΟΤΕ για χρήση TETRA.

Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η από 14-5-1999 επιστολή του ΥΜΕ-Τμ. Διαχ. Φάσματος Συχνοτήτων, όπου αναφέρεται ότι το ΥΜΕ «προτίθεται να εκχωρήσει στον ΟΤΕ τις ζώνες 413.0125- 413.8125 και 413.8125-414.0125 (και τις συζυγείς τους) για την ανάπτυξη του TETRA». Δεκαπέντε μήνες αργότερα, η ΥΠΑ (που υπάγεται στο ΥΜΕ) επιτείνει αυτή την άποψη, διαβιβάζοντας με την Δ5/Γ/3110/4785/7-8-2000 στο ΔΑΑ εσωτερικό της ενημερωτικό, όπου αναφέρει ότι «ο ΟΤΕ έχει εξασφαλίσει άδεια από την ΕΕΤΤ για πανελλαδική μη αποκλειστική χρήση του συστήματος TETRA και έχει κατοχυρώσει από το ΥΜΕ φάσμα 800 KHz για λήψη και 800 KHz για εκπομπή στη ζώνη 410-430 MHz για τη λειτουργία του συστήματος». Ακολούθησε η απόφαση του ΥΜΕ για τη λειτουργία του TETRA στο αεροδρόμιο, η οποία εκδόθηκε τον Ιανουάριο 2001.[406]

[406] Το δίκτυο αποτελούσε περιουσία του ΟΤΕ, ο οποίος το ανέπτυσσε, το αναβάθμιζε και το συντηρούσε. Ο ΔΑΑ παρείχε υπηρεσίες TETRA σε εταιρείες που δραστηριοποιούντο στον αερολιμένα (αεροπορικές, διακίνηση αποσκευών, ασφάλεια, καθαριότητα, κλπ). Ο ΔΑΑ απέδιδε προσυμφωνημένο αντίτιμο στον ΟΤΕ, έναντι της δυνατότητας να διαχειρίζεται τους λογαριασμούς των πελατών του.

Απόκλιση από τις παραπάνω θέσεις άρχισε να διαφαίνεται το φθινόπωρο του 2001, όταν αναγνωρίστηκε από τον ρυθμιστή η ανάγκη να εκδοθεί νέα άδεια χρήσης ραδιοφάσματος για τον ΟΤΕ, που θα κάλυπτε τις ποικίλες ανάγκες λειτουργίας του συνόλου των συστημάτων, για μετάδοση και πρόσβαση, και θα αντικαθιστούσε παλαιότερο Νόμο 2264/1995. Αυτός συμπεριελάμβανε ζεύξεις σημείου-προς-σημείο, ζεύξεις πολυσημειακές, δορυφορικές επικοινωνίες, κλπ. Με την 229/26/14-9-2001 (ΦΕΚ 1303/Β/01) απόφαση της ΕΕΤΤ [νέα άδεια του ΟΤΕ] προβλεπόταν ότι ο κάτοχος της αδείας [ΟΤΕ] θα προσκόμιζε στοιχεία ώστε να γίνει νέος προσδιορισμός συχνοτήτων. Πράγματι, η προσκόμιση των στοιχείων έγινε με την 522/97854/13-2-2002 επιστολή του ΟΤΕ, προς την ΕΕΤΤ. Εκεί δεν αναφέρεται το TETRA, καθώς θεωρήθηκε ότι προέκυπτε από τα προαναφερθέντα (και κυρίως από την ΚΥΑ 1548/88/2-2-2000) ότι *η λειτουργία στη ζώνη 410-4310 MHz, που έχει προσδιοριστεί για TETRA, είναι σύννομος*. Από την πλευρά της Πολιτείας, το ίδιο διαφαινόταν και από την ΥΑ (ΥΜΕ) 4003/286/16-2-2002, η οποία ακολούθησε μόλις 3 ημέρες μετά την επιστολή του ΟΤΕ, και που επιβεβαίωνε τη σύννομη χρήση της ζώνης 413-414.5 MHz (και της συζυγούς της). Με αυτή την ερμηνεία, ο ΟΤΕ θεώρησε ότι δεν προέκυπτε λόγος να ζητηθεί θεραπεία του νόμου του 1995 για την περίπτωση του TETRA, όπως είχε δικαίωμα να προτείνει ως τις 6 Μαρτίου 2002.

Παρόλα τα παραπάνω, η στάση της ΕΕΤΤ είχε αρχίσει να μεταστρέφεται.[407] Διεξάγει δημόσια διαβούλευση (την περίοδο 21 Σεπτεμβρίου έως 20 Οκτωβρίου 2001) για την «Εισαγωγή Δημόσιων Ψηφιακών Κινητών Υπηρεσιών στις ζώνες 410-430 MHz και 450-470 MHz», στην οποία προτείνει την έκδοση αδειών λειτουργίας για πανελλαδική ανάπτυξη υπηρεσιών TETRA. Προωθεί πρόταση με την 243/27/22.1.2002 προς το ΥΜΕ, από όπου τελικά εκδίδεται Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 193/20.2.2002) που:

> α) Προέβλεπε τη διαδικασία προκήρυξης δύο νέων αδειών TETRA (2 × 2 MHz έκαστη) στη ζώνη 410-430 MHz.

[407] Χρονικά, η περίοδος Οκτωβρίου 2001-Φεβρουαρίου 2002 συμπίπτει με την κινητικότητα στη διαγωνιστική διαδικασία για προμήθεια δικτύου ασφαλείας TETRA από το Υπουργείο Δημοσίας Τάξεως και Εθνικής Αμύνης, για τις ανάγκες της υπηρεσιών δημόσιας ασφάλειας (Αστυνομία, Πυροσβεστική, τελωνεία, κλπ). Ο ΟΤΕ συμμετείχε στην πρώτη φάση της διαδικασίας.

β) Ανέφερε ότι «τμήματα της ζώνης συχνοτήτων 410-430 MHz» (χωρίς ρητό προσδιορισμό συνολικού εύρους) έχουν χαρακτηρισθεί ως περιοχή συχνοτήτων για παροχή υπηρεσιών επίγειων συγκαναλικών επικοινωνιών [TETRA].

Τυπικά, η διάταξη αυτή δεν αναιρεί τη χρήση από τον ΟΤΕ της φασματικής ζώνης που χρησιμοποιεί στον ΔΑΑ, καθιστούσε όμως επιτακτικό τον καθορισμό των προϋποθέσεων της συμμετοχής του ΟΤΕ στην διαγωνιστική διαδικασία, για την απόκτηση της 2 x 2 MHz άδειας (η οποία είναι περιορισμένη σε σχέση με τη 2 × 3 MHz που προέβλεπε ο νόμος του 1995, αλλά ευρύτερη από αυτήν που χρησιμοποιείτο από το ως τότε εγκατεστημένο δίκτυο OTElink). Λίγους μήνες αργότερα, με την Απόφαση 253/85/21-5-2002, η ΕΕΤΤ προχωρεί στην «Έγκριση του Τεύχους Προκήρυξης της Δημοπρασίας για τη Χορήγηση Ειδικών Αδειών Δημόσιων Ψηφιακών Κινητών Υπηρεσιών "TETRA"», όπου αγνοεί τα δικαιώματα χρήσης της ζώνης του δικτύου του ΟΤΕ. Πρακτικά απαίτησε από τον Οργανισμό να συμμετάσχει στη διαγωνιστική διαδικασία, *υπό τους ίδιους όρους όπως άλλοι ενδιαφερόμενοι που δεν είχαν ως τότε αναπτύξει δίκτυα TETRA.*

Η διερεύνηση του νομικού μέρους της περίπλοκης αυτής υπόθεσης στον ΟΤΕ είχε ανεπίσημα ανατεθεί σε δύο στελέχη του, μια νομικό και έναν μηχανικό (τον γράφοντα και προϊστάμενο του ΤΣΚΕ). Μετά από ενδελεχή μελέτη της έως τότε αλληλογραφίας μεταξύ ΟΤΕ, ΥΜΕ, ΥΠΑ, ΕΕΤΤ και ΔΑΑ, εισηγήθηκαν στη διοίκηση του ΟΤΕ τον Απρίλιο 2002 (ένα μήνα πριν την προκήρυξη) συγκεκριμένες ενέργειες, πριν κάθε νομική διεκδίκηση. Συγκεκριμένα ανέφεραν:

- Εάν το πλαίσιο, που ενισχύει τη Δικαιολογημένη Εμπιστοσύνη Διοικουμένου, είναι (παρόλα τα εξετασθέντα στοιχεία από την επίσημη αλληλογραφία) νομικά ανεπαρκές, τότε πρέπει να τονισθεί το αντίθετο με έγγραφα από το ΥΜΕ ή την ΕΕΤΤ (που θα προκληθούν από τον ΟΤΕ) για την ομαλή συνέχιση της λειτουργίας του αεροδρομίου και για την απρόσκοπτη διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων.

- Να αποσαφηνισθεί στο ΦΕΚ 1303/Β/01 [νέα άδεια του ΟΤΕ] με έγγραφη αίτηση θεραπείας του νόμου από τον ΟΤΕ ότι ο προσδιορισμός των συχνοτήτων TETRA θα γίνει στη ζώνη 410-430 MHz.

Παρόλα αυτά, ο (κρατικός τότε) Οργανισμός άφησε την προθεσμία υποβολής σχολίων για τη διαγωνιστική διαδικασία απονομής του νέου φάσματος από την ΕΕΤΤ να περάσει ανεκμετάλλευτη. Έλαβε μέρος στη διαδικασία και κατέβαλε 3 εκατομμύρια ευρώ για την απόκτηση της νέας 2 × 2 MHz άδειας λειτουργίας, που περιλάμβανε το φάσμα που ως τότε χρησιμοποιούσε. Το χρηματικό αυτό αντίτιμο ήταν το ελάχιστο δυνατό, όπως προέβλεπε η προκήρυξη του διαγωνισμού. Ταυτόχρονα, το ύψος του θεωρήθηκε αποτρεπτικό για κάθε άλλο ενδιαφερόμενο για αντίστοιχη άδεια και, έως σήμερα, η δεύτερη άδεια TETRA παραμένει αδιάθετη.

Συνολικά πάντως, η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην Ελλάδα για αδειοδότηση ήταν διαφορετική από την Ευρωπαϊκή πρακτική. Εκεί δεν χορηγείται ειδική άδεια φασματικής ζώνης σε τηλεπικοινωνιακό πάροχο, αδειοδοτείται η χρήση συγκεκριμένου φάσματος ανά συγκεκριμένη θέση και ανά ιδιοκτήτη του δικτύου (πχ, μιλάμε για το «TETRA του αεροδρομίου Φρανκφούρτης», το «TETRA του μετρό της Βαρκελώνης», κλπ). Η ιδιαιτερότητα αυτή υποβοήθησε τελικά στη δημιουργία ενός δικτύου TETRA στην Ελλάδα πολύ πιο εκτεταμένου και μοναδικού στην Ευρώπη.

6.3.3 Ασάφεια στο πλαίσιο ανάπτυξης του δικτύου

Στις αρχές του 2ου εξάμηνου 2001, η ανάπτυξη του δικτύου OTElink είχε όλα τα χαρακτηριστικά μιας προσπάθειας που θα μπορούσε να έχει σταματήσει εκεί. Όπως έδειχνε η προαναφερθείσα αντιμετώπιση από την πολιτεία στον ρυθμιστικό τομέα, ραδιοφάσμα απενέμετο στον ΟΤΕ, το διάστημα 2000-2001, στο βαθμό που ήταν αναγκαίο και ικανό να εξυπηρετήσει το νέο αεροδρόμιο Αθηνών. Το δίκτυο φαινόταν ότι είχε υλοποιηθεί για τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες του ΔΑΑ, το οποίο και εξυπηρετούσε επιτυχώς. Η αναγκαία αναβάθμιση του δικτύου και των τερματικών, που προβλεπόταν από την αρχική Σύμβαση του 2000 για την προμήθεια του υλικού, είχε μόλις ολοκληρωθεί. Κάποιες τεχνικές ελλείψεις για να γίνει η οριστική

παραλαβή του συστήματος παρέμεναν, αλλά υπήρχε η διαβεβαίωση του Αναδόχου του έργου (της Ένωσης Προμηθευτών) ότι θα επιλυθούν. Εμπορικά, το OTElink παρείχε από τον Ιούλιο 2001 ασύρματες υπηρεσίες πρόσβασης στον Οργανισμό Λιμένα Πειραιά (ΟΛΠ) και θα μπορούσε ενδεχομένως να εξυπηρετήσει και άλλους επιλεγμένους χρήστες, δίχως μεγάλες πρόσθετες επενδύσεις στην Αττική και με κατά περίπτωση τιμολόγηση των παρεχόμενων υπηρεσιών στους πελάτες (όπως συνέβαινε με το ΔΑΑ και τον ΟΛΠ). Από πλευράς στελεχών, ο προηγούμενος προϊστάμενος του ΤΣΚΕ, υπεύθυνος για τον σχεδιασμό του δικτύου TETRA και ένθερμος οπαδός της περαιτέρω πανελλαδικής εξάπλωσής του, είχε μόλις αποχωρήσει (Ιούνιος 2001) από την υπηρεσιακή αυτή θέση για να αποδεχθεί άλλη, στην Armentel.[408] Το ΤΣΚΕ απέμεινε με δύο μόνο στελέχη – έναν μηχανικό (τον υπογράφοντα) και έναν τεχνικό. Οι αποφάσεις του ΔΣ για επέκταση του δικτύου το 1ο εξάμηνο 2001, που είχαν εκδοθεί μετά από εισήγηση και πριν τη μετάθεσή του, δεν είχαν συνοδευτεί έως τότε με την έναρξη διαδικασίας κάποιας προμήθειας του αναγκαίου υλικού. Η εξυπηρέτηση των Ολυμπιακών Αγώνων ή η συμμετοχή στην ανάπτυξη δικτύου ασφαλείας της Ελληνικής Αστυνομίας δεν είχαν προκύψει ως ενδεχόμενα. Συνοπτικά, το δίκτυο OTElink θα μπορούσε ενδεχομένως να είχε παραμείνει στο μέγεθος και στον αριθμό πελατών που κατείχε τον Ιούνιο του 2001, ως ένα μεμονωμένο ειδικό ασύρματο δίκτυο, σε έναν ΟΤΕ που κατά κανόνα χρησιμοποιούσε ενσύρματες (και όχι ασύρματες) τεχνολογίες πρόσβασης.

Αυτή είναι η κατάσταση του δικτύου στα τέλη Ιουνίου 2001. Ό,τι αναπτύχθηκε έως τους Ολυμπιακούς Αγώνες σχεδιάστηκε, προωθήθηκε και υλοποιήθηκε με πρωτοβουλία στελεχών που πίστευαν στις τεχνικές και εμπορικές δυνατότητες του δικτύου TETRA, με συνεχείς παρεμβάσεις (προτάσεις) προς τη διοίκηση, που συνήθως αντιμετώπιζε το εγχείρημα με μεγάλο σκεπτικισμό αλλά, κατά καιρούς, προωθούσε το έργο. Σε ένα τέτοιο κλίμα, το δίκτυο OTElink αναπτύχθηκε τεχνικά και εμπορικά, με αποκορύφωμα την άψογη λειτουργία του κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων 2004.

Η περιγραφή της ασάφειας κατά Watts (δες §6.1) βρίσκει πλήρη εφαρμογή στο έργο της ανάπτυξης του OTElink. Τα θέματα προς επίλυση τίθεντο *ad hoc*, αλλάζοντας τα

[408] Ο ΟΤΕ κατείχε, την εποχή εκείνη, το 97% του μετοχικού κεφαλαίου του κύριου τηλεπικοινωνιακού παρόχου της Αρμενίας, της Armentel.

δεδομένα της τεχνικής και εμπορικής εξάπλωσης του δικτύου. Η δραστηριότητα τεχνικών υπηρεσιών ήταν σε άμεση συσχέτιση με τη δραστηριότητα των εμπορικών υπηρεσιών, καθώς τεχνικά προβλήματα καθόριζαν εμπορικές και τιμολογιακές πολιτικές, ενώ εμπορικές ευκαιρίες προσάρμοζαν τεχνικές λύσεις. Η ιεραρχία παρενέβαινε στο έργο σε συγκεκριμένες κρίσιμες συγκυρίες, που κυρίως αφορούσαν επενδύσεις και εταιρικές συμφωνίες. Και αυτές όμως οι επενδύσεις είχαν προετοιμαστεί σε σημαντικό βαθμό από τη συλλογική δράση κατώτερων στελεχών του ΟΤΕ (κυρίως Τμηματαρχών), με ποικίλες επαφές με προμηθευτές, με χρήστες του δικτύου, με υποψήφιους εταιρικούς πελάτες, με την Οργανωτική Επιτροπή Ολυμπιακών Αγώνων (ΟΕΟΑ), με καθηγητές του Πολυτεχνείου, κλπ. Το χρονικό ενός σημαντικού μέρους της σύνθετης αυτής προσπάθειας παρατίθεται παρακάτω.

6.3.4 Δικτυακή ανάπτυξη την περίοδο Ιουλίου 2001 – Ιουλίου 2004

Κεντρικό σημείο της εδώ αναφοράς στην ανάπτυξη του OTElink αποτελεί η περιγραφή της δραστηριότητας των επιτελικών Υπηρεσιών του ΟΤΕ και η υποστήριξή τους από τις υπόλοιπες εμπλεκόμενες υπηρεσίες. Επιγραμματικά, κατά την περίοδο των τριών ετών που διερευνάται, το δίκτυο των αρχικών 12 σταθμών βάσης και των 1500 περίπου χρηστών επεκτάθηκε, ώστε οι κόμβοι του δικτύου εξαπλασιάστηκαν και οι επιχειρησιακοί χρήστες τριπλασιάσθηκαν. Την περίοδο δε των Ολυμπιακών και Παρολυμπιακών Αγώνων, στο Β' εξάμηνο 2004, το δίκτυο έφθασε να εξυπηρετεί 16000 χρήστες.

Η δραστηριότητα του ΤΣΚΕ, με τον σχεδιασμό νέων σταθμών βάσης, και του ΤΣΚ&Π με την εγκατάσταση και λειτουργία τους, φαίνεται στο Σχήμα 10. Ο σχεδιασμός ενός σταθμού βάσης απαιτούσε προμελέτη ραδιοκάλυψης με κατάλληλο λογισμικό, διερεύνηση δυνατότητας υποδομών (κτιριακές εγκαταστάσεις, υπαίθριες υποδομές, παρουσία ηλεκτρικής παροχής, θέση για κεραιοσυστήματα επί υφιστάμενων ιστών ή πρόβλεψη για εγκατάσταση νέων ιστών, δυνατότητα διασύνδεσης σταθμών βάσης με το Κέντρο Μεταγωγής, κλπ). Συστηματικά επιλέγονταν σημεία που δεν απαιτούσαν πρόσκτηση νέας θέσης σε ιδιωτικό χώρο με μίσθωμα, για απλοποίηση των διαδικασιών εγκατάστασης και για περιορισμό των

λειτουργικών εξόδων του δικτύου OTElink. Τέτοια σημεία ήταν υφιστάμενες θέσεις παρουσίας ΟΤΕ (κτίρια ή υπαίθριες εγκαταστάσεις), καθώς και Ολυμπιακοί Χώροι. Μετά από επιτόπια επισκόπηση του χώρου, τα δύο μέλη του ΤΣΚΕ προωθούσαν το αίτημα με την προμελέτη εγκατάστασης του σταθμού στο ΤΣΚ&Π, το οποίο είχε την αρμοδιότητα της οριστικής μελέτης εγκατάστασης, της κατάρτισης πίνακα των απαραίτητων υλικών και της συνεννόησης με τον Ανάδοχο Οίκο, για την εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία του συστήματος «με το κλειδί στο χέρι». Το πολύπλοκο αυτό στάδιο υλοποίησης του δικτύου απαιτούσε από τα στελέχη του ΟΤΕ επιπλέον μεταβάσεις, για επί τόπου επισκόπηση χώρων, επιστασία εργασιών του Αναδόχου, αντιμετώπιση τυχόν τεχνικών προβλημάτων και προσωρινή παραλαβή του έργου, μετά από μια περίοδο καλής λειτουργίας (πχ, ενός μήνα). Από το Σχ. 10 διακρίνεται ότι ένας εξαιρετικά ταχύς μέσος ρυθμός εγκατάστασης σταθμών βάσης TETRA (περίπου ένας σταθμός ανά 10 περίπου ημέρες) επιτεύχθηκε και διατηρήθηκε επί δύο συνεχή έτη από τα 3 στελέχη του ΤΣΚ&Π.

Σχήμα 10: *Ο αριθμός των σταθμών βάσης TETRA που σχεδιάστηκαν / εγκαταστάθηκαν το αντίστοιχο εξάμηνο κατά την περίοδο που προηγήθηκε των Ολυμπιακών Αγώνων, για επαγγελματικές επικοινωνίες συνδρομητών του δικτύου OTElink. Σημαντικός αριθμός των εγκατεστημένων σταθμών στις 5 Ολυμπιακές πόλεις εξυπηρέτησαν και την Ολυμπιακή Κοινότητα έως το τέλος του 2004.*

Ένα δεύτερο σημείο που διαφαίνεται από το Σχ. 10 είναι η διαρκής προσπάθεια σχεδιασμού νέων θέσεων από το ΤΣΚΕ, που συστηματικά υπερέβαινε το ρυθμό προμήθειας υλικού. Ενδεικτικά, τον Ιούνιο 2002 είχαν σχεδιαστεί 23 σταθμοί βάσης, ενώ υπήρχε υλικό μόνο για 15. Ακριβώς ένα χρόνο αργότερα, οι προγραμματισμένοι σταθμοί ανέρχονταν σε 64, ενώ το διαθέσιμο υλικό επαρκούσε για μόλις 48. Δίνονταν έτσι στη διοίκηση του ΟΤΕ η δυνατότητα να συνυπολογίζει κόστος και οφέλη επί συγκεκριμένου, ρεαλιστικού σχεδίου ανάπτυξης.

Το χρονικό σημείο, που επέλεγε η διοίκηση του ΟΤΕ για τη σύναψη Συμβάσεων Προμήθειας νέου υλικού TETRA με την Ένωση Προμηθευτών, δεν καθοριζόταν από τον χρόνο υποβολής των αντίστοιχων εισηγήσεων του ΤΣΚΕ. Παρόλα αυτά, η δραστηριότητα του ΤΣΚΕ, με τον συνεχή σχεδιασμό και προγραμματισμό της επέκτασης του δικτύου, προετοίμαζε μια τέτοια εξέλιξη με δύο τουλάχιστον τρόπους. Πρώτον, κινούμενη πάντα στα πλαίσια προηγούμενων αποφάσεων του ΔΣ-ΟΤΕ, αναδείκνυε την εφικτότητα επέκτασης του δικτύου. Προσανατόλιζε τις σχεδιαστικές προτεραιότητες στην εξυπηρέτηση μεγάλων πελατών, υποδεικνύοντας τις δυνατότητες του δικτύου να εξυπηρετήσει οργανισμούς όπως τα σώματα ασφαλείας (μετέχοντας στη διαγωνιστική διαδικασία), η Ολυμπιακή κοινότητα (με επαφές με ΟΕΟΑ), ή επιχειρησιακοί πελάτες που προέκυπταν από την παράλληλη δραστηριότητα του τμήματος πωλήσεων του ΟΤΕ (όπως τους ΟΛΠ, Αττικό μετρό, ΗΣΑΠ, ΕΘΕΛ, ΔΕΦΑ, κλπ). Δεύτερον, πέρα από την υπόδειξη της εφικτότητας του έργου, *συμμετείχε και στην διαμόρφωση της θετικής άποψης* επιχειρησιακών πελατών για τις δυνατότητες του TETRA και για την ένταξή τους στο δίκτυο OTElink. Συνοπτικά δηλαδή, *οι επιτελικές Υπηρεσίες του ΟΤΕ δημιουργούσαν εν δυνάμει την αγορά, στην οποία ο ΟΤΕ κατόπιν επέκτεινε το δίκτυό του.*

Αυτή η διαδικασία ανάπτυξης του OTElink ήταν πολύ πιο σύνθετη από εκείνην που παρουσιάστηκε σε προηγούμενες παραγράφους για το Olympia Radio. Διέφερε σε δύο τουλάχιστον κατευθύνσεις. Αφ' ενός, δεν υπήρχε καμία υποχρέωση συμμόρφωσης του ΟΤΕ σε διεθνείς συνθήκες ή κανονισμούς για την δημιουργία του OTElink. Εδώ, η ανάγκη δικτυακής επέκτασης προέκυπτε από το ενδιαφέρον δυνητικών συνδρομητών του δικτύου. Αφ' εταίρου, ο τρόπος υλοποίησης στηριζόταν

σε πρωτοβουλίες κατώτερων ιεραρχικά στελεχών (που συμπεριελάμβαναν τους προϊσταμένους του ΤΣΚΕ και του ΤΑ&Π), τα οποία, με την άδεια και την ανοχή της διοίκησης, είχαν μια οριζόντια (δικτυακή) μεταξύ τους συνεργασία και μια απ' ευθείας επαφή με φορείς εξωτερικούς της ιεραρχίας – χρήστες και προμηθευτές.

Τα χαρακτηριστικά αυτά της δικτυακής ανάπτυξης διακρίνονται, όταν συσχετισθεί ο χρόνος σύναψης προμήθειας υλικού από τον ΟΤΕ, με την πορείας τριών καθοριστικών ζητημάτων: i) του διαγωνισμού για το δίκτυο ασφαλείας από το Υπουργείο Δημόσιας Τάξης (και αργότερα από το Υπουργείο Αμύνης), ii) των συνεννοήσεων για το δίκτυο εξυπηρέτησης της Ολυμπιακής Κοινότητας και iii) την από κηση άδειας χρήσης φάσματο ς από την ΕΕΤΤ. Οι εν λό φο συμβάσεις προμήθειας, κατά το διάστημα που προηγήθηκε των Αγώνων, ήταν τρεις:

- Τον Ιανουάριο 2000 (με μια μικρή επέκταση της τάξεως του 5% τον Ιούνιο 2001) αφορούσε την αρχική επένδυση 15 σταθμών βάσης και ενός κέντρου μεταγωγής και ελέγχου.
- Τον Ιούνιο 2002 με 33 σταθμούς βάσης και αναβάθμιση και εμπλουτισμό του κέντρου μεταγωγής, που τώρα αποτελείτο από δύο «ζώνες».
- Τον Ιούνιο 2003 με 40 σταθμούς βάσης.

Η ανάγκη ανάπτυξης δικτύου, που να εξασφαλίζει ασφάλεια επικοινωνιών τις παραμονές των Ολυμπιακών Αγώνων, ήταν προφανής. Πολύ παραστατικά την περιγράφει ο Υπουργός Αμύνης κατά τη διάρκεια των Αγώνων, όταν κατέθετε το 2010 στην εξεταστική επιτροπή της Βουλής για το σκάνδαλο Siemens:

> *«Όπως ξέρετε, κύριε Πρόεδρε, το TETRA λειτούργησε. Και μάλιστα, το είχαμε και εμείς και όλοι οι Υπουργοί και ο Πρωθυπουργός. Και μάλιστα, κάναμε και την εξής δοκιμή η οποία απέδειξε το εξής. Αν δεν «απαντούσε» ένα TETRA – δήθεν ότι χάθηκε – αμέσως από το κεντρικό έκλειναν το διακόπτη και όποιος κι αν είχε αυτό το TETRA δεν άνοιγε, δεν μπορούσε να παρέμβει. Αυτό, βέβαια, για τις δυνάμεις εδώ, για την Αστυνομία, ήταν πρωτοφανές. Θυμάστε, παλιά είχαμε το MOTOROLA το οποίο όμως είχαν και οι δημοσιογράφοι στο γραφείο τους και ό,τι κι αν γινόταν, δεν χρειαζόταν να πάει ο δημοσιογράφος στον τόπο*

του ατυχήματος, γιατί το άκουγε από το MOTOROLA, από το παλιό αναλογικό σύστημα.»[409]

Το δίκτυο θα προσέφερε ψηφιακές συγκαναλικές επικοινωνίες στα σώματα ασφαλείας, στην περιοχή της Αττικής και του Αργοσαρωνικού. Ο διαγωνισμός δεν καθόριζε την τεχνολογία – αυτή θα μπορούσε, εκτός από TETRA, να ήταν και η τότε ανταγωνιστική TETRAPOL, η οποία προωθείτο από κατασκευαστές Γαλλικών συμφερόντων. Το ΤΣΚΕ ξεκίνησε να σχεδιάζει το δίκτυο αυτό με μελέτες ραδιοκάλυψης και τηλεπικοινωνιακής κίνησης, στοχεύοντας στην διαστασιοποίηση του δικτύου και στον καθορισμό θέσεων εγκατάστασης σταθμών βάσης TETRA, με τρόπο που να πληρούνται οι προδιαγραφές του διαγωνισμού και να μεγιστοποιείται η χρήση υφιστάμενων υποδομών του ΟΤΕ. Το δίκτυο ασφαλείας θα ήταν ξεχωριστό από το OTElink, δεδομένου ότι θα λειτουργούσε στη ζώνη ραδιοσυχνοτήτων 380-400 MHz.[410] Παρά τη διαφορά συχνότητας λειτουργίας με το OTElink (χρησιμοποιούσε τη ζώνη 410-430 MHz), ο ΟΤΕ θα είχε σημαντικότατα οφέλη οικονομίας κλίμακας από την συνεγκατάσταση των δύο δικτύων σε υποδομές του (ίδιοι χώροι στέγασης, παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, ιστοί, κεραιοσυστήματα, κλπ).

Για να υποστηριχθεί το έργο των δύο στελεχών του ΤΣΚΕ κατά το Β' εξάμηνο 2001, ο ΟΤΕ υπέγραψε Σύμβαση τον Σεπτέμβριο 2001 με το ΕΠΙΣΕΥ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, μέσω της οποίας στελέχη του εργαστηρίου του καθηγητή Φίλιππου Κωνσταντίνου συμμετείχαν στο σχεδιασμό του δικτύου.[411] Επίσης, υπέγραψε μια δεύτερη Σύμβαση με την εταιρεία συμβούλων Τηλετεχνική ΕΠΕ, για υποστήριξη σε θέματα λογισμικού ραδιοκάλυψης ασύρματων δικτύων. Συνολικά, το έργο εκείνη την εποχή περιλάμβανε:

- Καθορισμό παραμέτρων διάδοσης του ραδιοσήματος στην ζώνη λειτουργίας του TETRA. Για το σκοπό αυτό έγιναν εκτεταμένες μετρήσεις ραδιοκάλυψης από υφιστάμενους σταθμούς βάσης του δικτύου, για να καθορισθεί η

[409] Σπήλιος Σπηλιωτόπουλος, από τα Πρακτικά της Εξεταστικής των Πραγμάτων Επιτροπής Βουλής για την υπόθεση Siemens (πρόεδρος Ιωσήφ Βαλυράκης), Σεπτέμβριος 2010.
[410] Ζώνη που πριν χρησιμοποιούσε το ΝΑΤΟ, αλλά που πλέον χρησιμοποιείτο για τις επικοινωνίες ασφαλείας των ευρωπαϊκών χωρών που είχαν υπογράψει τη συνθήκη Schengen.
[411] Όπως και στις μετρήσεις επικινδυνότητας ακτινοβολίας για το Olympia Radio, ο ΟΤΕ χρησιμοποιούσε τακτικά εξειδικευμένο προσωπικό από το ΕΜΠ, με τρόπο που αναλύεται διεξοδικά στο Xenikos (2003).

ηλεκτρομαγνητική διάδοση από κεραιοσυστήματα τοποθετημένα σε ιστούς σε πολυώροφα κτίρια (πχ, ΝΥΜΑ) και σε τηλεπικοινωνιακά κέντρα ΟΤΕ (συνήθως τριώροφα κτίσματα) ή η διάδοση πάνω από θάλασσα.

- Συγκεκριμενοποίηση θέσεων σταθμών βάσης σε σημεία παρουσίας του ΟΤΕ ή σε κτίρια που προσφέρονταν για το σκοπό αυτό με άδεια του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης.[412] Στόχος ήταν η πλήρης ραδιοκάλυψη Αττικής και Αργοσαρωνικού με στάθμες σήματος ικανές για τις επικοινωνίες φορητών τερματικών ή τερματικών σε οχήματα.

- Μελέτη τηλεπικοινωνιακής κίνησης από το ΤΣΚΕ, για διάφορα σενάρια χρήσης υπηρεσιών TETRA, για κλήσεις ομαδικές, ατομικές, επείγουσες, κλπ. Από αυτό καθορίστηκε το πλήθος των πομποδεκτών, με τους οποίους έπρεπε να είναι εφοδιασμένοι οι σταθμοί βάσης του δικτύου, για να ικανοποιούνται οι ανάγκες που περιέγραφε η προκήρυξη του διαγωνισμού.

Σε όλες σχεδόν τις μετρήσεις στο πεδίο και τις μεταβάσεις για επισκόπηση νέων θέσεων συμμετείχαν από πλευράς ΟΤΕ όλα τα στελέχη των τεχνικών υπηρεσιών αρμόδιων για σχεδιασμό, εγκατάσταση και συντήρηση δικτύου (ήτοι, των ΤΣΚΕ, ΤΣΚ&Π και ΤΣ&Δ). Η μελέτη ολοκληρώθηκε έγκαιρα και υποβλήθηκε με τη συνολική τεχνικο-οικονομική προσφορά του ΟΤΕ στο Υπουργείο Δημόσιας Τάξης στις 11 Οκτωβρίου 2001. Προέβλεπε 100 σταθμούς βάσης TETRA κατασκευαστή Motorola (ίδιο προμηθευτή με το OTElink), εγκατεστημένους σε 80 συνολικά θέσεις. Κάθε σταθμός βάσης θα ήταν εξοπλισμένος με 4-7 πομποδέκτες. Η εγκατάσταση θα γινόταν από την Intracom «με το κλειδί-στο-χέρι». Στην προσφορά περιλαμβανόταν η ένδειξη ότι εάν, με την εγκατάσταση του σχεδιασμένου δικτύου παρατηρούντο αποκλίσεις από τις προδιαγραφές, αυτές θα καλύπτονταν με εγκατάσταση επιπρόσθετων σταθμών βάσης ή επαύξηση δυνατοτήτων εξυπηρέτησης τηλεπικοινωνιακής κίνησης. Η προσφορά του ΟΤΕ-Intracom-Motorola κρίθηκε από την τεχνική επιτροπή αξιολόγησης του Υπουργείου ως η πληρέστερη. Οι άλλες εταιρείες που υπέβαλαν προσφορά στον διαγωνισμό ήταν οι Siemens Hellas (με υλικό τεχνολογίας TETRAPOL), η Infoquest (με συστήματα TETRA της εταιρείας

[412] Επί τόπου επισκόπηση μεγάλου αριθμού υποψήφιων θέσεων του ΟΤΕ και κτιρίων της Αστυνομίας από στελέχη του ΟΤΕ και της Intracom έλαβαν χώρα στις αρχές Σεπτεμβρίου 2001.

Marconi) και μια αμερικανική εταιρεία με συστήματα μη τυποποιημένης τεχνολογίας, την οποία καλούσε παραπλανητικά “TETRA2”. Για μη τεχνικούς λόγους, ο πρώτος αυτός διαγωνισμός κρίθηκε άγονος. Έτσι δεν δόθηκε η ευκαιρία για άμεση ανάπτυξη του δικτύου OTElink, η οποία θα διευκολύνονταν από οικονομία κλίμακας με την ανάπτυξη ενός δικτύου επικοινωνιών ασφαλείας ίδιας τεχνολογίας, εγκατεστημένης στους ίδιους χώρους ιδιοκτησίας ΟΤΕ.

Η επόμενη ευκαιρία για ανάπτυξη του OTElink, στην οποία επένδυσε πολύ χρόνο και μεγάλη προσπάθεια το ΤΣΚΕ, προέκυψε εξ αιτίας των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας. Ο ΟΤΕ ήταν Μεγάλος Χορηγός και θα παρείχε τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες στη διοργάνωση. Μεταξύ αυτών απαιτούνταν και υπηρεσίες συγκαναλικών επικοινωνιών, οι οποίες στους Ολυμπιακούς Αγώνες στο Sidney είχαν παρασχεθεί από συνδυασμό αναλογικού συστήματος και δικτύου TETRA, ενώ στους Χειμερινούς Ολυμπιακούς του Salt Lake City είχαν προγραμματισθεί να παρέχονται αποκλειστικά από αναλογικά δίκτυα. Η τεχνολογία TETRA δεν ήταν επομένως αδιάφορη για την Διεθνή Ολυμπιακή Επιτροπή (International Olympic Committee – IOC). Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η δυνατότητα εξυπηρέτησης του συνόλου των υπηρεσιακών επικοινωνιών της Ολυμπιακής Κοινότητας, μέσω του δικτύου TETRA, τέθηκε με έμφαση υπόψη στελεχών του IOC από τον προϊστάμενο του ΤΣΚΕ τον Οκτώβριο 2001, σε συνάντηση που συμμετείχαν στελέχη της ΟΕΟΑ και της Samsung (επίσης Μεγάλου Χορηγού των Αγώνων). Εκεί, η Samsung πρότεινε τη δυνατότητα χρήσης ενός μη τυποποιημένου συστήματος δικής της κατασκευής στους Ολυμπιακούς Χώρους, το οποίο μετά τους αγώνες θα αποξηλώνετο. Αντίθετα, ένα δίκτυο από τον ΟΤΕ θα παρέμενε εγκατεστημένο και μετά τους Αγώνες, για εξυπηρέτηση και άλλων επιχειρησιακών πελατών. Ενδεχομένως να αντιστοιχούσε σε μικρότερο κόστος για την IOC, δεδομένου ότι ο ΟΤΕ είχε ήδη αναπτύξει το δίκτυο στο ΔΑΑ (που εθεωρείτο ένας από τους σημαντικότερους μη-αθλητικούς Ολυμπιακούς Χώρους) και είχε πάρει αποφάσεις από την άνοιξη του 2001 (δες παραπάνω) για την περαιτέρω ανάπτυξή του. Το IOC επιφυλάχθηκε να δώσει οριστική απάντηση, και έδωσε κατευθύνσεις στον ΟΕΟΑ να διερευνήσει το ενδεχόμενο της ανάπτυξης του OTElink στους Ολυμπιακούς χώρους. Η πρώτη συνάντηση στελεχών του ΟΕΟΑ και του στελεχών του ΟΤΕ (όπου συμμετείχε η Δ/νση Ολυμπιακών Αγώνων & Ειδικών Εκδηλώσεων και το ΤΣΚΕ) για το ζήτημα αυτό έγινε την 17η Οκτωβρίου 2001 και σηματοδότησε μια μακρά συνεργασία, με

αντικείμενο τις υπηρεσίες TETRA. Στη δεδομένη πάντως χρονική στιγμή, ο ΟΤΕ δεν επιτάχυνε την προμήθεια νέου υλικού TETRA, πέραν αυτού που ήδη είχε εγκατασταθεί για το ΔΑΑ.

Τα στελέχη στα τεχνικά τμήματα του ΟΤΕ (ήτοι, τα ΤΣΚΕ, ΤΣΚ&Π, ΤΣ&Δ), εκτίμησαν ως εξαιρετικά σημαντική ευκαιρία την συνεργασία με την ΟΕΟΑ, ιδιαίτερα με μηχανικούς που γνώριζαν τις τεχνολογικές δυνατότητες του TETRA από την εμπειρία των Ολυμπιακών Αγώνων στο Sidney της Αυστραλίας.[413] Η επικοινωνία με τον ΟΕΟΑ ήταν άριστη, ενώ η πρόθεση γενικότερης συνεργασίας με τον ΟΤΕ υποδεικνύεται από την κοινή πολυμελή επίσκεψη στελεχών στους Χειμερινούς Ολυμπιακούς Αγώνες του Salt lake City στις 11-23 Φεβρουαρίου 2002. Στα πλαίσια της διαφαινόμενης αυτής συνεργασίας στο δίκτυο OTElink, το ΤΣΚΕ ξεκίνησε ένα εντατικό πρόγραμμα για σχεδιασμό και προγραμματισμό εγκατάστασης σταθμών βάσης που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν την Ολυμπιακή Κοινότητα, ενώ ταυτόχρονα εξακολουθούσαν να είναι στο πλαίσιο των ειλημμένων αποφάσεων του ΔΣ ΟΤΕ.[414] Παράλληλα, όπως αναφέρεται στα πρακτικά των συναντήσεων του χειμώνα 2001-2, ο ΟΕΟΑ παρακινείτο να μεσολαβήσει στο Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, για να επιταχυνθεί η επίλυση του προβλήματος απόδοσης ραδιοφάσματος στον ΟΤΕ, το οποίο είχε προκύψει με τις ενέργειες της ΕΕΤΤ.

Τον Ιούνιο 2002, η ΕΕΤΤ αποδίδει ραδιοφάσμα για την πανελλαδική ανάπτυξη του OTElink, όπως περιγράφηκε λεπτομερώς στην §6.3.2. Το υψηλό οικονομικό αντίτιμο για τον ΟΤΕ διπλασίαζε σχεδόν την έως τότε επένδυσή του στο δίκτυο. Οι όροι χρήσης του φάσματος ήταν παρόμοιοι με εκείνους που περιέγραφαν οι έως τότε αποφάσεις του ΔΣ ΟΤΕ (ήτοι, ανάπτυξη δικτύου σε εθνικό οδικό δίκτυο). Παράλληλα, το ΤΣΚΕ είχε επιδείξει ότι η ανάπτυξη του OTElink σε αυτήν την κατεύθυνση δεν ήταν ασύμβατη με την εξυπηρέτηση των αναγκών της Ολυμπιακής Κοινότητας στην Αθήνα και τις υπόλοιπες τέσσερις Ολυμπιακές Πόλεις (Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο και Βόλο). Επίσης, η πύκνωση των σταθμών βάσης στην Αττική, που κρινόταν επιτακτική από το τμήμα πωλήσεων του TETRA (ήτοι, το ΤΑ&Π) για αύξηση εμπορικής ανάπτυξης του OTElink στην Αττική, δεν ήταν

[413] Στελέχωναν τη Δ/νση Τηλεπικοινωνιών και του Τομέα Ραδιοσυστημάτων του ΟΕΟΑ.
[414] Σημαντική ένδειξη της εξ αρχής πολύ καλής συνεργασίας των μηχανικών ΟΤΕ και ΟΕΟΑ αποτελεί η επιτυχία διοργάνωσης του πρώτου αγωνιστικού “test event” στον Άγιο Κοσμά Αττικής, τον Ιούλιο του 2002.

ασύμβατη με την δικτυακή ανάπτυξη που προέβλεπε ο σχεδιασμός του δικτύου ασφαλείας του Υπουργείου Δημοσίας Τάξεως. Υπό τις συγκυρίες αυτές (αδειοδότηση φάσματος, ενδεχόμενο κατακύρωσης διαγωνισμού για δίκτυο ασφαλείας και ενδεχόμενο παροχής υπηρεσιών TETRA στους Αγώνες), ο ΟΤΕ αποφασίζει[415] και προχωρεί στην υπογραφή Σύμβασης για προμήθεια νέου υλικού, πρακτικά ταυτόχρονα με την απόκτηση της άδειας χρήσης ραδιοφάσματος.

Η κατεύθυνση στην οποία κινήθηκε έκτοτε το ΤΣΚΕ για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη των δικτυακών υποδομών συμπεριλάμβανε:

- Πύκνωση δικτύου OTElink στην Αττική
- Ραδιοκάλυψη σημαντικών τμημάτων κύριου εθνικού οδικού δικτύου. Ιδιαίτερη έμφαση δινόταν σε κάθε Ολυμπιακή πόλη, ώστε να καλύπτονται ταυτόχρονα κεντρικοί περιφερειακοί εθνικοί οδικοί άξονες, αλλά και το οδικό δίκτυο της πόλης.

Στο Σχ. 10 φαίνεται η έντονη δραστηριότητα σχεδιασμού του δικτύου, που προηγείτο σημαντικά της υλοποίησής του. Σύντομα φάνηκε ότι οι 33 σταθμοί βάσης που προέβλεπε η προμήθεια με τη Σύμβαση του 2002 δεν θα επαρκούσαν για την ραδιοκάλυψη όλου του κύριου εθνικού οδικού δικτύου και την εξυπηρέτηση των Ολυμπιακών Αγώνων. Το ΤΣΚΕ είχε κάνει αυτή την πρόβλεψη και είχε εισηγηθεί, ήδη από τον Ιούνιο 2002, την πρόσθετη προμήθεια 40 σταθμών βάσης. Μετά από απόφαση του ΔΣ-ΟΤΕ στα μέσα Ιουνίου, ο Γενικός Δ/ντής Τεχνικών Θεμάτων διεξάγει διαπραγματεύσεις με την Ένωση Προμηθευτών για την εν λόγω προμήθεια νέου υλικού TETRA. Παρόλα αυτά, η διαδικασία προμήθειας θα καθυστερήσει δώδεκα ακόμη μήνες. Το πρόβλημα προήλθε από μεταβολή δεδομένων στο θέμα της συμμετοχής του ΟΤΕ στο δίκτυο ασφαλείας, αλλά και στο ζήτημα των Ολυμπιακών Αγώνων.

Από τις αρχές του 2^{ου} εξαμήνου 2002 και μετά, τα γεγονότα που αφορούν το δίκτυο ασφαλείας εξελίσσονται ως εξής: Μετά από μία επανάληψη της διαγωνιστικής διαδικασίας για το δίκτυο του Υπουργείου Δημόσια Τάξης (με τους ίδιους

[415] Η σχετική απόφαση ΔΣ-ΟΤΕ πάρθηκε στα μέσα Μαΐου 2002.

διαγωνιζόμενους που συμμετείχαν και κατά την πρώτη του φάση του Οκτωβρίου 2001), ο διαγωνισμός έχει κηρυχθεί οριστικά άγονος και περνά στη δικαιοδοσία του Υπουργείου Εθνικής Αμύνης.[416] Το δίκτυο συγκαναλικών επικοινωνιών (όπου συγκαταλέγονται τεχνολογίες όπως το TETRA και το TETRAPOL) περιλαμβάνεται σε μια δέσμη έργων με την επονομασία C4I. Στην πρόσκληση ενδιαφέροντος απαντούν 3 consortia που απαρτίζονται από ξένες και Ελληνικές εταιρείες.[417] Το consortium υπό την αμερικανική κατασκευαστική εταιρεία SAIC ορίζεται τελικά ανάδοχος του έργου C4I από το ΚΥΣΕΑ, στις 13 Μαρτίου 2003. Αναφορικά με το δίκτυο επικοινωνιών ασφαλείας συμμετέχουν οι εταιρείες Siemens και Nokia με υλικό τεχνολογίας TETRA. Αντίθετα, η εταιρεία Motorola, προμηθευτής του δικτύου OTElink αλλά και του δικτύου που είχε προτείνει ο ΟΤΕ στον αρχικό διαγωνισμό, βρίσκεται στο consortium που χάνει τον διαγωνισμό. Αυτό έχει επιπτώσεις στην πορεία ανάπτυξης του OTElink, δεδομένου ότι: Πρώτον, αρχίζουν εσωτερικές επαφές μεταξύ Siemens – Nokia – Motorola, οι οποίες τελικά θα οδηγήσουν στην μη εμπλοκή της Nokia από την ανάπτυξη των δικτυακών υποδομών TETRA. Συγκεκριμένα, το δίκτυο ανέλαβε να υλοποιήσει η Siemens με υλικό TETRA του κατασκευαστή Motorola, ενώ η Nokia περιορίστηκε στην προμήθεια των τερματικών συσκευών TETRA στα σώματα Ασφαλείας. Δεύτερον, μέχρι την οριστική διευθέτηση του θέματος αυτού, δεν είχε αποκλεισθεί το ενδεχόμενο να εξυπηρετηθεί τελικά η Ολυμπιακή κοινότητα (τουλάχιστον στο θέμα της προμήθειας τερματικών συσκευών) από τους αναδόχους του δικτύου TETRA του C4I. Παρά την διαφαινόμενη εμπλοκή, η επικοινωνία μεταξύ ΟΤΕ και ΟΕΟΑ για το ζήτημα υποστήριξης από το OTElink δεν ατόνησε και οι επαφές τηλεπικοινωνιακών μηχανικών των δύο Οργανισμών συνεχίστηκαν αδιατάρακτες.

Το ζήτημα ξεκαθάρισε μέσα στο 2ο τρίμηνο του 2003.[418] Ένα σχεδόν χρόνο πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων, το δίκτυο Ασφαλείας ήταν ακόμη ανύπαρκτο. Τον Ιούνιο 2003 ξεκίνησαν συνομιλίες εκπροσώπων της Siemens και της SAIC με τον ΟΤΕ για την εκπόνηση του έργου, το οποίο θα υλοποιείτο στο μεγαλύτερό του βαθμό

[416] Απόφαση της Διυπουργικής Επιτροπής Συντονισμού Ολυμπιακής Προετοιμασίας (ΔΕΣΟΠ) της 16-7-2002. Δες, κατάθεση στρατηγού Βασίλειου Κωνσταντινίδη στην Εξεταστική των Πραγμάτων Επιτροπής της Βουλής για τη Siemens (πρόεδρος Ι. Βαλυράκης), Μάρτιος 2010.
[417] Τα consortia (οι κοινοπραξίες εταιρειών) ήταν η SAIC, TRS και TITAN. Πριν τον ορισμό του αναδόχου του έργου C4I είχε αποχωρήσει η TITAN.
[418] Η ημερομηνία ενεργοποίησης της Σύμβασης του Ελληνικού Δημοσίου με την SAIC ήταν η 28-5-2003.

σε χώρους του ΟΤΕ. Προκειμένου να τηρηθούν οι προθεσμίες ενός θέματος μεγάλης εθνικής σημασίας (Ολυμπιακοί Αγώνες), ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ παρέδωσε μετά από εντολή της διοίκησης στην Motorola Ελλάς το σύνολο των στοιχείων του τεχνικού σχεδιασμού του δικτύου, με τα οποία είχε συμμετάσχει ο ΟΤΕ στον διαγωνισμό του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης, συνοδευμένα από χάρτες ραδιοκάλυψης, πληροφορίες για τα προς εγκατάσταση συστήματα TETRA και για τις υποδομές του ΟΤΕ στις αντίστοιχες θέσεις εγκατάστασης.[419] Παράλληλα, είχε πλέον ξεκαθαριστεί ότι η Ολυμπιακή κοινότητα δεν θα εξυπηρετείτο αποκλειστικά από το C4I.[420] Αναγνωρίζοντας τη σημασία των συγκυριών, ο ΟΤΕ προχωρεί (πρακτικά ταυτόχρονα) στην προμήθεια του υλικού TETRA για το δίκτυό του OTElink, για την οποία οι διεργασίες είχαν ξεκινήσει ένα χρόνο πριν.[421]

Παρά την μακρά περίοδο που απαιτήθηκε για την οριστική ανάθεση του έργου C4I και του καθορισμού του ρόλου των συμμετεχόντων εταιρικών σχημάτων, η επικοινωνία μεταξύ ΟΤΕ και ΟΕΟΑ δεν είχε ποτέ στην πράξη διακοπεί στο επίπεδο των τηλεπικοινωνιακών μηχανικών. Συγκεκριμένα, με προσωπική πρωτοβουλία στελεχών των δύο Οργανισμών, συνεχίζονταν χωρίς διακοπή από το 2001 με ανταλλαγή πληροφορίας για την θέση και την πρόοδο κατασκευής των Ολυμπιακών Χώρων, επισκέψεις σε ανεγειρόμενες εγκαταστάσεις, εκπόνηση σεναρίων τηλεπικοινωνιακού φόρτου, υποστήριξη test events, κλπ. Από το φθινόπωρο μάλιστα του 2002 είχε μάλιστα προστεθεί στο προσωπικό της Δ/νσης Τηλεπικοινωνιών του ΟΕΟΑ, που με τα προηγούμενα στελέχη συμμετείχε ουσιαστικότατα στην προσπάθεια. Έτσι, στα τέλη του 1ου εξαμήνου 2003, ο σχεδιασμός του δικτύου, ο

---

[419] Το γεγονός αναφέρεται σε εσωτερική αλληλογραφία του ΟΤΕ, όπου εκτιμήθηκε ότι η συνολική απασχόληση στελεχών του Οργανισμού και συνεργατών για την εκπόνηση της μελέτης ανήλθε σε 15 ανθρωπομήνες, ώστε να κοστολογηθεί η εργασία αυτή αρμοδίως.

[420] Θα προμηθεύονταν τερματικό εξοπλισμό TETRA μέσω της Siemens (SAIC), ο οποίος όμως θα εντασσόταν και θα λειτουργούσε στο δίκτυο OTElink του ΟΤΕ.

[421] Στον ημερήσιο τύπο εμφανίστηκαν επικριτικά άρθρα, αναφορικά με την εν λόγω προμήθεια. Δες για παράδειγμα δύο άρθρα της Αριστέας Μπουγάτσου στην εφημερίδα Κυριακάτικη Καθημερινή στις 30 Μαρτίου 2003. Χρησιμοποιώντας επιστολή από εσωτερική αλληλογραφία του ΟΤΕ που διέρρευσε (και που αποδίδει ευθύνη στην Ένωση Προμηθευτών για ορισμένες δυσλειτουργίες του TETRA στον ΔΑΑ), υπερβάλλει στον τίτλο του άρθρου («Το TETRA επιβάλλει σιγή ασυρμάτου στο Ελευθέριος Βενιζέλος») και αναφέρει με σκωπτική διάθεση:

> *«Η αρχική σύμβαση ύψους 1,1 δισ. δρχ.,[Σ.Σ. η αρχική σύμβαση 2000] έπειτα από τέσσερις πρόσθετες συμβάσεις που επακολούθησαν, επταπλασίασε το ύψος των συνολικών αναθέσεων! Η τελευταία μάλιστα ανάθεση βαπτίσθηκε και ολυμπιακή αναγκαιότητα, μήπως και το τυφλό TETRA σύστημα ανταποκριθεί επιτέλους και στις ανάγκες που θα προκύψουν κατά την περίοδο των Ολυμπιακών Αγώνων.»*

Φυσικά, οι ανησυχίες της κας Μπουγάτσου διεψεύσθησαν πλήρως, με την απόλυτα επιτυχή εξυπηρέτηση των Ολυμπιακών από το TETRA του ΟΤΕ.

οποίος θα μπορούσε να υποστηρίξει την Ολυμπιακή κοινότητα, είχε ολοκληρωθεί σε ποσοστό τουλάχιστον 80%. Τα test events του Αυγούστου 2003 υποστηρίχθηκαν από το OTElink με επιτυχία. Το χρονικό διάστημα του ενός έτους που υπολειπόταν ως τους Ολυμπιακούς χρειάστηκε να σχεδιαστούν ορισμένοι μόνο πρόσθετοι σταθμοί βάσης, οι οποίοι αφορούσαν κάλυψη κτιριακών εγκαταστάσεων που ολοκληρώθηκαν πολύ κοντά στην έναρξη των Αγώνων (συγκεκριμένα, τα κτίρια MPC και ΣΕΛΕΤΕ και τα στάδια Παγκρήτιο, Πανθεσσαλικό, Πενπελοποννησιακό, Καυτατζόγλειο, Ανοιχτό Κολυμβητήριο του ΟΑΚΑ).

Στο ίδιο διάστημα, το ΤΣΚΕ ολοκλήρωσε προμελέτες για το σχεδιασμό του κύριου άξονα Θεσσαλονίκης – Αθήνας – Πάτρας – Ολυμπίας, όπως προέβλεπε η κατευθυντήρια απόφαση του ΔΣ ΟΤΕ (του 2001), για την ανάπτυξη του OTElink. Παράλληλα, έμφαση τους τελευταίους αυτούς 12 μήνες δόθηκε στην έγκαιρη εγκατάσταση / παραλαβή των προγραμματισμένων σταθμών βάσης του OTElink (κυρίως αυτών που θα χρησιμοποιούντο στους Αγώνες), σε εκτεταμένες μετρήσεις ποιότητας δικτύου για να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη λειτουργία του,[422] σε ενίσχυση ραδιοκάλυψης μέσω αναμεταδοτών σε μεμονωμένους αλλά σημαντικούς εσωτερικούς Ολυμπιακούς χώρους με ελλιπή στάθμη σήματος,[423] και στην τεχνική συνδρομή για την ανάπτυξη του δικτύου C4I από την Siemens και την Motorola Ισραήλ.[424]

Σε μια κίνηση αναγνώρισης της αποτελεσματικότητας της οριζόντιας επικοινωνίας μεταξύ στελεχών εντός και εκτός του Οργανισμού στην ανάπτυξη του OTElink, ο ΟΤΕ όρισε τον Ιανουάριο 2004 Managers Ολυμπιακών Χώρων, καθώς και Managers

[422] Για την υποστήριξη των στελεχών του στο έργο των μετρήσεων, ο ΟΤΕ σύναψε νέα Σύμβαση με το ΕΠΙΣΕΥ του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (καθηγητές Φίλιππος Κωνσταντίνου και Ευστάθιος Συκάς) τον Δεκέμβριο 2003.

[423] Την προμήθεια και εγκατάσταση του μικρού αριθμού αναμεταδοτών που χρειάστηκαν για ενίσχυση της ραδιοκάλυψη του OTElink σε εσωτερικούς χώρους ανέλαβε η Siemens. (Τις μετρήσεις ραδιοκάλυψης είχε επιμεληθεί το ΤΣΚΕ του ΟΤΕ με στελέχη του ΟΕΟΑ την άνοιξη του 2003, με τη συνδρομή μηχανικών του ΕΜΠ.) Το έργο της εγκατάστασης αναμεταδοτών στους χώρους που υπέδειξε το ΤΣΚΕ εκπονήθηκε και ολοκληρώθηκε έγκαιρα, τις ημέρες που προηγήθηκαν των Αγώνων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο αναμεταδότης, που εξυπηρετούσε υπόγειους χώρους στο στάδιο τένις του συγκροτήματος ΟΑΚΑ, εγκαταστάθηκε και λειτούργησε πλήρως πέντε (5) μόλις λεπτά πριν την τελετή έναρξης.

[424] Η εγκατάσταση και θέση σε λειτουργία του δικτύου TETRA του C4I υπήρξε ένα εξαιρετικά σύνθετο έργο που ολοκληρώθηκε σε σύντομο σχετικά χρονικά διάστημα. Η τεχνική βοήθεια των στελεχών του ΟΤΕ από τα στελέχη του ΤΣΚΕ, ΤΣΚ&Π, ΤΑ&Δ στα στάδια του σχεδιασμού, των μελετών εγκατάστασης και της υλοποίησης του έργου αυτού (δεδομένης της εμπειρίας που είχε αποκτηθεί από το ήδη σχεδόν ολοκληρωμένο δίκτυο OTElink) υπήρξε πολύτιμη. Σε προσωπικό δε επίπεδο, όταν χρειάστηκε, ήταν ειλικρινής και αμέριστη.

τηλεπικοινωνιακών δικτύων.[425] Ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ ορίστηκε «TETRA Manager για τους Ολυμπιακούς Αγώνες». *Παρότι δεν καθορίστηκε ομάδα έργου υπό τον TETRA Manager*, αυτός αναφερόταν απ' ευθείας στον Γενικό Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων και Περιφερειών, και έτσι μπορούσε να παρεμβαίνει σε προβλήματα που εμφανίζονταν με διαρκώς εντονότερο επείγοντα χαρακτήρα (καθώς πλησίαζε η έναρξη των Ολυμπιακών) και που απαιτούσαν άμεση συνεργασία στελεχών από διάφορες τεχνικές υπηρεσίες. Η δραστηριότητα του TETRA Manager παρέμεινε συντονιστική, καθώς η σχετικά χαμηλή υπηρεσιακή του θέση ως Τμηματάρχη απέκλειε εκδήλωση ιεραρχικών συσχετισμών προϊσταμένου-υφισταμένου, αλλά στηριζόταν σε πρωτοβουλίες που βασίζονταν στη συνολική του γνώση για το δίκτυο και στην εξεύρεση τεχνικών λύσεων, κυρίως μέσω διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων και συλλογικών αποφάσεων.[426] Το εγχείρημα αποδείχθηκε ιδιαίτερα επιτυχές για τα θέματα που προέκυψαν κατά την προετοιμασία των Αγώνων. Όπως θα φανεί στην §6.4 (ΜΕΛΕΤΗ ΙΙΙ), η διοίκηση του ΟΤΕ επέλεξε, όχι απλώς να διατηρήσει τον TETRA Manager και κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών και Παρολυμπιακών Αγώνων, αλλά και να τον ισχυροποιεί σταδιακά.

Η έναρξη των Αγώνων τον Αύγουστο 2004 βρήκε το δίκτυο OTElink σε πλήρη ανάπτυξη για υποστήριξη της διοργάνωσης. Ταυτόχρονα, το δίκτυο είχε σχεδιαστεί σύμφωνα με τις υποδείξεις του ΔΣ ΟΤΕ και τις δεσμεύσεις που προέκυπταν από την άδεια χρήσης ραδιοφάσματος από την ΕΕΤΤ. Τέλος, όπως θα δούμε παρακάτω, ήταν σε μεγάλο βαθμό συμβατό με τις διαρκώς εμφανιζόμενες ανάγκες υποστήριξης εταιρικών πελατών του ΟΤΕ.

---

[425] Πρακτικά, ο ορισμός των "Venue Managers" και των "Non-venue Managers" υπήρξε απαίτηση της ΟΕΟΑ για να απλοποιηθεί η επικοινωνία της Ολυμπιακής κοινότητας με τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο στους χώρους διοργάνωσης των Αγώνων. Στην περίπτωση του δικτύου OTElink, ο ΟΤΕ απλά όρισε "TETRA (non-venue) Manager" το στέλεχός του που είχε την μεγαλύτερη εμπλοκή στη σχεδίαση του δικτύου, στις συνομιλίες με τον εθνικό ρυθμιστή, κλπ (ήτοι, τον υπογράφοντα και προϊστάμενο του ΤΣΚΕ).

[426] Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο TETRA Manager ήταν «*υπεύθυνος* για την λειτουργία του δικτύου TETRA εντός και εκτός Ολυμπιακών Χώρων», σύμφωνα με την απόφαση της Δ/νσης Υποστήριξης Ολυμπιακών Αγώνων και ειδικών Εκδηλώσεων, που καθόριζε το έργο του και που θα αναφερθεί λεπτομερέστερα στη ΜΕΛΕΤΗ ΙΙΙ.

6.3.5 Εμπορική ανάπτυξη OTElink (περίοδος Ιούλιος 2001 - Ιούλιος 2004)

Πέρα από την εξυπηρέτηση εθνικών πολιτικών, ο ΟΤΕ δεν έπαψε ποτέ να είναι Οργανισμός που αποσκοπεί στην αύξηση του οικονομικού κέρδους. Σε ένα περιβάλλον αναδυόμενου ανταγωνισμού στην τηλεπικοινωνιακή αγορά, στις αρχές της δεκαετίας του 2000, το δίκτυο OTElink όφειλε να αποτελέσει επενδυτική επιτυχία, παρέχοντας υπηρεσίες ψηφιακού συγκαναλικού δικτύου, που ήταν πρωτόγνωρες στην Ελλάδα, κατά τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξής του. Η εμπορική ανάπτυξη απαίτησε διορατικότητα και ιδιαίτερη προσπάθεια από τα αρμόδια στελέχη της Δ/νσης Επιχειρησιακών Πελατών, ιδιαίτερα δε από τον Προϊστάμενο του ΤΑ&Π, Βασίλη Βαγενά.[427] Παράλληλα, απαίτησε συνεχή επικοινωνία και συνεργασία με τις τεχνικές υπηρεσίες σχεδιασμού, υλοποίησης και λειτουργίας του δικτύου. Στοιχεία από την περίοδο Ιουλίου 2001 – Ιουλίου 2004, κατά την οποία οι χρήστες του δικτύου τριπλασιάστηκαν, αναφέρονται παρακάτω.

Ως σημείο αφετηρίας, θεωρούμε και εδώ το τέλος του 1ου εξαμήνου 2001, με την ολοκληρωμένη εμπορική συμφωνία μεταξύ ΟΤΕ και ΔΑΑ, που εξασφάλισε τους πρώτους 1500 περίπου χρήστες του δικτύου OTElink. Αυτό βέβαια δεν σήμαινε ότι υπήρχε μια ξεκαθαρισμένη εμπορική πολιτική για πανελλαδική ή τοπική του ανάπτυξη. Τον Ιούλιο 2001, το μόνο δεδομένο πέραν του συμβολαίου με τον ΔΑΑ ήταν η απόφαση του ΔΣ-ΟΤΕ (δες παραπάνω) για ανάπτυξη του δικτύου στο κύριο εθνικό οδικό δίκτυο. Αυτό υποδείκνυε έμμεσα ότι σημαντική αγορά-στόχος του OTElink αναμενόταν να αποτελείται από εταιρείες που θα ενδιαφέρονται για έλεγχο στόλου οχημάτων (“Automatic Vehicle Location” – AVL). Η κατεύθυνση αυτή όμως εμπορικής επέκτασης αντιμετώπιζε ένα σοβαρό πρόβλημα: Ο έλεγχος οχημάτων απαιτούσε ανάπτυξη ειδικής εφαρμογής (λογισμικού-υλισμικού), η οποία θα χρησιμοποιούσε τη ραδιοεπαφή του OTElink. Σε σύγκριση με την τότε αναδυόμενη αγορά εφαρμογών δεδομένων GSM/GPRS, αντίστοιχες εφαρμογές AVL στην τεχνολογία TETRA ήταν σχετικά άγνωστες στην αγορά και αντιμετωπίζονταν με σκεπτικισμό από όσες υποψήφιες εταιρείες δεν είχαν μεγάλο μέγεθος και απαιτήσεις, όπως ο ΔΑΑ ή ο ΟΛΠ. Προσφέροντας μόνο συνδρομή για τη ραδιοεπαφή, ο ΟΤΕ εξανάγκαζε τον ενδιαφερόμενο πελάτη να αναζητά μόνος του προμηθευτή αξιόπιστης

[427] Είναι το ίδιο στέλεχος του ΟΤΕ που, όπως έχει προαναφερθεί στην §6.2, είχε διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση του Olympia Radio, λίγα χρόνια πριν.

εφαρμογής για έλεγχο οχημάτων, υλοποιημένης σε ένα πολύ ειδικό δίκτυο σαν το TETRA. Αυτό ήταν σημαντικό εμπόδιο εμπορικής ανάπτυξης που, παρεμπιπτόντως, μόνο μερικώς έχει αντιμετωπισθεί ως σήμερα.[428]

Η δυσκολία αυτή γρήγορα διαπιστώθηκε από την αρμόδια εμπορική υπηρεσία ΤΑ&Π. Αντίθετα, μια περισσότερο υποσχόμενη κατεύθυνση για εμπορική ανάπτυξη είχε δύο κύρια χαρακτηριστικά:

- Θα βασιζόταν σχεδόν αποκλειστικά σε υπηρεσίες φωνής (τουλάχιστον σε πρώτη φάση μέχρι την ωρίμανση των εφαρμογών δεδομένων στην Ελληνική αγορά). Το TETRA παρείχε πολύ εξειδικευμένες υπηρεσίες φωνής που μπορούσαν να προσαρμοστούν σε μεγάλο εύρος απαιτήσεων για ομαδικές κλήσεις, κλήσεις ανάγκης, ασφαλείς επικοινωνίες, κλπ.

- Θα στόχευε σε μεγάλους οργανισμούς και εταιρικά σχήματα (χωρίς φυσικά να παραμελούνται μικρότερες εταιρείες). Εκεί μπορούσε να απορροφηθεί το μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης (αφού το τερματικό TETRA ήταν ακριβό για τα δεδομένα της εποχής), ενώ παράλληλα υπήρχαν σημαντικές ανάγκες υπηρεσιών φωνής που δεν μπορούσαν να ικανοποιηθούν από δίκτυα GSM.

Από πλευράς σχεδιασμού των δικτυακών υποδομών, αυτό σήμαινε ότι έπρεπε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην ανάπτυξη πυκνού δικτύου σε μεγάλα αστικά κέντρα (όπου υπήρχε παρουσία μεγάλων εταιρειών), παρά στην ραδιοκάλυψη του κύριου εθνικού άξονα. Δεδομένης της διαρκούς αναβολής νέας προμήθειας υλικού προς εγκατάσταση από τον ΟΤΕ, η προσπάθεια εξεύρεσης μεγάλων πελατών ταυτιζόταν με την εξασφάλιση ραδιοκάλυψης του OTElink στους χώρους δραστηριοποίησης των πελατών αυτών, χρησιμοποιώντας τα κατά καιρούς διαθέσιμα τεχνικά μέσα. Αυτό οδήγησε στην πολύ στενή επικοινωνία μεταξύ των δύο επιτελικών υπηρεσιών του ΟΤΕ, για εμπορική και δικτυακή ανάπτυξη (ΤΑ&Π και ΤΣΚΕ, αντίστοιχα). Οδήγησε επίσης σε επιμέρους συμφωνίες με τους πελάτες (όπως με το Αττικό μετρό), οι οποίοι προμηθεύονταν όχι μόνον τον απαραίτητο τερματικό εξοπλισμό και τις εφαρμογές για την εταιρεία τους, αλλά και στοιχεία ραδιοδικτύου όπως σταθμούς βάσης ή

[428] Το θέμα του καθορισμού και τιμολόγησης προϊόντων δεδομένων TETRA εισάγεται στο Συμβούλιο Ανάπτυξης Προϊόντων του ΟΤΕ το 4ο τρίμηνο του 2010.

αναμεταδότες TETRA για επέκταση της ραδιοκάλυψης του OTElink στους χώρους που δραστηριοποιούντο.

Το ζήτημα της εμπορικής ανάπτυξης του OTElink χαρακτηριζόταν, επομένως, από σημαντική ασάφεια. Οι γενικές κατευθύνσεις ανάπτυξης ήταν αμφιλεγόμενες. Η δικτυακή επέκταση υποδομών TETRA που θα την υποστήριζε δεν ήταν δεδομένη, αλλά εξαρτάτο από οριζόντια αλληλεπίδραση μεταξύ κατώτερων ιεραρχικά υπηρεσιών (κυρίως Τμημάτων) και από πρωτοβουλίες της ανώτερης διοίκησης για προμήθεια υλικού, οι οποίες όμως υπαγορεύονταν από άλλες συνθήκες και συγκυρίες (δες παραπάνω). Η αγορά TETRA στην Ελλάδα ήταν ανώριμη από πολλές πλευρές: Δεν υπήρχε πληροφόρηση σε πελάτες για τις δυνατότητες του δικτύου (πολύ περισσότερο δεν υπήρξε ποτέ διαφήμιση από τον ΟΤΕ, ούτε μετά από την επιτυχή διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων που είχαν παγκόσμια προβολή).[429] Δεν υπήρχαν πολλοί προμηθευτές στην Ελλάδα να προσφέρουν εφαρμογές δεδομένων TETRA. Ο κύριος όγκος εταιρειών στην Ελλάδα είναι μικρομεσαίου μεγέθους και επομένως μπορούσαν να επενδύσουν σε τεχνολογίες TETRA μόνο υπό προϋποθέσεις, διαφοροποιημένες κατά περίπτωση. Μέσα στον ίδιο τον ΟΤΕ κυριαρχούσε σύγχυση για τις αρμοδιότητες και ευθύνες υπηρεσιακών μονάδων που θα επιμελούντο:

- Την παραγγελία, διακίνηση και προγραμματισμό τερματικών.
- Τους λογαριασμούς πελατών και την τιμολόγηση υπηρεσιών.
- Την εκτέλεση μεγάλων έργων, όπως Αττικό Μετρό και ΗΣΑΠ.

Παράλληλα, κυριαρχούσε αδιαφορία από Υπηρεσίες ΟΤΕ για ενδεχόμενες συνέργειες με τον πάροχο των κινητών επικοινωνιών του ομίλου (Cosmote). Τέλος, σε μεγάλα έργα, όπως η εγκατάσταση τηλεματικής μέσω συστήματος TETRA στον ΟΑΣΑ ή το ΕΚΑΒ, δεν εκφράστηκε άμεση υποστήριξη από τη διοίκηση του ΟΤΕ.

[429] Χαρακτηριστική της διαχρονικής επιλογής του ΟΤΕ να αποφεύγει την λεπτομερή ενημέρωση των αγορών για το OTElink είναι η αναφορά του στο New York Stock Exchange (NYSE), αμέσως μετά την τεράστια επιτυχία των Ολυμπιακών. Στην πολυσέλιδη αναφορά, η παροχή υπηρεσίας TETRA αναγράφεται επιγραμματικά (όπως, πχ, και η παροχή καρτοτηλεφωνίας), παρότι ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ είχε ενημερώσει τους συντάκτες για το ρόλο του OTElink στη λειτουργία των υπηρεσιών στους Ολυμπιακούς Χώρους.

Σε αυτό το κλίμα, οι εμπορικές υπηρεσίες, με την συνδρομή των τεχνικών υπηρεσιών, κατάφεραν μέσα σε τρία χρόνια 2001-4 να τριπλασιάσουν τους χρήστες του δικτύου. Πραγματοποίησαν πλήθος παρουσιάσεων. Επιλεκτικά αναφέρονται:

- ΟΛΠ
- ΟΛΘ
- ΟΑΣΑ
- ΕΘΕΛ
- ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ
- ΠΡΟΑΣΤΙΑΚΟΣ
- ΕΛΠΕ
- 2 φορές στο Υπουργείο Εθνικής Άμυνας
- Eurobank
- Εθνική Τράπεζα
- Τράπεζα Ελλάδος
- ΗΣΑΠ
- ΤΡΑΜ
- J&P ΑΒΑΞ
- Ναυπηγεία Σκαραμαγκά
- Τσιμέντα ΤΙΤΑΝ
- ΟΛΠΑ (Πάτρα)
- Κέρκυρα – Πρέβεζα – Ιωάννινα για δημιουργία δικτύου προστασίας δασών
- ΕΚΑΒ Θες/νίκης
- Θες/νίκη, σε υπηρεσίες του ΟΤΕ
- Οργανισμός Διεθνούς έκθεσης Θες/νίκης
- Κρήτη, σε τοπική έκθεση
- Βιομήχανοι Βορείου Ελλάδος
- Ραδιο ταξί ΚΟΣΜΟΣ καθώς και άλλοι αυτοκινητιστές
- Δήμος Πειραιά
- Δήμος Αθηνών
- ΔΕΦΑ

Παράλληλα, ο προϊστάμενος του ΤΑ&Π επέδειξε το TETRA στις Διεθνείς Εκθέσεις Θεσσαλονίκης τα έτη 2001 και 2002, σε έκθεση συστημάτων ασφαλείας των εταιρειών Security στο ΣΕΦ τον Νοέμβριο 2002, και σε έκθεση τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού στο εκθεσιακό κέντρο Αμαρουσίου, τον Φεβρουάριο 2003. Αντίστοιχα, ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ έκανε παρουσιάσεις των δυνατοτήτων του δικτύου στα Συνέδρια INFOCOM τα έτη 2001, 2002 και 2004 (αμέσως μετά τους Ολυμπιακούς).

Θα αναφερθούμε σε ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επιτυχούς, παρά τις δυσκολίες, εμπορικής (αλλά και δικτυακής) ανάπτυξης του δικτύου OTElink – το έργο του Αττικού Μετρό (ΑΜ). Αυτό ήταν ένα πολύπλοκο και πρωτότυπο έργο, γιατί απαιτούσε κάλυψη μέσα στις σήραγγες και σε υπόγειους χώρους. Οι λειτουργικές απαιτήσεις για τον καθορισμό των ομάδων ομιλίας στο μετρό ήταν επίσης πολύπλοκες. Έγιναν επανειλημμένες συναντήσεις με τον πελάτη, σε συνεργασία με την ΙΝΤΡΑΚΟΜ που είχε εκδηλώσει άμεσο ενδιαφέρον. Το ενδιαφέρον του ΑΜ ήταν εντονότατο. Από την εταιρεία ΑΜΕΛ, όμως, που θα λειτουργούσε το σύστημα στο μετρό, εκφραζόταν διστακτικότητα για την νέα τεχνολογία TETRA και υπήρχαν αρκετές δυσκολίες που έπρεπε να ξεπεραστούν.

Οι πρώτες συναντήσεις έγιναν το φθινόπωρο του 2002, ενώ η πρώτη προσφορά υποβλήθηκε τον Ιανουάριο 2003. Ακολούθησαν πάρα πολλές συναντήσεις προκειμένου να καταρτισθεί η Σύμβαση και τα Τεχνικά Φυλλάδια, με συμμετοχή Νομικών Υπηρεσιών του ΟΤΕ και του ΑΜ. Όλες τις διαδικασίες συντόνιζε ο προϊστάμενος ΤΑ&Π, δίχως να έχει επίσημα ορισθεί ως υπεύθυνος έργου από τον ΟΤΕ. Ενεργώντας ανεπίσημα, με την ανοχή της διοίκησης, επικοινωνούσε με όλους τους συντελεστές του τεχνικού/ νομικού/ εμπορικού αυτού έργου, ανεξαρτήτως ιεραρχικού διοικητικού επιπέδου ή φορέα στον οποίον ανήκαν.[430]

Το τίμημα για την εκτέλεση του έργου αρχικά υπερέβαινε τα € 3,000,000, αλλά περιορίστηκε κάτω από αυτό το όριο, μετά από συσκέψεις μεταξύ ΟΤΕ και ΙΝΤΡΑΚΟΜ, σε ανώτατο διοικητικό επίπεδο. Η σύμβαση μεταξύ ΟΤΕ και ΑΜ υπογράφηκε τέλος Ιουνίου 2003, με πολύ στενό χρονοδιάγραμμα, παρότι στο έργο

[430] Ο Β. Βαγενάς (προϊστάμενος του ΤΑ&Π) επισημαίνει χαρακτηριστικά, για την ενίσχυση αυτού του σημείου της ανάλυσης στη διατριβή, ότι είχε συχνή επικοινωνία με στελέχη από πολύ διαφορετικά επίπεδα της εταιρικής ιεραρχίας του πελάτη, όπως με την Γενική Διευθύντρια του ΑΜ, Διευθυντές της ΑΜΕΛ ή της ΑΜ, καθώς και μηχανικούς της ΑΜΕΛ.

εντάσσονταν νέοι σταθμοί επεκτάσεων ΑΜ, οι οποίοι ήταν ακόμη υπό κατασκευή. Ανάδοχος του έργου του ΟΤΕ ήταν η Intracom, με σύμβαση που καθυστέρησε να υπογραφεί για γραφειοκρατικούς λόγους, χωρίς όμως να προκληθούν προσκόμματα στο έργο. Παρά τις πιεστικές προθεσμίες, το χρονοδιάγραμμα τηρήθηκε ικανοποιητικά και δεν υπήρξαν απαιτήσεις για ρήτρες, κλπ. Κάποιες μικρο-καθυστερήσεις σε δευτερεύοντα θέματα δικαιολογήθηκαν αμοιβαία, στα πλαίσια της πολύ καλής συνεργασίας.

Οι χειρισμοί για την παρακολούθηση της πορείας του έργου ανήκαν αποκλειστικά στον προϊστάμενο του ΤΑ&Π. Πέραν από την αναμφισβήτητη πολυπλοκότητα του οικονομικού μέρους (όπου εμπλέκονταν οι διαφορετικές Συμβάσεις ΟΤΕ-ΑΜ και ΟΤΕ-Intracom, με τα αντίστοιχα λογιστήρια των τριών εταιρειών), μεγάλα προβλήματα παρουσιάζονταν στην επικοινωνία με τεχνικές υπηρεσίες του ΟΤΕ. Καθώς ο προϊστάμενος του ΤΑ&Π δεν είχε ορισθεί επίσημα ως Project Manager του έργου, δεν μπορούσε βάσει αρμοδιότητας να πιέσει στελέχη του ΟΤΕ να εκτελέσουν σε εύθετο χρόνο κάποιες εργασίες (π.χ., την εγκατάσταση γραμμών για τη σύνδεση των σταθμών βάσης και σταθμών εκφωνητών “dispatchers”, την εγκατάσταση συστήματος αδιάλειπτου τροφοδοσίας, κλπ). Το προσωπικό του ΟΤΕ εξακολουθούσε να εργάζεται στο πλαίσιο της εταιρικής ιεραρχίας, η οποία (όπως αναφέρθηκε και στην ΜΕΛΕΤΗ Ι) είναι επιρρεπής σε χρονικές αναβολές, από καθυστερήσεις σε υπηρεσίες που εμπλέκονται στο έργο και παρεμβάλλονται στη ροή πληροφορίας ή λήψης αποφάσεων.

Το έργο του Αττικού Μετρό ολοκληρώθηκε και λειτούργησε για πρώτη φορά τη νύχτα του Σαββάτου 29/5/2004, δυόμισι μόλις μήνες πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων. Το προσωπικό της ΑΜΕΛ διαπίστωσε αμέσως την ανωτερότητα του συστήματος, σε σχέση με το αναλογικό που λειτουργούσε έως τότε, και το υιοθέτησε πάραυτα. Για όλη αυτή την προσπάθεια, η οποία προφανώς υπερέβαινε κατά πολύ τις συνήθεις υποχρεώσεις του στα πλαίσια του εταιρικού οργανογράμματος, ο προϊστάμενος του ΤΑ&Π δεν έλαβε από τον ΟΤΕ καμία ηθική ή επί πλέον οικονομική απολαβή. Αυτό είναι ενδεικτικό της σιωπηρής αποδοχής αλλά εξαιρετικά αργής διείσδυσης της ιδέας του Project Management στις καθιερωμένες υπηρεσιακές λειτουργίες του ΟΤΕ.

Στο μεγαλύτερο διάστημα της πορείας του συγκεκριμένου έργου, οι επιτελικές υπηρεσίες τεχνικού σχεδιασμού του OTElink δεν απαιτήθηκε να συμμετάσχουν. Το ΤΣΚΕ (που τότε ολοκλήρωνε το σχεδιασμό του δικτύου των Ολυμπιακών Αγώνων και των μετρήσεων ποιότητος στο πεδίο) ενέταξε απλώς στο δίκτυο OTElink τους δύο σταθμούς βάσης του ΑΜ, ρυθμίζοντας τις παραμέτρους ομαλής (seamless) μεταπομπής τερματικών, για μετακίνηση από και προς τους υπόγειους χώρους του Μετρό. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το δίκτυο OTElink, όχι μόνο απόκτησε έναν σημαντικό πελάτη (το ΑΜ), αλλά και επέκτεινε το δίκτυό του, πέρα από το σχεδιασμό που προέβλεπαν προηγούμενες αποφάσεις του ΔΣ-ΟΤΕ ή προμήθειες υλικού που είχαν προγραμματιστεί για άλλους στόχους. Σε αυτή την περίπτωση, η εμπορική ανάπτυξη οδήγησε έμμεσα στην ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιακών υποδομών. Όπως φάνηκε, δε, και στην προηγούμενη παράγραφο §6.3.4, αυτό αποτελούσε κανόνα για το δίκτυο OTElink, είτε ο υποψήφιος χρήστης ήταν η Ολυμπιακή Κοινότητα, είτε ένας εταιρικός πελάτης όπως ο ΔΑΑ ή το ΑΜ.

Η αγορά και οι εθνικές συγκυρίες, οι χρήστες δηλαδή, στους οποίους επιλεκτικά συναινούσε με κεντρικές αποφάσεις η ιεραρχία του ΟΤΕ, κατεύθυναν την ανάπτυξη του δικτύου. Σε αυτή τη διαδικασία, προσωπικές πρωτοβουλίες και συνεννοήσεις στελεχών, ανεξάρτητες από τη θέση που κατείχαν στην ιεραρχία, αποδείχθηκαν να έχουν κεντρική σημασία για την πορεία των αντίστοιχων έργων, για τα οποία ανώτερα επίπεδα διοίκησης επενέβαιναν υποστηρικτικά όταν και εάν τα έκριναν αξιόλογα για την στρατηγική ανάπτυξης της εταιρείας.

6.3.6 Περίοδος μετά τους Ολυμπιακούς – μεθοδολογικά σχόλια

Η διελκυστίνδα των γεγονότων που έφεραν το δίκτυο OTElink στο επίπεδο ανάπτυξης, που είχε κατά τους Ολυμπιακούς Αγώνες, έπαψε με τη λήξη τους να χαρακτηρίζεται από ρευστότητα και επείγουσες ανάγκες. Οι χρήστες του OTElink περιορίστηκαν σταδιακά πάλι στους 4500 περίπου, παρότι το δίκτυο είχε ανταπεξέλθει σε πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις παροχής συγκαναλικών υπηρεσιών. Το ερώτημα που τέθηκε πλέον επιτακτικά από τη διοίκηση του ΟΤΕ αφορούσε την ανταποδοτικότητα και τις δυνατότητες περαιτέρω οικονομικής του αξιοποίησης.

Σχήμα 11: *Το δίκτυο κύριων διαύλων επικοινωνίας μεταξύ στελεχών των αντίστοιχων υπηρεσιακών οντοτήτων, το οποίο ήταν καθοριστικό για την ανάπτυξη του δικτύου OTElink του ΟΤΕ που εξυπηρέτησε τους Ολυμπιακούς Αγώνες. Δέσμες διαύλων ενεργοποιούντο ανάλογα το προς επίλυση ζήτημα. Για παράδειγμα, στο θέμα της αδειοδότησης φάσματος λειτουργίας συνομιλούσαν το ΥΜΕ, οι Γεν. Δ/ντές Εμπορικών και Τεχνικών Θεμάτων, το ΤΣΚΕ, η ΕΕΤΤ. Στο ζήτημα της αδειοδότησης εγκαταστάσεων λειτουργίας δικτύου παραμονές Ολυμπιακών Αγώνων συνεργάζονταν για υποβολή προτάσεων στην ΕΕΤΤ τα ΤΣΚΕ, ΤΣΚ&Π, Γεν. Δ/ντής Τεχνικών Θεμάτων, Cosmote, ανάδοχος του Δικτύου Ασφαλείας. Για το Αττικό Μετρό (ΑΜ), οι σημαντικότεροι δίαυλοι επικοινωνίας διασυνέδεαν ΤΑ&Π, ΑΜ, Intracom, Γεν. Δ/ντές, ΤΣΚΕ. Για τα τερματικά TETRA των Αγώνων συνεργάστηκαν ΤΑ&Π, Motorola, ΟΕΟΑ, ΤΚΔ&Σ. Στη συνέργεια μεταξύ σχεδιασμού και ανάπτυξης του OTElink και του δικτύου ασφαλείας TETRA εμπλέκονταν Γεν. Δ/ντές Τεχνικών & Εμπορικών Θεμάτων, ΤΣΚΕ, ΕΜΠ, ΤΑ&Π, Motorola Ελλάδος και Ισραήλ, Intracom, ΤΣΚ&Π, ΤΚΔ&Σ, ΟΕΟΑ. Για τη λειτουργία του ΔΑΑ, υπήρχε συχνή επικοινωνία ΔΑΑ, Γεν. Δ/ντών, ΤΣΚ&Π, ΤΚΔ&Σ, ΤΑ&Π και ΤΑΕΥ.*

Τελικά επιλέχθηκε η οδός της αναδιάρθρωσης των τεχνικών υπηρεσιών, αρμόδιων για το OTElink. Στη νέα οργανωτική δομή του ΟΤΕ, που διαμορφώθηκε σταδιακά ως τα τέλη του 2005, οι αρμοδιότητες για σχεδιασμό και υλοποίηση του δικτύου συγχωνεύθηκαν σε ένα Τμήμα, το οποίο αναφέρεται ιεραρχικά απ' ευθείας σε διευθυντικό στέλεχος της εταιρείας. Οι εμπορικές υπηρεσίες παρέμειναν πρακτικά ως είχαν, διαχωρισμένες σε δύο Τμήματα – ένα για παρακολούθηση πελατών[431] και ένα για προσδιορισμό/κοστολόγηση των προϊόντων και των εφαρμογών. Πρακτικά, με την αναδιάρθρωση, ο αριθμός των στελεχών που απασχολείται στο TETRA μειώθηκε και ο υπηρεσιακός τους ρόλος οριοθετήθηκε πληρέστερα. Σε αυτό το πλαίσιο οργάνωσης, το δίκτυο θα αναπτύσσεται μόνο μετά από συγκεκριμενοποιημένα εμπορικά αιτήματα και μετά από εκπόνηση της αντίστοιχης τεχνικο-οικονομικής μελέτης από τους αρμόδιους φορείς. Στο είδος των θεμάτων που αφορούν την τεχνική και εμπορική ανάπτυξη του δικτύου μετά το 2005, η ιεραρχική μορφή διοίκησης εμφανίζεται επαρκής για τους στόχους για ήπια ανάπτυξη[432] που έχουν τεθεί στην μετα-Ολυμπιακή πορεία του OTElink.

Στο Σχήμα 11 απεικονίζονται οι κύριοι δίαυλοι επικοινωνίας, οι οποίοι αναφέρθηκαν στα υποκεφάλαια που προηγήθηκαν και αφορούσαν την δικτυακή και την εμπορική ανάπτυξη του OTElink. Η οργανωτική αυτή δομή κινείτο παράλληλα στην εταιρική ιεραρχία. Δημιουργήθηκε *ad hoc*, με την ανοχή της διοίκησης του ΟΤΕ, η οποία αναγνώριζε στους Τμηματάρχες των αντίστοιχων υπηρεσιών του ΟΤΕ την σε βάθος γνώση του εξειδικευμένου και πολυσύνθετου αντικειμένου. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιταχυνόταν η γραφειοκρατική διακίνηση υπηρεσιακής αλληλογραφίας, με γρήγορη υπογραφή και διεκπεραίωση επιστολών και αποφάσεων από τους άμεσους προϊσταμένους. Μετά τον ορισμό του Προϊστάμενου του ΤΣΚΕ ως «TETRA Manager for the Olympic Games» (Ιανουάριος 2004), τίποτε δεν άλλαξε ουσιαστικά στις ροές πληροφορίας του Σχ. 11. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την περιγραφή αρμοδιοτήτων και καθηκόντων που είχε καθορισθεί από τη Δ/νση Ολυμπιακών Αγώνων & Ειδικών Εκδηλώσεων του ΟΤΕ (από τον Ιούνιο 2003), ο TETRA Manager ήταν:

[431] Από το Τμήμα αυτό (ΤΑ&Π) ο προϊστάμενος Β. Βαγενάς αποχώρησε με σύνταξη, μετά από 30 χρόνια υπηρεσίας στον ΟΤΕ.
[432] Ως ενδεικτικό του ήπιου ρυθμού ανάπτυξης αναφέρεται ότι ο αριθμός των χρηστών του OTElink αυξήθηκε από 4500 το 2005 σε 6000 περίπου το 2010.

- Υπεύθυνος για τη λειτουργία του δικτύου TETRA, εντός και εκτός Ολυμπιακών Χώρων.
- Υπεύθυνος για την παρακολούθηση της έγκαιρης υλοποίησης του δικτύου.
- Αρμόδιος για τον προγραμματισμό των τερματικών συσκευών TETRA της Ολυμπιακής κοινότητας.
- Μεριμνούσε για την άμεση επίλυση προβλημάτων, δρομολογώντας λύσεις και ιεραρχώντας προτεραιότητες σύμφωνα με τις προβλεπόμενες διαδικασίες.

Πριν ορισθεί υπεύθυνος των ανωτέρω, ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ είχε αντίστοιχη δραστηριότητα (με εξαίρεση τον προγραμματισμό τερματικών που ήταν αρμοδιότητα της εμπορικής υπηρεσίας ΤΑ&Π), στα πλαίσια της *ad hoc* οργανωτικής δικτυακής δομής που προαναφέρθηκε. Πέραν του συντονισμού, τον οποίο από πριν ασκούσε σε μεγάλο βαθμό ανεπίσημα, δεν του δόθηκε κανένα πρόσθετο εργαλείο άσκησης ελέγχου σε άλλα υπηρεσιακά όργανα, αναφορικά με τα θέματα για τα οποία εθεωρείτο υπεύθυνος.

Μεθοδολογικά, η οργανωτική δομή ανάπτυξης του OTElink είναι πολύ πιο πολύπλοκη από εκείνην που αναλύει ο Watts (δες Σχ. 4), όπου η συμφόρηση πληροφορίας στην ιεραρχία αντιμετωπίζεται με επικοινωνία μεταξύ στελεχών μιας υπηρεσίας με τον άμεσο προϊστάμενό τους. Αυτό είναι συνεπές με το ότι ζητήματα, όπως αυτά που εμφανίστηκαν στο OTElink την περίοδο 2001-4, ήταν εξαιρετικά σύνθετα στην περιγραφή και ανάλυση, και απαιτούσαν τη συνεργασία δρώντων από εξαιρετικά ανομοιογενείς υπηρεσιακές μονάδες τεχνικών, εμπορικών και νομικών στελεχών. Εδώ, περισσότερο σημαντική ήταν η πρακτικά απ΄ ευθείας επικοινωνία Τμηματαρχών με τον προϊστάμενό τους Γενικό Δ/ντή (είτε Τεχνικών είτε Εμπορικών Θεμάτων). Υπάρχει όμως και μια ριζική απόκλιση της οργανωτικής δομής του Σχ. 11 από την πρόταση του Watts για λύση ασαφών προβλημάτων (σύγκρινε με Σχ. 5). Συγκεκριμένα, η πυκνότητα διασυνδέσεων δεν αυξανόταν σταδιακά ανεβαίνοντας ιεραρχικά επίπεδα. Στην περίπτωση του OTElink, ο Γενικός Δ/ντής ήταν όντως σε θέση να βρίσκεται κοντά στα σημεία λήψης αποφάσεων για το δίκτυο (πχ, κοντά στο ΔΣ ΟΤΕ, στον Υπουργό του ΥΜΕ, στην ανώτερη διοίκηση του ΟΕΟΑ). Παρόλα αυτά, μεσαία διοικητικά επίπεδα είχαν τυπική μόνο συμμετοχή στη ροή πληροφορίας. Η μεγαλύτερη πυκνότητα διασυνδέσεων και η εντονότερη ανταλλαγή δεδομένων

αντιστοιχούσε στη δράση κατώτερων ιεραρχικά Τμηματαρχών και απλών μηχανικών, τόσο ποσοτικά όσο και σε σημασία καθορισμού των εξελίξεων, μέσω της δημιουργίας κλίματος συνεργασίας και ενός τυπικά δικτυακού περιβάλλοντος ανάληψης προσωπικών πρωτοβουλιών και συλλογικής δράσης.

Εκ του αποτελέσματος (έγκαιρος και επιτυχής σχεδιασμός του δικτύου για τους Ολυμπιακούς Αγώνες) συνάγεται πως οι δίαυλοι επικοινωνίας του Σχ. 11 μετέβαλαν την εσωτερική ιεραρχία των Οργανισμών και τις μεταξύ τους διεπαφές *σε δίκτυο μικρών κόσμων*. Η κατάλληλη πληροφορία ανευρίσκετο και χρησιμοποιείτο από τους κατάλληλους ανθρώπους και τα αρμόδια στελέχη. Ο χαρακτήρας της επικοινωνίας στηρίζονταν σε πολύμορφες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δρώντων, που συχνά χαρακτηρίζονταν (πέρα από την υπηρεσιακή τυπική μορφή) από σχέσεις φιλίας (αλλά και ανταγωνισμού) και αίσθησης κοινής πορείας για επίτευξη κοινών στόχων που συνέκλιναν στο, αόριστο αρχικά, όραμα της επιτυχούς διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων. Σε συμφωνία με τα αποτελέσματα αριθμητικής προσομοίωσης του Σχ. 6, το δίκτυο μικρών κόσμων δεν ήταν αποτέλεσμα αποκλειστικά του οριζόντιου χαρακτήρα της οργανωτικής δομής. Δημιουργήθηκε στη βάση της μεγάλης διαφοροποίησης των διαπροσωπικών αλληλεπιδράσεων που ανταλλάσσουν πληροφορία, πέρα από συσχετισμούς εξουσίας προϊσταμένου-υφισταμένου («ιδιοφιλία»). Στο ιδιότυπο οργανωτικό σχήμα που καθόρισε τη μορφή του δικτύου OTElink, οι διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις λειτουργούσαν παράλληλα στην ιεραρχική οργάνωση, με έναν πολύ διαφορετικό χαρακτήρα από σχέσεις ελέγχου και εξουσίας, χωρίς επίσης να βασίζονται αποκλειστικά σε ακριβείς υπολογισμούς κόστους οφέλους ή/και συμμετρικής ανταλλαγής μεταξύ δρώντων. Η διαφορά, επομένως, της δομής που παρατίθεται στο Σχ. 11, σε σύγκριση με την ιεραρχική οργάνωση, δεν είναι μόνον τοπολογική. Διασυνδέσεις (και άρα ομάδες) συσχέτιζαν δρώντες σε όλα τα επίπεδα της ιεραρχικής οργάνωσης (του ΟΤΕ, του ΟΕΟΑ, κλπ) και με διαφορετικά επικοινωνιακά χαρακτηριστικά, κάτι που δεν είναι ασυνήθιστο στα δίκτυα μικρών κόσμων.

Σχήμα 12: *Η μεγαλύτερη πυκνότητα διασυνδέσεων δρώντων και διαύλων επικοινωνίας (έντονος χρωματισμός) κατά την ανάπτυξη του δικτύου OTElink την περίοδο 2001-4 εντοπίζονταν στα ακραία επίπεδα της ιεραρχικής δομής διοίκησης. Κύριοι δίαυλοι υπηρεσιακής επικοινωνίας περιελάμβαναν και ενδιάμεσα διοικητικά στελέχη, τα οποία δεν παρακώλυαν ούτε καθυστερούσαν τη ροή πληροφορίας. Μια τέτοια οργάνωση προτείνει μια δικτυακή δομή μικρών κόσμων (με μεγάλες ομαδοποιήσεις) για λύση επειγόντων ασαφών προβλημάτων, η οποία είναι πολύ διαφορετική από την πρόταση του D. J. Watts (δες Σχ. 5).*

Η θεώρηση του Watts (εδώ διαπιστώνεται μη επιτυχής) στηριζόταν αποκλειστικά στην πρόσθεση διαύλων οριζόντιας επικοινωνίας σε ιεραρχίες, ώστε να αποσυμφορηθεί ο φόρτος πληροφορίας που διακινείται προς υψηλότερα επίπεδα. Όμως, όπως και κάθε αναγωγή ενός σύνθετου φαινομένου, στην κοινωνική φυσική, σε πρόβλημα αλληλεπιδράσεων με απλά χαρακτηριστικά, παρουσιάζει μερική μόνον επιτυχία. Στην προκειμένη περίπτωση, η θεώρηση του Watts δεν μπορεί να προβλέψει τον εκφυλισμό των ιεραρχικών επιπέδων σε, πρακτικά μόλις δύο, όπως φαίνεται στο Σχ. 12. Το είδος αυτό της οριζόντιας οργάνωσης όντως απλοποιεί τη διακίνηση πληροφορίας, αποκλίνει όμως από τη λύση του Σχ. 6, ως προϊόν πρόσθετων χαρακτηριστικών της Ελληνικής διοίκησης. Αυτά εξαρτώνται από την κουλτούρα και τις προθέσεις των ανώτερων επιπέδων να κατανέμουν *αρμοδιότητες ελέγχου* με διαφορετικό τρόπο από ό,τι την *ευθύνη υλοποίησης* ενός έργου.

Συγκεκριμένα, οι αρμοδιότητες υλοποίησης του έργου παραμένουν στις ιεραρχικά δομημένες εταιρικές μονάδες, ενώ η ευθύνη συντονισμού τους αποδίδεται σε ένα συγκεκριμένο άτομο, χωρίς δυνατότητες ελέγχου των υπηρεσιών αυτών. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο συντονιστής μετέχει ταυτόχρονα στην δι-επίπεδη εταιρική δομή του Σχ. 12 *και* την ιεραρχική δομή του Σχ. 6. Αυτό έχει το σύνηθες αποτέλεσμα να εξαρτάται κατά πολύ η έγκαιρη τεχνική ολοκλήρωση ενός έργου από φιλότιμες (ηρωικές ίσως) προσπάθειες στελεχών να συντονίσουν τις αναγκαίες δράσεις, υπό αντίξοες συνθήκες, τις οποίες υποβάλλει η παράλληλη λειτουργία ιεραρχικού τύπου οργάνωσης (που αποφασίζει με διαφορετικές προτεραιότητες και διαφορετικές χρονικές ευαισθησίες). Σε αυτό το μοντέλο οργάνωσης, τα ανώτερα στελέχη, που διαθέτουν προνομιακή πληροφόρηση από το περιβάλλον εκτός Οργανισμού, διατηρούν επισήμως την αρμοδιότητα επίβλεψης του έργου, ελέγχοντας τη ροή των γεγονότων με επιλεκτικές γραπτές και προφορικές παρεμβάσεις, είτε προς τις υπηρεσίες, είτε προς τον υπεύθυνο του έργου.

6.4 Μελέτη ΙΙΙ: Οργάνωση και λειτουργία δικτύου OTElink στους Ολυμπιακούς Αγώνες 2004 – κατεπείγοντα ασαφή προβλήματα

Έως τώρα έχει μελετηθεί η ανάπτυξη του δικτύου Olympia Radio (§6.2), που υλοποιήθηκε από καθαρά ιεραρχική διοικητική δομή, και η ανάπτυξη του δικτύου OTElink (§6.3), που υλοποιήθηκε μεν από υπηρεσιακές οντότητες ενταγμένες σε ιεραρχία, αλλά που αλληλεπιδρούσαν στα πλαίσια δικτυακής οργάνωσης που σχηματίστηκε *ad hoc*. Στις δύο μελέτες τονίστηκαν οι διαφορές στην απόκριση σε χρονικούς περιορισμούς, οι οποίοι εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της δικτυακής ανάπτυξης, και στις πρωτοβουλίες των στελεχών που επιλύουν μη προβλέψιμα ανακύπτοντα προβλήματα.

Στο παρόν υποκεφάλαιο §6.4, θα μελετηθεί η περίπτωση της λειτουργίας του δικτύου OTElink κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων, για την οποία, εκτός από τον υπεύθυνο συντονιστή του έργου, ο ΟΤΕ *καθόρισε επακριβώς ένα δίκτυο στελεχών* που έφερε την ευθύνη υλοποίησής του. Θα μελετηθούν εκ νέου οι αλληλεπιδράσεις των δρώντων και η αποτελεσματικότητά τους στον έλεγχο της ασάφειας προβλημάτων, τα οποία, όταν εμφανίζονται, οφείλουν να επιλύονται σε εξαιρετικά στενά χρονικά πλαίσια.

6.4.1 Κατάσταση πριν την έναρξη των Ολυμπιακών

Όπως αναμενόταν, εκεί που οι χρονικοί περιορισμοί εμφανίστηκαν προφανείς και αδιαπραγμάτευτοι ήταν κατά τη διάρκεια των Αγώνων και αφορούσαν στη λειτουργία του δικτύου OTElink.

Ο ρόλος του δικτύου TETRA στη διοργάνωση των Ολυμπιακών Αγώνων ήταν καθοριστικός. Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες μεταξύ ομάδων χρηστών σε αθλητικούς και μη αθλητικούς Ολυμπιακούς Χώρους πραγματοποιήθηκαν με αυτό.[433] Χρησιμοποιήθηκε από περίπου 16000 χρήστες, που περιλάμβαναν στελέχη της

[433] Αντίθετα με το OTElink, η κινητή τηλεφωνία GSM χρησιμοποιήθηκε στους Αγώνες για την προσωπική επικοινωνία μελών της Ολυμπιακής κοινότητας, αλλά και των θεατών των Αγώνων.

Ολυμπιακής κοινότητας (υποστήριξη αθλημάτων και θεατών, κριτές, γιατροί, υπηρεσίες ντόπινγκ κοντρόλ, μηχανικοί υποστήριξης τεχνολογιών, ομάδα έκδοσης αποτελεσμάτων, ασφάλεια χώρων, κλπ), μεγάλους πελάτες (τον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών, το Μετρό, το Τραμ, τον ΟΑΣΑ, τον Προαστειακό, κλπ), καθώς και πλήθος συμμετεχόντων στη διοργάνωση, υπηρεσίες ιδιωτικής ασφάλειας, την Αμερικανική Πρεσβεία, κλπ. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι κατά τη διάρκεια των αγώνων διεκπεραιώθηκαν πάνω από 19.7 εκατομμύρια κλήσεις.[434]

Ο χρόνος που μεσολαβούσε από την εκδήλωση ενός προβλήματος σε έναν Ολυμπιακό Χώρο μέχρι την επίλυσή του ήταν ανελαστικός. Για παράδειγμα, εάν συνέπιπτε με παράλληλη αθλητική δραστηριότητα, δεν έπρεπε να υπερβαίνει τα μερικά λεπτά. Πτώση της συγκαναλικής υπηρεσίας ή δυσλειτουργία του δικτύου TETRA οδηγούσε αυτομάτως σε διακοπή της διοργάνωσης του αθλήματος σε πολλούς Ολυμπιακούς Χώρους.[435]

Πριν την έναρξη των Αγώνων, υπήρξε η διαπίστωση ότι μεσολαβούσε τεράστια καθυστέρηση από τη διαπίστωση βλαβών του δικτύου ως την επίλυσή της, με εξαίρεση δυσλειτουργίες στον Διεθνή Αερολιμένα Αθηνών που αντιμετωπίζονταν άμεσα. Σε γραπτή ενημέρωση προς τον Γενικό Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων, στις 27 Ιουλίου, ανέφερε στατιστικά στοιχεία για την επιδιόρθωση προβλημάτων του τέσσερις προηγούμενους μήνες. Συγκεκριμένα ανέφερε ότι, κατά μέσο όρο 3 περίπου σταθμοί του δικτύου βρίσκονταν καθημερινά σε βλάβη. Επίσης, ανέφερε τη μεγάλη συχνότητα, με την οποία έπαυε η λειτουργία σταθμού βάσης για πάνω από μία ώρα, και η οποία είχε παραμείνει περίπου σταθερή την περίοδο Απριλίου-Ιουλίου 2004.

Παρότι για δυσλειτουργίες τμημάτων του δικτύου, όπου δεν υπήρχε δραστηριότητα επιχειρησιακών πελατών, η παραπάνω κατάσταση ήταν ανεκτή, τα στοιχεία αυτά ήταν απογοητευτικά εάν προβάλλονταν στις ανάγκες λειτουργίας της διοργάνωσης των Ολυμπιακών. Ο Project Manager έθετε θέμα αναδιοργάνωσης των υπηρεσιακών

[434] Papagiannopoulos (2009).

[435] Η σημασία του TETRA για τις εσωτερικές επικοινωνίες του Ολυμπιακού Χώρου μπορεί ίσως να αντιστοιχισθεί με τη σημασία της τηλεοπτικής μετάδοσης των Αγώνων. Εάν το δίκτυο τηλεόρασης έπεφτε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής αγωνισμάτων, η παγκόσμια μετάδοση διακοπτόταν αλλά η διοργάνωση θα συνεχιζόταν. Αντίστοιχα, στο ενδεχόμενο παύσης της παροχής υπηρεσιών του OTElink που αφορούσαν στη μετάδοση αποτελεσμάτων ή στην ασφάλεια των αθλητών μέσα στον Ολυμπιακό Χώρο, η διοργάνωση θα σταματούσε ενώ βρισκόταν σε παγκόσμια μετάδοση.

διαδικασιών (ροή πληροφορίας, αρμόδιες υπηρεσίες, πρόσωπα που φέρουν ευθύνη, κλπ), αναφέροντας επίσης ότι η Δ/νση Συντήρησης & Διαχ. Δικτύου είχε εκπονήσει και εισηγηθεί ένα τέτοιο σχέδιο, στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων της για επιτυχή επίβλεψη και λειτουργία των δικτύων του ΟΤΕ. Ο Γεν. Δ/ντής Τεχνικών Θεμάτων αποδέχθηκε την εισήγηση.

Η εισήγηση πρότεινε μια δικτυακή οργάνωση αρμόδιων στελεχών άμεσης επέμβασης, με οριζόντιους διαύλους επικοινωνίας. Οι επικοινωνιακοί αυτοί δίαυλοι εξασφαλίσθηκαν με την ένταξη όλων των στελεχών σε μια ομάδα επικοινωνίας TETRA (συγκεκριμένα την ομάδα "TETRA Project"), με την οποία *όλα τα μέλη της ομάδας άκουγαν τις συνομιλίες και μπορούσαν να συμμετέχουν σε αυτές με το πάτημα του πλήκτρου PTT του τερματικού τους*, από οποιοδήποτε Ολυμπιακό χώρο, αλλά και από οποιοδήποτε σημείο με ραδιοκάλυψη βρισκόντουσαν, ανά πάσα στιγμή της ημέρας ή της νύχτας (το Διοικητικό Μέγαρο, το ΝΥΜΑ, τον δρόμο ή το σπίτι τους).

Η καλή λειτουργία του TETRA ήταν ο στόχος αλλά και το μέσο επίτευξης του στόχου.

6.4.2 Επείγοντα ασαφή προβλήματα κατά τη λειτουργία του δικτύου

Η ρίζα στα προβλήματα λειτουργίας ενός ασύρματου ραδιοδικτύου, όπως του OTElink, βρίσκεται στην ασάφεια, με την οποία αυτά εκδηλώνονται. Για κάποια από αυτά τα προβλήματα μπορεί να προβλεφθεί μια διαδικασία, η οποία θα είναι αποτελεσματική για την άμεση αντιμετώπισή τους. Αφορούν ζητήματα όπου μπορεί σχετικά εύκολα να αντιστοιχισθεί το πρόβλημα (αποτέλεσμα) με πιθανές λύσεις του (αίτια), και άρα να μπορούν να κληθούν οι αντίστοιχες αρμόδιες υπηρεσίες (στελεχωμένες με τα κατάλληλα άτομα και με τον απαραίτητο εξοπλισμό), σε κάποια προκαθορισμένη σειρά ή σε κάποιο προγραμματισμένο συνδυασμό για να τα επιλύσουν.

Για κάποια όμως προβλήματα λειτουργίας του δικτύου, ένας προκαθορισμένος αλγόριθμος παρατηρήσεων και ενεργειών δεν είναι δυνατόν να ανακαλύψει τα αίτια

της δυσλειτουργίας. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η βλαβοδιαχείριση ως διαδικασία *οφείλει να ανασχεδιάζεται διαρκώς* ανάλογα με τις εκάστοτε συγκυρίες, με την περιορισμένη γνώση των δεδομένων, με την ικανότητα και το βαθμό δραστηριοποίησης των δρώντων, με τυχαία συμβάντα, *και πάντα υπό την πίεση χρονικών περιορισμών*. Το είδος επίσης της λύσης δεν είναι μονοσήμαντο – ενδεχομένως μια μερική λύση να γίνει αποδεκτή, ελλείψει άλλης δυνατότητας τη συγκεκριμένη στιγμή. Οι ενέργειες των δρώντων εκδηλώνονται μέσα από ένα πλέγμα συνεννοήσεων, παρεξηγήσεων, ανταλλαγών επισφαλούς πληροφορίας, έκφρασης διαφορετικού επιπέδου γνώσης του αντικειμένου, προσωπικών εγωισμών, αυθαίρετου πειραματισμού, πανικού ή αδιαφορίας. Μέσα από αυτές τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις, οι δρώντες είναι δυνατόν να αυτο-οργανωθούν και, δρώντας συλλογικά με κοινό στόχο, να οδηγηθούν στην προσέγγιση του προβλήματος από όπου θα προκύψει κάποια λύση.

Η ευελιξία του διαρκούς επανασχεδιασμού της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος έχει επιδειχθεί στην παρούσα εργασία, με την αναφορά στην δικτυακή και στην εμπορική ανάπτυξη του OTElink (δες §6.3). Κάτι αντίστοιχο δεν είναι άγνωστο στη βιβλιογραφία – ο Watts αναφέρει την χαρακτηριστική περίπτωση της παύσης παραγωγής αυτοκινήτων Toyota από ένα τυχαίο συμβάν (φωτιά στο εργοστάσιο του προμηθευτή συστημάτων antiblock).[436] Αντίθετα μάλιστα, η ευελιξία αυτή μπορεί να υποστηριχθεί ότι αποτελεί σύνηθες χαρακτηριστικό του τρόπου που λειτουργούν οι σύγχρονες επιχειρήσεις.

Η διαφοροποίηση στον τύπο βλαβών στο δίκτυο OTElink μπορεί να αναδειχθεί με δύο παραδείγματα από τον Αύγουστο 2004.

Το πρώτο αφορά στην εμφάνιση δυσλειτουργίας σε κάποιους χώρους των εγκαταστάσεων του αθλήματος της ιππασίας, λίγα (ευτυχώς) λεπτά μετά το τέλος του

[436] Την 1η Φεβρουαρίου 1997, ημέρα Σάββατο, ώρα 9 το πρωί, το εργοστάσιο του προμηθευτή Aisin στην Ιαπωνία κάηκε ολοσχερώς. Η γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων της Toyota σταμάτησε δύο μέρες μετά, όταν εξαντλήθηκαν τα αποθέματα του ανταλλακτικού που παρήγαγε η Aisin. Το υλικό αυτό κατορθώθηκε τελικά να συντεθεί από στοιχεία που παρείχαν άλλοι προμηθευτές της Toyota, παρότι αυτοί δεν διέθεταν προηγούμενη εμπειρία κατασκευής παρόμοιου ανταλλακτικού. Τα στοιχεία αυτά προήλθαν από πληθώρα εταιρειών (ακόμα και από βιοτεχνίες που έραβαν καλύμματα καθισμάτων αυτοκινήτου), οι οποίες αυτό-οργανώθηκαν κάτω από την πίεση των συγκυριών και συνεισέφεραν ό,τι μπορούσαν, μεταβάλλοντας *ad hoc* τη διαδικασία παραγωγής. Η γραμμή παραγωγής αυτοκινήτων της Toyota επαναλειτούργησε ελάχιστες μέρες μετά. Δες Watts 2003, σελ. 254-260.

ημερήσιου προγράμματος Ολυμπιακού Αθλήματος. Το Κέντρο Λειτουργίας και Ελέγχου διέγνωσε ότι κάποια τερματικά δεν μπορούσαν να εξυπηρετηθούν από σταθμό βάσης, που παρείχε ραδιοκάλυψη στο συγκεκριμένο Αθλητικό Χώρο. Συνεργείο του ΟΤΕ βρισκόταν στη θέση εγκατάστασης του σταθμού μέσα σε λίγα λεπτά. Διαπίστωσε πως ένα κεραιοσύστημα είχε χάσει τη στήριξή του. Αμέσως ειδοποιήθηκε συνεργείο εναεριτών, που παρέλαβαν το απαραίτητο υλικό από το απόθεμα που διατηρούσε ο ΟΤΕ και επιδιόρθωσαν τη βλάβη, πριν την επανέναρξη των αθλημάτων. Στο παράδειγμα αυτό, το πρόβλημα και η αιτία του συνδέθηκαν αμέσως και τα συνεργεία ακολούθησαν την υφιστάμενη διαδικασία άρσης της βλάβης.

Ένα δεύτερο, πολύ διαφορετικό παράδειγμα, εκδηλώθηκε στον Ολυμπιακό χώρο του Αγίου Κοσμά, την τρίτη ημέρα διεξαγωγής των Ολυμπιακών Αγώνων. Ιδανικές συνθήκες για τη διεξαγωγή του αθλήματος της ιστιοπλοΐας είναι όταν η ένταση του ανέμου στη θάλασσα είναι μεταξύ 6 και 7 μποφόρ. Ένταση μικρότερη από 6 μποφόρ δεν είναι επιθυμητή για Ολυμπιακή διοργάνωση, ενώ μεγαλύτερη από 7 είναι επικίνδυνη. Στην τελευταία περίπτωση, όλα τα πληρώματα ειδοποιούνται μέσω τερματικού TETRA (δίκτυο OTElink), για να βγουν άμεσα στην ξηρά για λόγους ασφάλειας ζωής. Προβλήματα επικοινωνίας μεταξύ τερματικών σε ξηρά και θάλασσα είναι, επομένως, σημαντικότατα και άκρως επείγοντα. Στην προκειμένη λοιπόν περίπτωση, αναφέρθηκε στο Telecommunications Center (TCC) ότι κάποια τερματικά TETRA στη θάλασσα δεν είχαν αξιόπιστη επικοινωνία. Άλλοτε επικοινωνούσαν και άλλοτε όχι.

Ένα τέτοιο πρόβλημα είναι εξαιρετικά σύνθετο, αφού δεν μπορεί να περιγραφεί ακριβώς,[437] δεν αναπαράγεται εύκολα και δεν είναι σαφείς οι συνθήκες κάτω από τις οποίες παρουσιάζεται.[438] Αντίστοιχο ζήτημα στον ίδιο Ολυμπιακό Χώρο είχε διερευνηθεί λίγες μέρες πριν και είχε επιλυθεί με αλλαγή υλικού στο σταθμό βάσης του Περάματος. Γρήγορα διαφάνηκε πως η νέα ανακοίνωση για δυσλειτουργία είχε ελαφρώς διαφορετικά χαρακτηριστικά και διαφορετική αφετηρία. Τεχνικοί του ΟΤΕ

[437] Για παράδειγμα: Αφορά μόνο την επικοινωνία μεταξύ τερματικών στη θάλασσα με τερματικά στην ξηρά; Μήπως αφορά συγκεκριμένες ομάδες ομιλίας; Μήπως αφορά συγκεκριμένα τερματικά που ενδεχομένως εμφανίζουν βλάβη; Μήπως κάποιος σταθμός βάσης που εξυπηρετεί την περιοχή έχει βλάβη που δεν διακρίνεται στο Κέντρο Λειτουργίας και Ελέγχου του TETRA;

[438] Υπήρχε πάντα και το ενδεχόμενο ανθρώπινου λάθους στο χειρισμό του τερματικού, χωρίς πραγματική δυσλειτουργία του δικτύου.

μετέβησαν άμεσα στον Άγιο Κοσμά. Μπήκαν σε πλοιάριο και προσπαθούσαν με συνεχείς δοκιμές να αναπαράγουν το φαινόμενο. Ταυτόχρονα επικοινωνούσαν με το Κέντρο Λειτουργίας και Ελέγχου, με στελέχη στο Διοικητικό Μέγαρο του ΟΤΕ που χειρίζονταν ένα λογισμικό διερεύνησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης, με μηχανικούς του ΟΕΟΑ, με τεχνικούς τηλεπικοινωνιών ιστιοπλοΐας που είχαν αναφέρει το πρόβλημα, κλπ. Όσο ήταν στο πλοιάριο, η λειτουργία των τερματικών τους παρακολουθείτο από τερματικό επίβλεψης στο Διοικητικό Μέγαρο, το Κέντρο δοκίμαζε αλλαγές παραμέτρων στο δίκτυο, σταματούσε προσωρινά η λειτουργία σταθμών βάσης, τα στελέχη στη θάλασσα άλλαζαν τερματικά χρησιμοποιώντας μονάδες από διάφορους κατασκευαστές, κλπ. *Προφανώς, δεν υπήρχε προδιαγεγραμμένη διαδικασία βλαβοληψίας κατάλληλη για την περίσταση*. Τελικά, μετά από συνεννοήσεις και δοκιμές, διατύπωση ποικίλων σχολίων και απόψεων στην ομάδα ομιλίας TETRA Project, ανεπιτυχείς δοκιμές και τυχαία περιστατικά, δύο εξόδους με πλοίο στη θάλασσα, το πρόβλημα εντοπίστηκε και η λύση βρέθηκε. Όταν ο κυματισμός ήταν αρκετός, με ανέμους πάνω από 5-6 μποφόρ, τότε *κάποια τερματικά* που εξυπηρετούντο από τον σταθμό βάσης OTElink στο Αιάντιο Σαλαμίνας (έναν από τους σταθμούς που εξυπηρετούσαν την περιοχή) εμφάνιζαν το φαινόμενο να μπορούν να ακούν, αλλά να μην μπορούν να ακουστούν (!) από άλλα τερματικά στην ξηρά. Το πρόβλημα ήταν ότι, υπό ειδικές καιρικές συνθήκες, το σήμα του τερματικού στην θάλασσα (“uplink”) δεν έφτανε στον σταθμό βάσης με επαρκή ισχύ. Η δυσλειτουργία εμφανιζόταν όταν ειδικές καιρικές συνθήκες μεγέθυναν την εξασθένιση του σήματος, *χωρίς να υπάρχει συγκεκριμένη βλάβη σε κάποιο στοιχείο του δικτύου*. Διακόπτοντας προσωρινά τη λειτουργία του σταθμού στο Αιάντιο, το συγκεκριμένο πρόβλημα επιλύθηκε, αφού τα τερματικά TETRA αναγκάζονταν πλέον να κλειδώνουν σε άλλους κοντινούς σταθμούς βάσης. Η διακοπή λειτουργίας του σταθμού αντισταθμίστηκε και από άλλα μέτρα που πήραν τα στελέχη του ΟΤΕ, για την απρόσκοπτη λειτουργία των επικοινωνιών στον Άγιο Κοσμά.

Προφανώς, ο αυστηρά εφαρμοζόμενος ιεραρχικός τρόπος οργάνωσης των υπηρεσιών του ΟΤΕ που παρουσιάζεται στο Σχ. 13 δεν μπορούσε να ανταποκριθεί σε τέτοιες συνθήκες άρσης βλαβών για δύο τουλάχιστον λόγους:

- Δεν διαθέτει ευελιξία οριζόντιας επικοινωνίας στελεχών του ΟΤΕ είτε μεταξύ τους είτε με χρήστες, προμηθευτές εξοπλισμού, κλπ. Παράλληλα, δεν

προβλέπει αλλαγή υπηρεσιακής διαδικασίας ή ροής πληροφορίας, πέραν των περιγραφομένων στο εταιρικό οργανόγραμμα.

- Για κάθε μόνιμη επέμβαση στο δίκτυο απαιτείται ανταλλαγή επιστολών με υπογραφή Δ/ντή.[439]

Σχήμα 13: *Οι κυριότερες Υπηρεσίες του ΟΤΕ, που εμπλέκονταν σε διάγνωση και άρση βλάβης δικτύου και τερματικών OTElink, πριν τους Ολυμπιακούς Αγώνες, ήταν τμήματα σε δύο Γενικές Δ/σεις (ΓΔ Τεχνικών Θεμάτων & Περιφερειών, ΓΔ Εταιρικών & Οικιακών Πελατών). Διακρίνεται η συνήθης οδός υπηρεσιακής επικοινωνίας, με επιστολές, όπου μεσολαβούσαν οι αρμόδιοι Διευθυντές (πράσινη αμφίδρομη ροή). Ειδικά ο Προϊστάμενος του Τμ. Κινητών Δικτύων & Συστημάτων επέλεγε συνήθως να απαντά μόνο με ενημερωτικά σημειώματα προς τον προϊστάμενό του Γενικό Δ/ντή (γαλάζια μονοκατευθυντική ροή).*

[439] Είναι χαρακτηριστικό ότι, μετά τη διάγνωση της άρσης της προαναφερθείσας δυσλειτουργίας στον Άγιο Κοσμά, ο προϊστάμενος του Κέντρου Λειτουργίας του OTElink (ήτοι, του ΤΚΔ&Σ) απαίτησε έγγραφη επιστολή από τον προϊστάμενο Δ/ντή του ΤΣΚΕ για την απενεργοποίηση του σταθμού του Αιαντίου, παρά τις επιπτώσεις κατά της ασφάλεια ζωής που εγκυμονούσε μια τέτοια απόφασή του. Η απαίτησή του αυτή ήταν εύλογη *στα πλαίσια της τυπικής ροής εγγράφων στην ιεραρχική οργάνωση του ΟΤΕ*, αλλά ήταν αδύνατον να ικανοποιηθεί άμεσα, αφού ο προϊστάμενος του ΤΣΚΕ βρισκόταν στο χώρο του Άγιου Κοσμά με το συνεργείο τεχνικών για τη διάγνωση της δυσλειτουργίας, ήταν ήδη απόγευμα, και η επιστολή έπρεπε να συνταχθεί και να υπογραφεί στο Διοικητικό Μέγαρο ΟΤΕ στο Μαρούσι. Μετά από προσωπικές αντεγκλήσεις μέσω των τερματικών στο Tetra Project και τηλεφωνική παρέμβαση του Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων, ο σταθμός βάσης απενεργοποιήθηκε ανεπίσημα έως την επόμενη ημέρα, οπότε και κατορθώθηκε να συνταχθεί το έγγραφο από τον προϊστάμενο του ΤΣΚΕ, να υπογραφεί και να αποσταλεί αρμοδίως.

6.4.3 Οργανωτικές λύσεις για προβλήματα λειτουργίας

Η λύση που υιοθετήθηκε για την οργάνωση των υπηρεσιών, που σχετίζονταν με τη λειτουργία του OTElink, κατά τη διάρκεια των Αγώνων, παρέκαμπτε όλα σχεδόν τα στάδια της εταιρικής ιεραρχίας, ομαδοποιώντας το σύνολο των στελεχών τους σε μια ομάδα, με ελάχιστα διαφοροποιημένες αρμοδιότητες. Συγκεκριμένα, η εισήγηση της Δ/νσης Λειτουργίας & Διαχείρισης Δικτύου, που υιοθετήθηκε από τον Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων προέβλεπε[440]:

- Για την έγκαιρη διαπίστωση του προβλήματος. Σε κάθε Ολυμπιακό Χώρο τοποθετήθηκε στέλεχος του ΟΤΕ, το οποίο γνώριζε τις λειτουργίες και τις υποδομές του OTElink. (Πρακτικά υπήρχαν βάρδιες, που υπερκάλυπταν τις ώρες με Ολυμπιακή δραστηριότητα). Με τη διαπίστωση ενός προβλήματος άνοιγε μία ανακοίνωση (“ticket”) στο κέντρο παρακολούθησης των Ολυμπιακών τηλεπικοινωνιών (“Telecommunications Center - TCC), στο οποίο παρευρίσκετο ο αναπληρωτής του TETRA Manager.

- Για τις επικοινωνίες μεταξύ των στελεχών. Αυτές πραγματοποιούντο μέσω της ομάδας ομιλίας «TETRA Project», στην οποία συμμετείχαν με το τερματικό τους όλα τα στελέχη του ΟΤΕ που συμμετέχουν στη λειτουργία του OTElink, σε όλους τους Ολυμπιακούς χώρους, πανελλαδικά. Από εκεί ειδοποιείτο το Κέντρο Διαχείρισης και Ελέγχου (στο ΝΥΜΑ) για να γίνουν οι απόπειρες διόρθωσης, με συνδυασμένες κινήσεις των στελεχών από το Κέντρο και τον Ολυμπιακό χώρο. Κάθε στέλεχος της ομάδας, οπουδήποτε και αν βρισκόταν, άκουγε τη συνομιλία και έπαιρνε το λόγο σε ένα ανοικτό και διαρκή διάλογο, προτείνοντας ή αναφέροντας σχετικά περιστατικά και εμπειρίες. Στο Κέντρο Διαχείρισης & Ελέγχου, παράλληλα με το προσωπικό βάρδιας, έμπειροι μηχανικοί είχαν ορισθεί ως Συντονιστές, που παρευρίσκονται όλες τις ώρες που υπήρχαν Ολυμπιακές διοργανώσεις.

- Για την άμεση μετάβαση κινητού συνεργείου: Εξειδικευμένοι μηχανικοί και τεχνικοί μετέβαιναν στο σημείο του προβλήματος και, σε συνεργασία με τα

[440] Σημαντική συνεισφορά στο σχεδιασμό της πρότασης, για την οργανωτική δομή κατά τη διάρκεια των Αγώνων, είχε ο προϊστάμενος του Τμήματος για τη Συντήρηση του δικτύου OTElink.

στελέχη στον προκείμενο Ολυμπιακό χώρο και με συνεχή επικοινωνία στην ομάδα ομιλίας TETRA Project, πρόβαιναν σε απαραίτητες δοκιμές και ρυθμίσεις.

- Για επίλυση προβλημάτων εγκατάστασης: Ήταν σε επιφυλακή πάντα (σε βάρδια) στέλεχος από την Ένωση Προμηθευτών, που είχε με συμβατική της υποχρέωση εγκαταστήσει το σταθμό βάσης για λογαριασμό του ΟΤΕ. Συνολικά, τα στελέχη αυτά ήταν δύο τεχνικοί της εταιρείας Intracom.

- Οι παράμετροι της διορθωμένης κατάστασης του δικτύου παγιώνονταν, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής λειτουργία. Τα στοιχεία του συστήματος που είχαν διορθωθεί/ αντικατασταθεί, καθώς και οι εγγραφές νέων παραμέτρων λειτουργίας στο Κέντρο, παρέμεναν χωρίς άμεση ανάγκη αποστολής υπηρεσιακού εγγράφου.

- Η ανακοίνωση του προβλήματος (“ticket”) στο TCC έκλεινε με ευθύνη του TETRA Manager. Ο ίδιος ενημέρωνε σε εύθετο χρόνο (συνήθως την επόμενη μέρα) τον Γεν. Δ/ντή Τεχικών Θεμάτων για το πρόβλημα και την έκβασή του.

Η παραπάνω οργάνωση των στελεχών είχε τη δυνατότητα αντιμετώπισης, όχι μόνο συνηθισμένων, αλλά και ασαφών προβλημάτων, που διατυπώνονταν περιστασιακά στο TCC χωρίς πλήρη και ακριβή περιγραφή. Για τα μεν πρώτα, στελέχη που έφταναν επί τόπου στον χώρο που εμφανιζόταν πρόβλημα ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τη λύση του, επικοινωνώντας με άλλα στελέχη και με το Κέντρο μέσω της ομάδας ομιλίας TETRA Project. Για τα δε δυσκολότερα, ασαφή προβλήματα, τα στελέχη συμμετείχαν στην ανταλλαγή στοιχείων μέσω του TETRA Project, ανάλογα με την παρουσία τους ή μη στο χώρο, τη γνώση τους για παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου, την εμπειρία τους από εγκαταστάσεις υλικού, κλπ. Μέσα από τον συνεχή διάλογο στο TETRA Project, παράλληλα με συνεχείς μετρήσεις και δοκιμές, οι τεχνικοί από διάφορες υπηρεσίες του ΟΤΕ, με διαφορετικές εμπειρίες, εύρισκαν τελικά διέξοδο. Αυτό αποδείχθηκε περίτρανα στην πράξη, με την άψογη λειτουργία του OTElink στους Ολυμπιακούς και Παρολυμπιακούς Αγώνες.

6.4.4 Η παράλληλη λειτουργία ιεραρχικής και δικτυακής οργάνωσης

Ο τρόπος που λειτούργησε η παραπάνω οργανωτική δομή για τη λειτουργία του OTElink διαφαίνεται στο Σχ. 14.

Σχήμα 14: *Το δίκτυο των κυριότερων οδών επικοινωνίας μεταξύ στελεχών των αντίστοιχων υπηρεσιών στους Ολυμπιακούς Χώρους,(Sport/ Technology Managers, Ομάδα TETRA OTE, Venue Manager OTE), στο ΝΥΜΑ (συντονιστές και προσωπικό Κέντρου Διαχείρισης & Ελέγχου OTElink), στο Διοικητικό Μέγαρο ΟΤΕ (προσωπικό επίβλεψης τηλεπ. κίνησης), στην κινητή μονάδα ΟΤΕ, στον ΟΕΟΑ, καθώς και τεχνικούς Intracom και Siemens. Ο TETRA Manager ήταν υπεύθυνος για το συντονισμό των ενεργειών και επικοινωνούσε απ' ευθείας με στελέχη της διοίκησης του ΟΤΕ (Γεν. Δ/ντής Τεχνικών Θεμάτων, Δ/ντής Τηλεπ. Επενδύσεων και Δ/νση Ολυμπ. Αγώνων & Ειδικών Εκδηλώσεων). Τα στελέχη του ΟΤΕ επικοινωνούσαν μέσω τερματικών TETRA, στην ομάδα ομιλίας "TETRA Project"(κόκκινη γραμμή). Ήταν συνολικά 81 άτομα και, ανάλογα το είδος και το χώρο εμφάνισης του προβλήματος, σχημάτιζαν ad hoc υπο-ομάδες έργου για την επίλυσή του.*

Συγκρίνοντας με την ιεραρχική οργάνωση στο Σχ. 13, όπου περιγράφεται η επικοινωνία και η τυπική ροή εγγράφων μεταξύ των ομάδων του ΟΤΕ που ήταν υπεύθυνες για τη διάγνωση και επίλυση προβλημάτων λειτουργίας του δικτύου πριν τους Αγώνες, γίνεται φανερό ότι τα ιεραρχικά επίπεδα έχουν εδώ απαλειφθεί. Τα στελέχη όλων των υπηρεσιών του ΟΤΕ (πράσινο χρώμα) είναι εφοδιασμένα με τερματικό TETRA και συνομιλούν στην ομάδα ομιλίας TETRA Project. Οι ενέργειές τους αποφασίζονται μέσα από τη μεταξύ τους συζήτηση και ανάλυση. Παρατηρούν, μετρούν, κάνουν δοκιμές εξοπλισμού, προτείνουν, αλλάζουν δικτυακές παραμέτρους λειτουργίας, σχολιάζουν, κλπ. Όλοι οι εγγεγραμμένοι στο TETRA Project ακούν και μπορούν να μετέχουν στη συζήτηση, ακόμη και αν βρίσκονται σε άλλο Ολυμπιακό Χώρο ή και σε άλλη πόλη. Επιλεκτικά, το σύστημα TETRA επιτρέπει σε κάποια στελέχη να έχουν υψηλότερα δικαιώματα επικοινωνίας, ώστε να μπορούν να διακόψουν την επικοινωνία ομιλούντων και να παρέμβουν άμεσα για λόγους επείγοντος ή ασφάλειας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, η διάγνωση της δυσλειτουργίας του δικτύου και η άρση της *παράλληλα* με την επικοινωνία των στελεχών.

Αυτή η διαδικασία ούτε προβλέπεται ούτε επιτρέπεται από την ιεραρχική δομή του Σχ. 13. Σύμφωνα με αυτή, οποιαδήποτε πρόταση στελεχών από διαφορετική υπηρεσία, ιδιαίτερα για αλλαγή παραμέτρων δικτύου που έχει συνδρομητές (όπως το OTElink), οφείλει να έχει διατυπωθεί γραπτώς και να προωθηθεί αρμοδίως με υπογραφή του προϊστάμενου Δ/ντή. Κάτι τέτοιο ήταν ανεφάρμοστο για ασαφή προβλήματα, τα οποία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δεν μπορούν να αναλυθούν στα πλαίσια υφιστάμενων υπηρεσιακών διαδικασιών, αλλά επιλύονται μόνο με τη μέθοδο δοκιμής-λάθους και αποκλεισμό ενδεχομένων από συλλογική προσπάθεια τεχνικών, με διαφορετικές εμπειρίες και γνώσεις. Επίσης, η τυπική γραφειοκρατική οδός ανταλλαγής επιστολών ήταν αδύνατον να ανταποκριθεί στα στενά χρονικά περιθώρια που έθετε η Ολυμπιακή Διοργάνωση. Τυπικά απαιτείτο σύνταξη της επιστολής, υπογραφή της από αρμόδια στελέχη, πρωτοκόλληση από τη γραμματεία, αποστολή της με FAX, παραλαβή της και πρωτοκόλληση από την αποδέκτρια υπηρεσία και, τέλος, προώθηση από τον αντίστοιχο Δ/ντή στο αρμόδιο στέλεχος, το οποίο θα επιλαμβανόταν του θέματος σε χρόνο που καθόριζε η διαβάθμιση του εγγράφου

(εξαιρετικώς επείγον/ επείγον/ μη διαβαθμισμένο). Τα παραπάνω απαιτούσαν το λιγότερο κάποιες ώρες, συνήθως δε ημέρες.

Αντίθετα, η δομή του Σχ. 14 επέλυε προβλήματα με οριζόντια επικοινωνία στελεχών μέσα σε λεπτά. Αυτό όμως δε σήμαινε ότι ο TETRA Manager (ή οποιοδήποτε άλλο στέλεχος) είχε την ευχέρεια να αποφασίζει για τις παραμέτρους λειτουργίας του δικτύου. Σύμφωνα με την Απόφαση του Γεν. Δ/ντή που καθόρισε τη δομή του Σχ. 14, ο TETRA Manager ήταν απλά υπεύθυνος της καλής λειτουργίας του δικτύου και συντονιστής ενεργειών, αλλά *δεν είχε αρμοδιότητα απόφασης*. Με την ιδιότητά του ως προϊστάμενος του ΤΣΚΕ, συνέτασσε τις σχετικές επιστολές το συντομότερο δυνατόν μετά τη διάγνωση και επίλυση τυχούσας δυσλειτουργίας, οι οποίες υπογράφονταν από Δ/ντικό στέλεχος σε εύθετο χρόνο και αποστέλλονταν με FAX στους αρμόδιους παραλήπτες (συνήθως το ΤΚΔ&Σ), σύμφωνα με το οργανόγραμμα του ΟΤΕ. Η διπλή δραστηριότητα του TETRA Manager υποδεικνύει ότι η δικτυακή δομή που περιγράφεται εδώ *δεν αντικαθιστούσε την τυπική εταιρική ιεραρχία*, αλλά λειτουργούσε παράλληλα και με την ανοχή της, για λόγους καθαρά αντιμετώπισης επειγουσών και ασαφών καταστάσεων.

Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων, η συγγραφή επιστολών και ενημερωτικών προς την ιεραρχία, ταυτόχρονα με την μετάβαση σε Ολυμπιακούς Χώρους με τα στελέχη του κινητού συνεργείου τεχνικών, αποτελούσε καθημερινή δραστηριότητα για τον TETRA Manager. Ο δυϊκός του ρόλος υποβοηθήθηκε, λίγο πριν τους Παραολυμπιακούς Αγώνες (που ακολούθησαν τους Ολυμπιακούς), με επιστολή του νέου Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων & Περιφερειών προς την Δ/νση που προΐστατο του Κέντρου Λειτουργίας OTElink (δηλαδή του ΤΚΔ&Σ). Εκεί αναφερόταν:

> *«Για τη διευκόλυνση του έργου του [TETRA Manager] κατά τη διάρκεια των Παραλυμπιακών Αγώνων, παρακαλούμε για τα κάτωθι:*
>
> 1. *Την έγκαιρη ενημέρωση του TETRA Manager για τυχόν βλάβες ή δυσλειτουργίες του δικτύου OTElink κατά τη διάρκεια των Παραολυμπιακών Αγώνων.*

2. *Τη διευκόλυνση της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων του δικτύου, σύμφωνα με τις προφορικές ή γραπτές οδηγίες του TETRA Manager.*

Ο TETRA Manager θα ενημερώνει σε τακτά χρονικά διαστήματα τους Γενικούς Δ/ντές Περιφερειών και Τεχνικών Θεμάτων για τις ενέργειες που ακολουθήθηκαν.»[441]

Μετά από την παραπάνω επιστολή, ο TETRA Manager διευκολύνετο, δεδομένου ότι εισακούοντο και προφορικές οδηγίες του. Παρόμοιο έγγραφο δεν υπήρχε για να καλύπτει τη δραστηριότητά του κατά την προετοιμασία και τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων, με αποτέλεσμα να απαιτείται παρέμβαση του Γεν. Δ/ντή κάθε φορά που ετίθετο τέτοιο ζήτημα.[442] Πάντως, και μετά την επιστολή, ο TETRA Manager παρέμεινε στο ρόλο του συντονιστή, δίχως ουσιαστικές αρμοδιότητες επιβολής κάποιας απόφασής του, με την ισχυρή όμως υποστήριξη της ιεραρχίας.

6.4.5 Οι τηλεπικοινωνίες ως σκοπός και ως μέσο

Από πλευράς κοινωνικής φυσικής, η ανάδυση μιας δικτυακής οργανωτικής δομής δεν μελετάται μόνο από πλευράς διευκόλυνσης της ροής πληροφορίας, αλλά και από τον τύπο των διαπροσωπικών διασυνδέσεων που εμφανίζονται. Σε σχέση με τη λειτουργία του OTElink κατά τη διάρκεια των Αγώνων, αυτές οι διασυνδέσεις εκφράστηκαν μέσα από τις συνομιλίες στο TETRA Project. Παράλληλα, όμως, το μέσο επικοινωνίας (το τερματικό TETRA με το συγκεκριμένο τρόπο χρήσης του) δεν έδωσε απλά τη δυνατότητα συνομιλίας, αλλά καθόρισε σε σημαντικό βαθμό και τον χαρακτήρα των συνομιλιών.

---

[441] Από 17/9/2004 Επιστολή Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων & Περιφερειών προς τη Δ/νση Τεχνικών Θεμάτων & Λειτ. Αττικής.

[442] Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τον Αύγουστο 2004 (τον μήνα των Αγώνων), ο προϊστάμενος του ΤΚΔ&Σ απαίτησε υπηρεσιακό έγγραφο για να προχωρήσει σε αλλαγή παραμέτρων δικτύου (ώστε να επιλυθεί διαγνωσθείσα βλάβη) σε πολλές περιπτώσεις, αντίστοιχες με αυτή που αναφέρθηκε παραπάνω για τη δυσλειτουργία από τον σταθμό Αιαντίου στον Άγιο Κοσμά. Πάντως, οι δυσλειτουργίες που προέκυψαν την περίοδο αυτή εμφανίζονταν ως δυσκολία επικοινωνίας σε μερικά τερματικά και επιλύθηκαν χωρίς να διακοπεί η υπηρεσία TETRA σε οποιοδήποτε Ολυμπιακό Χώρο. Με συνεχείς παρεμβάσεις του Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων, η άρση βλάβης ολοκληρωνόταν άμεσα, ενώ οι αντίστοιχες επιστολές συντάσσονταν το νωρίτερο δυνατόν (συνήθως την επόμενη ημέρα).

Σχήμα 15: *Σε έναν Ολυμπιακό χώρο, κάθε στέλεχος από το προσωπικό του ΟΕΟΑ είχε εφοδιαστεί με ένα τερματικό TETRA. Οι ομάδες ομιλίας, που είχαν προγραμματιστεί στο τερματικό του και μπορούσε να χρησιμοποιήσει, εξαρτώντο από τη θέση ευθύνης του. Όλοι οι Managers μπορούσαν να συνομιλήσουν στην ομάδα "Local management group", ενώ ο απλός χρήστης στο χώρο μόνο με την ομάδα ομιλίας που αντιστοιχούσε στον τομέα δραστηριοποίησής του (πχ, ομάδα υπευθύνων για θεατές, για παρκινγκ, για doping control, γιατρών, κλπ). Ο Sector Manager του Ολυμπιακού Χώρου είχε τη δυνατότητα να συμμετέχει σε όλες τις ομάδες χρηστών. Τέλος, υπήρχαν προγραμματισμένες τρεις πρόσθετες ομάδες ομιλίας, οι οποίες μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για επικοινωνία ενός διαφορετικού μίγματος στελεχών, αν αυτό προέκυπτε κατά τη διοργάνωση.*

Κατά τη διάρκεια των Αγώνων, περίπου 16 χιλιάδες έμμεσα ή άμεσα συμμετέχοντες είχαν εξοπλιστεί με τερματικό του δικτύου OTElink. Παράλληλα, αλλά πλήρως ανεξάρτητα, λειτουργούσε ένας παρόμοιος αριθμός τερματικών TETRA στο δίκτυο ασφαλείας TETRA του C4I. Σε κάθε τερματική συσκευή είχαν προγραμματιστεί εκ των προτέρων ομάδες ομιλίας, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη, ο οποίος θα την

χρησιμοποιούσε. Διαφορετικές ομάδες προβλέπονταν για τερματικά σε κάθε διαφορετικό εταιρικό πελάτη (πχ, στο ΔΑΑ, ΟΛΠ, συγκοινωνίες της Αθήνας, κλπ), στο προσωπικό για κάθε Ολυμπιακό χώρο, κλπ. Για το δίκτυο OTElink, ο προγραμματισμός των τερματικών γινόταν στους χώρους του ΤΚΔ&Σ, σύμφωνα με τον καθορισμό των ομάδων ομιλίας που σχεδίαζε το ΤΑ&Π μετά από τις απαραίτητες επαφές με τους χρήστες για τους οποίους προορίζονταν. Για παράδειγμα, οι ομάδες ομιλίας στο προσωπικό ΟΕΟΑ σε κάποιον Ολυμπιακό χώρο φαίνονται ενδεικτικά στο Σχήμα 15. Ανά πάσα στιγμή, ο χρήστης επέλεγε μια από τις διαθέσιμες ομάδες ομιλίας, για να επικοινωνήσει με τους αντίστοιχους χρήστες.

Η ομάδα των στελεχών του ΟΤΕ, που είχαν ορισθεί υπεύθυνα για τη λειτουργία του δικτύου OTElink κατά τη διάρκεια των Αγώνων, προμηθεύτηκαν τερματικά TETRA με απόφαση του Γεν. Δ/ντή Τεχνικών Θεμάτων & Περιφερειών. Κατά τον προγραμματισμό τους, σε όλα αυτά τα τερματικά περιλήφθηκε η ομάδα TETRA Project στις ομάδες ομιλίας. Επιλεγμένα τερματικά, όπως αυτό του TETRA Manager, των συντονιστών στο Κέντρο Λειτουργίας και Διαχείρισης του OTElink, των τεχνικών του ΟΤΕ στο πεδίο, διέθεταν περισσότερες ομάδες ομιλίας (όπως, πχ, το “TETRA Group”, το “ΟΕΟΑ”, κλπ), για να μπορούν να τις χρησιμοποιούν για μετρήσεις και δοκιμές δικτύου, για επικοινωνία με επιτελικά στελέχη του ΟΕΟΑ, κλπ.

Ο τρόπος επικοινωνίας των στελεχών του ΟΤΕ ήταν ο ακόλουθος: Κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας (πχ, της βάρδιας), το τερματικό TETRA του χρήστη ήταν ανοικτό σε μια ομάδα ομιλίας (συνήθως την TETRA Project). Έτσι γινόταν αυτόματη ακρόαση σε όλες τις συνομιλίες στην ομάδα αυτή. Εάν ήθελε κάποιο στέλεχος να παρέμβει, απλά πατούσε το πλήκτρο PTT (“Push-to-Talk”) στο τερματικό, οπότε και του αποδίδονταν δικτυακοί πόροι για να ομιλήσει.[443] Η ομιλία του ακουγόταν από όλα τα μέλη της ομάδας, ανεξάρτητα αν αυτά βρίσκονταν σε άλλο χώρο ή σε άλλη πόλη. Αν σε κάποια περίπτωση, ένα τερματικό αδυνατούσε είτε να ακούσει ή να ακουστεί από όλους, το γεγονός αντιμετωπίζονταν ως δυσλειτουργία του δικτύου OTElink, που

[443] Στην περίπτωση που κάποιος άλλος μιλούσε εκείνη τη στιγμή, η κλήση έμπαινε σε αναμονή μέχρι να ελευθερωθεί ο δίαυλος επικοινωνίας. Αντίθετα με αυτό που συμβαίνει στην συνήθη κινητή τηλεφωνία, εδώ δεν ακουγόταν το σήμα κατειλημμένης γραμμής. Απλά, ο καλών έπρεπε να περιμένει μερικά δευτερόλεπτα για να ελευθερωθεί ο δίαυλος, οπότε και ειδοποιείτο με έναν χαρακτηριστικό τόνο ότι μπορούσε να μιλήσει.

έπρεπε να διορθωθεί άμεσα. Μια τέτοια δυσλειτουργία, για παράδειγμα, αναφέρθηκε για το σταθμό του Αιαντίου στην §6.4.2, για κάποια τερματικά ανοιχτά στη θάλασσα του Άγιου Κοσμά που δεν μπορούσαν πάντα να ακουστούν από άλλα τερματικά στην ξηρά.

Αντίστοιχη αντιμετώπιση είχαν και τα τερματικά σε όλες σχεδόν τις ομάδες ομιλίας TETRA, είτε αντιστοιχούσαν σε στελέχη του ΟΤΕ είτε κάποιας άλλης επιχειρησιακής οντότητας, η οποία απαιτούσε την άμεση επίλυση ζητημάτων που ανέκυπταν κατά το σχεδιασμό ή την εκτέλεση ενός έργου. Η δομή μιας τυπικής ομαδικής κλήσης παρουσιάζεται στο Σχ. 16. Με τον όρο «ομαδική κλήση» χαρακτηρίζεται μια αλληλουχία από PTTs, που μεταξύ τους δεν μεσολαβεί νεκρός χρόνος μεγαλύτερος από τ_0=3 δευτερόλεπτα. Όπως αναφέρθηκε λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 4, η συγκεκριμένη τιμή της παραμέτρου τ_0 δεν επηρεάζει την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της ομαδικής κλήσης. Αυτή εξακολουθεί να χαρακτηρίζει ένα τμήμα διαλογικής συζήτησης, όπου όσοι λαμβάνουν μέρος ερωτούν, απαντούν, παρατηρούν με γρήγορο ρυθμό, χωρίς να αφήνουν εκτεταμένα διαστήματα σιωπής στη μεταξύ τους φραστική ανταλλαγή. Μακρές ομαδικές κλήσεις μπορεί να διαρκέσουν έως μερικά λεπτά με αμείωτο ρυθμό εναλλαγών ομιλητών. Παρόλα αυτά, ελάχιστες από αυτές περιλαμβάνουν πάνω από 5 συνομιλητές. Τα χαρακτηριστικά αυτά εμφανίζονται γενικά σε συνομιλίες στο OTElink, συμπεριλαμβανομένων εκείνων ανάμεσα σε στελέχη του ΟΤΕ. Όπως ειπώθηκε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 4, εκείνο που βρέθηκε να διαχωρίζει τα στατιστικά στοιχεία της διάρκειάς τους είναι το κατά πόσον γίνονται παράλληλα σε κάποιο έργο (πχ, κατά τη διάρκεια της διάγνωσης μιας δυσλειτουργίας του δικτύου, για την άρση κάποιου προβλήματος στον Ολυμπιακό χώρο, κλπ) ή αντιστοιχούν σε νυκτερινές συνομιλίες, όπου ο διάλογος μπορεί να πλατειάζει με εντονότερο τρόπο.

Σχήμα 16: *Τυπική αλληλουχία PTT ομαδικής κλήσης. Η συγκεκριμένη ξεκίνησε στις 11:10 το πρωί της 18ης Αυγούστου 2004, κατά τον τελικό σκοποβολής γυναικών στο Παναθηναϊκό Στάδιο, από την ομάδα ομιλίας των στελεχών του ΟΕΟΑ υπεύθυνων για τους θεατές. Η κλήση διήρκεσε 144 δευτερόλεπτα, άρχισε από το τερματικό 945 και τερματίστηκε από αυτό.*

Από τα στατιστικά αυτά ευρήματα του δικτύου OTElink, μπορούμε να συνάγουμε κάποια συμπεράσματα για τον χαρακτήρα της επικοινωνίας μέσω TETRA, αναφορικά με τις συνομιλίες κατά τη διάρκεια της ημερήσιας επαγγελματικής δραστηριότητας:

- Η συνομιλίες αντιστοιχούν σε οριζόντια επικοινωνία μεταξύ μελών της ομάδας, όπου κάθε ένας έχει τη δυνατότητα να ομιλεί όποτε επιθυμεί και να ακούγεται από όλα τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας. Κατά κανόνα, στο OTElink δεν υπήρχε πρωτόκολλο ομιλίας, που να καθορίζει τη συγκυρία που επιτρεπόταν ή απαγορευόταν η επικοινωνία. Σε κάποιες ομάδες ομιλίας είχαν δοθεί απλές, γενικές οδηγίες να αποφεύγουν περιττές συνομιλίες (πχ, εθελοντές στους Ολυμπιακούς Χώρους).[444] Αντίθετα, σε δίκτυα ασφαλείας

[444] Όλα σχεδόν τα στελέχη της Ολυμπιακής κοινότητας είχαν εκπαιδευτεί στη χρήση τερματικών TETRA, όπου τους είχαν ανακοινωθεί αυτοί οι αποδεκτοί γενικοί κανόνες χρήσης.

όπως στο TETRA του C4I, υπήρχε πρωτόκολλο που επέβαλε ιεραρχικές δομές οργάνωσης συνομιλίας.[445]

- Στις συνομιλίες συμμετέχει ένας περιορισμένος, μονοψήφιος αριθμός ατόμων, συνήθως πολύ μικρότερος από τον συνολικό αριθμό των μελών της ομάδας ομιλίας (πχ, τα μέλη του TETRA Project ήταν περίπου 85). Η παρατήρηση αυτή είναι συνεπής με τον τυπικό κανόνα του management, κατά τον οποίο αποτελεσματικές ομάδες εργασίας αριθμούν ως 8 το πολύ άτομα.

- Οι ομάδες συνομιλητών οργανώνονταν *ad hoc*, ανάλογα με το είδος του προβλήματος, το χώρο που εμφανιζόταν, τη σημασία του, κλπ. Επί πλέον, ο συνολικός βαθμός συμμετοχής (πχ, ο αριθμός των PTT) ενός μέλους της ομάδας σε μια ομαδική κλήση δεν καθοριζόταν από κάποια ιεραρχική τάξη, αλλά από τον τρόπο παρέμβασης στο πρόβλημα. Στην περίπτωση της βλαβοληψίας του OTElink, αυτός που ομιλούσε περισσότερο ήταν άλλοτε ο TETRA Manager, άλλοτε το στέλεχος που επιχειρούσε στον Ολυμπιακό Χώρο, άλλοτε ο συντονιστής στο Κέντρο του OTElink, κλπ.

- Ο χαρακτήρας της συνομιλίας ήταν πολλές φορές πολύπλευρος και ανθρώπινος. Εκτός από οδηγίες, δοκιμές και παρατηρήσεις αναφορικά με το συγκεκριμένο έργο, η ομιλία συνοδεύονταν τακτικά από παραινέσεις, φιλοφρονήσεις, γενικά σχόλια ή και αντιπαραθέσεις.

Η αποτελεσματικότητα του TETRA για τη λειτουργία του OTElink ήταν αξιοσημείωτη στην τήρηση των στενών χρονικών ορίων που απαιτούντο, αλλά και στην ανάλυση και απλοποίηση ασαφών καταστάσεων. Ο χρόνος επιδιόρθωσης δυσλειτουργιών μειώθηκε περίπου δύο τάξεις μεγέθους, συγκριτικά με την προ των Αγώνων κατάσταση. Αναφορικά με την αντιμετώπιση της ασάφειας, η γενικότερη επιτυχία της οργάνωσης μέσω συγκρότησης ομάδων ομιλίας αναδεικνύεται από τη μελέτη στατιστικών στοιχείων της τηλεπικοινωνιακής κίνησης TETRA. Σύμφωνα με

[445] Η σχετική απουσία πρωτοκόλλου συνομιλιών στο OTElink, που εξασφάλιζε πρακτικά οριζόντια και σχετικά ελεύθερη επικοινωνία, αντικατοπτρίζεται στην τεράστια χρήση του κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών και Παραλυμπιακών Αγώνων 2004, συγκριτικά με εκείνη του δικτύου TETRA του C4I. Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση στο OTElink την περίοδο αυτή ανήλθε σε 19.7 εκατομμύρια περίπου PTTs, ενώ στο C4I δεν ξεπέρασε τα 2 εκατομμύρια PTTs. Δες Papagiannopoulos (2009).

τα όσα αναφέρθηκαν στην §6.4.2, σύνθετα ασαφή προβλήματα απαιτούν δυσανάλογα περισσότερη επικοινωνία από άλλα πολύπλοκα αλλά σαφώς περιγραφόμενα, κυρίως από διαύλους επικοινωνίας που δεν μπορούν να προβλεφθούν εξ αρχής. Στην προκειμένη περίπτωση, όσο μεγαλώνουν τα μεγέθη της διοργάνωσης σε έναν Ολυμπιακό Χώρο, όπως ο αριθμός ή η διαφοροποίηση των εμπλεκομένων φορέων, καθώς και ο βαθμός πολυπλοκότητας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ δρώντων, τόσο περισσότερα τέτοια ασαφή προβλήματα αναμένεται να ανακύπτουν. Αυτό σημαίνει ότι η διακινούμενη πληροφορία σε μεγάλες διοργανώσεις θα αυξάνει γρηγορότερα από το μέγεθός τους. Παρόλα αυτά, στο Σχ. 17, φαίνεται ότι η επικοινωνία μέσω TETRA δεν έχει αυτό το χαρακτηριστικό. Κατά την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων χρησιμοποιήθηκαν περίπου διπλάσια τερματικά από την έναρξη των Παραολυμπιακών. Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση στη διοργάνωση των Ολυμπιακών ήταν επίσης περίπου διπλάσια εκείνης των Παραλυμπιακών. Δεν αυξάνει υπέρμετρα με την πολυπλοκότητα του συστήματος, ακολουθεί απλά το μέγεθός του. Οι επικοινωνίες μέσω TETRA πέτυχαν να απαλείψουν τον ασαφή χαρακτήρα των προβλημάτων λειτουργίας.

Σχήμα 17: *Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση την ημέρα έναρξης των Ολυμπιακών και Παραολυμπιακών Αγώνων σε σταθμό βάσης TETRA του ΟΤΕ στο Ολυμπιακό Στάδιο της Αθήνας. Το πρότυπο της κίνησης είναι το ίδιο και στις δύο διοργανώσεις, παρότι διέφεραν σε βαθμό πολυπλοκότητας και σημασίας. Ποσοτικά, η κίνηση TETRA στις δύο διοργανώσεις παρουσίασε την ίδια αναλογία (ήταν διπλάσια) με εκείνη των τερματικών των χρηστών που χρησιμοποιήθηκαν.*

Συμπερασματικά, γίνεται φανερό ότι η οργάνωση ομάδων έργου, μέσω της τεχνολογίας TETRA, πρόσφερε σημαντικές δυνατότητες αντιμετώπισης προβλημάτων:

- Παρέκαμψε την εγγενή δυσκολία ιεραρχιών να αντιμετωπίσουν ασαφή προβλήματα.
- Αντιμετώπισε τα προβλήματα σε πραγματικό χρόνο, παράλληλα με την εμφάνισή τους.
- Αντικατέστησε σε μεγάλο βαθμό με οριζόντια επικοινωνία τη γραφειοκρατική ανταλλαγή υπηρεσιακών εγγράφων, αλλά και την μονομερή προσπάθεια του Project Manager να συντονίσει υπηρεσιακές οντότητες οργανωμένες ιεραρχικά (συγκρίνοντας, για παράδειγμα, με τη ΜΕΛΕΤΗ ΙΙ).
- Οδήγησε σε αυτο-οργάνωση στελεχών ανάλογα με τις ανάγκες που ανέκυπταν.
- Εκτός από την τυπική υπηρεσιακή αλληλεπίδραση, η επικοινωνία μεταξύ στελεχών της ομάδας διέθετε και έντονα προσωπικά στοιχεία, που πήγαζαν από συγκλίνουσες (αλλά ενδεχομένως και φυγόκεντρες) συμπεριφορές απέναντι στο στόχο που έθετε η αυτο-οργανωνόμενη ομάδα και εκφράζονταν από συνήθη (αλλά κάποτε και ακραία) άτυπη φραστική έκφραση.

6.5 Ο μεταβαλλόμενος ρόλος των μηχανικών

Από τα στοιχεία που παρατίθενται στις προαναφερθείσες μελέτες της διατριβής προκύπτουν και κάποια συμπεράσματα για μια σταδιακά μεταβαλλόμενη διαδικασία δημιουργίας οριζόντιων οργανωτικών δομών μέσα σε ιεραρχίες, καθώς και για τις αλληλεπιδράσεις και το γενικότερο ρόλο των μηχανικών σε αυτές. Υποδηλώνει επίσης τα όρια της κοινωνικής δικτυακής ανάλυσης στη μελέτη της πολύπλοκης δυναμικής και των εξαιρετικά διαφοροποιημένων εκφάνσεων των δικτυακών οργανωτικών δομών.

Αυτό που η κοινωνική δικτυακή ανάλυση προβλέπει είναι ότι οι οργανωτικές δομές, στην προσπάθεια αντιμετώπισης προβλημάτων σε περιβάλλον ασάφειας και χρονικών περιορισμών, εμπλουτίζεται με πρόσθετες διασυνδέσεις μεταξύ δρώντων. Στόχος είναι η μετάδοση της πληροφορίας με μείωση του αριθμού των βημάτων που παρεμβάλλονται στη ροή της, με τρόπο ώστε οι δρώντες να επικοινωνούν με λιγότερους μεσολαβητές. Ως οι πλέον αποτελεσματικές πρόσθετες διασυνδέσεις αποδεικνύεται ότι είναι οι δίαυλοι οριζόντιας επικοινωνίας που πυκνώνουν σταδιακά στα ανώτερα επίπεδα και που μετατρέπουν την οργανωτική δομή σε «μικρό κόσμο». Παρόλα αυτά, είδαμε στην πράξη πως η τοπολογία των διασυνδέσεων που μελετήθηκαν είναι μεν κατά κανόνα οριζόντια για να διευκολύνει τη ροή πληροφορίας, αλλά διαφέρει από μια απλή πύκνωση προ ς τα πάνω επίπεδα. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζεται ως εκφυλισμός της ιεραρχίας σε δύο μόνον επίπεδα, με σημαντική αποδυνάμωση του μεσαίου επιπέδου διοίκησης (middle management). Η αποδυνάμωση αυτή δεν εμφανίζεται με τρόπο μονοσήμαντο. Οι διαφοροποιήσεις της από τη θεωρητική πρόβλεψη παίρνει διαφορετικές μορφές στις τρεις μελέτες της διατριβής, εξαρτώμενη από τη στενότητα των χρονικών ορίων και σε συνάρτηση με την κουλτούρα της επιχείρησης για το βαθμό ελέγχου που διατηρούν τα ανώτερα ιεραρχικά στελέχη έναντι των κατωτέρων. Αυτό γίνεται φανερό από την λεπτομερή μελέτη της λειτουργίας της κάθε οργανωτικής δομής, ως προς τον τρόπο που παίρνονται πρωτοβουλίες και αποφάσεις, τον τρόπο που κατανέμονται ευθύνες και αρμοδιότητες, τον χώρο στον οποίο επιτρέπονται προσωπικοί τρόποι έκφρασης και δράσης να υπερισχύουν της ιεραρχικής τάξης.

Στο διπολικό αυτό τύπο οργάνωσης, ο ρόλος των κατώτερων στελεχών είναι να επιδεικνύουν την εφικτότητα και τις δυνατότητες ανάπτυξης ενός τεχνικού έργου, καθώς και να το υλοποιούν. Ο ρόλος των ανωτέρων είναι να επιλέγουν δυνατότητες, να επιταχύνουν, να καθυστερούν ή και να αποκλείουν τομείς ανάπτυξης, στα πλαίσια γενικότερων στρατηγικών επιλογών. Ως προς τη δυναμική τους, τα δύο επίπεδα δραστηριοποίησης (που διερευνούν εφικτότητα και στρατηγική, αντίστοιχα) εξελίσσονται στο χρόνο βήμα-βήμα, αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους για άντληση επιχειρημάτων σχετικά με τις προοπτικές που ανοίγονται. Ταυτόχρονα, κάθε επίπεδο επικοινωνεί με (διαφορετικούς) δρώντες στον εξωτερικό κόσμο, από όπου αντλείται έμπνευση ή/και καταστρώνεται η στρατηγική (Σχ. 18). Υπό αυτή την έννοια, τα προβλήματα που ανακύπτουν και που σταδιακά επιλύονται ή παρακάμπτονται έχουν μια μη προβλέψιμη δυναμική, είναι, δηλαδή, ασαφή (ambiguous) σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε από τον Watts.[446]

Σχήμα 18: *Απεικόνιση του ρόλου του Manager (μπλε κόμβος) ως συντονιστή έργου, στα πλαίσια δύο επιπέδων διοίκησης, που αποτελούνται από ανώτερα και κατώτερα ιεραρχικά στελέχη, αντίστοιχα. Έχοντας την ευθύνη υλοποίησης του έργου, αλληλεπιδρά σε δικτυακή τοπολογία με χαμηλόβαθμα στελέχη. Έχει άμεση πρόσβαση στη διοίκηση, μέσω μιας κύριας διασύνδεσης που παρακάμπτει την ενδιάμεσα διοικητικά επίπεδα (διακεκομμένη γραμμή). Η εποπτεία και ο έλεγχος των δράσεων στο έργο διατηρείται από τη διοίκηση μέσω της ιεραρχικής οργάνωσης των συμμετεχόντων υπηρεσιακών μονάδων, η οποία παραμένει στο υπόβαθρο. Επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο πραγματοποιείται και αυτή σε δύο επίπεδα με διαφορετικούς δρώντες. Η διοίκηση επικοινωνεί με υπουργούς, υψηλόβαθμα στελέχη υπουργείων κυβερνητικών, συνδικαλιστικών, κομματικών μηχανισμών, κλπ. Τα κατώτερα στελέχη αλληλεπιδρούν με άλλους μηχανικούς, υπεύθυνους εμπορικής προώθησης προϊόντων, στελέχη νομικών υπηρεσιών, κλπ.*

[446] Δες κείμενο στην §6.1.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο στις μελέτες της διατριβής είναι πως η δι-επίπεδη δικτυακή οργάνωση εξακολουθεί να λειτουργεί στο υπόβαθρο της *πάντα παρούσας* ιεραρχικής οργανωτικής δομής. Ο παράλληλος κόσμος των δικτυακών συσχετισμών είναι εμφανής κυρίως στο κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο. Πάνω στις κατακερματισμένες αρμοδιότητες ανεξάρτητων υπηρεσιακών μονάδων ανατίθεται σε κάποιο Manager (με ή χωρίς ορισμένη αντίστοιχη ομάδα στελεχών και χωρίς δυνατότητα χειρισμού οικονομικών πόρων) η ευθύνη υλοποίησης ενός έργου. Συγκεκριμένα, κατά την υλοποίηση του Olympia Radio (ΜΕΛΕΤΗ Ι), η ευελιξία προσωπικών χειρισμών, που αφορούσαν επικοινωνία με άτομα εντός ή και εκτός εταιρικής οργάνωσης, αποδιδόταν ανεπίσημα σε συγκεκριμένα στελέχη, κατά περίπτωση, χωρίς αυτά καν να οριστούν managers. Κατά το σχεδιασμό του δικτύου OTElink (ΜΕΛΕΤΗ ΙΙ), με τον ορισμό του ως TETRA Manager επισημοποιήθηκε η έως τότε συντονιστική δραστηριότητα συγκεκριμένου στελέχους της επιχείρησης. Κοντά δε στην έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων, εξ αιτίας των εξαιρετικά στενών χρονικών περιθωρίων ενεργειών, επισημοποιήθηκε και η ομάδα έργου που περιέβαλε τον TETRA Manager (ΜΕΛΕΤΗ ΙΙΙ).

Το σύνολο των αλληλεπιδράσεων κατά το σχεδιασμό και υλοποίηση των έργων ανέδειξε ότι τεχνικά επαγγέλματα, μάρκετινγκ και στρατηγικός σχεδιασμός (πολιτική) φαίνονται σήμερα ότι "συγκλίνουν". Οι δρώντες μετατρέπονται σε επαγγελματικά "υβρίδια" που οδηγούνται από την ζήτηση και τις απαιτήσεις των χρηστών (δηλαδή, της αγοράς) και τις κοινωνικές απαιτήσεις. Οι νέοι μηχανικοί είναι κάτοχοι MBA, διοικητικά στελέχη σπουδάζουν οικονομικά. Ένα σημαντικό στοιχείο που διευκολύνει αυτή την εξέλιξη είναι ότι η πολυπλοκότητα της τεχνικής ορολογίας υποχωρεί μέσω της δημιουργίας ευρωπαϊκών και διεθνών προτύπων. Οι τυποποιημένες τεχνολογίες γίνονται εργαλεία εν είδει «μαύρου κουτιού», ώστε να αναφέρονται εύκολα από μη-μηχανικούς, παραμερίζοντας τεχνικές λεπτομέρειες. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δόθηκε η δυνατότητα (κατά το σχεδιασμό του δικτύου OTElink για τους ολυμπιακούς αγώνες το 2004) σε ανώτερα διευθυντικά στελέχη να γνωρίζουν και να αναφέρονται στις τεχνικές δυνατότητες του TETRA (ευρωπαϊκό πρότυπο), αγνοώντας τις λεπτομέρειες του εφαρμοσμένου δικτύου. Οι κυβερνητικοί παράγοντες μίλησαν δημόσια για τη συμβολή TETRA στην ασφάλεια των αγώνων. *Μια κοινή γλώσσα* εμφανίστηκε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του OTElink, όπου

τα ζητήματα εθνικής σημασίας και μάρκετινγκ ήταν κυρίαρχα, οι τεχνολογικοί όροι ήταν τυποποιημένοι και οι διαμάχες ήταν κάποιες φορές πολιτικές παρά τεχνικές. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των δρώντων από διαφορετικά επαγγέλματα, εργασιακό περιβάλλον ή πολιτική θέση έγινε ευκολότερη και ομοιογενής. Σε διάφορες περιπτώσεις, η κοινή κατανοητή γλώσσα επιτάχυνε διαδικασίες επιτρέποντας την παράκαμψη διοικητικών ιεραρχικών δομών μέσα από την πολύπλοκη οργάνωση του Σχ. 12 ή του Σχ. 18, όταν απαιτήθηκαν να γίνουν ενέργειες σε περιορισμένο χρονικό πλαίσιο.

Πιο συγκεκριμένα, ο νέος υβριδικός χαρακτήρας των στελεχών, που σχεδιάζουν και υλοποιούν ένα τεχνικό έργο στα πλαίσια της δικτυακής αλληλεπίδρασης σε οργανωτικές δομές «μικρών κόσμων», οδηγεί σε σταδιακή σταθεροποίηση του δι-επίπεδου μοντέλου διοίκησης με διαφοροποίηση των ρόλων των δύο επιπέδων. Το κατώτερο επίπεδο γίνεται εξαιρετικά αποτελεσματικό στην εκτέλεση των τεχνικών έργων. Με τη δραστηριότητά του, επιτρέπει στην κεντρική διοίκηση (που ενδέχεται να μην απαρτίζεται από μηχανικούς) να διαχειρίζεται πολύπλοκα ζητήματα από απόσταση, με τη βοήθεια της τυποποίησης της τεχνικής ορολογίας. Κατ' αυτόν όμως τον τρόπο, οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις στον τύπο αυτόν επιχειρησιακής οργάνωσης τείνουν να εκλαμβάνουν την τεχνική ως δεδομένο, τους δε μηχανικούς ως χρήσιμο επαγγελματικό κλάδο που απαρτίζεται από αναλώσιμα εργαλεία. Η αποτελεσματικότητα της τεχνικής εργασίας δεν προσφέρει απαραίτητα σε επιτυχημένους μηχανικούς τη δυνατότητα είτε για άμεσες παρεμβάσεις στο επίπεδο στρατηγικού σχεδιασμού είτε για τη στελέχωση ανώτερων διοικητικά βαθμίδων διοίκησης. Αυτό μπορεί να αποβεί καταστροφικό, δεδομένου ότι είναι οι μοναδικοί που μπορούν να εκτιμήσουν την τεχνική εφικτότητα και τα ρεαλιστικά χρονικά πλαίσια υλοποίησης των έργων. Η επανασύνδεσή τους με κέντρα διοίκησης που παράγουν πολιτική περνά αναγκαστικά μέσα από την αναγνώριση του αναδυόμενου διπολικού διαχωρισμού των διοικητικών επιπέδων, της κεντρικής διοίκησης και της τεχνικής υλοποίησης, αντίστοιχα. Απαιτεί τον προσανατολισμό των προσωπικών τους επιδιώξεων τους στη συμμετοχή τους σε ομάδες ("think tanks") που προσφέρουν συμβουλευτικές υπηρεσίες ή επιτροπές και οργανισμούς για έρευνα και τεχνολογική ανάπτυξη, σε ό,τι δηλαδή σήμερα αναφέρεται ως πέμπτη εξουσία.

6.6 Μεταβολή και εμμένεια οργανωτικών δομών

Οι οργανωτικές δομές γεννιούνται και εξελίσσονται στη βάση της λειτουργικότητάς τους. Προσαρμόζονται στο είδος των προβλημάτων, που οφείλουν να επιλύσουν, και αντιδρούν στα χρονικά περιθώρια δράσης που τους προσφέρονται. Αυτή η προσέγγιση αναδείχθηκε στην περιγραφή των δικτύων που μελετήθηκαν στις τρεις μελέτες του παρόντος κεφαλαίου.

Καθώς οι δομές οργάνωσης και διοίκησης γίνονται αποδοτικές, εδραιώνονται σταδιακά και αποκτούν, όπως και κάθε συλλογική ανθρώπινη προσπάθεια που εμμένει, χαρακτήρα συμβολικό, που ξεπερνά την πρωταρχική τους χρηστικότητα. Έτσι, ακόμα και όταν, μετά τους Ολυμπιακούς Αγώνες, εξέλιπε ο κατεπείγων χαρακτήρας ανάπτυξης τηλεπικοινωνιακών δικτύων και επίλυσης τεχνικών προβλημάτων, ο ιδιότυπος ρόλος του Project Manager-Συντονιστή συνέχισε να ανατίθεται σε στελέχη του ΟΤΕ, σε έργα που μπορούσαν να θεωρηθούν αυτοτελή. Έγινε μάλιστα προσπάθεια ο ρόλος αυτός να ενσωματωθεί στην ιεραρχική εταιρική διοικητική δομή ως στελεχιακή θέση, με ακριβέστερο καθορισμό ευθυνών και συντονιστικού έργου, καθώς και με παγίωση της μισθολογικής αντιστοιχίας της με το επίπεδο του Υποδ/ντή. Κατ' αυτόν τον τρόπο όμως, και η νέα αυτή διοικητική λειτουργία έχει την τάση να αποκτήσει χαρακτήρα συντηρητικό. Μια επόμενη ανάγκη αντιμετώπισης κατεπείγοντος ζητήματος, με αυξημένο βαθμό ασάφειας, δεν αποκλείεται να την βρει απροετοίμαστη και να την οδηγήσει και πάλι στην επόμενή της μετεξέλιξη.

Σε μικροσκοπική κλίμακα, η παγίωση μιας νέας μορφής διοικητικής οργάνωσης έχει σημαντικές επιπτώσεις στην υιοθέτηση και δικαιολόγηση ατομικών συμπεριφορών. Έχοντας ξεκινήσει ως δημιούργημα της πρακτικής, η οργανωτική δομή αναδύεται ως κατάκτηση της ανθρώπινης συνείδησης, κωδικοποιώντας ατομικές συμπεριφορές και τύπους διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης, που επιτείνουν τη σταθερότητά της. Έτσι, η καθιερωμένη και απανταχού παρούσα ιεραρχική οργάνωση είναι συμφυής με την αυτοματοποιημένη διάθεση των στελεχών να επικαλούνται και να καταφεύγουν σε γραφειοκρατικές διαδικασίες ανταλλαγής υπηρεσιακών εγγράφων, ακόμα και στη δίνη επειγόντων περιστατικών δικτυακής λειτουργίας. Αυτό, όπως είδαμε, συνέβη

αρκετές φορές κατά τους Ολυμπιακούς Αγώνες. Παράλληλα, η δικτυακή οργανωτική δομή, στη μορφή που ισχυροποιήθηκε σταδιακά στον ΟΤΕ την περίοδο 1998-2004, εγγενώς αντιτιθέμενη σε πρακτικές της πολυ-επίπεδης διοικητικής ιεραρχίας, στηρίχθηκε σε ευέλικτες διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις, με άμεση επικοινωνία μέσω κατάλληλων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, όπως η κινητή τηλεφωνία, το TETRA ή το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Κατά τους Ολυμπιακούς Αγώνες, συνέβη ευρύτατα και αυτό.

Το ενδιαφέρον είναι πως, στις Μελέτες της παρούσας διατριβής, οι δύο πολύ διαφορετικοί τύποι αλληλεπίδρασης εκφράστηκαν από τους δρώντες με ξεχωριστή επιμονή και πάθος. Στη μία ακραία εκδοχή, οι δρώντες ενεργούσαν υπό το κάλυμμα της τυπολατρίας και της προσήλωσης στο επιχειρησιακό οργανόγραμμα. Στη άλλη, αναλάμβαναν πρωτοβουλίες και πειραματίζονταν, στα πλαίσια *ad hoc* ομάδων έργου, που στηρίζονταν στη διαρκή και άτυπη επικοινωνία και συνεργασία. Στην πρώτη εκδοχή, οι δρώντες αντλούσαν ηθική δικαίωση από την πιστή τήρηση των αρμοδιοτήτων, που τους είχαν υπηρεσιακά ανατεθεί. Στην δεύτερη, ταύτιζαν τους προσωπικούς τους στόχους με την αποδοτικότητα στο έργο, συχνά υπερβάλλοντας σε ζήλο και ανιδιοτέλεια, πέρα από τα στενά πλαίσια του υπηρεσιακού τομέα ευθύνης τους ή της τυπικής τήρησης ωραρίου απασχόλησης.

Το επίτευγμα της επιτυχούς διοργάνωσης των Ολυμπιακών Αγώνων αποτελεί μια από τις μοναδικές εκείνες περιπτώσεις, που η ευρύτατη διαφοροποίηση της εκφοράς της ατομικής δραστηριότητας αξιοποιήθηκε στην Ελλάδα σε μέγιστο βαθμό. Μέσα από τον ιδιότυπο συνδυασμό ιεραρχικής και δικτυακής οργάνωσης, βρέθηκε ο χώρος για να προσαρμοστεί αποτελεσματικά μια πανσπερμία τύπων διαπροσωπικής αλληλεπίδρασης. Αναμφισβήτητα, η λύση που ακολουθήθηκε μακράν απέχει από το να είναι η μοναδική λύση σε ένα καλά ορισμένο πρόβλημα. Αντίθετα, παρουσιάζει όπως είδαμε έντονα πολιτισμικά χαρακτηριστικά, αναφορικά με εταιρικές πρακτικές, με διαπροσωπικούς συσχετισμούς ή με το βαθμό ατομικής ευαισθησίας σε κοινωνικές διεκδικήσεις. Κάθε προσέγγιση της κοινωνικής φυσικής, όπως αυτή του Watts που αναφέρθηκε στην αρχή του κεφαλαίου, η οποία δεν κωδικοποιεί παρόμοια πολιτισμικά στοιχεία, δεν μπορεί παρά να παραμένει ελλιπής, αποτυγχάνοντας να περιγράψει (πολύ περισσότερο να προβλέψει) μια τέτοια λύση, με οποιαδήποτε ακρίβεια. Στα πλαίσια της επιστημονικής προσέγγισης, αυτό δεν πρέπει να εκληφθεί

ως αδυναμία. Αντιθέτως, μπορεί κάλλιστα να εκληφθεί ως ευκαιρία, για μια ακόμη απόπειρα μεθοδολογικής σύζευξης μικροσκοπικών αλληλεπιδράσεων και μακροσκοπικών δομών οργάνωσης και διοίκησης. Αυτή την ευκαιρία δεν θα την ακολουθήσουμε περαιτέρω στην παρούσα διατριβή. Απομένει να την εκμεταλλευτεί ο ιστορικός και ο κοινωνικός φυσικός, στο μέλλον.

ΠΡΟΣΩΠΑ ΠΟΥ ΣΥΝΕΙΣΕΦΕΡΑΝ ΣΤΟ Κεφ. 6

Το υλικό του Κεφαλαίου 6 ενσωματώνει στοιχεία από μαρτυρίες ανθρώπων που πρωταγωνίστησαν στο σχεδιασμό, υλοποίηση και λειτουργία των δικτύων Olympia Radio και OTElink (TETRA) στο διάστημα 1995-2005. Πολλοί από αυτούς υπήρξαν επί μακρόν συνεργάτες του γράφοντος, από τις υπηρεσιακές θέσεις που αυτός κατείχε ως Προϊστάμενος του Τμήματος Σχεδιασμού Κινητών Επικοινωνιών και TETRA Manager του ΟΤΕ για τους Ολυμπιακούς Αγώνες. Ο γράφων εφράζει εδώ τη βαθειά του εκτίμηση προς το πρόσωπό τους και το έργο που επιτέλεσαν και το οποίο περιλαμβάνεται στην παρούσα διατριβή.

Παρτσαλάκης Γεώργιος. Ηλεκτρολόγος Μηχανολόγος ΕΜΠ. Στον ΟΤΕ από το 1975 έως το 2005, κατείχε θέσεις Προϊσταμένου του Κέντρου Εποπτείας Ψηφιακών Κέντρων ΑΧΕ-10 (1989-1996) και του Συγκροτήματος Κατασκευών Κέντρων Αττικής (1996-2002), καθώς και Διευθυντικές θέσεις από το 2000. Κατά την περίοδο 2003-2005, ήταν υπεύθυνος ως Δ/ντής Τηλεπικοινωνιακών Επενδύσεων, για την υλοποίηση των ενσύρματων και ασύρματων δικτύων σε ολόκληρη την Ελλάδα, καθώς και του συνολου των Ολυμπιακών έργων. Σε αυτό το πλαίσιο, κατείχε κομβικό ρόλο σε όλες τις δράσεις που αφορούσαν στην υλοποίηση και στην εύρυθμη λειτουργία του δικτύου OTElink στους Αγώνες.

Βαγενάς Βασίλειος. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΔΠΘ. Στέλεχος του ΟΤΕ την περίοδο 1972-2006, με πολύπλευρη δράση στο σχεδιασμό, υλοποίηση, τεχνική υποστήριξη και εμπορική ανάπτυξη ασύρματων δικτύων του οργανισμού, όπως τα Inmarsat, Ελλάς Ράδιο, Olympia Radio και OTElink. Στοιχεία της δραστηριότητάς του από διάφορες επιχειρησιακές θέσεις αναφέρονται περιληπτικά στη διατριβή. Δεν αποτελεί

υπερβολή να λεχθεί πως η τεχνική αρτιότητα του δικτύου Olympia Radio σχεδιαστικά και λειτουργικά, καθώς και ολόκληρη η εμπορική διάθεση του δικτύου OTElink έως το 2005 στηρίχθηκε κατά κύριο λόγο στη δραστηριότητα του, κατά την τελευταία δεκαετία της παραμονής του στον Οργανισμό.

Τζόκας Παναγιώτης. Μηχανικός Τηλεπικοινωνιών, διετέλεσε στέλεχος της SIBE από το 1982 και του ΟΤΕ από το 1986, στις υπηρεσίες ασύρματων δικτύων. Μαζί με τον Β. Βαγενά οργάνωσε και επέβλεψε την εγκατάσταση και λειτουργία του δικτύου Ελλάς Ράδιο. Ως στέλεχος του Τμήματος Κινητών & Παράκτιων Επικοινωνιών, συμμετείχε στην υλοποίηση των δικτύων τηλε-ειδοποίησης (POCSAG και ERMES) και των δικτύων TETRA (ήτοι του OTElink και του TETRA-C4I για την εθνική ασφάλεια). Κατά τη διάρκεια των Αγώνων διετέλεσε συντονιστής δράσεων για την εύρυθμη λειτουργία του OTElink από το Κέντρο Διαχείρισης Κρίσεων Ασυρμάτων Δικτύων, ενώ από το 2005 ανέλαβε το Τμήμα Συστημάτων TETRA του Οργανισμού με αρμοδιότητα τον σχεδιασμό, επέκταση, συντήρηση και λειτουργία του δικτύου OTElink.

Θεοφανόπουλος Ιωάννης, MSc. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών από το Manchester Institute of Science and Technology. Εργάστηκε στην Shell Co Hellas Ltd πριν γίνει στέλεχος του ΟΤΕ το 1997 ως Εξειδικευμένος Μηχανικός. Διετέλεσε Προϊστάμενος του Τμήματος Συντήρησης & Διαχείρισης TETRA & ΣΑΡ του ΟΤΕ την περίοδο 2002-2005, συμμετέχοντας στην εγκατάσταση και λειτουργία των υποδομών OTElink. Λίγο πριν την έναρξη των Ολυμπιακών Αγώνων σχεδίασε την οργανωτική δομή παρακολούθησης λειτουργίας και ελέγχου του OTElink με την μέθοδο Project Management, η οποία υιοθετήθηκε από τη διοίκηση του ΟΤΕ και λειτούργησε με απόλυτη επιτυχία έως την ολοκλήρωση και των Παραλυμπιακών Αγώνων. Στη διάρκεια της διοργάνωσης διετέλεσε συντονιστής δράσεων για την εύρυθμη λειτουργία του OTElink, στο το Κέντρο Διαχείρισης Κρίσεων Ασυρμάτων Δικτύων. Από το 2005 είναι Προϊστάμενος του Τμήματος Λειτουργίας Δικτύων ΟΤΕ.

Βούδδας Πέτρος, MBA. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ, κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (MBA) από το ΕΜΠ. Συμμετείχε στην προετοιμασία των Ολυμπιακών Αγώνων ως στέλεχος του Εργαστηρίου Κινητών

Ραδιοεπικοινωνιών ΕΜΠ (καθηγητής Φ. Κωνσταντίνου) για την επάλληλη λειτουργία ασύρματων μικροφώνων στο ραδιοτηλεοπτικό φάσμα στους Ολυμπιακούς Χώρους. Ακολούθως, την περίοδο Ιαν. 2004 – Ιαν. 2005, μέσω σύμβασης του ΟΤΕ με το ΕΜΠ-ΕΠΙΕΥ, εντάχθηκε στο Τμήμα Σχεδιασμού Κινητών Επκοινωνιών που πραγματοποίησε τον σχεδιασμό του OTElink και τέθηκε υπεύθυνος για την επίβλεψη της τηλεπικοινωνιακής κίνησης του δικτύου στους Αγώνες. Έκτοτε αποτελεί στέλεχος του ΟΤΕ, συμμετέχοντας στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των πρώτων ευρυζωνικών δικτύων WiMAX στην Ελλάδα. Έχει συμμετάσχει ως συντάκτης σε επιστημονικές δημοσιεύσεις και στο βιβλίο «Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2006.

Χονδροκούκης Γεώργιος. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ. Έχει εργασθεί ως εισηγητής πληροφορικής σε ιδιωτικά και δημόσια ΙΕΚ, καθώς και στο Τμήμα Διαχείρισης και Εποπτείας του Δικτύου της Vodafon. Έγινε στέλεχος του ΟΤΕ το 2000 ως Εξειδικευμένος Μηχανικός του Τμήματος Κινητών & Παράκτιων Επικοινωνιών, όπου συμμετείχε στην υλοποίηση των δικτύων TETRA του ΟΤΕ (ήτοι του OTElink) και του C4I για την εθνική ασφάλεια. Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών και των Παραολυμπιακών Αγώνων συμμετείχε της εξειδικευμένης ομάδας στελεχών επιφορτισμένης με την επίλυση τηλεπικοινωνιακών προβλημάτων σε Ολυμπιακούς Χώρους και ήταν υπεύθυνος λειτουργίας του δικτύου OTElink στο Στάδιο της Νίκαιας.

Κοσμίδης Χρήστος. Τεχνικός Τηλεπικοινωνιών, στέλεχος του ΟΤΕ από το 1976. Ως στέλεχος του Τμήματος Κινητών & Παράκτιων Επικοινωνιών, συμμετείχε στην υλοποίηση των δικτύων POCSAG, ERMES και OTElink, καθώς και τον καθορισμό των θέσεων επομπής και προετοιμασία τεχνικών υποδομών του δικτύου TETRA του C4I για την εθνική ασφάλεια. Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων υπήρξε υπεύθυνος λειτουργίας του δικτύου OTElink στο Αεροδρόμιο του Ελληνικού, παρεβαίνοντας παράλληλα και σε άλλους Ολυμπιακούς Χώρους της Αττικής σε επείγουσες λειτουργικές απαιτήσεις του δικτύου.

Μάλαμας Αντώνιος. Τεχνικός Τηλεπικοινωνιών, στέλεχος του ΟΤΕ από το 1976, αποσπασμένος στην Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων στο διάστημα 1999-2001. Ως στέλεχος του Τμήματος Σχεδιασμού & Αναπτυξης

Ασύρματων Επικοινωνιών, συμμετείχε στο σχεδασμό των δικτύων TETRA του ΟΤΕ και του C4I για την εθνική ασφάλεια. Οργάνωσε και συμμετείχε σε εκτεταμένες μετρήσεις και μελέτες ραδιοκάλυψης του OTElink, που πραγματοποιήθηκαν από στελέχη του ΟΤΕ και του ΕΜΠ σε Ολυμπιακούς χώρους και οδικούς άξονες αστικού δικτύου Αθηνών και Θεσσαλονίκης. Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών και Παραλυμπιακών Αγώνων υπήρξε μέλος της κινητής μονάδας τεχνικών του ΟΤΕ για την εξασφάλιση της εύρυθμης λειτουργίας του OTElink στο σύνολο των Ολυμπιακών Χώρων της διοργάνωσης.

Δρόσος Κωνσταντίνος, MSc. Ηλεκτρολόγος Μηχανολόγος ΕΜΠ, με μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών από το ΕΜΠ και το ΕΚΠΑ. Πρωτοπόρος στην Ελλάδα μέσω των εταιρειών Τηλετεχνική και Heletel ΑΕ, των οποίας υπήρξε ιδρυτικό μέλος, εξόπλιζε από το 1994 με λογισμικά σχεδίασης ασύρματων επικοινωνιών και εκπαίδευε στελέχη τεχνικών Υπηρεσιών του ΟΤΕ, του Υπουργείου Μεταφορών & Επικοινωνιών (ΥΜΕ) και, μετέπειτα της Εθνικής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων. Κατά την προετοιμασία των Ολυμπιακών Αγώνων, στελέχη της Τηλετεχνικής προσέφεραν τεχνική υποστήριξη για τον σχεδιασμό του δικτύου OTElink. Σύμβουλος του ΥΜΕ την περίοδο 2000-2003, συνέβαλε στον καθορισμό και τη ρύθμιση του ραδιοτηλεοπτικού φάσματος στην Ελληνική επικράτεια, ενώ συμμετείχε στις διαπραγματεύσεις και την υπογραφή της CEPT-DAB Final Act, καθώς και σε συναντήσεις και ομάδες εργασίας των ERO, ECC, CEPT, εκ μέρους της Ελληνικής Δημοκρατίας. Την μετα-Ολυμπιακή περίοδο υλοποίησε μέσα από ποικίλα εταιρικά σχήματα ένα από τα πρώτα ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα WiMAX στην Ελλάδα, στην μοναστηριακή περιοχή της χερσονήσου του Άθω.

Αβραάμ Ασημακόπουλος, MBA. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ, κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (MBA) από το ΕΜΠ. Ως στέλεχος του Εργαστηρίου Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών ΕΜΠ (καθηγητής Φ. Κωνσταντίνου) συμμετείχε από το 2001 σε μελέτες και μετρήσεις Η/Μ ακτινοβολίας, μετρήσεις παρεμβολών και χρήσης ραδιοφάσματος. Κατά τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων εκπόνησε εκτεταμένες μελέτες ραδιοκάλυψης και βελτιστοποίησης του δικτύου OTElink σε Ολυμπιακούς χώρους και οδικούς άξονες αστικού δικτύου Αθηνών και Θεσσαλονίκης. Επίσης, συμμετείχε τεχνικές μελέτες ελέγχου προδιαγραφών λειτουργίας, καθώς και σε μετρήσεις ραδιοκάλυψης και

βελτιστοποίηση του δικτύου ασφαλείας TETRA του C4I. Από το 2006 είναι στέλεχος των υπηρεσιών του ΟΤΕ για τον σχεδιασμό και υλοποίηση ασύρματων ευρυζωνικών δικτύων WiMAX στην Ελλάδα. Είναι συντάκτης επιστημονικών δημοσιεύσεων για τις τεχνολογίες συγκαναλικών επικοινωνιών.

Παναγιώτης Παπαγιαννόπουλος, MBA. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ, κάτοχος μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (MBA) από το οικονομικό πανεπιστήμιο ALBA. Εργάστηκε ως στέλεχος της Vodafon έως το 2004 και κατόπιν στην Οργανωτική Επιτροπή Ολυμπιακών Αγώνων (ΟΕΟΑ) ως manager για την ανάπτυξη του δικτύου TETRA, για την υποστήριξη των ασύρματων επικοινωνιών της διοργάνωσης. Υπήρξε ο κύριος σύνδεσμος της ΟΕΟΑ με τις επιτελικές υπηρεσίες του ΟΤΕ και τον TETRA Manager του ΟΤΕ, καθόλη τη διάρκεια της εγκατάστασης δικτυακών υποδομών σε ολους τους εξωτερικούς και εσωτερικούς Ολυμπιακούς χώρους στην Ελλάδα, καθώς και για τον έλεγχο και λειτουργία του δικτύου κατά τους Ολυμπιακούς και Παρολυμπιακούς Αγώνες. Συνέβαλε στην οργάνωση από την ΟΕΟΑ των ασύρματων υπηρεσιακών επικοινωνιών με τον καθορισμό της δομής ομάδων ομιλίας, η οποία εκμεταλλεύτηκε τις δυνατότητες της ψηφιακής τεχνολογίας για πρώτη φορά στην ιστορία ολυμπιακών διοργανώσεων. Μετά το 2005 αποτελεί στέλεχος τεχνο-οικονομικών υπηρεσιών σε εταιρείες τηλεπικοινωνιακών παρόχων.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adamic, L. A., Lucose, R. M., Pumiyani, A. R., and Huberman, B. A. (2001). Search in power-law networks, *Phys. Rev. E* 64, 046135.

Agliari, E., Burioni, R., Cassi, D., and Neri, F. M. (2006) Efficiency of information spreading in a population of diffusing agents. *Phys. Rev. E* 73, 046138.

Aubrey, J. (1681). *Brief Lives*, ed. J. Buchanan-Brown (2000), pp. 427-8. London: Penguin.

Axelrod, R. (1987). The evolutionary approach to Norms. *American Political Science Review* 80, 1095-1111.

Axelrod, R., and Hamilton W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science* 211, 1390-1396.

Bachelier, L. (1900), *Théorie de speculation* [PhD thesis in mathematics], Ann. Sci. École Nor, Sup. III-17, 21.

Bak, P. (1996). *How Nature Works*. New York: Springer.

Bak, P., Tang, C., and Wiesenfeld, K. (1987). Self-organized criticality: an explanation of 1/f noise. *Phys. Rev. Lett.* 59, pp.381-384.

Ball, F., Molison, D., and Scalia-Tomba, G. (1997) Epidemics with two levels mixing. *Annals of Applied Probability* 7, 46.

Ball, P. (2004). *Critical Mass.* New York: Farrar, Straus and Giroux.

Barabási A.-L. (2005) The origin of bursts and heavy tails in human dynamics. *Nature* 435, 207.

Barabási, A.-L. (2003) *Linked.* New York: Plume.

Barabási, A.-L., and Albert, R. (1999). Emergence of scaling in random networks. *Science* 286, 509.

Beck, U. (1992) *Risk Society – Towards a new modernity*. London: SAGE Publications.

Ben Jacob, E., *et al*. (2004). Bacterial linguistic communication and social intelligence. *Trends in Microbiology* 12 (August): 366–372.

Bentley, W. A. and Humphreys, W. J. (1931). *Snow Crystals.* New York: McGraw-Hill Book Co., ανατύπωση New York: Dover (1962).

Bertho-Lavenir, C. (1988) The telephone in France 1879 to 1979: national characteristics and international influences. In Mayntz (1988), p. 158.

Bianconi, G. and Barabási, A.-L. (2001). Bose-Einstein condensation in complex networks. *Phys. Rev. Lett.* 86, 5632.

Bianconi, G., and Barabási, A.-L. (2001). Competition and multiscaling in evolving networks. *Europhys. Lett.* 54, 436.

Biggiero, L. (1999) Markets, hierarchies, networks, districts: a cybernetic approach. *Human Systems Management*, 18: 71–86.

Bijker, W.E., Hughes, T.P. and Pinch, T.F. (1997) *The Social Construction of Technological Systems*. Boston: The MIT Press.

Black, M. (1962) *Models and Metaphors*. Ithaca, NY: Cornell Univ. Press.

Blau, P. M. (1987) Contrasting theoretical Perspectives. Στο Alexander J. C. *et al*. (eds), *The Micro-*

Macro Link. Berkeley: University of California Press, 71-85.

Blau, P.M. (1977). *Inequality and Heterogeneity: A Primitive Theory of Social Structure.* New York: Free Press/ Macmillan.

Boden, D. and Zimmermann, D. H. (eds.). (2007). *Talk and Social Structure.* Campbridge: Polity Press.

Broadbent, G. (1998) *Design and architecture: Architecture and human sciences.* London: David Fulton.

Buchan, J. (2006) *The Authentic Adam Smith: His Life and Ideas.* New York: W. W. Norton & Company.

Buchanan M. (2002) *NEXUS - Small Worlds and the Science of Networks.* New York and London: W.W. Norton and Co.

Buchannan, M. (2000) *Ubiquity*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Burt, R. S. (1982) *Toward a Social Theory of Action.* New York: Academic Press.

Bouchaud, J-P. and Mézard, M. (2000). Wealth condensation in a simple model of economy. *Physica A* 282, 536.

Callaway, D. S. *et al* (2000) Network robustness and fragility: percolation on random graphs. *Phys. Rev. Lett.* 85, 5468.

Callon, M. (1986) Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In J. Law (ed.) (1986) *Power, action and belief: A new sociology of knowledge?* London: Routhledge and Kegan Paul.

Callon, M., and Law, J. (1989) On the construction of sociotechnical networks: Content and context revisited. In Hargens, L. L. (ed) (1989) *Knowledge and Society: Studies in the sociology of science past and present*. Grenwich, CO: JAI Press Inc, pp. 57-83.

Carvalho, R., Iida, S., and Penn, A. (2003). Scaling and universality in the micro-structure of urban space, *Proceedings – 4th International Space Symposium*, London.

Castels, M. (1996) *The rise of the network society.* Oxford: Basil Blackwell.

Challet, D., and Zhang, Y-C. (1997). Emergence of Cooperation and Organization in an Evolutionary Game. *Physica A* 246, 407.

Chopard, B., and Droz, M. (1998). *Cellular automata modeling physical systems.* Cambridge: Cambridge University Press.

Clemson, B. (1984). *Cybernetics: A New Management Tool.* New York: Abacus / Gordon & Breach.

Cohen, R. *et al* (2000) Resilience of the internet to random breakdown. Phys. Rev. Lett. 85, 4626.

Cooke, K. L. *et al* (1997). Stability or chaos in discrete epidemic models. Στο *Nonlinear systems and applications: An international conference*. New York: Academic Press, pp. 73-93.

Coutard, O. (Ed.) (1999) *The Governance of Large Technological Systems.* Routledge: London and New York.

Coyne, R. (1995). *Designing information technology in the postmodern age*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press.

Cristakis, N. A. and Fowler J. (2010). *Connected: Amazing Power of Social Networks and How They Shape Our Lives*. London: Harper Press.

Csermely, P. (2006). *Weak Links.* Berlin: Springer.

de Castro, R., and Grossman, J. W. (1999). Famous trails to Paul Erdős. *Mathematical Intelligencer* 21,

51 (1999).

de S. Pool, I., and Kochen, M. (1978). Contacts and influence. *Social Networks* 1, 1.

de Solla Price, D. J. (1965). Networks in scientific papers. *Science* 149, 510.

Dekimpe, M. G., Parker, P. M., and Sarvary, M. (1998) Stage estimation of international diffusion models: An application of global cellular telephone adoption, *Technological Forecasting and Social Change* 57, 105.

Derrida, J. (1992) *Given time: I. Counterfeit money.* Chicago: The University of Chicago Press.

Deszö, Z. *et al* (2006) Dynamics of information access on the Web. *Phys. Rev. E* 73, 066132.

Donner, J. (2008) Research approaches to mobile use in the developing world: A review of the literature. *The Information Society* 24(3), 140.

Dragulescou, A. A., and Yakovenko, V. M. (2001). Evidence for the exponential distribution of income in the USA. *Eur. Phys. J*. B 20, 585.

Dragulescou, A. A., and Yakovenko, V. M. (2001). Exponential and power-law probability distributions of wealth and income in the United Kingdom and the United States. *Physica A* 299, 213.

Durkhem, E. (1938) [1895] *Rules of Sociological Method,* transl. George Kaplin. New York: Free Press.

Dussutour, A., Fourcassié, V., Helbing, D., & Deneubourg, J-L. (2004). Optical traffic organization in ants under crowded conditions. *Nature* 428, 70.

Easingwood, C., Mahajan, V., and Muller, E.(1981) A nonsymmetric responding logistic model for forecasting technological substitution. *Technological Forecasting and Social Change* 20, 199.

Easingwood, C., Mahajan, V., and Muller, E.(1983) A non-uniform influence innovation diffusion model of new product acceptance. *Marketing Science* 2, 273.

Eckmann, J. –P., Moses, E., and Sergi, D. (2004) Entropy Dialogues Creates Coherent Structures in e-mail Traffic. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 101, 14333-14337.

Erdős, P., and Renyi, A. (1960). *On the evolution of random graphs*. Publications of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences 5, 17.

Ferguson, N. M., Donnelly, C. A., and Anderson, R. M. (2001) The foot-and-mouth epidemic in Great Britain: Pattern of spread and impact of interventions, *Science* 292, 1155.

Ferguson, N. M., Donnelly, C. A., and Anderson, R. M. (2001) Transmission intensity and impact of control policies on the foot-and-mouth epidemic in Great Britain, *Nature* 413, 542.

Feynman, R. S. (1965). *Ο χαρακτήρας του φυσικού νόμου.* Cambridge: MIT Press. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (1980).

Fisher, J. C., and Pry, R. H. (1971). A Simple Substitution Model of Technological Change. *Technol. Forecast. Soc. Change*. 3, 75-88.

Flichy, P. (1995) *L' innovation Technique.* Paris: La Decouverte.

Flichy, P. (1997) *Une histoire de la communication moderne*. Paris: La Découverte.

Foucault, M. (1970). *The order of things.* London: Tavistock Publications.

Frank, L. D. (2004) An analysis of the effect of the economic situation on modeling and forecasting the diffusion of wireless communications in Finland, *Technological Forecasting and Social Change* 71, 391.

Fujikawa, H. and Matsushita, M. (1989). Fractal Growth of Bacillus Subtilis on Algar Plate. *Journal of*

Physical Society of Japan 58, 3875-8.

Galeotti, A., Goyalz, S., Jackson, M. O., Vega-Redondo, F., and Yariv, L. (2010) Network Games. *The Review of Economic Studies* 77, 218-244.

Galison, P. (1994). The ontology of the enemy: Nobert Wiener N. and the Cybernetic vision, *Critical Inquiry*, Vol. 21, No. 1, p. 259.

Gallegati M, Keen S, Lux T, Ormerod P (2006). Worrying trends in econophysics. *Physica A* 370:1–6.

Garfinkel, H. (1967) *Studies in Ethnomethodology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall (επίσης Cambridge: Polity Press)

Garfinkel, H., Lynch, M., and Livingston, E. (1981) Science observed: Perspectives on the social study of science. *Philosophy of the Social Sciences* 11, 131-58.

Garlascheelli, D., Loffredo, M. (2008). Effects of network topology on wealth distributions. *Journal of Physics A* 41, 224018.

Ghoshal, S., and Morgan, P. (1996) Bad for practice: a critique of the transaction cost theory. *Academy of Management Review* 21, 13-47.

Gibbens, J. C. *et al* (2001) Descriptive epidemiology of the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain: the first five months, *Vet. Rec.* 149, 729.

Gibbens, J. C., and Wilesmith, J. W. (2002) Temporal and geographical distribution of cases of foot-and-mouth disease during the early weeks of the foot-and-mouth disease during the early weeks of the 2001 epidemic in Great Britain, *Vet. Rec.* 151, 407.

Giddens, A. (1990) *The consecuencies of Modernity*. Campbridge: Polity Press.

Goldenberg, J., Libai, B., Solomon, S., Jan, N., and Stauffer, D. (2000) Marketing percolation, *arXiv:cond-mat/0005426v1 [cond-mat.stat-mech] 24 May 2000*.

Granovetter, M. (1973) The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78, 1360-80.

Granovetter, M. (1992) Problems and explanations in economic sociology. In Nohria, N., and Eccles, R. G. (Eds.) (1992) *Network organizations: Structure, form, action*. Cambridge (MA): Harvard University Press, p.33.

Granovetter, M. (1995). *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Chicago: Chicago University Press, 2nd Ed.

Granovetter, M. (2001). A theoretical agenda for Economic Sociology. In Guillen, M. F., Collins, R., England, P., and Meyer, M. (eds) (2001) *Economic Sociology at the millennium.* New York: Russell Sage Foundation.

Graunt, J. (1662). *Observations upon the Bills of Mortality* http://www.edstephan.org/Graunt/bills.html

Gruber, H. (2001) Competition and innovation: The diffusion of mobile telecommunications in Central and Eastern Europe. *Information Economics and Policy* 13(1), 19.

Gruber, H., and F. Verboden, F. (2001) The diffusion of mobile telecommunications services in the European Union countries. *European Economic Review* 45, 577.

Grundmann, R. (1999) Society in the web of systems and networks. In Coutard (1999), p. 244.

Guiddens, A. (1971). *Capitalism and Modern Social Theory.* Cambridge: Cambbridge University Press.

Guiddens, A. (1984). *The Consitution of Society: Outline of the Theory of Structuration.* Cambridge: Polity Press.

Gumperz, J. (1982) *Language in Social Groups.* Sttanford: Stanford University Press.

Hacking, I. (1990) *The taming of chance.* Cambridge: Campridge University Press.

Hacking, I. (1999). *The social construction of what?* Cambridge MA: Harvard University Press.

Haight, F. A. (1967) *Handbook of the Poisson Distribution*. New York: Wiley.

Harder U., and Paczuski, M. (2006) Correlated dynamics in human printing behavior. *Physica A* 361, 329.

Hawking, S. (1988). *A brief history of Time*. New York: Bantam Books. [Στα ελληνικά, το *Χρονικό του Χρόνου*. Αθήνα: Κάτοπτρο].

Haydon, D. T., Chase-Topping, M., Shaw, D. J. *et al* (2003) The construction and analysis of epidemic trees with reference to the 2001 UK foot-and-mouth outbreak, *Proc. Roy. Soc. Lon., Series B* 270, 121.

Hechter, M. (1983) *The Microfounddations of Macrosociology.* Philadelphia: Temple University Press.

Heize, G. W., and Kill, H. H. (1988) The development of German railway system. Στο Mayntz (1988), p. 107.

Heritage, J. (1984). *Garfinkel and Ethnomethodology.* Cambridge: Polity Press.

Hobbes, T. (1651) *De Cive, Epistle Dedicatory 6.* http://www.constitution.org/th/decive.htm

Hobbes, T. (1651) *Leviathan.* C.B. Macpherson (ed) (1985), p. 190, Penguin, London. http://oregonstate.edu/instruct/phl302/texts/hobbes/leviathan-contents.html

Hudson, R.A. (1980). *Sociolinguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Idhe, D. (2000) Epistemology Engines. *Nature* 406, 21.

Idhe, D. (2000) Putting Technology in its place. *Nature* 404, 935.

Kao, R. R. (2002) The role of mathematical modeling in the control of the 2001 FMD epidemic in the UK, *Trends Microbiol.* 10, 279.

Karinthy, F. (1929) Chain-Links. Στη συλλογή διηγημάτων *Everything is different* (1929). Παρατίθεται ολόκληρο στο Newman (2006), σελ. 22.

Kay, N. M. (1992) Markets, false hierarchis and the evolution of modern corporation. *Journal of Economic Behaviour and Organization* 17, 315.

Keeling, M. J. (1999) The effects of local spatial structure on epidemiological invasion. *Proc. R. Soc. London B* 266, 859.

Keeling, M. J., Woolhouse, M. E. J., May, R. M., Davies, G., and Grenfell, B. T. (2003) Modelling vaccination strategies against foot-and-mouth disease, *Nature* 421, 136.

Kerner, B. S. (2001). Complexity of synchronized flow and related problems from basic assumptions of traffic flow theories. *Networks and Spatial Economics* 1, 35-76.

Kleinberg, J. M. (2000). Navigation in a Small Word. *Nature* 406, 845.

Koski, J., and T. Kretschmer, T. (2005) Entry, standards and competition: Firm strategies and the diffusion of mobile telephony. *Rev. Ind. Org.* 26, 89.

Kotler, P. (2000) *Marketing Management*, 10th ed., London: Prentice-Hall International Limited.

Krugman, P. (1994) *Peddling Prosperity*. New York: W. W. Norton.

Kumar, U., and Kumar, V. (1992) Technological innovation diffusion: The proliferation of substitution models and easing the user's dilemma. *IEEE Transactions on Engineering Management* 39, 158.

Kuperman, M., and Abramson, G. (2001) Small world effect in an epidemiological model. *Phys. Rev. Lett.* 86, 2909.

Labov, W. (1972). *Sociolinguistic Patterns.* Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Latour, B. (1989) *La science en action – Introduction a la socilogie des sciences*. Paris : Galimar.

Latour, B. and Woolgar, S. (1986). *Laboratory Life: The Constitution of Scientific Facts.* Princeton: Princeton University Press.

Law, J and Hassard, J. (Eds) (1999) *Actor Network Theory and After.* Oxford: Basil Blackwell Publishers.

Levy, M. (2003). Are rich people smarter? *Journal of Economic Theory* 110, 42-64.

Lighthill, M.J., Whitham, G.B. (1955). On kinetic wave II: a theory of traffic flow on crowded roads. *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, 229 (1178), 317-345.

Liikanen, H., Stoneman, P., and Toivanen, O. (2004) Intergenerational effects in the diffusion of new technology: The case of mobile. *International Journal of Industrial Organization* 22, 1137.

Lindmark, S., and Bohlin, E. (2003) The i-mode success story: Towards a system explanation. *Communication and Strategies* 52, 193 (2003).

Locke, J. (1690). 2nd Treatise of Government. Στο Godie, M. (ed) (1993) *Two Treatises on Government*. London: J.M. Dent.

Lux, T. and Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market. *Nature* 397, 498.

Magazine Litteraire (2000), "La renaissance de l' utopie", Paris, Mai 2000.

Mankievwicz, R. (2000) *Η ιστορία των μαθηματικών*. Μετάφρ. Λ. Καρατζάς, Αθήνα 2002.

Mantegna, R.N. and Stanley, H.E. (1995). Scaling behavior in the dynamics of an economic index. *Nature* 376, 46.

Mayntz, R. and Hughes, T.P. (1988) *The development of large technical systems.* Frankfurt am Main and Boulder (CO): Campus and Westview Press.

Meade, N., and Islam, T. (1998) Technological forecasting – model selection, model stability, and combining models. *Management Science* 44, 1115.

Meade, N., and Islam, T. (2006) Modelling and forecasting the diffusion of innovation – A 25-year review. *International Journal of Forecasting* 22, 519.

Menchen, H. L. (1920) *Prejudices: Second Series*. Αμερικανός δημοσιογράφος και σατυρικός λογοτέχνης (1880-1956). http://www.quotationspage.com/quote/282.html

Michalakelis, C., Dede, G., Varoutas, D., and Sphicopoulos, T. (2008) Impact of cross-national diffusion process in telecommunications demand forecasting. *Telecommunication Systems* 39, 51.

Michalakelis, C., Varoutas, D., and Sphicopoulos, T. (2008) Diffusion of mobile telephony in Greece. *Telecommunications Policy* 32, 234.

Miller, J. H. and Page, S. E. (2007) *Complex Adaptive Systems*. Prinston & Oxford: Prinston Univ. Press.

Mitcham C. (1994) *Thinking Through Technology*. Chicago & London: The University of Chicago Press, chapters 1-5.

Mitteldorf, J. (accessed Sept 2010) Life History Evolution in the Context of K Selection Solution of the

Age-Structured Logistic Equation. http://arxiv.org/ftp/q-bio/papers/0511/0511018.pdf

Moore C., and Newman, M. E. J.(2000) Epidemics and percolation in small world networks. *Phys. Rev. E* 61, 5678.

More, T. (1516) *Utopia*. http://oregonstate.edu/instruct/phl302/texts/more/utopia-contents.html

Moreno, J. (1934) *Who Shall Survive?* New York: Beakon Press.

Morris, M. S., Wilesmith, J. W., Stern, M. W., Stason, R. L., and Stevenson, M. A. (2001) Predictive spatial modeling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, *Vet. Rec.* 149, 137.

Mumford, L. (1946). *The Culture of Cities*. London: Secker & Warburg.

Nagel, K., and Schreckenberg, M. (1992). A cellular automaton for highway traffic. *J. Phys. I France* 2, 2221.

Newman, M. E. J. (2002) The spread of epidemic disease on networks. *Phys. Rev. E* 66, 016128.

Newman, M., Barabási, A.-L., and Watts, D. J. (Eds.) (2006) *The structure and Dynamics of Networks.* Princeton and Oxford: Princeton Univ. Press.

Nikolis, G. and Prigogine, I. (1977). *Self-organization in Non-equilibrium systems.* New York: Wiley-Interscience.

Nirei, M. and Souma, W. (2004) pp. 161-170. Στο Gallegati, M., Kirman, A. P., and Marsilli, M. (eds) (2004) *The complex dynamics of economic interaction: Essays in economics and econophysics.* Heidelberg: Springer Berlin.

Nussbaum, F. L. (1965). The Triumph of Science and Reason 1660-1685. New York: Harper & Row.

OECD Communications Outlook 2009, Information and Communication Technologies, 15 September 2009.

Onnela, J.-P., Saramäki, J., Hoyvönen, J., Szabó, G., Lazer, D., Kaski, K., Kertész, J., and Barabási, A.-L. (2007) Structure and tie strengths in mobile communication networks. *Nature* 104, 7332-7336.

Papagiannopoulos, P., Xenikos, D. G., and Vouddas, P. (2009). Event management and group communications– The case of the Olympic Games 2004 in Athens. *Event management* Vol. 13 (2), pp. 103-116.

Parrish, J. K. and Edelstein-Keshet, L. (1999). Complexity, pattern, and evolutionary trade-offs in animal aggregation. *Science* 284, 99-101.

Parsons, T. (1937) *The structure of social action.* New York: McGraw-Hill.

Pastor-Satorras, R. and Vespignani, A. (2001) Epidemic spreading in scale-free networks, *Phys. Rev. Lett.* 86, 3200.

Pickering, A (1995) *The Mangle of Practice – Time, Agency & Science*. Chicago and London: The University of Chicago Press.

Popper, K. R. (1965). *Of Clouds and Clocks.* Washington: Washington University.

Prigogine, I. and Stengers, I. (1984) *Order out of Chaos: Man's dialogue with nature.* London: Random House Inc.

Prigogine, I. (1980). *From Being to Becoming.* New York: Freeman.

Prigogine, I. (2003). Οι νόμοι του χάους, μεταφρ. Π.Α. Χριστοδούλου, Επιμ. Ι.Ε. Αντωνίου. Αθήνα: Τραυλός.

R. Ashby, R. (1956) *An Introduction to Cybernetics.* London: Chapman and Hall.

R. Gibrat (1931) *Les inégalités économiques.* Sirey Paris, France.

Rapaport, A., and Guyer, M. (1996). A taxonomy of 2×2 games. *Yearbook of the Society of General Systems Research* 11:203-14.

Rapoport, A. (1963). Mathematical models of social interaction. Στο, Luce, R. D., Bush, R. R., and Galander, E. (Eds.) (1963) *Handbook of Mathematical Psychology,* vol. 2, pp. 493-579.

Redner, S. (1998). How popular is your paper? An empirical study of the citation distribution, *Eur. Phys. J.* B 4, 131.

Reynolds, C. W. (1987), Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. *Computer Graphics* 21(4), pp. 25-34.

Richards P.I. (1956). Shock waves on the highway. *Operations Research* 4 (1), 42-51.

Rogers, E. M. (1983) *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.

Rosenblueth, A., and Wiener, N. (1950). Purposeful and Non-purposeful Behavior. *Philosophy of Science* 17, 326.

Rosenblueth, A., Wiener, N, and Bibelow, J (1943). Behavior, Purpose and Teleology. *Philosophy of Science* 10, 22.

Rouvinen, P. (2006) Diffusion of digital mobile telephony: Are developing countries different? *Telecommunications Policy* 30, 46.

Russell, B.W. (1959). *Common Sense and Nuclear Warfare*. London: George Allen and Unwin.

Salsbury, S. (1988) The emergence of an early large-scale technical system: the American railroad network. In Mayntz (1988), p. 63.

Schegloff, E. A. (1991) Reflections on Talk and Social Structure. Στο Boden (1991).

Schelling, T. (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Society* 1, 143-146.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27, 379-423.

Shapin, S. and Schafer, S. (1989). *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton: Princeton Univ. Press.

Sharif, N. M., and Islam, N. M. (1980) The Weibull distribution as a general model for forecasting technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 18, 247.

Shirley, M. D. F., and Rushton, S. P. (2005) Where diseases and networks collide: Lessons to be learnt from a study of the 2001 foot-and-mouth disease epidemic. *Epidemiol. Infect.* 133, 1023.

Silva, A. C. and Yakovenko, V. M. (2005). Temporal evolution of the 'thermal' and 'superthermal' income classes in the USA during 1983-2001. *Europhysics Letters* 69, 304–310.

Simon, H. A. (1962). The Architecture of Complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106: 467-82.

Song, C., Havlin, S., Maske, H. A. (2006). Origins of fractality in the growth of complex networks. *Nature Physics* 2, 275.

Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. *Nature* 410, 268.

Sundqvist, S., Frank, L., and Puumalainen, K. (2005) The effects of country characteristics, cultural similarity and adoption timing on the diffusion of wireless communications. *Journal of Business*

Research 58, 107.

Taylor, R. (1950). Comments on a Mechanical Conception of Purposefulness. *Philosophy of Science* 17, 311 (1950).

Thompson, R. F. (2003). *Between hierarchies and markets: The logic and limits of network forms of organization.* Oxford: Oxford Univ. Press.

Throne, B., and Henley, N. (eds) (1983) *Language, Gender, and Society*. Rowley, MA: Newbury House.

Turing, A. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society (series 2)* 42:230-65.

Turing, A. (1952). The Physical Basis of Morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society* B/237 (1952)

Urry, J. (2004) Small worlds and the new "social physics". Global Networks 4 (2), 109.

Vázquez, A. (2007) Impact of memory on human dynamics. *Physica A* 373, 747.

Vázquez, A. *et al* (2006) Modeling bursts and heavy tails in dynamics. *Phys. Rev. E* 73, 036127.

Velicer, G. J. & Yu, Y. N. (2003) Evolution of novel cooperative swarming in the bacterium Myxococcus xanthus. *Nature* 425, 75-78.

von Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory.* New York: Brazillier.

Wallerstein, I. (1996). *Open the Social Sciences: Report of the Gulbenkian Commission on the restructuring of the Social Sciences.* Standford, CA: Standford University Press.

Watts, D. J. (2003). *Six degrees.* London: Vintage.

Watts, D. J. and Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature* 393, 440.

West, C., and Zimmermann, D.H. (1983). Small insults: a study of interruptions in conversations between unacquainted persons. Στο Throne (1983)

Wiedemann, R. (1974). Simulation des Straßenverkehrsflusses In Schriftenreihe des Instituts fürVerkehrswesen der Universität Karlsruhe, Germany, Heft 8 1974. Στα Αγγλικά δες Wiedemann, R. Modeling of RTI-Elements on Multi-Lane Roads. In Advanced Telematics in Road Transport, *DG XIII, Commission of the European Community*, Brussels, Belgium, 1991.

Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine.* Cambridge Massachusetts: The MIT Press.

Williamson, O. E. (1992) Markets, hierarchies, and the modern corporation: An unfolding percspective. *Journal of Economic behavior and organization* 17, 97.

Wilson, T. P. (1991). Social Structure and the Sequential Organization of Interaction. Στο Boden (1991).

Wolfram, S. (2002). *A new kind of science.* Champaign, Illinois: Wolfram media.

Woolhouse, M., and Donaldson, A. (2001) Managing foot-and-mouth. *Nature* 410, 515.

Xenikos, D. G. (2008). Self-similarity in voice group communications in trunked mobile telephony. *Proceedings of NetSci08, International Workshop and Conference on Complex Networks and its Applications*, Norwich UK 23-27 June.

Xenikos, D. G. (2009). Modeling human dialogue – the case of group communications in trunked mobile telephony. *Physica A* 388, 4910-19.

Xenikos, D. G., Kapogiannopoulou, K., and Assimakopoulos, M. (2003) National attitudes towards innovation in publicly funded research. *Proceedings of the Intern. Conference "Innovation in*

Europe: Dynamics, Institutions and Values". Roskilde University, Denmark, 8-9 May.

Yakovenko, V. M. Meyers, R. A. (ed) (2009) *Econophysics, statistical mechanics approach to. In Encyclopedia of Complexity and System Science*. Berlin: Springer.

Zipf, G. K. (1965). *Human behavior and the Principle of Least Effort*. New York: Hafner.

Βασιλόπουλος, Χ., Κωτούλας, Δ., Ξενικός, Δ., Βούδδας, Π., Δούκογλου, Τ., Χελιώτης, Γ., Αγαπίου, Γ. (2010) *Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.

Δρόσος, Κ. (2006) *Ρυθμιστικό Πλαίσιο Ραδιοφάσματος FM στην Αθήνα – Ετερογενή Δίκτυα και Ρύθμιση Τηλεπικοινωνιακού Τομέα*. Διπλωματική Εργασία στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης, Επιβλέπων Καθηγητής Μ. Ασημακόπουλος, ΕΜΠ και ΕΚΠΑ.

Θεοδωράκης, Μ. (2008) Συνέντευξη, Δίφωνο, Τεύχος 154, Σεπτέμβριος 2008.

Κωνσταντινίδης, Β. (2010) *Πρακτικά της Εξεταστικής των Πραγμάτων Επιτροπής Βουλής για την υπόθεση Siemens (πρόεδρος Ιωσήφ Βαλυράκης)*. Μάρτιος 2010.

Ξενικός, Δ. Γ. (2009). Μεγάλα δίκτυα τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα στα τέλη του 20ού αιώνα – Ο μεταβαλλόμενος ρόλος των μηχανικών. *Πρακτικά συνεδρίου «170 χρόνια Πολυτεχνείο, οι Μηχανικοί και η Τεχνολογία στην Ελλάδα»*, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, Αθήνα, 4-5 Μαρτίου.

Σπηλιωτόπουλος, Σ., (2010) *Πρακτικά της Εξεταστικής των Πραγμάτων Επιτροπής Βουλής για την υπόθεση Siemens (πρόεδρος Ιωσήφ Βαλυράκης)*. Σεπτέμβριος 2010.