



*ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»*

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ
ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ
ΤΟΥ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ»**

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Π. ΔΟΥΚΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ 2011

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Μαρία Γρηγοριάδου, Καθηγήτρια, *Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (επιβλέπουσα)*

Στυλιανή Βοσνιάδου, Καθηγήτρια, *Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Γεώργιος Γυφτοδήμος, Επίκουρος Καθηγητής, *Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Επταμελής επιτροπή

Στυλιανή Βοσνιάδου, Καθηγήτρια, *Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Μαρία Γρηγοριάδου, Καθηγήτρια, *Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Δημητρακοπούλου Αγγελική, Καθηγήτρια, *Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου*

Κυνηγός Πολυχρόνης, Καθηγητής, *Τμήμα Φιλοσοφίας Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Κόμης Βασίλης, Αναπληρωτής Καθηγητής, *Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών*

Γεώργιος Γυφτοδήμος, Επίκουρος Καθηγητής, *Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Ρούσσος Πέτρος, Λέκτορας, *«Γνωστική Ψυχολογία» Τμήμα Φιλοσοφίας Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*

Ευχαριστίες

Τελειώνοντας την εκπόνηση της διδακτορικής διατριβής μου θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου :

Στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κ. Γρηγοριάδου για την επιστημονική καθοδήγησή της αλλά την υπομονή και την προσπάθεια που κατέβαλε σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διατριβής μου.

Στα άλλα δύο μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής την κ. Βοσνιάδου και τον κ Γυφτοδήμο για τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Στον κ. Πέτρο Ρούσσο για τις συμβουλές του στην στατιστική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων.

Σην Γραμματική Τσαγκάνου, στον Βαγγέλη Κανίδα και στην Αλεξάνδρα Γασπαρινάτου για την επικοινωνιακή συνεργασία που είχαμε.

Στην Ειρήνη Σκοπελίτη, για τις συμβουλές της.

Στους διευθυντές και στους καθηγητές των σχολείων στα οποία έγινε η πειραματική αξιολόγηση του λογισμικού.

Στην οικογένειά μου τον Πέτρο, την Κική και την Μαρία-Βασιλική που με στήριξαν όλα αυτά τα χρόνια με απίστευτη υπομονή .

“Analogy pervades all our thinking, our everyday speech and our trivial conclusions as well as artistic ways of expression and the highest scientific achievements”

George Polya (1985)

Περίληψη

Η Πληροφορική είναι ένα νέο σχετικά νέο επιστημονικό πεδίο που σχετίζεται με πληθώρα νέων και διαφορετικών γνώσεων και δεξιοτήτων. Οι γνώσεις αυτές και οι δεξιότητες καθίστανται αναγκαίες στο σύγχρονο κόσμο όπου ο τεχνολογικός εγγραμματισμός είναι απαραίτητο εφόδιο σε κάθε άνθρωπο από τα πρώτα χρόνια της ζωής του (Γρηγοριάδου, Γόγουλου & Γουλή, 2009). Η Πληροφορική και οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών είναι πλέον παρούσες σε όλες τις πτυχές (οικονομικές, επιστημονικές, βιομηχανικές, πολιτιστικές, κοινωνικές) της ανθρώπινης ζωής (Κόμης, 2005· Γρηγοριάδου, Γουλή & Γόγουλου, 2009).

Η Διδακτική της Πληροφορικής έχει καθιερωθεί τα τελευταία χρόνια ως αυτόνομο γνωστικό πεδίο που ασχολείται με τη μελέτη του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο οικοδομούν οι μαθητές γνώσεις και δεξιότητες του επιστημονικού χώρου της Πληροφορικής (Κόμης, 2005).

Οι γνώσεις αυτές αφορούν βασικές και διαχρονικές έννοιες της Πληροφορικής όπως το υλικό και το λογισμικό του υπολογιστή, την επεξεργασία της πληροφορίας και τις προγραμματιστικές δομές και οι δεξιότητες αφορούν τη χρήση εφαρμογών γενικού σκοπού και εφαρμογών προγραμματισμού (Γρηγοριάδου κ.α., 2009· CSTA 2005).

Έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια στο χώρο της Διδακτικής της Πληροφορικής έχουν ανιχνεύσει δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών και φοιτητών που διδάσκονται έννοιες της Πληροφορικής. Η παρούσα διατριβή επικεντρώνεται σε 3 έννοιες – δομές του προγραμματισμού υπολογιστών η κατανόηση των οποίων δυσκολεύει τους μαθητές – φοιτητές και δημιουργούνται πολλές παρανοήσεις:

- Στην έννοια της μεταβλητής σε προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού με στατικούς τύπους δεδομένων και στη σχετική εντολή απόδοσης τιμής σε μεταβλητή
- Στις δομές επιλογής
- Στις δομές επανάληψης

Στα πλαίσια της διδακτικής της Πληροφορικής και ειδικά στον προγραμματισμό υπολογιστών έχουν προταθεί πολλές διδακτικές προσεγγίσεις για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία τέτοιων εννοιών δύσκολων στην κατανόηση όπως οι παραπάνω. Παραδείγματα τέτοιων προσεγγίσεων είναι η γνωστική μαθητεία (Reigeluth, 1999), η χρήση logo like περιβαλλόντων (Γλέζου & Γρηγοριάδου 2009), η αξιοποίηση περιπτώσεων (cases) στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων (Μπούμπουκα & Γρηγοριάδου, 2009), η εκπαιδευτική ρομποτική (Φράγκου, 2009), η μάθηση βασισμένη σε προβλήματα (Ellis et al., 1998), η οπτικοποίηση λογισμικού (Stasko & Patterson, 1991), μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων (Τσώνης, Κατής, Παλιανόπουλος & Κορδάκη, 2002) κα.

Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση που έχει δοκιμαστεί στη διδασκαλία άλλων γνωστικών αντικειμένων όπως στις φυσικές επιστήμες είναι η διδακτική αξιοποίηση αναλογιών. Οι αναλογίες είναι ισχυρά εργαλεία μάθησης γιατί δίνουν τη δυνατότητα για σύνδεση της προϋπάρχουσας γνώσης με την νέα, οδηγώντας έτσι σε μάθηση με νόημα (Βοσνιάδου, 2002). Ταυτόχρονα οι αναλογίες έχουν δεχθεί και ισχυρή κριτική ως διδακτικά εργαλεία γιατί σε αρκετές περιπτώσεις οδηγούν στη δημιουργία παρανοήσεων. Έχουν όμως προταθεί διδακτικές προσεγγίσεις με αναλογίες (πολλαπλές αναλογίες) και μοντέλα διδασκαλίας με αναλογίες που στοχεύουν στην εξάλειψη αυτού του μειονεκτήματος της χρήσης αναλογιών (Glynn, 1994). Άλλο πρόβλημα στη διδασκαλία με αναλογίες είναι να αναγνωρίσει ο μαθητής

την ύπαρξη της αναλογίας-αντιστοιχίας μεταξύ αυτών των δύο ανόμοιων κατά τα άλλα εννοιών. (Clement, 1993).

Ένας από τους στόχους της διατριβής είναι η μελέτη της χρήσης αναλογιών από καθηγητές δευτεροβάθμιας στη διδασκαλία εννοιών Πληροφορικής. Όπως προέκυψε και από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας που παρουσιάζεται στην παρούσα διατριβή οι αναλογίες χρησιμοποιούνται συχνά και στη διδασκαλία εννοιών Πληροφορικής ιδιαίτερα για την έννοια της μεταβλητής. Η χρήση τους όμως δεν γίνεται στα πλαίσια κάποιου συγκεκριμένου μοντέλου διδασκαλίας και η παρουσίασή τους γίνεται στην πλειοψηφία των περιπτώσεων προφορικά ή με γραπτό κείμενο ή με εικόνες ή κάποιο συνδυασμό των προηγούμενων.

Ο βασικός στόχος της παρούσας διατριβής είναι η πρόταση και η πειραματική αξιολόγηση ενός νέου πλαισίου ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού και δραστηριοτήτων με αναλογίες (ΠΑΕΛΔΑ). Στο πλαίσιο αυτό αξιοποιούνται αναλογίες μεταξύ των εννοιών που διδάσκονται και κατάλληλα κατασκευασμένων αναλογικών μοντέλων.

Το πλαίσιο που προτείνεται περιέχει τα παρακάτω :

1. Ένα κατάλληλο αναλογικό μοντέλο που έχει δημιουργηθεί ακολουθώντας με ένα σύνολο κριτηρίων όπως :

- να είναι γνωστό στους μαθητές
- να κινεί το ενδιαφέρον των μαθητών
- να έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με την έννοια-στόχο
- να αναδεικνύει χαρακτηριστικά στα οποία οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες και εμφανίζουν παρανοήσεις
- να μην προωθεί εσφαλμένες αντιλήψεις για την έννοια-στόχο

2. Το αναλογικό μοντέλο προσομοιώνεται με την χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και παρουσιάζεται δραματοποιημένο με την βοήθεια συνθετικής κίνησης (animation). Παράλληλα με το αναλογικό μοντέλο παρουσιάζεται και το μοντέλο της έννοιας-στόχου π.χ. μια δομή επιλογής στον προγραμματισμό. Η παράλληλη παρουσίαση-εκτέλεση στοχεύει στο να υποστηρίξει το μαθητή να συνδέσει τα δύο μοντέλα με τη σχέση την αναλογίας ώστε να μεταφέρει χαρακτηριστικά του αναλογικού μοντέλου στην έννοια-στόχο.

3. Το μοντέλο της έννοιας-στόχου έχει δυνατότητες αλληλεπίδρασης με το μαθητή. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εξερευνήσει τη συμπεριφορά του μοντέλου της έννοιας-στόχου μεταβάλλοντας τα δεδομένα εισόδου και παρατηρώντας τα αποτελέσματα. Ταυτόχρονα μπορεί να παρατηρήσει και τις αντίστοιχες μεταβολές στο αναλογικό μοντέλο.

4. Εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες διερευνητικού τύπου. Η δυνατότητες αλληλεπίδρασης που παρέχει το αναλογικό μοντέλο αξιοποιούνται στη δημιουργία δραστηριοτήτων διερευνητικού τύπου. Σε αυτές τις δραστηριότητες ζητείται από τους μαθητές να προβλέψουν τη συμπεριφορά του αναλογικού μοντέλου σε συγκεκριμένες καταστάσεις και στην συνέχεια να εισάγουν στο μοντέλο τα δεδομένα που προτείνονται ώστε να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα και να τα συγκρίνουν με τις προβλέψεις τους.

Για την αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν 3 εκπαιδευτικά λογισμικά σύμφωνα με τις αρχές σχεδίασης που προτείνονται. Τα εκπαιδευτικά λογισμικά αφορούν στις τρεις έννοιες – δομές που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο και ονομάζονται :

«Η μεταβλητή και η εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal»

«Οι δομές επιλογής στην Pascal»

«Οι δομές επανάληψης στην Pascal»

Το εκπαιδευτικό λογισμικό «Η μεταβλητή και η εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal» επιλέχθηκε για να χρησιμοποιηθεί σε μια πειραματική διαδικασία αξιολόγησης του ΠΑΕΛΔΑ. Στο πείραμα αυτό συμμετείχαν μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (ΤΕΕ) και είχε ως στόχο τη διερεύνηση πιθανών μεταβολών στην επίδοση των μαθητών οι οποίοι εκπόνησαν δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ σε σχέση με μια ομάδα ελέγχου. Επίσης είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αιτίων που επηρεάζουν την επίδοση των μαθητών. Αν δηλαδή οι πιθανές αλλαγές της επίδοσης ήταν αποτέλεσμα των διερευνητικών δραστηριοτήτων, της χρήσης της αναλογίας, του τρόπου παρουσίασης της με συνθετική κίνηση ή κάποιου συνδυασμού αυτών των παραγόντων. Η επίδοση των μαθητών αξιολογήθηκε από τις απαντήσεις τους σε μια σειρά ερωτήσεων που ανιχνεύουν την κατανόηση των μαθητών στα χαρακτηριστικά της έννοιας της μεταβλητής και στη λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής καθώς και ενδεχόμενες παρανοήσεις σε αυτά.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι οι μαθητές γνώριζαν το αναλογικό μοντέλο και θεώρησαν αρκετά ενδιαφέρουσα την ενασχόληση με αυτό. Ο παράγοντας των διερευνητικών δραστηριοτήτων έδειξε να επιδρά στην κατανόηση κάποιων χαρακτηριστικών της μεταβλητής και της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής. Σε άλλα χαρακτηριστικά βοήθησε ο συνδυασμός των διερευνητικών δραστηριοτήτων μαζί με στατικές εικόνες του αναλογικού μοντέλου ενώ σε άλλα χαρακτηριστικά βοήθησε ο συνδυασμός και των τριών παραγόντων.

Τα αποτελέσματα μπορούν να ερμηνευτούν από :

- Την αυξημένη ενεργοποίηση των μαθητών από τη δραματοποιημένη αναλογία
- Την αποδοτικότητα των διερευνητικών δραστηριοτήτων
- Την επιτυχημένη μεταφορά χαρακτηριστικών – ιδιοτήτων από το αναλογικό μοντέλο στην έννοια-στόχο
- Την ανάδειξη χαρακτηριστικών της έννοιας της μεταβλητής και της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής τα οποία δεν είναι εμφανή, με την οπτικοποίηση με την βοήθεια της αναλογίας.

Επίσης στο πείραμα ανιχνεύθηκαν και παρανοήσεις προερχόμενες από την χρήση της αναλογίας που έδειξαν την ανάγκη για προσθήκη πολλαπλών αναλογικών μοντέλων στο εκπαιδευτικό λογισμικό και εκπόνηση δραστηριοτήτων με περισσότερα διαφορετικά αναλογικά μοντέλα.

Ένα μελλοντικό ερευνητικό στόχο αποτελεί η πειραματική αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ σε δομές του προγραμματισμού και άλλες έννοιες της Πληροφορικής με τη χρήση των άλλων εκπαιδευτικών λογισμικών που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Επίσης άλλο μελλοντικό στόχο αποτελεί η δημιουργία συγγραφικού εργαλείου μέσω του οποίου ο εκπαιδευτικός θα μπορεί να εισάγει στο εκπαιδευτικό λογισμικό νέα αναλογικά μοντέλα και να δημιουργεί φύλλα δραστηριοτήτων ανάλογα με τις ανάγκες των μαθητών του.

Συμβολή διατριβής στην βιβλιογραφία

Αν και υπάρχουν στην βιβλιογραφία αρκετές περιπτώσεις στις οποίες γίνεται αξιοποίηση αναλογιών σε μαθησιακά περιβάλλοντα (βλέπε κεφ. 3) αυτή δεν γίνεται ακολουθώντας κάποια συγκεκριμένη τεχνική ή μέθοδο για την αξιοποίησή τους. Σε κάποιες περιπτώσεις δεν αναγνωρίζονται ως αναλογίες αλλά ως διαφορετικές αναπαραστάσεις ή παραδείγματα από την καθημερινή ζωή.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην ενσωματώνονται σε αυτές τις προσεγγίσεις τα συμπεράσματα ερευνών από τον ερευνητικό χώρο της διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών ή από το χώρο της μελέτης του αναλογικού συλλογισμού.

Αυτό οδηγεί σε μειωμένη αποτελεσματικότητα στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών και αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης παρανοήσεων.

Η βασική συμβολή της παρούσας διατριβής στη σχετική βιβλιογραφία είναι η ανάπτυξη ενός πλαισίου για την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση αναλογιών στη διδασκαλία δύσκολων ή πολύπλοκων εννοιών που αφορούν σε κάποιας μορφής λειτουργία. Το πλαίσιο αυτό στηρίζεται και αξιοποιεί τα αποτελέσματα ερευνών από το χώρο της διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών ενώ ταυτόχρονα ενσωματώνει και νέους τρόπους για παρουσίαση των αναλογιών και αποτελεσματικότερη σύνδεση των αναλογικών μοντέλων με τις έννοιες που διδάσκονται. Το προτεινόμενο πλαίσιο εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε θετικά με βάση τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν.

Άλλη σημαντική συμβολή της διατριβής αποτελεί ο σχεδιασμός και η δημιουργία τριών εκπαιδευτικών λογισμικών με αναλογίες που προτείνονται για την εκπόνηση διερευνητικών δραστηριοτήτων σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	5
Πίνακας Περιεχομένων	9
Κεφάλαιο 1. Δυσκολίες σε εισαγωγικά μαθήματα Προγραμματισμού	13
1.1 Γλώσσες προγραμματισμού σε εισαγωγικά μαθήματα.....	13
1.2 Δυσκολίες-παρανοήσεις στην έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό	14
1.3 Δυσκολίες-παρανοήσεις στις δομές επιλογής	18
1.4 Δυσκολίες-παρανοήσεις στις δομές επανάληψης.....	20
1.5 Συμπεράσματα	22
Κεφάλαιο 2. Διδακτικές προσεγγίσεις στον Προγραμματισμό	23
2.1 Διδάσκοντας προγραμματισμό	23
2.2 Διαλέξεις και εργαστήρια	23
2.3 Logo-like περιβάλλοντα.....	23
2.4 Robot	24
2.5 Μάθηση βασισμένη σε περιπτώσεις (cases)	24
2.6 Γνωστική μαθητεία (cognitive apprenticeship)	24
2.7 Μάθηση βασισμένη σε προβλήματα	24
2.8 Οπτικοποίηση λογισμικού(software visualization)	24
2.9 Μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων	26
2.10 Συμπεράσματα	26
Κεφάλαιο 3. Αξιοποίηση αναλογιών στη διδασκαλία εννοιών Πληροφορικής... 28	28
3.1 Αναλογίες, μεταφορές και μοντέλα.....	28
Αναλογία και μεταφορά	29
Αναλογία και μοντέλο	29
3.2 Αναλογίες και μάθηση.....	30
3.3 Κατηγοριοποίηση αναλογιών.....	31
3.3.1. Τύπος αναλογικής συσχέτισης.....	31
3.3.2. Τρόπος παρουσίασης.....	31
3.3.3. Συγκεκριμένη-αφηρημένη.....	31
3.3.4. Θέση του αναλόγου(πηγή) σε σχέση με το στόχο	31
3.3.5 Επίπεδο εμπλουτισμού	32
3.3.6 Εισαγωγικός προσανατολισμός.....	32
3.4 Οι αναλογίες στη διδασκαλία	33
3.4.1 Παρανοήσεις που οφείλονται στη χρήση αναλογιών στη διδασκαλία	33
3.4.2 Μειωτικές αναλογίες (Reductive analogies).....	34

3.4.3 Άλλα προβλήματα στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών.....	34
3.5 Παιδαγωγικά πλαίσια χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία.....	34
3.5.1. Γεφυρωτικές αναλογίες (Bridging Analogies).....	34
3.5.2. Μοντέλο διδασκαλίας με αναλογία (Teaching-with –analogy model [TWA]).....	35
3.5.3. Πολλαπλές Αναλογίες (Multiple analogies)	36
3.5.4. Η τεχνική της εκτεταμένης αναλογίας (Extended analogy technique)	37
3.6 Υπολογιστικά περιβάλλοντα αξιοποίησης αναλογιών στη διδασκαλία	38
3.6.1 MARVIN (Markup for Analogy Representation and Visualization for the InterNet)	38
3.6.2. Analogy tree	40
3.7 Οι αναλογίες στη διδασκαλία της πληροφορικής.....	41
3.7.1 Παραδείγματα διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών στην Πληροφορική σε διδακτικά εγχειρίδια	41
3.7.2 Παραδείγματα διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών στην Πληροφορική σε εκπαιδευτικό λογισμικό.....	44
3.8 Συμπεράσματα	50
Κεφάλαιο 4 . Καταγραφή αναλογιών που χρησιμοποιούν καθηγητές -διδασκικά εγχειρίδια.....	52
4.1 Αναλογίες σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού.....	52
4.2. Καταγραφή αναλογιών σε διδακτικά εγχειρίδια	52
4.2.1 Στόχος.....	52
4.2.2 Αποτελέσματα	53
4.2.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων	54
4.2.4 Συζήτηση	55
4.3 Διερεύνηση αναλογιών που χρησιμοποιούν οι καθηγητές πληροφορικής.....	56
4.3.1 Ερευνητικά ερωτήματα	56
4.3.2 Συμμετέχοντες.....	56
4.3.3 Υλικά	56
4.3.4. Μέθοδος	57
4.3.5 Κατηγοριοποίηση απαντήσεων	57
4.3.6. Αποτελέσματα	58
4.3.7. Στατιστικοί πίνακες.....	61
4.3.7 Συζήτηση	69
Κεφάλαιο 5. Πλαίσιο ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού και διερευνητικών δραστηριοτήτων με αναλογίες και αξιοποίηση τους στη Διδακτική της Πληροφορικής	72
5.1 Ερευνητικά ζητήματα στη διδακτική αξιοποίηση αναλογιών	72
5.2 Περιγραφή ΠΑΕΛΛΑ.....	72
5.3 Βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού και δραστηριοτήτων σύμφωνα με το ΠΑΕΛΛΑ	73
5.4 Πλεονεκτήματα από την αξιοποίηση του ΠΑΕΛΛΑ.....	76

5.5 Σύγκριση του ΠΑΕΛΛΑ με άλλες προσεγγίσεις διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών.....	77
5.6 Εφαρμογή του ΠΑΕΛΛΑ στον Προγραμματισμό	77
5.7 Σύγκριση της εφαρμογής του ΠΑΕΛΛΑ στον Προγραμματισμό με άλλες προσεγγίσεις οπτικοποίησης.....	78
5.7.1 Δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμων	78
5.7.2 Μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων.....	78
5.7.3 Μαθησιακά αντικείμενα με αναλογίες.....	79
Κεφάλαιο 6. Σχεδίαση και υλοποίηση εκπαιδευτικών λογισμικών με αναλογίες για εκπόνηση διερευνητικών δραστηριοτήτων	80
6. 1 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για την έννοια της μεταβλητής και της εντολή απόδοσης τιμής.....	80
6.1.1 Δημιουργία αναλογικού μοντέλου	80
6.1.2 Περιγραφή λογισμικού.....	81
6.2 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για τις δομές επιλογής	82
6.2.1. Δημιουργία αναλογικού μοντέλου	83
6.2.2 Περιγραφή εκπαιδευτικού λογισμικού.....	83
6.3 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για δομές επανάληψης.....	87
6.3.1 Δημιουργία αναλογικού μοντέλου	87
6.3.2 Περιγραφή λογισμικού.....	87
Κεφάλαιο 7. Πείραμα.....	91
7.1 Ερευνητικά ερωτήματα	91
7.2 Πειραματικός σχεδιασμός	91
7.3 Συμμετέχοντες.....	91
7.4 Υλικά.....	91
Ερωτηματολόγιο	91
Λογισμικό.....	92
Δραστηριότητες με το εκπαιδευτικό λογισμικό	93
7.5 Μεθοδολογία – Διαδικασία.....	93
7.6 Αποτελέσματα	95
7.7 Συμπεράσματα	167
7.8 Συζήτηση.....	173
Κεφάλαιο 8 . Γενική συζήτηση – Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας	175
8.1 Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	175
8.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας.....	176
Βιβλιογραφία	178
Παράρτημα 1 : Φύλλο οδηγιών συμπλήρωσης ερωτηματολογίου.....	186
Παράρτημα 2 : Ερωτηματολόγιο.....	188

Παράρτημα 3 : Φύλλο δραστηριότητας στην έννοια της μεταβλητής και στην εντολή απόδοσης τιμής στη γλώσσα Pascal.....	191
--	------------

Κεφάλαιο 1. Δυσκολίες σε εισαγωγικά μαθήματα Προγραμματισμού

1.1 Γλώσσες προγραμματισμού σε εισαγωγικά μαθήματα

Σύμφωνα με την προσέγγιση των προγραμματιστικών παραδειγμάτων στον προγραμματισμό υπάρχουν 4 βασικά προγραμματιστικά παραδείγματα δηλαδή 4 διαφορετικές προσεγγίσεις για τη δημιουργία προγραμματιστικών λύσεων σε συγκεκριμένα προβλήματα (Brookshear, 2005). Το προστακτικό (imperative) παράδειγμα, το αντικειμενοστραφές (object oriented) παράδειγμα, το δηλωτικό (declarative) παράδειγμα, και το συναρτησιακό (functional) παράδειγμα.

Στο προστακτικό παράδειγμα ένα πρόγραμμα είναι μια σειρά από εντολές που αναθέτουμε στον υπολογιστή να εκτελέσει. Όταν οι εντολές του προγράμματος είναι δομημένες σε διαδικασίες (υπορουτίνες και συναρτήσεις) τότε αναφερόμαστε σε διαδικαστικό προγραμματισμό (procedural programming). Η δόμηση του προγράμματος σε διαδικασίες είναι βασική προϋπόθεση και του δομημένου προγραμματισμού (structured programming) που βελτίωσε πολύ τη διαδικασία ανάπτυξης και συντήρησης των προγραμμάτων τα τελευταία χρόνια. Η εξέλιξη αυτού του προγραμματιστικού παραδείγματος οδήγησε στο αντικειμενοστραφές παράδειγμα σύμφωνα με το οποίο δεδομένα και μέθοδοι για την επεξεργασία των δεδομένων ενσωματώνονται σε αντικείμενα.

Στο δηλωτικό παράδειγμα ο προγραμματιστής δηλώνει τα επιθυμητά αποτελέσματα από την εκτέλεση του προγράμματος χωρίς όμως να δηλώνει τις ενέργειες οι οποίες θα οδηγήσουν σε αυτό το αποτέλεσμα. Ο λογικός (logical) προγραμματισμός ανήκει στο δηλωτικό παράδειγμα και αναπτύχθηκε πολύ με την ανάπτυξη του πεδίου της μαθηματικής λογικής. Η μαθηματική λογική παρέχει έναν αλγόριθμο επίλυσης προβλημάτων γενικής χρήσης πάνω στον οποίο μπορεί να στηριχθεί μια γλώσσα λογικού προγραμματισμού.

Στο συναρτησιακό παράδειγμα το πρόγραμμα θεωρείται μια οντότητα που δέχεται εισόδους και παράγει εξόδους. Ένα πρόγραμμα στο συναρτησιακό παράδειγμα δημιουργείται χρησιμοποιώντας ως δομικό στοιχείο απλές συναρτήσεις και συνδέοντας την έξοδο κάθε μιας με την είσοδο κάποιας άλλης έτσι ώστε να σχηματισθούν πιο πολύπλοκες συναρτήσεις και τελικά ολόκληρο το πρόγραμμα.

Όλες οι γλώσσες προγραμματισμού υποστηρίζουν μια σειρά από τύπους δεδομένων. Ο τύπος δεδομένων αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα κωδικοποιούνται στη μνήμη του υπολογιστή και στις επιτρεπτές πράξεις που μπορούν να εφαρμοσθούν σε αυτά.

Η πλειοψηφία των γλωσσών προγραμματισμού υποστηρίζει εκ προδιαγραφής κάποιους βασικούς τύπους δεδομένων (primitive data types) όπως τύπο δεδομένων για ακέραιο αριθμό, για αριθμό κινητής υποδιαστολής, για χαρακτήρες, για λογική κατάσταση (αληθής –ψευδής). Επίσης κάποιες γλώσσες προγραμματισμού δίνουν τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να ορίσει τους δικούς του πιο σύνθετους τύπους δεδομένων συνδυάζοντας τους βασικούς ενσωματωμένους στη γλώσσα τύπους.

Η ύπαρξη των διαφόρων τύπων δεδομένων δίνει νόημα στη συλλογή των bits που υπάρχουν στην κεντρική μνήμη. Μια σημαντική διαδικασία είναι ο έλεγχος τύπου (type checking) κατά την οποία επιβεβαιώνεται ότι το πρόγραμμα υπακούει στους κανόνες συμβατότητας των τύπων δεδομένων της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού. Ανάλογα με το αν ο έλεγχος τύπου γίνεται κατά τη μεταγλώττιση ή κατά την εκτέλεση του προγράμματος, οι γλώσσες προγραμματισμού υποστηρίζουν στατικούς ή δυναμικούς τύπους δεδομένων (Brookshear, 2005). Στις γλώσσες με στατικούς τύπους δεδομένων μόνο ένας συγκεκριμένος τύπος δεδομένων μπορεί να αποθηκευτεί σε μια μεταβλητή αυτού του τύπου ενώ σε γλώσσες με δυναμικούς

τύπους δεδομένων, είναι οι τιμές που δέχονται οι μεταβλητές που καθορίζουν τον τύπο τους.

Σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού, σε διεθνές επίπεδο, τις προηγούμενες δεκαετίες χρησιμοποιούνταν προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού με στατικούς τύπους δεδομένων όπως η Basic, η Pascal και η C. Τα τελευταία χρόνια όμως χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού (McCracken et al., 2001) όπως η Java, η C++, και αντικειμενοστραφείς εκδόσεις logo-like γλωσσών όπως η Karel++ . Αντίστοιχα οι έρευνες για δυσκολίες και παρανοήσεις αρχάριων προγραμματιστών εστιάζονται πλέον σε έννοιες του αντικειμενοστραφούς παραδείγματος (Milne & Rowe, 2002).

Στην Ελλάδα τα προγράμματα σπουδών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στα Ενιαία Λύκεια και στα ΤΕΕ κατά τη χρονιά διεξαγωγής του πειράματος (2006-2007) δεν έκαναν αναφορά σε συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού αλλά γενικότερα στο παράδειγμα του προστακτικού προγραμματισμού (πρόγραμμα σπουδών ΤΕΕ 2006-2007). Το σχολικό εγχειρίδιο «Προγραμματισμός Υπολογιστών» της Β' τάξης του τομέα «Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ», της κατεύθυνσης «Υποστήριξης Συστημάτων και Εφαρμογών Υπολογιστών» των ΤΕΕ εκείνης της περιόδου αναφέρονταν στην Turbo Pascal. Το σχολικό εγχειρίδιο «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον» της Γ' τάξης της τεχνολογικής κατεύθυνσης εκείνης της περιόδου αναφέρονταν στη «ΓΛΩΣΣΑ» (Βακάλη κ.α., 1999).

Μετά τη μετατροπή των ΤΕΕ σε ΕΠΑΛ (2007) και των Ενιαίων Λυκείων σε Γενικά Λύκεια και μέχρι τη χρονιά συγγραφής της παρούσας διδακτορικής διατριβής (2009-2010) το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για τα παραπάνω μαθήματα δεν άλλαξε. Ίδια παρέμειναν και τα σχολικά εγχειρίδια αυτών των μαθημάτων. Οι πλειονηφία των εκπαιδευτικών που διδάσκουν τα δύο παραπάνω μαθήματα χρησιμοποιούν στο εργαστήριο γλώσσες προγραμματισμού που ανήκουν στο προστακτικό παράδειγμα και υποστηρίζουν στατικούς τύπους δεδομένων, όπως η Turbo Pascal και η «ΓΛΩΣΣΑ» οι οποίες χρησιμοποιούνται στα εγχειρίδια αυτών των μαθημάτων.

1.2 Δυσκολίες-παρανοήσεις στην έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό

Οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού όπως η Assembly απαιτούσαν από τον προγραμματιστή να συμμορφωθεί με τα χαρακτηριστικά της μηχανής (του υπολογιστή). Αντίθετα σε πιο πρόσφατες γλώσσες προγραμματισμού (γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου) όπως Pascal, η C, και η Java η γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιεί εντολές και ονόματα που να έχουν νόημα για τον άνθρωπο. Σε αυτά τα πλαίσια, σε γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, ο προγραμματιστής μπορεί να κάνει αναφορά σε θέσεις της κύριας μνήμης με περιγραφικά ονόματα αντί για αριθμητικές διευθύνσεις. Ένα τέτοιο όνομα είναι γνωστό ως μεταβλητή καθώς η τιμή που είναι αποθηκευμένη σε αυτή την περιοχή της μνήμης μπορεί να αλλάξει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Το όνομα της μεταβλητής μπορεί να περιέχει τόσο αλφαβητικά όσο και αριθμητικά σύμβολα περιορίζεται όμως από τους κανόνες ονοματολογίας που ισχύουν σε κάθε γλώσσα προγραμματισμού.

Μια μεταβλητή σε γλώσσα προγραμματισμού με στατικούς τύπους δεδομένων μπορεί να δεχθεί ως περιεχόμενο δεδομένα συγκεκριμένου τύπου (ακέραιους, πραγματικούς, αλφαριθμητικές τιμές, λογικές τιμές) .Για να αποδοθεί μια τιμή ως περιεχόμενο μιας μεταβλητής χρησιμοποιείται είτε μια εντολή ανάγνωσης τιμής από το πληκτρολόγιο π.χ. στη γλώσσα Pascal η εντολή Read είτε μια εντολή απόδοσης

τιμής. Η εντολή απόδοσης τιμής (όνομα_μεταβλητής := αριθμητική παράσταση) π.χ. $X := 5$ υπολογίζει αρχικά την τιμή της αριθμητικής παράστασης στα δεξιά της εντολής και την αποδίδει ως περιεχόμενο της μεταβλητής που βρίσκεται στα αριστερά της εντολής. Οποιοδήποτε προηγούμενο περιεχόμενο της μεταβλητής χάνεται.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε έρευνες στις οποίες ανιχνεύθηκαν δυσκολίες και παρανοήσεις στην έννοια της μεταβλητής σε μαθητές και φοιτητές που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Σε όλες τις έρευνες οι μαθητές - φοιτητές χρησιμοποιούσαν μια γλώσσα προγραμματισμού που ακολουθεί το προστακτικό παράδειγμα και υποστηρίζει στατικούς τύπους δεδομένων όπως η Basic, η Pascal, η C και η «ΓΛΩΣΣΑ».

Σε έρευνα του Samurcay (1989) συμμετείχαν μαθητές της 5^{ης} τάξης του Γαλλικού εξατάξιου λυκείου (15-16 ετών) που παρακολουθούσαν μαθήματα προγραμματισμού σε Pascal μία ώρα κάθε εβδομάδα. Η έρευνα αφορούσε στο χειρισμό μεταβλητών σε προγραμματιστικά έργα αρχικοποίησης τιμής, ελέγχου συνθήκης τερματισμού επαναληπτικής δομής και ανανέωσης τιμών μεταβλητών μέσα σε μια επαναληπτική δομή.

Από τα αποτελέσματα τις έρευνας φάνηκε ότι οι μαθητές χειρίστηκαν πιο εύκολα μεταβλητές με ρόλους για τους οποίους είχαν ήδη μια αναπαράσταση οικοδομημένη από κάποιο άλλο γνωστικό πεδίο διαφορετικό από τον προγραμματισμό π.χ. Για τις μεταβλητές με ρόλο μετρητή που έχουν αρχική τιμή 0 και αύξηση της τιμής κατά 1 κάθε φορά.

Οι Putnum, Sleeman, Baxter και Kupsa (1989) έκαναν έρευνα σε 56 από 96 (όσοι από αυτούς εμφανίστηκαν να έχουν δυσκολίες και έκαναν λάθη σε ένα αρχικό τεστ) μαθητές Λυκείου που μάθαιναν προγραμματισμό με την Basic. Τα λάθη και οι δυσκολίες των μαθητών που σχετίζονται με την έννοια της μεταβλητής και την εντολή απόδοσης τιμής αναφέρονται στη συνέχεια :

- Μια κατηγορία μαθητών κάνει λάθη που σχετίζονται με αντιστροφή εντολών απόδοσης τιμής .
- Ένας μαθητής θεώρησε ότι η εντολή $LET C=C+1$ είναι λανθασμένη (προφανώς θεωρώντας την εντολή απόδοσης τιμής ως ισότητα)
- Μια κατηγορία μαθητών θεωρεί ότι μια μεταβλητή μπορεί να κρατήσει περισσότερες από μια τιμές είτε ότι διατηρεί την ιστορία αποδόσεων τιμών
- Επίσης μια κατηγορία μαθητών έχει δυσκολίες στην παρακολούθηση των αλλαγών των τιμών μιας μεταβλητής και θεωρούν ότι ως τιμή της μεταβλητής, έχει παραμείνει η αρχική της τιμή.

Άλλη έρευνα έγινε σε δύο ομάδες 27 και 22 μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000) που είχαν παρακολουθήσει μαθήματα προγραμματισμού στη γλώσσα Pascal. Η Α ομάδα ήταν μαθητές της Α' τάξης του Ενιαίου Λυκείου που η πλειοψηφία τους είχε παρακολουθήσει μαθήματα προγραμματισμού στο Γυμνάσιο ενώ η Β ομάδα ήταν μαθητές της Γ' Λυκείου στην τεχνολογική κατεύθυνση και παρακολουθούσαν το μάθημα «Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον». Σύμφωνα με αυτή την έρευνα οι μαθητές :

- Αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο να αναγνωρίσουν τον κατάλληλο τύπο για κάθε μεταβλητή ανάλογα με τη χρήση της μέσα σε ένα πρόγραμμα. Μόνο 14% των μαθητών της ομάδας Α και 4.6 % των μαθητών της ομάδας Β έδωσαν σωστή απάντηση σε σχετικό έργο.
- Αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο χειρισμό μεταβλητών αλφαριθμητικού τύπου και μεταβλητών πραγματικού τύπου και δεν μπορούν να επιλέξουν τον κατάλληλο τύπο μεταβλητής που να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του

προγράμματος. Σε σχετικό έργο αναγνώρισης και δήλωσης μιας μεταβλητής τύπου string και μιας μεταβλητής πραγματικού τύπου κανένας μαθητής δεν έδωσε σωστή απάντηση.

- Το 48,2% των μαθητών της Α ομάδας και το 68,2% των μαθητών της Β ομάδας θεωρεί τις εντολές απόδοσης τιμής ως μαθηματικές σχέσεις ισότητας.
- Το 33,3% των μαθητών της Α ομάδας και το 36,4% των μαθητών της Β ομάδας θεωρεί διαδοχικές εντολές απόδοσης τιμής ως ισότητες που πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα.
- Το 18,5% των μαθητών της Α ομάδας θεωρεί ως ισότητες τις εντολές απόδοσης τιμής σε έργο αντιμετάθεσης των τιμών δύο μεταβλητών. Το 9.1 % των μαθητών της Β ομάδας έχει την ίδια αναπαράσταση για την εντολή απόδοσης τιμής και καταλήγει στο ότι το πρόβλημα πρέπει να είναι λάθος αφού είναι αδύνατον να ισχύουν οι ισότητες του προγράμματος (δηλ. οι εντολές απόδοσης τιμής) ταυτόχρονα.

Άλλη έρευνα (Τζιμογιάννης, Πολίτης και Κόμης , 2005) έγινε σε 288 μαθητές της 3^{ης} τάξης της τεχνολογικής κατεύθυνσης του Ενιαίου Λυκείου που χρησιμοποιούσαν την «ΓΛΩΣΣΑ». Σύμφωνα με αυτή :

- το 26,74% των μαθητών συγχέουν το περιεχόμενο μιας μεταβλητής αλφαριθμητικού τύπου με το όνομα της ίδιας ή άλλων μεταβλητών ,
- το 27,43 % θεωρούν ότι για να βρεθεί η τιμή μιας μεταβλητής πρέπει να λυθεί ένα σύστημα εξισώσεων όπου τη θέση των ισοτήτων παίρνουν οι εντολές απόδοσης τιμής ,
- το 3,47 των μαθητών θεωρούν ότι δεν είναι δυνατό μια μεταβλητή να πάρει αρχικά μια τιμή και αμέσως μετά μια άλλη ,
- το 19,45 % των μαθητών θεωρούν ότι εφόσον κατά την γνώμη τους ταυτίζονται οι εντολές απόδοσης τιμής με τη μαθηματική ισότητα η σειρά των εντολών απόδοσης τιμής μέσα στο πρόγραμμα δεν έχει σημασία,
- το 31,94 % των μαθητών θεωρούν μια μεταβλητή μπορεί να διατηρήσει περισσότερες από μια τιμές.

Επίσης σύμφωνα με άλλη έρευνα (Φεσάκης & Δημητρακοπούλου, 2005), που έγινε σε 17 μαθητές της 3^{ης} τάξης της Τεχνολογικής Κατεύθυνσης του Ενιαίου Λυκείου που χρησιμοποιούσαν την «ΓΛΩΣΣΑ» και σε 35 μαθητές της 2^{ης} τάξης του Τομέα Πληροφορικής του Τεχνολογικού Επαγγελματικού Εκπαιδευτηρίου (ΤΕΕ) , βρέθηκε ότι:

- το 26 % των μαθητών τοποθετεί τις μεταβλητές στην κύρια μνήμη του υπολογιστή ενώ οι υπόλοιποι μαθητές θεωρούν ότι οι μεταβλητές βρίσκονται σε άλλα μέρη του υπολογιστή ή εκτός αυτού ή αδυνατούν να ορίσουν που βρίσκονται ,
- το 13 % των μαθητών θεωρούν ότι μια μεταβλητή μπορεί να αλλάζει τύπο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός προγράμματος ,
- το 19 % θεωρούν ότι μπορούν να εφαρμόσουν αριθμητικούς τελεστές σε λογικές μεταβλητές ,
- το 42 % των μαθητών θεωρούν ότι το ο χώρος που καταλαμβάνει μια μεταβλητή στη μνήμη εξαρτάται από το περιεχόμενό της και όχι από τον τύπο της ,
- το 40 % των μαθητών θεωρούν ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν εντολή απόδοσης τιμής σε σταθερά π.χ. $5 \leftarrow X+Y$,

- το 44 % των μαθητών θεωρούν ότι μπορούν να χρησιμοποιήσουν εντολή απόδοσης τιμής σε παράσταση π.χ. $X+Y \leftarrow 5$.

Αίτια δυσκολιών-παρανοήσεων

Ο Du Boulay (1989) αναλύοντας αποτελέσματα άλλων ερευνών εξηγεί τις παρανοήσεις των μαθητών με βάση τις λανθασμένες αναλογίες που συχνά χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί για προγραμματιστικές έννοιες και δομές και τη χρήση αγγλικών λέξεων για εντολές γλωσσών προγραμματισμού.

Ο Τζιμογιάννης και οι συνεργάτες του (2005) κάνουν λόγο για μαθηματικές απαντήσεις σε προγραμματιστικά έργα και για μαθηματική αναπαράσταση για την έννοια της μεταβλητής. Επίσης κάνουν λόγο για μαθηματική αναπαράσταση της ισότητας για την εντολή απόδοσης τιμής.

Αντίστοιχα οι Φεσάκης και Δημητρακοπούλου (2005) αποδίδουν τα λάθη των μαθητών στις μαθηματικές προσδοκίες τους στα προγραμματιστικά έργα που τους έδωσαν να εκτελέσουν.

1.3 Δυσκολίες-παρανοήσεις στις δομές επιλογής

Οι δομές επιλογής χρησιμοποιούνται για να μεταφερθεί η ροή ελέγχου του προγράμματος σε διαφορετικό σημείο του προγράμματος ανάλογα με τη λογική τιμή μιας συνθήκης. Μια δομή επιλογής έχει τη γενική μορφή <IF [συνθήκη] THEN [σώμα εντολών1] END> (απλή δομή επιλογής) ή <IF [συνθήκη] THEN [σώμα εντολών1] ELSE [σώμα εντολών2] END> (σύνθετη δομή επιλογής)¹.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε έρευνες στις οποίες ανιχνεύθηκαν δυσκολίες και παρανοήσεις στις δομές επιλογής σε μαθητές και φοιτητές που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Σε όλες τις έρευνες οι μαθητές - φοιτητές χρησιμοποιούσαν μια γλώσσα προγραμματισμού που ακολουθεί το προστατικό παράδειγμα και υποστηρίζει στατικούς τύπους δεδομένων όπως η Basic, η Pascal, η C και η «ΓΛΩΣΣΑ».

O Sleeman και οι συνεργάτες του (1988) έκαναν έρευνα σε 68 μαθητές Λυκείου, που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού με τη γλώσσα Pascal. Το 25% των μαθητών έκανε τουλάχιστον ένα από τα παρακάτω λάθη στη χρήση δομών επιλογής :

- Θεώρησε ότι η εκτέλεση του προγράμματος σταματά όταν η συνθήκη της δομής επιλογής είναι ψευδής και δεν υπάρχει ELSE τμήμα στη δομή επιλογής.
- Θεώρησε ότι και τα σώμα εντολών1 και το σώμα εντολών2 θα εκτελεστεί
- Θεώρησε ότι το σώμα εντολών1 θα εκτελεστεί ανεξάρτητα από το αν η συνθήκη είναι αληθής ή ψευδής
- Θεώρησε ότι μια εντολή της μορφής IF [συνθήκη] THEN [σώμα εντολών1] END [σώμα εντολών2] είναι ισοδύναμη με την εντολή IF [συνθήκη] THEN [σώμα εντολών1] ELSE [σώμα εντολών2] END.

O Putnum και οι συνεργάτες του (1989) έκαναν έρευνα σε 56 από 96 (όσοι από αυτούς εμφανίστηκαν να έχουν δυσκολίες και έκαναν λάθη σε ένα αρχικό τεστ) μαθητές Λυκείου που μάθαιναν προγραμματισμό με την Basic.

Κάποιες από τις παρανοήσεις των μαθητών που καταγράφηκαν σε αυτή την έρευνα ήταν :

- Μια κατηγορία μαθητών θεωρεί ότι αν η συνθήκη μιας εντολής IF είναι ψευδής τότε τερματίζεται η εκτέλεση όλου του προγράμματος
- Μια κατηγορία μαθητών θεωρεί ότι αν η συνθήκη μιας εντολής IF είναι ψευδής τότε η ροή του ελέγχου μεταφέρεται στην αρχή του προγράμματος
- Μια κατηγορία μαθητών θεωρεί ότι μιας εντολής IF οδηγεί στην εκτέλεση μιας εντολής PRINT τότε εκτός από τη(τις) μεταβλητή(τες) στην εντολή PRINT τυπώνεται και η μεταβλητή(τες) που περιλαμβάνεται στη συνθήκη της εντολής PRINT.

Σε έρευνα του Ebrahimi (1994) συμμετείχαν 80 προπτυχιακοί φοιτητές πληροφορικής που παρακολουθούσαν μαθήματα προγραμματισμού με τις γλώσσες Pascal(20) , Fortran (20), C (20), LISP (20). Οι φοιτητές που παρακολουθούσαν μαθήματα προγραμματισμού με τη γλώσσα Pascal έκαναν αρκετά λάθη στην ομαδοποίηση των εντολών μετά το IF ή μετά το ELSE. Επίσης είχαν δυσκολία να παρακολουθήσουν την ροή του ελέγχου και να αντιστοιχήσουν κάθε IF με το κατάλληλο ELSE σε εμφωλευμένες δομές επιλογής.

¹ Στα παραδείγματα χρησιμοποιήθηκαν εντολές της γλώσσας Pascal

Οι Τζιμογιάννης και Γεωργίου (1999) έκαναν έρευνα σε δείγμα 67 μαθητών της Γ τάξης του κλάδου Πληροφορικής των ΤΕΛ που έκαναν μαθήματα προγραμματισμού με τις γλώσσες Pascal και Cobol. Από την έρευνα προέκυψε ότι ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών κάνουν λάθη στη σύνταξη της λογικής συνθήκης. Το ποσοστό αυτό ήταν 19,4% για ένα απλό έργο με μια δομή επιλογής και έφτασε στο 41,8 % σε ένα πιο σύνθετο έργο. Επίσης βρέθηκε ότι ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών κάνει λανθασμένη χρήση μεταβλητών (16,4%- 37,3%) .

Αίτια δυσκολιών-παρανοήσεων

Οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις που αφορούν στη δομή επιλογής έχουν αποδοθεί:

- στον τρόπο που διατυπώνουν στην καθημερινή τους ζωή ένα κανόνα και τις εξαιρέσεις του, δίνοντας πρώτα τον κανόνα και μετά τις εξαιρέσεις (Payne & Myers, 2000) π.χ. Η έκφραση «όλοι εκτός από...» η οποία όμως στον προγραμματισμό σημαίνει πώς πρέπει να ελεγχθούν ξεχωριστά οι περιπτώσεις των εξαιρέσεων,
- στον τρόπο με τον οποίο διατυπώνουν στην καθημερινή τους ζωή έναν έλεγχο περιπτώσεων χρησιμοποιώντας φυσική γλώσσα (Pane & Myers, 2000) π.χ. «αν όλοι οι μαθητές φύγουν τότε η εξέταση τελειώνει» ενώ στον προγραμματισμό η αντίστοιχη έκφραση είναι « αν το πλήθος των μαθητών που έφυγαν είναι ίσο με το συνολικό αριθμό των μαθητών τότε η εξέταση τελειώνει»)
- στο γεγονός ότι στην εντολή επιλογής κάποιες εντολές δεν θα εκτελεστούν. Οι μαθητές όμως έχουν συνηθίσει από όλα τα άλλου είδους κείμενα την σειριακή ανάγνωση γραμμής προς γραμμή από πάνω προς τα κάτω πράγμα που έρχεται σε αντίθεση με την υπερπήδηση των εντολών που δεν θα εκτελεστούν ανάλογα με τη λογική τιμή της συνθήκης κατά τη ροή εκτέλεσης του προγράμματος.

1.4 Δυσκολίες-παρανοήσεις στις δομές επανάληψης

Οι δομές επανάληψης χρησιμοποιούνται για την επαναληπτική εκτέλεση μιας ομάδας εντολών ανάλογα με τη λογική τιμή μιας συνθήκης. Οι δομές επανάληψης περιλαμβάνουν τη δομή επανάληψης <FOR [μετρητής :=αρχική τιμή] TO [τελική τιμή] DO [σώμα εντολών]>, τη δομή επανάληψης <WHILE [συνθήκη επανάληψης] DO [σώμα εντολών]> και τη δομή επανάληψης <REPEAT [σώμα εντολών] UNTIL [συνθήκη τερματισμού]>.²

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε έρευνες στις οποίες ανιχνεύθηκαν δυσκολίες και παρανοήσεις σε δομές επανάληψης σε μαθητές και φοιτητές που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Σε όλες τις έρευνες οι μαθητές - φοιτητές χρησιμοποιούσαν μια γλώσσα προγραμματισμού που ακολουθεί το προστατικό παράδειγμα και υποστηρίζει στατικούς τύπους δεδομένων όπως η Basic, η Pascal, η C και η «ΓΛΩΣΣΑ».

Σε έρευνα των Soloway, Bonar, Barth, Rubin, και Woolf (1981) βρέθηκε ότι ένα μεγάλο ποσοστό (34%) του δείγματος αρχαρίων προγραμματιστών σε Pascal θεωρούσε ότι η έξοδος από ένα βρόχο WHILE μπορεί να γίνει οποιαδήποτε στιγμή αλλάζει η συνθήκη επανάληψης μέσα στο βρόχο χωρίς όμως να έχουν ενσωματωθεί οι εντολές που θα πραγματοποιήσουν αυτή τη λειτουργία.

Ο Sleeman και οι συνεργάτες του (1988) έκαναν ποιοτική έρευνα σε δείγμα 68 μαθητών Λυκείου που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού με τη γλώσσα Pascal.

Τα λάθη των μαθητών που ανιχνεύθηκαν στις δομές επανάληψης παρουσιάζονται παρακάτω :

- Μια κατηγορία μαθητών θεωρεί ότι η εντολή που βρίσκεται αμέσως μετά το τέλος του βρόχου συμπεριλαμβάνεται σε αυτόν
- Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι η τελευταία εντολή ενός βρόχου εκτελείται πολλές φορές, ενώ όλες οι άλλες εντολές εκτελούνται μία φορά
- Κάποιοι μαθητές δίνουν χαρακτηριστικά βρόχου στο τμήμα των εντολών που εμπεριέχεται στο begin – end
- Κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι μια μεταβλητή διατηρεί περισσότερες από μια τιμές και έτσι χειρίζονται μια δομή επιλογής σαν δομή επανάληψης
- Κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι μια μεταβλητή που χρησιμοποιείται ως μετρητής στη δομή FOR ή δεν έχει τιμή μέσα στο βρόχο, ή ότι είναι σωστό να αλλάζει η τιμή της μέσα στο βρόχο.
- Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι μια δομή επιλογής WHILE τερματίζεται αμέσως μόλις η συνθήκη γίνει ψευδής ακόμα και μέσα στο σώμα εντολών και όχι την στιγμή ελέγχου της συνθήκης στην αρχή της δομής.
-

Σε έρευνα του Samurçay (1989) συμμετείχαν μαθητές της 5^{ης} τάξης του Γαλλικού εξατάξιου λυκείου (15-16 ετών) που παρακολούθησαν 15 μαθήματα προγραμματισμού σε Pascal μία ώρα κάθε εβδομάδα. Η έρευνα αφορούσε στο χειρισμό μεταβλητών σε προγραμματιστικά έργα αρχικοποίησης τιμής, ελέγχου συνθήκης τερματισμού επαναληπτικής δομής και ανανέωσης τιμής μεταβλητών μέσα σε μια επαναληπτική δομή.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι οι μαθητές στις δομές επανάληψης WHILEDO και REPEAT ...UNTIL δυσκολεύονται να καθορίσουν σωστά :

² στα παραδείγματα χρησιμοποιήθηκαν εντολές της γλώσσας Pascal

- την κατάλληλη συνθήκη ελέγχου για την επιθυμητή λειτουργία της δομής
- την εντολή αρχικοποίησης
- τις εντολές ανανέωσης των μεταβλητών ελέγχου

Σε έρευνα του Ebrahimi (1994) με δείγμα 80 προπτυχιακών φοιτητές πληροφορικής που παρακολουθούσαν μαθήματα προγραμματισμού με τις γλώσσες Pascal(20) , Fortran (20), C (20), LISP (20) :

- Οι φοιτητές που παρακολουθούσαν μαθήματα προγραμματισμού με τη γλώσσα Pascal έκαναν αρκετά λάθη στο πότε και πώς να τερματίσουν ένα βρόχο επανάληψης. Επίσης δεν μπορούσαν να ξεχωρίσουν τη διαφορά των δομών DO WHILE και REPEAT θεωρώντας ότι η δομή REPEAT λειτουργεί όπως η δομή DO WHILE.
- Μια κατηγορία φοιτητών ξεχνούσε να δώσει αρχικές τιμές σε μεταβλητές γιατί θεωρούσε ότι σε όλες οι μεταβλητές δίνεται αρχική τιμή μηδέν από το σύστημα.

Σε έρευνα των Γρηγοριάδου, Γόγουλου και Γουλή (2002) που έγινε σε μαθητές της Γ' τάξης της Τεχνολογικής κατεύθυνσης του Ενιαίου Λυκείου βρέθηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονταν :

- στην αναγνώριση της αρχικής τιμής της μεταβλητής ελέγχου στη δομή WHILE
- στην αναγνώριση της εντολής που χρησιμοποιείται για την ανανέωση της τιμής της μεταβλητής ελέγχου
- στον προσδιορισμό της λειτουργίας των δομών WHILE κυρίως σε οριακές περιπτώσεις όπως σε περιπτώσεις μη εκτέλεσης της δομής ή σε περιπτώσεις ατέρμονου βρόχου
- στην εφαρμογή της δομής WHILE όταν στη συνθήκη ελέγχου εμπλέκονται περισσότερες από μια μεταβλητές

Αίτια δυσκολιών-παρανοήσεων

Οι δυσκολίες των αρχάριων προγραμματιστών έχουν αποδοθεί από τους Soloway, Bonar και Ehrlich (1983) στο ότι οι άνθρωποι προτιμούν να χρησιμοποιούν γνωστικές στρατηγικές που έρχονται σε αντίθεση με τις λειτουργίες των δομών επανάληψης. Π.χ. Οι άνθρωποι προτιμούν μια στρατηγική ανάγνωσης/επεξεργασίας ενώ η δομή WHILE τους να αναγκάζει να χρησιμοποιήσουν μια στρατηγική επεξεργασίας/ανάγνωσης.

1.5 Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά στην κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής (παράγραφος 1.2) και των δομών επιλογής (παράγραφος 1.3) και επανάληψης (παράγραφος 1.4) οι αρχάριοι προγραμματιστές συναντούν μεγάλες δυσκολίες στην κατανόηση αυτών των εννοιών-δομών και εμφανίζουν παρανοήσεις.

Οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις των αρχαρίων προγραμματιστών σε αυτές τις έννοιες και δομές φαίνονται να είναι ανεξάρτητες από την βαθμίδα εκπαίδευσης καθώς παρουσιάζονται τόσο στην δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Επίσης δεν φαίνεται να εξαρτώνται από την χώρα στην οποία έγινε η έρευνα καθώς παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται στις έρευνες που έγιναν στην Ελλάδα αλλά και σε χώρες του εξωτερικού. Επίσης είναι ανεξάρτητες από την γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται. Παρόμοιες δυσκολίες και παρανοήσεις εμφανίζονται σε μαθητές και φοιτητές που διδάσκονται προγραμματισμό με την γλώσσα προγραμματισμού Pascal ή την γλώσσα Basic ή την «ΓΛΩΣΣΑ» δηλαδή διαφορετικές γλώσσες που όλες όμως ακολουθούν το προστακτικό προγραμματιστικό παράδειγμα και υποστηρίζουν στατικούς τύπους δεδομένων.

Φαίνεται επίσης από τις προσπάθειες αιτιολόγησης αυτών των δυσκολιών και παρανοήσεων από τους ερευνητές, ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών-φοιτητών από άλλα επιστημονικά πεδία (όπως τα μαθηματικά) αλλά και από την καθημερινή ζωή αποτελούν εμπόδιο στην οικοδόμηση επιστημονικά ορθών αναπαραστάσεων για αυτές τις προγραμματιστικές έννοιες και δομές (Du Boulay, 1989 · Τζιμογιάννης κ.α., 2005 · Φεσάκης κ.α., 2005 · Payne & Myers, 2000 · Soloway et al, 1983).

Οι αρχάριοι προγραμματιστές στους οποίους αναφέρονται οι έρευνες διδάσκονταν προγραμματισμό με συμβατικού τύπου διδασκαλία που αποτελούνταν από θεωρητικές διαλέξεις και εργαστηριακές ασκήσεις. Φαίνεται λοιπόν να απαιτείται μια διαφορετικού τύπου διδασκαλία για αυτές τις δύσκολες στην κατανόηση έννοιες και δομές. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διδακτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται συνήθως στον προγραμματισμό.

Κεφάλαιο 2. Διδακτικές προσεγγίσεις στον Προγραμματισμό

2.1 Διδάσκοντας προγραμματισμό

Σύμφωνα με τους Linn και Clancy (1992) «Για να μπορέσουν οι προγραμματιστές να αποκτήσουν προγραμματιστική επάρκεια (ικανότητα) πρέπει να έχουν ικανότητες επίλυσης προβλημάτων και μια καλά οργανωμένη γνώση μιας προγραμματιστικής γλώσσας».

Έτσι για τη διδασκαλία του προγραμματισμού απαιτείται να καλλιεργηθούν γενικότερες ικανότητες επίλυσης προβλημάτων αλλά και γνώσεις και δεξιότητες που αφορούν την υλοποίηση της λύσης σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Αυτό απαιτεί γνώση του συντακτικού της συγκεκριμένης γλώσσας, των προγραμματιστικών δομών που υποστηρίζει, του περιβάλλοντος ανάπτυξης και δεξιότητες δοκιμής και εκσφαλμάτωσης προγράμματος.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι πιο συνηθισμένες διδακτικές προσεγγίσεις που συνήθως εφαρμόζονται σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση.

2.2 Διαλέξεις και εργαστήρια

Η πιο διαδεδομένη προσέγγιση στη διδασκαλία προγραμματισμού στηρίζεται σε ένα συνδυασμό διαλέξεων, εκπαιδευτικών εγχειριδίων και πρακτικής στο εργαστήριο (Boyle, 1998). Στις διαλέξεις παρουσιάζονται οι νέες έννοιες ενώ οι μαθητές υποστηρίζονται από τα διδακτικά εγχειρίδια ή από σημειώσεις του διδάσκοντα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια κατάλληλων εργαστηριακών ασκήσεων, που συνήθως έχουν τη μορφή προβλημάτων προς επίλυση, εφαρμόζουν στο εργαστήριο όσα παρουσιάστηκαν στις διαλέξεις.

Η παραδοσιακή προσέγγιση των διαλέξεων και εργαστηρίων έχει δεχθεί πολλές κριτικές από παιδαγωγικής πλευράς. Θεωρείται ότι ακολουθεί τη συμπεριφοριστική προσέγγιση στη μάθηση καθώς οι μαθητές δέχονται θετική ή αρνητική ενίσχυση ώστε τελικά να έχουν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

2.3 Logo-like περιβάλλοντα

Σύμφωνα με τον Piaget (1970) αλλά και με αρκετούς ερευνητές πριν από αυτόν η μάθηση οικοδομείται όταν ο μαθητής ασχολείται με συγκεκριμένες ενέργειες και όχι όταν μαθαίνει αφηρημένες έννοιες. Βασισμένοι στην οικοδομιστική θεωρία του Piaget οι Bobrow, Feurzeig και Papert δημιούργησαν τη γλώσσα προγραμματισμού Logo για εκπαιδευτική χρήση. Η Logo βασίστηκε στη γλώσσα τεχνητής νοημοσύνης LISP. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της γλώσσας Logo είναι ο μικρόκοσμος της χελώνας ο οποίος μπορεί να βοηθήσει στη μάθηση σε πολλά επιστημονικά πεδία όπως π.χ. στα μαθηματικά.

Με τη Logo ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί με εύκολο τρόπο μοντέλα. Σημαντικό χαρακτηριστικό της Logo είναι ότι βοηθά το μαθητή να εστιάσει στη διαδικασία με την οποία θα δημιουργηθεί το τελικό προϊόν (Γλέζου Γρηγοριάδου 2009). Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν πολλά διαφορετικά περιβάλλοντα προγραμματισμού που στηρίζονται σε γλώσσες τύπου Logo τα οποία καλύπτουν ακόμα και αντικειμενοστραφείς υλοποιήσεις.

2.4 Robot

Με αφετηρία το 1960 την προσομοίωση του Karel the Robot η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στην ιδέα ότι ο συλλογισμός με αφηρημένες έννοιες δεν πρέπει να θεωρείται ανώτερος στην προώθηση της μάθησης από τις συγκεκριμένες – χειροπιαστές ενέργειες (Papert, 1980). Η προσέγγιση αυτή συνδέεται στενά με τα Logo-like περιβάλλοντα και υπάρχουν αρκετές υλοποιήσεις που συνδυάζουν τις δύο προσεγγίσεις π.χ. Programmable Brick (Resnick et al., 1996) .

2.5 Μάθηση βασισμένη σε περιπτώσεις (cases)

Μια περίπτωση σύμφωνα με τον ορισμό που δίνουν οι Κόκκος & Λιοναράκης (1999) είναι ένα πραγματικό ή υποθετικό παράδειγμα που αντανακλά μια ευρύτερη κατάσταση. Οι περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μελέτες περίπτωσης σε δραστηριότητες στις οποίες η ίδια η περίπτωση αποτελεί ένα πρόβλημα προς επίλυση (Pyatt, 2004) Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως παραδείγματα αναφοράς (Pyatt, 2004) σε δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων (problem based learning) ή εκπόνησης συνθετικών εργασιών (project based learning), στις οποίες οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν ένα άλλο, παρόμοιο πρόβλημα (Kolodner and Guzdial, 1999). Αν και αρχικά συνδυάστηκε με την τεχνική της συζήτησης τελικά κατάληξε να συνδυάζεται και με άλλες εκπαιδευτικές τεχνικές όπως η εισήγηση και οι ομαδικές εργασίες (Μπούμπουκα & Γρηγοριάδου, 2009).

2.6 Γνωστική μαθητεία (cognitive apprenticeship)

Η μαθητεία (apprenticeship) είναι μία στρατηγική μάθησης που βασίζεται στον εμπειρισμό. Ο εκπαιδευόμενος αποκτά γνώσεις και δεξιότητες συμμετέχοντας άμεσα στη διαδικασία της μάθησης, υπό την επίβλεψη ενός έμπειρου-ειδικού. Κατά τη διάρκεια της μάθησης, ο εκπαιδευόμενος έρχεται σε επαφή με καταστάσεις που προσεγγίζουν τις πραγματικές συνθήκες κάτω από τις οποίες εφαρμόζεται η συγκεκριμένη γνώση (Reigeluth, 1999). Οι προσεγγίσεις που ακολουθούν το μοντέλο της μαθητείας επικεντρώνουν κυρίως τη διδασκαλία του προγραμματισμού στη μελέτη, επέκταση και σχολιασμό προγραμμάτων που έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί από έμπειρους προγραμματιστές και διδάσκοντες.

Δύο παραδείγματα διδακτικών προσεγγίσεων που βασίζονται στη μαθητεία είναι η χρησιμοποίηση αυθεντικών παραδειγμάτων (Astrachan & Reed, 1995) και η χρησιμοποίηση μελετών περίπτωσης (Linn & Clancy, 1992).

2.7 Μάθηση βασισμένη σε προβλήματα

Σύμφωνα με τους Ellis και συνεργάτες (1998) στη μάθηση που βασίζεται στα προβλήματα ο μαθητής ξεκινά με συγκεκριμένα προβλήματα προς επίλυση και η μάθηση καθοδηγείται από αυτά αντί να καθοδηγείται από την παρουσίαση της έννοιας που διδάσκεται. Τα προβλήματα που επιλέγονται είναι ρεαλιστικά προβλήματα της πραγματικής ζωής και όχι τα τυπικά εκπαιδευτικά προβλήματα. Οι μαθητές που συνήθως εργάζονται σε ομάδες μαθαίνουν έχοντας ως κίνητρο την επίλυση του προβλήματος.

2.8 Οπτικοποίηση λογισμικού(software visualization)

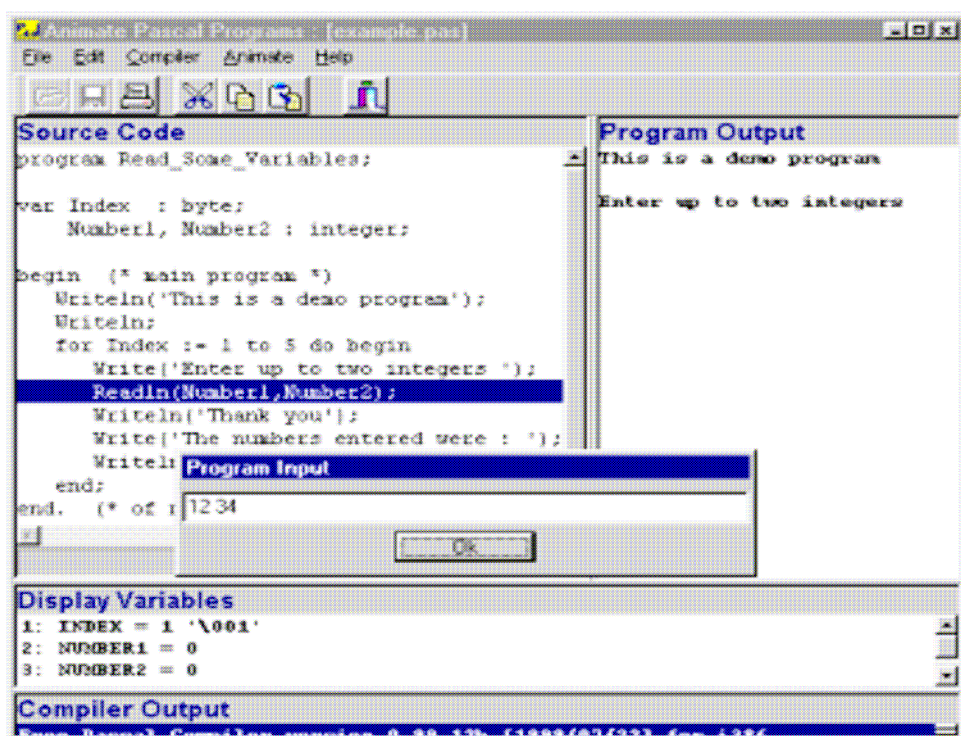
Η οπτικοποίηση λογισμικού μπορεί να ορισθεί ως η οπτικοποίηση προγραμμάτων και αλγορίθμων (Diehl, 2007). Η χρήση εικόνων και οπτικοποιήσεων ως εκπαιδευτικών βοηθημάτων είναι μια διαδεδομένη και αποδεκτή διδακτική πρακτική. Η προσέγγιση της οπτικοποίησης λογισμικού βασίζεται στην αντιστοίχιση

αφηρημένων ιδεών στο πρόγραμμα ή στον αλγόριθμο με οπτικές αναπαραστάσεις οι οποίες μεταφέρουν τη λειτουργία του συστήματος στο μαθητή πιο εύκολα. Επίσης στην οπτικοποίηση λογισμικού σε αρκετές περιπτώσεις γίνεται χρήση συνθετικής κίνησης (animation) για να μπορέσουν να απεικονισθούν διαδικασίες οι οποίες μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια του χρόνου. Υποστηρίζεται ότι η συνθετική κίνηση υποστηρίζει και ενθαρρύνει το μαθητή να κάνει αυθόρμητα προβλέψεις για το τι θα συμβεί σε κάθε βήμα του αλγορίθμου ή σε κάθε εντολή του προγράμματος και να δοκιμάζει τις προβλέψεις του (Stasko & Patterson, 1991).

Ο Price και οι συνεργάτες του (1993) διαχωρίζουν την οπτικοποίηση προγραμμάτων που συνίσταται στην οπτικοποίηση του κώδικα και των δεδομένων από την οπτικοποίηση αλγορίθμων που θεωρείται πιο αφηρημένη. Ο Myers (1990) χρησιμοποιεί ως κριτήρια για την κατηγοριοποίηση των οπτικοποιήσεων λογισμικού το αν οπτικοποιούνται ο κώδικας και τα δεδομένα ή ο αλγόριθμος ενός προγράμματος και το αν η οπτικοποίηση είναι στατική ή δυναμική με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης (animation). Δύο σημαντικές από διδακτικής απόψεως κατηγορίες οπτικοποίησης λογισμικού είναι η Δυναμική Προσομοίωση Εκτέλεσης Προγράμματος (Program Animation) και η Δυναμική Προσομοίωση Εκτέλεσης Αλγορίθμου (Algorithm Animation).

Δυναμική Προσομοίωση Εκτέλεσης Προγράμματος (Program animation)

Σε αυτό τον τύπο οπτικοποίησης ο κώδικας του προγράμματος που εκτελείται και τα δεδομένα του αναπαρίστανται με γραφικό τρόπο. Ένα παράδειγμα περιβάλλοντος οπτικοποίησης προγράμματος είναι και αυτό που προτείνουν οι Σατρατζέμη, Δαγδιλέλης και Ευαγγελίδης (2002). Ονομάζεται Anim Pascal και είναι ένα Σύστημα Δυναμικής Προσομοίωσης Εκτέλεσης προγράμματος (program animator) που παρέχει τη δυνατότητα για δυναμική οπτικοποίηση της εκτέλεσης του προγράμματος (βλέπε σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1. Το περιβάλλον οπτικοποίησης προγράμματος AnimPascal

Δυναμική Προσομοίωση Εκτέλεσης Αλγορίθμου (Algorithm animation)

Στη δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμου η οπτική αναπαράσταση εστιάζεται σε βασικές λειτουργίες του αλγορίθμου και όχι απλώς στον κώδικα και στα δεδομένα. Ένα παράδειγμα δραματοποίησης αλγορίθμου αποτελεί και το περιβάλλον HalVis (Hansen and Narayanan, 2000) που περιγράφεται στην ενότητα 3.7.1.

2.9 Μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων

Ως εξωτερικές αναπαραστάσεις θεωρούνται τα σχήματα, οι εικόνες τα σύμβολα, οι πίνακες, οι γραφικές παραστάσεις. Αρκετοί ερευνητές στο χώρο της Διδακτικής των Μαθηματικών έχουν ασχοληθεί με τις γνωστικές και παιδαγωγικές επιπτώσεις της χρήσης πολλαπλών αναπαραστάσεων (Abramovich & Nabors, 1998· Borba & Confrey, 1996· Clements, Sarama, & Battista, 1998· Hannafin & Land, 1997· Jiang & McClintock, 2000· Schwartz & Beichner, 1999· Wood, 1999)

Οι Lehtinen και Repo (2006) προτείνουν τη «χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων και τη συνεχή μετακίνηση ανάμεσα στα διάφορα αναπαραστασιακά σχήματα για ενθάρρυνση των μαθητών προς τη στοχαστική αφαίρεση». Επίσης θεωρούν ότι οι μαθητές «χρησιμοποιώντας διαφορετικές αναπαραστάσεις, μπορούν να αντιληφθούν την ύπαρξη πιο γενικών δομικών αρχών, που είναι κοινές στις διαφορετικές εξωτερικές αναπαραστάσεις». Όταν οι μαθητές εκφράζουν τη γνώση τους σε διαφορετικά αναπαραστασιακά συστήματα μπορούν να πραγματοποιήσουν συνδέσεις ανάμεσα στη συγκεκριμένη, τη διαισθητική και στη συμβολική γνώση (Kordaki & Potari, 2002· Noss, Healy, & Hoyles, 1997). Σύμφωνα με τους Noss και Hoyles (1996) η εννοιολογική κατανόηση προκύπτει από τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων. Ακόμα υποστηρίζεται ότι οι εξωτερικές αναπαραστάσεις μπορούν να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για το γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται (Balacheff & Kaput, 1996).

Οι Kordaki και Potari, (2002) προτείνουν τη χρήση περιβαλλόντων πολλαπλών αναπαραστάσεων για την κατανόηση εννοιών με μεγάλο βαθμό αδιαφάνειας όπως είναι οι έννοιες που προέρχονται από το γνωστικό αντικείμενο της Πληροφορικής. Οι δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών στη δημιουργία πολλαπλών αναπαραστάσεων, έχουν αξιοποιηθεί στην κατασκευή εκπαιδευτικού λογισμικού (Kordaki & Potari, 1998). Παραδείγματα εκπαιδευτικού λογισμικού που υποστηρίζει πολλαπλές αναπαραστάσεις παρουσιάζονται στο τρίτο κεφάλαιο στην παράγραφο 3.7.1.

2.10 Συμπεράσματα

Μια διδακτική προσέγγιση κατάλληλη για την διδασκαλία αυτών των δύσκολων στην κατανόηση εννοιών-δομών όπως προκύπτει και από το συμπέρασμα του πρώτου κεφαλαίου (βλέπε παράγραφο 1.6) θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών – φοιτητών αφού οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών φαίνεται να λειτουργούν ανασταλτικά στην κατανόηση αυτών των εννοιών και δομών. Οι προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο κατά κύριο λόγο δεν λαμβάνουν υπόψη τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών – φοιτητών.

Θα πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη τις δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών-φοιτητών όπως αυτές παρουσιάζονται στην σχετική βιβλιογραφία (βλέπε παραγράφους 1.2 , 1.3 και 1.4) ή να προχωράει σε σχετική έρευνα όταν δεν υπάρχει αντίστοιχη βιβλιογραφία. Στην συνέχεια θα πρέπει να επικεντρώνεται στα σημεία όπου οι μαθητές-φοιτητές έχουν δυσκολίες και παρουσιάζουν παρανοήσεις. Στις

προσεγγίσεις που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο αν και θα μπορούσε κανείς να λάβει υπόψη του τις δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών-φοιτητών δεν έχουν σχεδιαστεί με στόχο την αντιμετώπιση συγκεκριμένων δυσκολιών και παρανοήσεων.

Μια αποτελεσματική διδακτική παρέμβαση θα πρέπει επίσης να παρέχει την δυνατότητα οπτικοποίησης εννοιών και λειτουργιών που δεν είναι εμφανείς. Τέτοιες δυνατότητες παρέχουν και η προσέγγιση της οπτικοποίησης λογισμικού (Diehl, 2007), αλλά και τα μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων (Kordaki & Potari, 2002).

Επίσης απαιτείται μια διδακτική προσέγγιση που να στοχεύει στην ενεργοποίηση του μαθητή που θεωρείται ουσιώδης για την μάθηση. Η χρήση Logo-like περιβαλλόντων και η εκπαιδευτική ρομποτική είναι προσεγγίσεις οι οποίες επίσης στοχεύουν στην ενεργοποίηση του μαθητή. Επίσης προσεγγίσεις όπως η μελέτη περιπτώσεων και η μάθηση βασισμένη σε προβλήματα μπορούν με την χρήση κατάλληλων διδακτικών τεχνικών όπως π.χ. οι ομαδικές εργασίες να επιτύχουν την ενεργοποίηση των μαθητών-φοιτητών.

Επίσης θα πρέπει να δίνει την δυνατότητα για σύνδεση της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα ώστε να επιτυγχάνεται μάθηση με νόημα (Βοσνιάδου, 2002). Τα Logo-like περιβάλλοντα που αποτελούν μια οικοδομιστική προσέγγιση θεωρούμε ότι πληρούν αυτό το κριτήριο.

Τελικά η κατάλληλη διδακτική προσέγγιση για αυτές τις προγραμματιστικές έννοιες και δομές θα πρέπει να συνδυάζει όλα τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν. Η διδακτική προσέγγιση που προτείνουμε και συνδυάζει αυτά τα κριτήρια βασίζεται στην διδακτική αξιοποίηση αναλογιών και περιγράφεται στα επόμενα κεφάλαια.

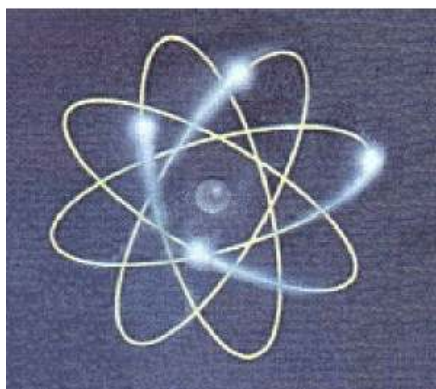
Κεφάλαιο 3. Αξιοποίηση αναλογιών στη διδασκαλία εννοιών Πληροφορικής

3.1 Αναλογίες, μεταφορές και μοντέλα

Πολλές φορές όταν θέλουμε να εξηγήσουμε σε κάποιον μια άγνωστη έννοια για να το βοηθήσουμε να την καταλάβει χρησιμοποιούμε μια αναλογία με μια έννοια που ήδη γνωρίζει. Σύμφωνα με τον Glynn (1989) αναλογία είναι μια αντιστοιχία σε κάποιο βαθμό μεταξύ εννοιών, αρχών ή τύπων κατά τα άλλα ανόμοιων. Πιο συγκεκριμένα είναι μια ομοιότητα σε σχέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών, αρχών ή τύπων. Η αναλογία (αν αναφέρεται στην διδασκαλία) απαιτεί την επιλογή ενός αναλόγου που να γνωρίζει ο μαθητής για να διευκολύνει στην εξήγηση ενός συγκεκριμένου στόχου. Το ανάλογο και ο στόχος μοιράζονται σχέσεις που επιτρέπουν την δημιουργία μια χαρτογράφησης μεταξύ τους. Αφορά την σκόπιμη καταγραφή εκείνων των σχέσεων που είναι κοινές στο ανάλογο και τον στόχο.

Επίσης σύμφωνα με τον Duit (1991) μια αναλογία μπορεί να θεωρηθεί ως μια σχέση μεταξύ δομών και λειτουργιών από δύο εννοιολογικά πεδία όταν δηλαδή υπάρχουν ομοιότητες μεταξύ του πεδίου βάσης (οικείο αντικείμενο ή γεγονός) και του πεδίου στόχου (του πεδίου που διδάσκεται). Μια αναλογία εκφράζει μια σύγκριση και δημιουργείται χαρτογραφώντας παρόμοιες σχέσεις από το ανάλογο στο στόχο.

Παράδειγμα αναλογίας : Για να εξηγήσουμε σε κάποιον τη δομή ενός ατόμου με τον πυρήνα στο κέντρο και τα ηλεκτρόνια να περιστρέφονται γύρω-γύρω σε διαφορετικές τροχιές (Σχήμα 3.1), αναφέρουμε μια αναλογία με το ηλιακό σύστημα (Σχήμα 3.2) όπου ο ήλιος βρίσκεται στο κέντρο και γύρω του περιστρέφονται σε διαφορετικές τροχιές οι πλανήτες. Αυτή η αναλογία βέβαια θα έχει νόημα μόνο για κάποιον που γνωρίζει την κίνηση των πλανητών στο ηλιακό μας σύστημα.



Σχήμα 3.1: Ένα άτομο



Σχήμα 3.2: Το ηλιακό σύστημα

Υπάρχουν δύο διαφορετικά είδη αναλογιών. Το πρώτο είδος ονομάζεται «αναλογίες ανάμεσα σε διαφορετικά γνωστικά πεδία» (η μεταφορικές αναλογίες) και αφορά αναλογίες στις οποίες τα αναλογικά συσχετισμένα αντικείμενα προέρχονται από εννοιολογικά διαφορετικά η απομακρυσμένα πεδία. Το δεύτερο είδος ονομάζεται «εντός του πεδίου αναλογίες» και σε αυτές τα αναλογικά συσχετισμένα αντικείμενα προέρχονται είτε από το ίδιο πεδίο είτε από κάποιο εννοιολογικά πολύ κοντινό πεδίο.

Αναλογία και μεταφορά

Ένα σχήμα λόγου που μοιάζει πολύ με την αναλογία είναι η μεταφορά. Η πιο απλός και συνηθισμένος τύπος μεταφοράς έχει την μορφή «το [πρώτο αντικείμενο] είναι το [δεύτερο αντικείμενο]» π.χ όταν κάποιος αναφέρεται στο αγαπημένο του πρόσωπο λέει «είναι ο ήλιος μου» ή κάποιοι αναφερόμενοι στην εκπαίδευση λένε ότι είναι «η πύλη προς την επιτυχία». Στη μεταφορά θεωρούμε ότι το [πρώτο αντικείμενο] μπορεί να αντικαταστήσει στο λόγο το [δεύτερο αντικείμενο].

Αν και ο όρος αναλογία και ο όρος μεταφορά χρησιμοποιούνται πολλές φορές ο ένας αντί για τον άλλο, γενικά ο όρος «αναλογία χρησιμοποιείται πιο συχνά σε επιστημονικό και τεχνικό πλαίσιο. Η μεταφορά χρησιμοποιείται πιο πολύ σε λογοτεχνικό πλαίσιο» (Glynn, 1989). Σύμφωνα με τον Duit (1991) η βασική διαφορά μεταξύ αυτών των δύο είναι ότι η αναλογία συγκρίνει ρητά τις δομές των δυο πεδίων, υποδεικνύει ταυτότητα μεταξύ μερών των δομών. Μια μεταφορά συγκρίνει έμμεσα, επισημαίνοντας χαρακτηριστικά η σχεσιακές ποιότητες που δεν συμπίπτουν στα δυο πεδία. Αν τις πάρει κανείς κυριολεκτικά είναι λανθασμένες.»

Σύμφωνα με τον Taber (2001) η διαφορά ανάμεσα σε μια αναλογία και μια μεταφορά έχει να κάνει με το αν η μοντελοποιητική φύση αυτής της σύγκρισης είναι ρητή. Υποδεικνύοντας ότι ένα άτομο κατά κάποια έννοια είναι σαν μικροσκοπική έκδοση του ηλιακού συστήματος, δημιουργούμε μια αναλογία. Λέγοντας ότι το άτομο είναι ένα μικροσκοπικό ηλιακό σύστημα χρησιμοποιούμε μια μεταφορά ή κάνουμε ένα μεγάλο λάθος κατηγοριοποίησης. Οι μεταφορές χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στην καθημερινή ζωή και συνήθως αναγνωρίζεται ότι η γλώσσα χρησιμοποιείται με ένα ποιητικό τρόπο.

Αναλογία και μοντέλο

Σύμφωνα με τον Mayer (1992) ένα μοντέλο ενός συστήματος είναι ένα ανάλογο που περιλαμβάνει τα βασικά μέρη του συστήματος όπως και τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ μιας αλλαγής στην κατάσταση ενός μέρους και της αλλαγής στην κατάσταση ενός άλλου μέρους. Κατά την Druin (1988) το μοντέλο είναι κάτι (συγκεκριμένο αντικείμενο, σχηματική αναπαράσταση, σύστημα εξισώσεων ή άλλο) το οποίο παίζει το ρόλο του υποκατάστατου μιας πραγματικότητας πολύ σύνθετης ή απρόσιτης στην εμπειρία και που επιτρέπει να κατανοήσουμε αυτή την πραγματικότητα με την βοήθεια κάποιου ενδιάμεσου πιο γνωστού ή πιο προσιτού στην γνώση. Οι βασικές λειτουργίες των μοντέλων σύμφωνα με την ίδια πηγή είναι η αναπαράσταση ενός συστήματος, η πρόβλεψη και η εξήγηση. Οι Ingham και Gilbert (1991) έδωσαν τον ορισμό του μοντέλου ως εξής: Μοντέλο είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση ενός συστήματος που επικεντρώνει την προσοχή σε συγκεκριμένες πλευρές του υπό μελέτη συστήματος. Επιπλέον τα μοντέλα επιτρέπουν σε πλευρές του συστήματος όπως αντικείμενα, συμβάντα ή ιδέες οι οποίες είναι είτε πολύπλοκες είτε σε διαφορετική κλίμακα από αυτή που συλλαμβάνουμε με τις αισθήσεις μας είτε αφηρημένες να γίνουν ορατές ή πιο εύκολα ορατές (Gilbert 1995).

Τα μοντέλα είναι μια σημαντική πτυχή στις φυσικές επιστήμες αλλά και στην διδασκαλία τους. Υπάρχουν διαφορετικά είδη μοντέλων που ξεκινούν από αυτά που είναι απλά αντίγραφα σε μικρότερη ή μεγαλύτερη διάσταση και καταλήγουν σε αυτά που είναι αφηρημένα όπως ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων (Harrison and Treagust, 2000). Για να είναι όμως χρήσιμο ένα μοντέλο πρέπει να είναι απλοποιημένη αναπαράσταση κάτι πιο πολύπλοκου (Gilbert 1998).

Μια αναλογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην διδασκαλία φυσικών επιστημών ως ένα μέσο παροχής στους μαθητές ενός μοντέλου του φαινομένου που διδάσκεται

Taber (2000). Ένα συνηθισμένο παράδειγμα αυτής της πρακτικής είναι η μοντελοποίηση της δομής του ατόμου με βάση το ηλιακό σύστημα.

Έναν ορισμό για το αναλογικό μοντέλο έδωσε ο Kircher (1977). Έστω ένα αντικείμενο Ο και ένα μοντέλο Μ για το αντικείμενο Ο. Ένα άλλο ζεύγος Ο'-Μ' υπάρχει τέτοιο ώστε να εμφανίζονται ισομορφικές δομικές σχέσεις μεταξύ του Μ και του Μ'. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι το Μ' είναι ένα αναλογικό μοντέλο του Μ. Στην διδασκαλία είναι χρήσιμο να εισάγουμε το ζεύγος Ο'-Μ' αν το αντικείμενο Ο' είναι πιο οικείο από το Ο. Ο μαθητής μπορεί να δουλέψει καλύτερα με τα Ο'-Μ' και μετά με την βοήθεια της αναλογίας να επιστρέψει στο Μ μεταφέροντας όλες τις σχέσεις που ισχύουν για το Μ'. Ο Kircher (1977) παρατηρεί ότι στις περιπτώσεις διδασκαλίας δύσκολων εννοιών όπως στην διδασκαλία του ηλεκτρισμού, ο εκπαιδευτικός μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές του να κατανοήσουν την νέα έννοια χρησιμοποιώντας μια μοντελοποιητική αναλογία.

3.2 Αναλογίες και μάθηση

Σύμφωνα με την οικοδομιστική θεωρία της μάθησης (constructivism) η νέα γνώση οικοδομείται έχοντας ως βάση την προϋπάρχουσα γνώση. Αυτό έχει δύο σημαντικές συνέπειες στη διδασκαλία:

- Για μια αποτελεσματική διδασκαλία ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να λάβει υπόψη του ποιες είναι οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών του και πως αυτές επηρεάζουν την πρόσληψη των νέων γνώσεων.

- Θα πρέπει οι νέες γνώσεις να συνδεθούν με τις προϋπάρχουσες γνώσεις ώστε να έχουμε μάθηση με νόημα.

Μάθηση με νόημα είναι η διαδικασία σύνδεσης της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα γνώση (Glynn, Yeany and Britton, 1991). Η διαδικασία αυτή είναι πολύπλοκη και είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης γνωστικών διεργασιών όπως ο σχηματισμός εικόνων, η οργάνωση και η δημιουργία αναλογιών (Anderson and Thomson, 1989). Η αλληλεπίδραση αυτών των διεργασιών οδηγεί στην κατασκευή εννοιολογικών συσχετίσεων (σχέσεων). Έρευνες σε έμπειρους και αρχάριους σε πεδία όπως η φυσική (Chi, Feltovich, and Glaser, 1981) και η βιολογία (Feltovich, 1981) έχουν δείξει ότι οι έμπειροι δε διαφέρουν από τους αρχάριους επειδή γνωρίζουν περισσότερα γεγονότα αλλά κυρίως επειδή η γνώση τους είναι σε μορφή αλληλοσχετιζόμενων δικτύων.

Οι εκπαιδευτικοί αλλά και οι συγγραφείς διδακτικών εγχειριδίων όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης στοχεύουν στην υποστήριξη των μαθητών στη μάθηση με νόημα των βασικών επιστημονικών εννοιών. Για να πετύχουν σε αυτό το ρόλο χρειάζονται ισχυρές διδακτικές στρατηγικές όπως οι εννοιολογικοί χάρτες (Novak, 1990) και η διδασκαλία με αναλογίες (Glynn, 1991). Η χρήση εννοιολογικών χαρτών διευκολύνει την κατανόηση των συσχετίσεων μέσα σε ένα εννοιολογικό δίκτυο. Η χρήση αναλογιών μπορεί να δώσει απαντήσεις σε προβλήματα γεφύρωσης-συσχέτισης διαφορετικών αλλά με κάποιο τρόπο παρόμοιων εννοιολογικών δικτύων.

Όπως έδειξαν οι Genter και Stevens (1983), Mayer (1983), Vosniadou και Ortony, (1989) οι αναλογίες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν επιστημονικές έννοιες και να δίνουν εξηγήσεις για το πώς λειτουργούν διάφορα φυσικά συστήματα. Επίσης, οι αναλογίες είναι ένας τρόπος να μεταφραστεί μια αφηρημένη πληροφορία σε μια μορφή που να είναι πιο συγκεκριμένη (Davidson, 1978). Κατά το Simons (1982,1984) αυτή είναι η λειτουργία της συγκεκριμενοποίησης μιας αναλογίας. Με τη βοήθεια των αναλογιών αφηρημένες και άγνωστες έννοιες συσχετίζονται (παρομοιάζονται) με συγκεκριμένες και οικείες.

Αυτή σύμφωνα με τον Iona (1982), είναι η λειτουργία εξοικείωσης που μπορεί να επιτύχει μια αναλογία.

3.3 Κατηγοριοποίηση αναλογιών

Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται τόσο στην προφορική όσο και στη γραπτή επικοινωνία. Η χρήση των αναλογιών στην προφορική επικοινωνία είναι εκτεταμένη. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να εξηγήσει κάποιος μια έννοια σε κάποιον άλλον. Οι μορφές με τις οποίες μπορούν να παρουσιαστούν οι αναλογίες στην προφορική επικοινωνία είναι αναρίθμητες και σχετίζονται με το αν θα γίνει κατανοητή από το συνομιλητή. Το πλεονέκτημα αυτού του πλαισίου επικοινωνίας είναι ότι επιτρέπει την παροχή ανατροφοδότησης από τον αποδέκτη της αναλογίας σε αυτόν που την παρουσίασε ο οποίος με αυτό τον τρόπο έχει τη δυνατότητα για περαιτέρω επεξηγήσεις.

Οι αναλογίες σε γραπτό κείμενο συνήθως χρησιμοποιούνται ως μια γνωστική στρατηγική για να βελτιωθεί η κατανόηση μια δύσκολης ή σύνθετης έννοιας από τον αναγνώστη του κειμένου. Στο γραπτό κείμενο δεν υπάρχει η δυνατότητα για ανατροφοδότηση του συγγραφέα από τον αναγνώστη-εκπαιδευόμενο.

Ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των αναλογιών, που συναντάμε σε γραπτά κείμενα, προτείνεται από τους Curtis και Reigeluth (1984) και βασίζεται στα κριτήρια που περιγράφονται στη συνέχεια.

3.3.1 Τύπος αναλογικής συσχέτισης

Ο τύπος αναλογικής συσχέτισης αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο η πηγή και ο στόχος συσχετίζονται. Με κριτήριο τον τύπο αναλογικής συσχέτισης οι αναλογίες διακρίνονται σε δομικές, λειτουργικές και δομικές-λειτουργικές. Αν η σχέση της έννοιας-πηγής και της έννοιας-στόχου αφορά τη δομή τους τότε η αναλογία είναι δομική. Αν η σχέση της έννοιας-πηγής και της έννοιας-στόχου αφορά τη λειτουργία τους τότε η αναλογία είναι λειτουργική. Αν η σχέση της έννοιας-πηγής και της έννοιας-στόχου αφορά τη δομή τους και τη λειτουργία τους τότε η αναλογία είναι δομική-λειτουργική.

3.3.2 Τρόπος παρουσίασης

Με κριτήριο τον τρόπο παρουσίασης οι αναλογίες διακρίνονται σε λεκτικές, εικονικές και λεκτικές-εικονικές. Μια αναλογία μπορεί να παρουσιαστεί λεκτικά, με τη βοήθεια μια εικόνας ή συνδυασμό λέξεων και εικόνων.

3.3.3 Συγκεκριμένη-αφηρημένη

Κάθε μία από τις έννοιες πηγή και στόχος μπορεί να είναι συγκεκριμένες ή αφηρημένες. Έτσι ανάλογα με τις έννοιες πηγή και στόχο οι αναλογίες μπορούν να διακριθούν σε συγκεκριμένη/συγκεκριμένη, αφηρημένη/αφηρημένη, και συγκεκριμένη/αφηρημένη. Π.χ. η αναλογία ανάδρασης-θερμοστάτη που αναφέρθηκε προηγουμένως είναι αφηρημένη/συγκεκριμένη.

3.3.4 Θέση του αναλόγου(πηγή) σε σχέση με το στόχο

Οι αναλογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- Στην αρχή της διδασκαλίας ως αναλογικός οργανωτής προώθησης (analogical advanced organizer). Στην περίπτωση αυτή, η αναλογία παρέχει στον αναγνώστη βασικές πληροφορίες απαραίτητες για την κατανόηση του νέου περιεχομένου.

- Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ως ενσωματωμένος ενεργοποιητής (embedded activator) ιδιαίτερα σε σημεία που το περιεχόμενο γίνεται πιο αφηρημένο.
- Στο τέλος της διδασκαλίας για να γίνει η τελική σύνθεση-ενοποίηση (post synthesizer) των πληροφοριών που προηγήθηκαν.

3.3.5 Επίπεδο εμπλουτισμού

Με κριτήριο το επίπεδο εμπλουτισμού οι αναλογίες διακρίνονται σε απλές, εμπλουτισμένες και εκτεταμένες. Απλή αναλογία θεωρείται μια αναλογία της μορφής «το ... (έννοια-στόχος) .. είναι σαν / μπορεί να συγκριθεί με (έννοια-πηγή)». Σε μια εμπλουτισμένη αναλογία δίνεται και επεξήγηση για την αντιστοίχιση των δύο εννοιών ενώ πολλές φορές δίνονται και οι περιορισμοί αυτής της αναλογίας. Στην εκτεταμένη αναλογία, η αναλογία μαζί με την επεξήγησή της χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία περισσότερων εννοιών-στόχων ή χρησιμοποιούνται περισσότερες έννοιες πηγή για τη διδασκαλία μιας έννοιας-στόχου.

3.3.6 Εισαγωγικός προσανατολισμός

Ο εισαγωγικός προσανατολισμός μιας αναλογίας αφορά στον αν γίνεται προσπάθεια για επεξήγηση της έννοιας-πηγής ή αν θεωρείται δεδομένο από το συγγραφέα ότι οι αναγνώστες τη γνωρίζουν. Επίσης αφορά στην αναγνώριση της αναλογίας ως γνωστική στρατηγική, αν δηλαδή αναφέρεται ότι η αναλογία είναι ένας τρόπος να καταλάβει κανείς μια άγνωστη έννοια βασιζόμενος σε μια γνωστή .

Έτσι αναφορικά με τον εισαγωγικό προσανατολισμό μιας αναλογίας μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Απουσία εισαγωγικού προσανατολισμού
- Επεξήγηση της έννοιας-πηγής
- Αναγνώριση της αναλογίας ως γνωστική στρατηγική
- Επεξήγηση φορέα και αναγνώριση αναλογίας ως γνωστική στρατηγική

3.4 Οι αναλογίες στη διδασκαλία

Μια αναλογία δημιουργείται με την αναγνώριση ομοιοτήτων ανάμεσα σε δύο έννοιες. Με αυτό τον τρόπο ιδέες μπορούν να μεταφερθούν από τη γνωστή έννοια στην άγνωστη έννοια. Η γνωστή έννοια καλείται «ανάλογο» ή πηγή (source) και η άγνωστη «στόχος» (target). Τόσο η πηγή όσο και ο στόχος έχουν ιδιότητες (attributes). Αν η πηγή και ο στόχος μοιράζονται κοινές ή παρόμοιες ιδιότητες τότε μια αναλογία μπορεί να δημιουργηθεί ανάμεσά τους. Παρανοήσεις όμως είναι δυνατόν να προκύψουν όταν οι μαθητές παίρνουν τις αναλογίες κυριολεκτικά ή όταν κάνουν αντιστοίχιση ιδιοτήτων της πηγής που δεν υπάρχουν στο στόχο. Γι' αυτό πολλοί θεωρούν ότι «Η χρήση αναλογιών στη διδασκαλία είναι δίκοπο μαχαίρι» (Harrison & Treagust, 2006).

3.4.1 Παρανοήσεις που οφείλονται στη χρήση αναλογιών στη διδασκαλία

Διαφορετικοί λόγοι μπορεί να οδηγήσουν τους μαθητές που διδάσκονται με τη χρήση αναλογιών σε παρανοήσεις. Οι Spiro, Feltovich, Coulson και Anderson (1989) αναφέρουν κάποιους από το λόγους για τους οποίους οι χρήσεις των αναλογιών στη διδασκαλία μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις:

- Έμμεσα παραπλανητικές ιδιότητες: Κάποια βασικές ιδιότητες της έννοιας-πηγής που δεν είναι σημαντικές στον παιδαγωγικό ρόλο της αναλογίας, επηρεάζουν αρνητικά την κατανόηση μιας ανάλογης ιδιότητας στην έννοια-στόχο.
- Ελλιπείς ιδιότητες: Μια σημαντική πλευρά ή ιδιότητα της έννοιας-στόχου δεν έχουν αντίστοιχο στην έννοια-πηγή με αποτέλεσμα αυτή η πλευρά ή η ιδιότητα να μην ενσωματωθούν στην κατανόηση της έννοιας.
- Μεταφορά ιδιοτήτων της έννοιας-πηγής στην έννοια-στόχο: Μια βασική ιδιότητα της έννοιας πηγή που δεν έχει αντίστοιχο στην έννοια στόχο μεταφέρεται παρόλα αυτά στην έννοια στόχο.
- Άμεσα παραπλανητικές ιδιότητες: Μια μη βασική ιδιότητα της έννοιας-πηγής έχει μια διαφορετική βαρύτητα από την αντίστοιχη ιδιότητα στην έννοια-στόχο.
- Επικέντρωση σε θέματα επιφανειακής περιγραφής με ανάλογη έλλειψη προσοχής στις αιτιακές σχέσεις: Μερικές αναλογίες είναι πολύ αποτελεσματικές στην ανάδειξη επιφανειακών ιδιοτήτων και σχέσεων αλλά όχι τόσο στην ανάδειξη των αιτιακών μηχανισμών. Το αποτέλεσμα είναι οι μαθητές να συμπληρώνουν με έναν κατάλληλο αλλά λανθασμένο δικό τους αιτιακό μηχανισμό ή να αφήνουν το μηχανισμό χωρίς εξήγηση σαν ένα μαύρο κουτί.
- Λανθασμένος βαθμός μεγέθυνσης: Κάποιο σημαντικό χαρακτηριστικό της έννοιας-στόχου υποβαθμίζεται επειδή η αναλογία έχει τεθεί σε λάθος βαθμό μεγέθυνσης ή επεξεργασίας. Δεν είναι το ίδιο με την περίπτωση των ελλিপών ιδιοτήτων όπου η ανάλογη ιδιότητα δεν υπάρχει, γιατί εδώ η αναλογία παρουσιάζεται με τέτοιο τρόπο που η συγκεκριμένη πλευρά δε γίνεται φανερή.
- Παραπλανητικές ιδιότητες της αναλογίας εξαιτίας του διαφορετικού νοήματος που έχουν τεχνικοί όροι στην καθομιλούμενη γλώσσα: Πολλοί τεχνικοί όροι έχουν άλλο νόημα σε μια τεχνική γλώσσα και άλλο στην καθομιλούμενη γλώσσα. Παρανοήσεις δημιουργούνται όταν χρησιμοποιούνται τεχνικοί όροι σε αναλογίες από τους συγγραφείς με το τεχνικό τους νόημα αλλά γίνονται κατανοητές από τους αναγνώστες με το καθημερινό τους νόημα.
- Παραπλανητικές ιδιότητες της αναλογίας εξαιτίας της σημασιολογίας που έχει μια μη-τεχνική περιγραφική γλώσσα: Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να συμβεί το

αντίθετο από αυτό που περιγράφεται στην προηγούμενη παράγραφο. Ακατάλληλες αντιστοιχίσεις και παρανοήσεις μπορεί να δημιουργηθούν όταν χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της αναλογίας λέξεις της καθομιλούμενης γλώσσας που έχουν όμως διαφορετική σημασία ως τεχνικοί όροι.

3.4.2 Μειωτικές αναλογίες (*Reductive analogies*)

Αν και όπως φαίνεται από τα προηγούμενα υπάρχουν αρκετοί διαφορετικοί λόγοι για τους οποίους μπορεί οι αναλογίες να προκαλέσουν παρανοήσεις, όλοι καταλήγουν τελικά στο να βασίζεται η κατανόηση της έννοιας στόχος σχεδόν αποκλειστικά στις ιδιότητες της έννοιας πηγής. Έτσι τελικά η έννοια-στόχος μειώνεται ώστε να αντιστοιχεί στην έννοια πηγή και για αυτό οι παρανοήσεις σχετίζονται με «μειωτικές» αναλογίες (Spiro et al., 1989). Πηγές μειωτικών αναλογιών μπορεί να αποτελέσουν:

- Οι εκπαιδευτικοί και τα διδακτικά εγχειρίδια. Η αξία των αναλογιών στην εισαγωγή δύσκολων (σύνθετων) εννοιών είναι αναμφισβήτητη. Όταν όμως μια αναλογία χρησιμοποιείται με το συμβατικό τρόπο στην εισαγωγή μιας έννοιας περιορίζει την κατανόηση των μαθητών σε ότι καλύπτει αυτή η αναλογία και οι μαθητές δε φτάνουν σε υψηλότερου επιπέδου κατανόηση.
- Οι εκπαιδευτικοί και οι συγγραφείς εγχειριδίων όταν και οι ίδιοι έχουν παρανοήσεις για το πώς να παρουσιάσουν μια σύνθετη έννοια ώστε αυτή να παρουσιαστεί πλήρως.
- Αναλογίες ανεξάρτητα δημιουργημένες από τους μαθητές οι οποίοι τις δημιουργούν και τις υιοθετούν αν και αυτές είναι λανθασμένες.

3.4.3 Άλλα προβλήματα στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών

Εκτός όμως από τις πρόκληση παρανοήσεων υπάρχουν και άλλα προβλήματα από τη διδακτική χρήση των αναλογιών. Ένα από αυτά αφορά τη δυσκολία να πεισθεί ο μαθητής για την ύπαρξη αναλογίας – αντιστοιχίας μεταξύ του αναλόγου και της έννοιας στόχου (Clement, 1993)

3.5 Παιδαγωγικά πλαίσια χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία

Για να χρησιμοποιηθούν οι αναλογίες αποτελεσματικά στη διδασκαλία είναι αναγκαία η χρήση αυτή να γίνει στα πλαίσια ενός προσεκτικά σχεδιασμένου παιδαγωγικού πλαισίου που να προέρχεται από έρευνα στους αντίστοιχους τομείς. Έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα και διδακτικές προσεγγίσεις για αξιοποίηση των αναλογιών στη διδασκαλία όπως:

- Γεφυρωτικές Αναλογίες (*Bridging Analogies*) (Brown and Clement, 1989)
- Μοντέλο Διδασκαλίας με Αναλογία (*Teaching-with-Analogy model*) (Glynn, 1994)
- Πολλαπλές Αναλογίες (*Multiple analogies*) (Spiro, Feltovich, Coulson and Anderson, 1989)
- Τεχνική της Εκτεταμένης Αναλογίας (*Extended analogy technique*) (Matocha, Camp and Hooper, 1998)

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται συνοπτικά το πλαίσιο των μοντέλων αυτών.

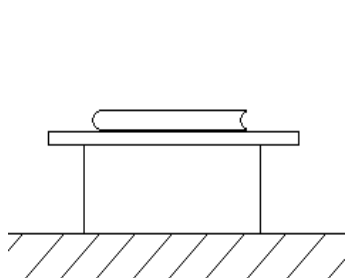
3.5.1 Γεφυρωτικές αναλογίες (*Bridging Analogies*)

Το μοντέλο των γεφυρωτικών αναλογιών (Clement, 1993) έχει προταθεί για την αντιμετώπιση προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών στο χώρο της φυσικής. Οι

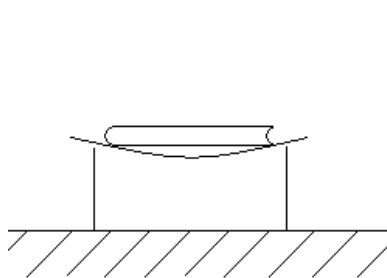
προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών δεν είναι πάντα παρανοήσεις - υπάρχουν προϋπάρχουσες αντιλήψεις οι οποίες συμφωνούν με την ισχύουσα θεωρία. Αυτές οι αντιλήψεις στο συγκεκριμένο διδακτικό μοντέλο ονομάζονται αγκυρωτικές αντιλήψεις (anchoring conceptions) (Clement, Brown and Zietsman, 1989). Οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών στο σύνολο τους ονομάζονται εναλλακτικές αντιλήψεις.

Το μοντέλο των γεφυρωτικών αναλογιών στηρίζεται στην παρατήρηση ότι οι έμπειροι σε ένα πεδίο, χρησιμοποιούν ειδικές μορφές αναλογικού συλλογισμού για να διευρύνουν το πεδίο ενός αναλογικού παραδείγματος, να επιβεβαιώσουν την εγκυρότητα μιας αναλογίας και να ξεπεράσουν μια εννοιολογική δυσκολία. Οι ίδιες μορφές χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο αυτού του μοντέλου για την αντιμετώπιση των εννοιολογικών δυσκολιών των μαθητών. Η στρατηγική που χρησιμοποιείται είναι η επιλογή μιας τρίτης περίπτωσης που βρίσκεται ανάμεσα στην έννοια-πηγή και στην έννοια-στόχο και μοιράζεται χαρακτηριστικά και από τις δύο έννοιες.

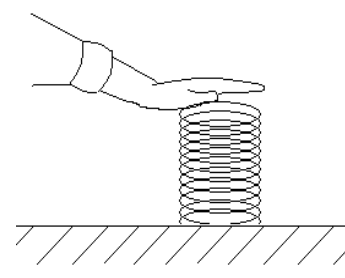
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα από το χώρο της φυσικής σχετίζεται με την αντίληψη των μαθητών ότι τα σταθερά αντικείμενα λειτουργούν ως εμπόδια στη μετάδοση των δυνάμεων. Το πρόβλημα στόχος που τέθηκε ήταν το αν ένα τραπέζι ασκεί μια δύναμη προς τα πάνω σε ένα βιβλίο τοποθετημένο πάνω στο τραπέζι. Το 76% των μαθητών απάντησαν πως το τραπέζι δεν ασκεί καμία δύναμη στο βιβλίο (Σχήμα 3.3.A). Αντίθετα το 96% αυτών των μαθητών πιστεύουν ότι ένα ελατήριο τοποθετημένο στο τραπέζι πιέζει το χέρι κάποιου όταν αυτός πιέζει το ελατήριο (Σχήμα 3.3.Γ). Μια γεφυρωτική αναλογία (Σχήμα 3.3.B) είναι ένα βιβλίο πάνω σε ένα ελαστικό κουτί. Κατά τη διδασκαλία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μια γεφυρωτικές αναλογίες.



Σχήμα 3.3.A



Σχήμα 3. 3.B



Σχήμα 3. 3.Γ

3.5.2 Μοντέλο διδασκαλίας με αναλογία (Teaching-with –analogy model [TWA])

Σύμφωνα με το μοντέλο που προτείνει ο Glynn (1994) για χρήση αναλογιών στη διδασκαλία φυσικών επιστημών τα αναγκαία βήματα είναι:

- Εισαγωγή – παρουσίαση της έννοιας-στόχου
- Ανάκληση της έννοιας-πηγής (ανάλογο)
- Αναγνώριση των σχετικών χαρακτηριστικών του αναλόγου και του στόχου
- Αντιστοίχιση κοινών στοιχείων αναλόγου και στόχου
- Κατάδειξη του σημείου στο οποίο παύει να ισχύει η αναλογία
- Εξαγωγή συμπερασμάτων

Ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης του συγκεκριμένου μοντέλου παρουσιάζεται στην αξιοποίηση αναλογίας για τη διδασκαλία της έννοιας της κρυφής μνήμης (Παρ. 9.7.2)

3.5.3 Πολλαπλές Αναλογίες (Multiple analogies)

Όπως προαναφέρθηκε, οι αναλογίες είναι ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης, πολλές φορές όμως έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παρανοήσεων. Η πιο συνηθισμένη μορφή χρήσης αναλογιών είναι η χρήση απλών αναλογιών αλλά σύμφωνα με τους Spiro, Feltovich, Coulson και Anderson (1989) αυτή η μορφή είναι και η πιο πιθανή για δημιουργία παρανοήσεων. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι οι απλές αναλογίες αν και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μια προκαταρκτική προσέγγιση μιας σύνθετης έννοιας στη συνέχεια μπορεί να αποτελέσουν εμπόδια για μια πλήρη και σωστή κατανόηση της έννοιας. Αντίθετα ο κίνδυνος για τη δημιουργία παρανοήσεων μειώνεται σημαντικά αν αντί για μια μόνο αναλογία χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία πολύπλοκων και δύσκολων εννοιών ένα πλαίσιο διδασκαλίας που να χρησιμοποιεί πολλαπλές αναλογίες.

Η πρόταση των Spiro, Feltovich, Coulson και Anderson (1989) για να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα παρανοήσεων από τη συμβατική χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία είναι αντί για μια να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές αναλογίες για την ίδια έννοια-στόχο.

Τα είδη των παρανοήσεων που αντιμετωπίζει αυτή η προσέγγιση είναι παρανοήσεις λόγω:

1. πληροφορίας (ιδιοτήτων) που λείπει από την πηγή
2. πληροφορίας που υπάρχει στην πηγή αλλά είναι παραπλανητική
3. πληροφορίας στην πηγή η οποία λανθασμένα αναδεικνύεται (στην οποία λανθασμένα επικεντρώνεται η προσοχή)

Ένα βασικό ζήτημα στη χρήση πολλαπλών αναλογιών είναι αυτό της ενοποίησής τους σε ένα σύνολο. Οι αναλογίες πρέπει να επιλεγούν ώστε να είναι διασυνδεδεμένες ώστε η κάθε μια να «διορθώνει» τις αρνητικές πλευρές της προηγούμενης. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι δυνατόν, μια επόμενη αναλογία να είναι παρόμοια με την προηγούμενη αλλά «αναβαθμισμένη» ώστε να διατηρεί μεν κάποιες ιδιότητες της προηγούμενης αναλογίας αλλά ταυτόχρονα να εισάγει και κάποιες ιδιότητες που διορθώνουν την προηγούμενη αναλογία. Δεν είναι όμως πάντα δυνατόν να βρεθούν τέτοιου είδους αναλογίες

Οι τρόποι με τους οποίους οι επιπρόσθετες αναλογίες βελτιώνουν την κατανόηση των διδασκομένων εννοιών σχετίζονται με τις εξής λειτουργίες:

- Συμπλήρωση. Πλευρές μιας έννοιας που δεν παρουσιάζονται σε προηγούμενες αναλογίες καλύπτονται από μια συμπληρωματική αναλογία.
- Διόρθωση. Η προηγούμενη αναλογία ήταν παραπλανητική για κάποιες πλευρές μιας έννοιας.
- Μεταβολή. Μερικές φορές είναι δυνατόν να αντιμετωπίσουμε ένα λανθασμένο στοιχείο σε μια προηγούμενη αναλογία μεταβάλλοντας το και όχι αλλάζοντας το ριζικά ή αντικαθιστώντας το
- Εμπλουτισμός. Είναι ένα «ραφινάρισμα» (επεξεργασία) μιας προηγούμενης αναλογίας που εμβαθύνει την κατανόηση της έννοιας ξεπερνώντας οποιαδήποτε προηγούμενη επιφανειακή θεώρηση
- Μεγέθυνση. Μια ιδιότητα της έννοιας-στόχου που δεν αναπαρίσταται με τη σωστή ανάλυση στην έννοια-πηγή αντιμετωπίζεται σε αυτή την αναλογία με αλλαγές κλίμακας (αλλαγές στην ανάλυση). Χρησιμοποιείται είτε μια νέα αναλογία είτε η παλιά σε άλλη κλίμακα.
- Αλλαγή οπτικής γωνίας. Η νέα αναλογία μπορεί να δώσει μια άλλη οπτική γωνία για την έννοια-στόχο.
- Συναγωνισμός. Περισσότερες από μια αναλογίες «συναγωνίζονται» για την ίδια έννοια-στόχο. Τελικά μόνο μια αναλογία υπερισχύει και οι άλλες απορρίπτονται.

- Σειριακή συνύπαρξη (sequential collocation). Διαδοχικά στάδια σε μια διαδικασία αναπαρίστανται με μια ξεχωριστή αναλογία. Δηλαδή μια απλή αναλογία χρησιμοποιείται για κάθε ξεχωριστά αναγνωρίσιμο τμήμα ενός φαινομένου, και οι αναλογίες απλά συνυπάρχουν χωρίς ανάγκη για ενοποίηση.

3.5.4 Η τεχνική της εκτεταμένης αναλογίας (Extended analogy technique)

Η τεχνική αυτή συνδυάζει κοινές αναλογίες με κάποια υπερβολή και δραματική έμφαση (Matocha, Camp and Hooper, 1998). Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές απομνημονεύουν καλύτερα την έννοια-στόχο για τη διδασκαλία της οποίας χρησιμοποιείται η εκτεταμένη αναλογία.

Ένα παράδειγμα εκτεταμένης αναλογίας στην Πληροφορική σχετικά με τα δικτυακά πρωτόκολλα Ethernet και token-ring ονομάζεται «το δίλημμα του αρχηγού». Ένας αρχηγός φυλής προσπαθώντας να ορίσει κανόνες συζήτησης ώστε να μην μιλούν όλα τα μέλη ταυτόχρονα γύρω από τη φωτιά ζητά προτάσεις επίλυσης από τους δύο γιους του. Ο πρώτος προτείνει ένα ανοιχτό περιβάλλον με αρκετή προσωπική ελευθερία. Ο καθένας στην ομάδα του έχει ίσα δικαιώματα για ομιλία με τους άλλους. Αν δύο άτομα θέλουν να μιλήσουν την ίδια στιγμή ο καθένας παραχωρεί τη σειρά του ευγενικά στον άλλον και περιμένουν για λίγο μέχρι να προσπαθήσουν να μιλήσουν ξανά.

Ο δεύτερος γιος πρότείνει η σειρά με την οποία θα παίρνουν το λόγο να καθορίζεται από το κάπνισμα μιας πίπας. Το κάθε μέλος της φυλής καπνίζει με τη σειρά του από την πίπα και αυτός είχε το δικαίωμα ομιλίας εφόσον είχε κάτι να πει, στη συνέχεια η πίπα περνά στο επόμενο μέλος της φυλής. Με αυτό τον τρόπο όλοι είχαν ίσες ευκαιρίες να μιλήσουν. Αξιολογώντας ο πρώτος γιος την μέθοδο του, θεώρησε ότι είναι καλή τις μέρες που οι άνθρωποι είναι χαρούμενοι και υπάρχουν λίγα θέματα προς επίλυση, όταν όμως προκύπτουν πολλά προβλήματα και πολλοί προσπαθούν να μιλήσουν μαζί, οι διακοπές είναι τόσο συχνές που η επικοινωνία δεν είναι αποτελεσματική. Ο δεύτερος γιος επισήμανε ότι η δική του μέθοδος του μπορεί να χειριστεί τέτοιες κρίσεις αποτελεσματικά εφόσον ο καθένας περιμένει τη σειρά του για να μιλήσει. Παραδέχτηκε όμως ότι σε μια φυσιολογική μέρα είναι πολύ εκνευριστικό για κάποιον που θέλει να πει μια μεγάλη ιστορία να λέει μία πρόταση της κάθε φορά που η πίπα περνά από αυτόν. Τελικά ο αρχηγός παραδέχτηκε ότι και οι δύο μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Με τη βοήθεια της αναλογίας παρουσιάζεται η διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων Ethernet και token-ring.

Στο πρωτόκολλο Ethernet, όπως και στη μέθοδο του πρώτου γιου, ένας εξυπηρετητής πρώτα ακούει και μετά μεταδίδει. Αν είναι όλα σιωπηλά τότε κάνει προσπάθεια να μεταδώσει. Αν δύο ή περισσότεροι εξυπηρετητές μεταδίδουν την ίδια στιγμή τότε και οι δύο πρέπει να εκτελέσουν έναν αλγόριθμο υποχώρησης. Ένας εξυπηρετητής στο πρωτόκολλο token-ring μεταδίδει μόνο αν έχει το κουπόνι (token) όπως και στη μέθοδο του δεύτερου γιου. Έτσι ενώ το πρωτόκολλο Ethernet έχει μικρή καθυστέρηση σε περιόδους ελαφριάς κυκλοφορίας έχει μεγάλες καθυστερήσεις σε περιόδους με μεγαλύτερη κυκλοφορία. Το πρωτόκολλο token-ring δουλεύει καλά σε περιόδους με μεγάλη κυκλοφορία αλλά έχει απαράδεκτα μεγάλες καθυστερήσεις σε περιόδους με μικρή κυκλοφορία.

Σε έρευνα που έγινε για χρήση της τεχνικής αυτής, σε έννοιες σχετικές με προγραμματισμό υπολογιστών (Gordon, 2007) φάνηκε ότι η εκτεταμένη αναλογία είχε θετικά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα από τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια φάνηκε ότι η εκτεταμένη αναλογία λειτούργησε ως κίνητρο και οι μαθητές χωρίς προηγούμενες γνώσεις προγραμματισμού έγιναν πιο θετικοί στην εμπλοκή τους στην όλη διαδικασία αντίθετα με όσους είχαν ήδη κάποιες γνώσεις προγραμματισμού.

3.6 Υπολογιστικά περιβάλλοντα αξιοποίησης αναλογιών στη διδασκαλία

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά δύο υπολογιστικά περιβάλλοντα που αξιοποιούν αναλογίες στη διδασκαλία. Το πρώτο (MARVIN) χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση και οπτικοποίηση αναλογιών και απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς και συγγραφείς και γενικότερα σε όσους χρησιμοποιούν αναλογίες. Το δεύτερο χρησιμοποιεί μια δένδροειδή δομή αναλογιών (Analogy tree) απευθύνεται σε μαθητές και χρησιμοποιείται για την οργάνωση και οπτικοποίηση πολλαπλών αναλογιών για μια άγνωστη έννοια.

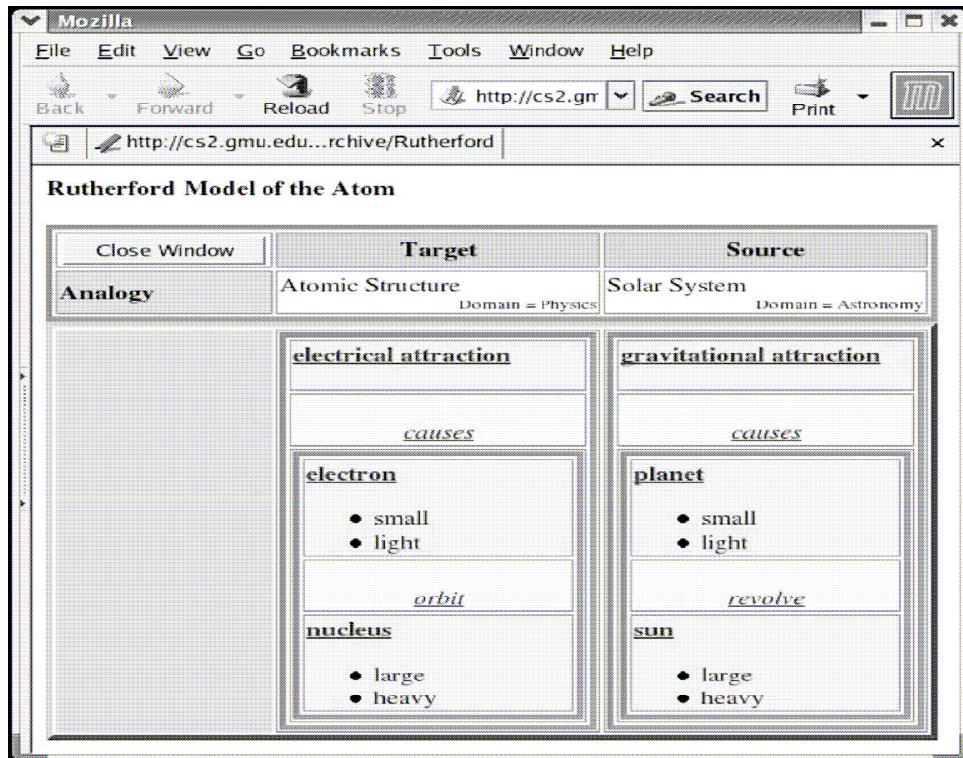
3.6.1 MARVIN (*Markup for Analogy Representation and Visualization for the InterNet*)

Οι Foxwell και Menasce (2004) σχεδίασαν και υλοποίησαν το MARVIN (Markup for Analogy Representation and Visualization for the InterNet) το οποίο είναι ένα διαδικτυακό περιβάλλον για την αναπαράσταση, ανάκληση και οπτικοποίηση αναλογιών. Στο MARVIN οι αναλογίες αναπαρίστανται με τη βοήθεια ενός μοντέλου περιεχομένου σε γλώσσα XML το οποίο έχει οριστεί ειδικά για αυτό το σκοπό. Οι συγγραφείς των αναλογιών μπορούν να καταγράψουν τις αναλογίες τους με κοινούς XML editors ή με το MARVIN Analogy Editor.

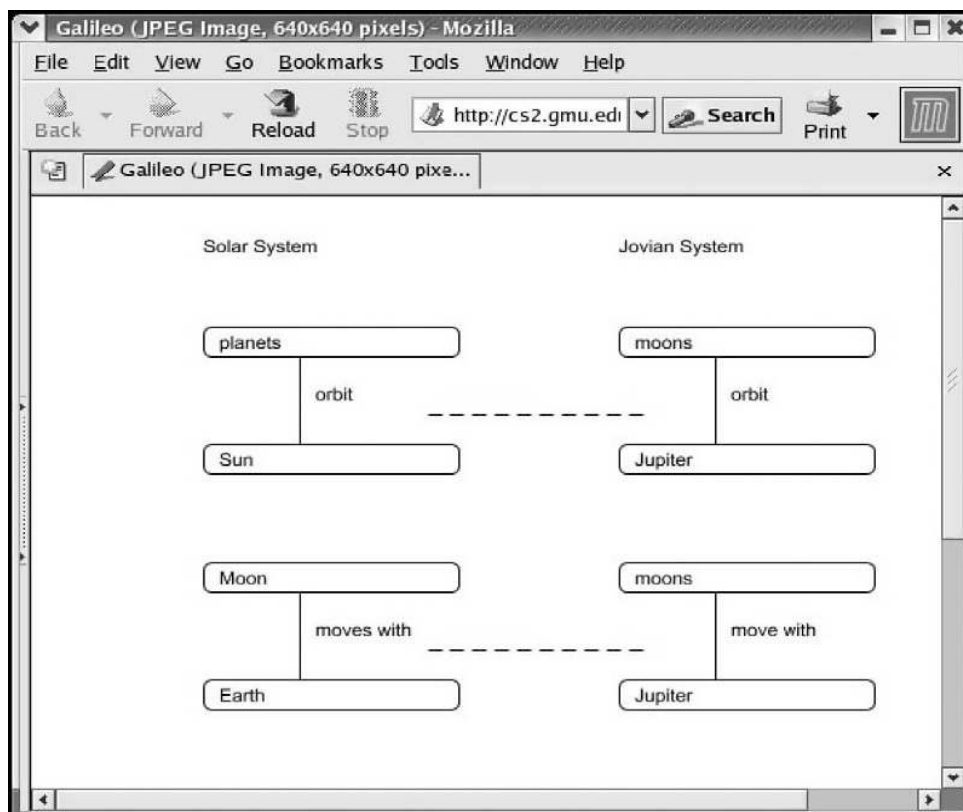
Το MARVIN δίνει επίσης τη δυνατότητα για οπτικοποίηση των αναλογιών με τη μορφή πίνακα και σε γραφική μορφή. Οι οπτικοποιήσεις αυτές δημιουργούνται απευθείας από το αρχείο XML που περιέχει τον ορισμό της αναλογίας.

Στο Σχήμα 3.4 παρουσιάζεται η οπτικοποίηση με τη μορφή πίνακα μιας αναλογίας μεταξύ του ηλιακού συστήματος και ενός ατόμου. Στην οπτικοποίηση με τη μορφή πίνακα παρουσιάζεται στο δεξί τμήμα της οθόνης το σύστημα πηγή και στο αριστερό τμήμα της οθόνης το σύστημα στόχος. Επίσης παρουσιάζονται οι ιδιότητες και οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών τόσο στο σύστημα πηγή όσο και στο σύστημα στόχος. Διαφορετικά είδη πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρουσιάσουν τις σχέσεις και τις ιδιότητες κάθε σχέσης. Στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται η οπτικοποίηση σε γραφική μορφή της αναλογίας του ηλιακού συστήματος με το σύστημα των φυσικών δορυφόρων του πλανήτη Δία. Στην οπτικοποίηση σε γραφική μορφή παρουσιάζονται πάλι στο δεξί και το αριστερό τμήμα της οθόνης τα συστήματα πηγή και στόχος αλλά οι σχέσεις μεταξύ των εννοιών κάθε συστήματος απεικονίζονται με γραμμές και ετικέτες που περιγράφουν το είδος της σχέσης. Επίσης, σε αυτή τη μορφή απεικόνισης χρησιμοποιούνται γραμμές για να παρουσιάσουν τις σχέσεις μεταξύ εννοιών των δύο συστημάτων.

Μέσα από το περιβάλλον επίσης παρέχεται δίνει τη δυνατότητα για την αποθήκευση, ανάκληση (retrieval) και βαθμολόγηση (ranking) εκφράσεων (expressions) με αναλογίες. Το περιβάλλον αυτό έχει και τη δυνατότητα συνεργασίας με διαδικτυακά εκπαιδευτικά συστήματα τα οποία παρέχουν λίστα συνδέσμων (links) σε αναλογίες αποθηκευμένες σύμφωνα με το πρότυπο του MARVIN. Οι αναλογίες αυτές εφόσον ο χρήστης γνωρίζει τη διεύθυνση τους αποθηκεύονται στο σύστημα MARVIN και ο χρήστης μπορεί να τις δουν οπτικοποιημένες ή να τις επεξεργαστεί.



Σχήμα 3.4. Οπτικοποίηση αναλογίας σε μορφή πίνακα στο σύστημα MARVIN

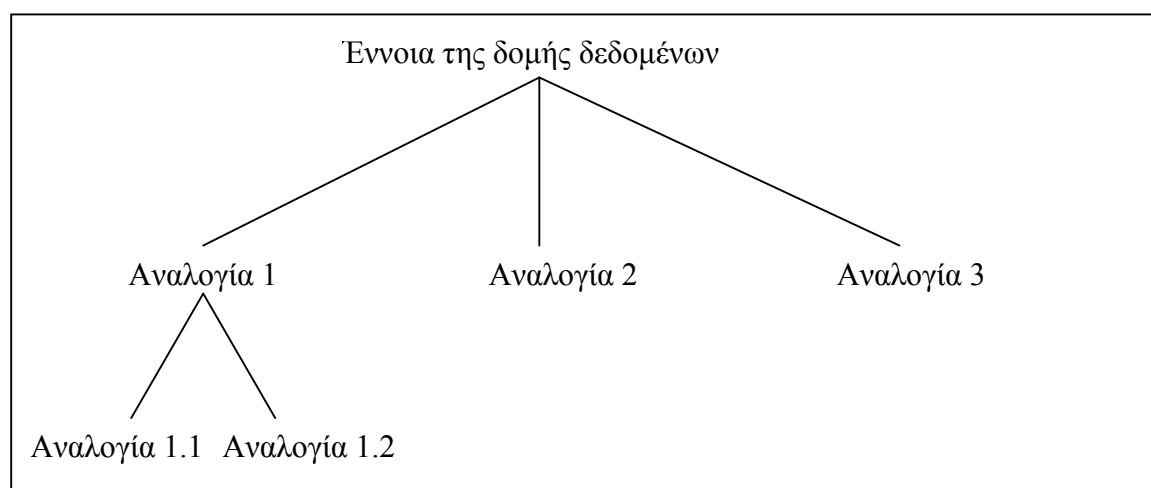


Σχήμα 3.5. Οπτικοποίηση αναλογίας σε γραφική μορφή πίνακα στο σύστημα MARVIN

3.6.2 Analogy tree

Η Dunican (2002) προτείνει τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος που θα χρησιμοποιεί ένα δένδρο αναλογιών για την οργάνωση των αναλογιών που αφορούν σε μία συγκεκριμένη έννοια. Αν και η Dunican προτείνει τη δομή του δένδρου αναλογιών για ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον για τη διδασκαλία εννοιών προγραμματισμού, η δομή αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για τη διδασκαλία εννοιών άλλων επιστημονικών πεδίων όπως π.χ φυσικών επιστημών .

Το δένδρο κατασκευάζεται από τον εκπαιδευτικό και έχει μια απλή δομή. Κάθε κόμβος του δένδρου αναπαριστά μια αναλογία που βοηθά στην κατανόηση μιας συγκεκριμένης έννοιας. Οι αναλογίες παρουσιάζονται στους μαθητές. Αν μια αναλογία δεν επαρκεί για την κατανόηση της έννοιας από το μαθητή, κόμβοι-παιδιά σε χαμηλότερο επίπεδο αντιστοιχούν σε απλούστερες ή απλουστευμένες αναλογίες . Στο Σχήμα 3.6 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα ενός δένδρου με αναλογίες για την έννοια της δομής δεδομένων. Οι αναλογίες 1,2 και 3 είναι οι αναλογίες του υψηλότερου επιπέδου ενώ σε χαμηλότερο επίπεδο υπάρχουν οι απλούστερες ή απλουστευμένες αναλογίες 1.1 και 1.2



Σχήμα 3.6. Δένδρο αναλογιών για την έννοια δομή δεδομένων

Σε μια ιδανική περίπτωση πολλές από τις αναλογίες των υψηλότερων επιπέδων επαρκούν για να εξηγήσουν την έννοια που διδάσκεται. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 6, η αναλογία 1 μπορεί να επαρκεί και να μην υπάρχει ανάγκη να κατέβουμε στο επόμενο επίπεδο ή να επισκεφθούμε άλλες αναλογίες του ιδίου επιπέδου. Καθώς το σύστημα αυτό είναι ακόμα σε φάση σχεδίασης θέματα που χρειάζονται ακόμα διερεύνηση είναι:

- Η αποτελεσματικότητα κάθε αναλογίας δηλαδή αν μια συγκεκριμένη αναλογία δεν βοηθά στην κατανόηση κάποιας έννοιας από το μαθητή, ποιο τμήμα της απαραίτητης γνωστικής διαδικασίας) δεν ενεργοποίησε.
- Πώς το σύνολο των αναλογιών για μια έννοια να καλύψει όλες τις οπτικές γωνίες στην προσπάθεια να γίνει πλήρως κατανοητή η άγνωστη έννοια.
- Πώς να δοθεί στο μαθητή κάποια ανατροφοδότηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αναλογίας την οποία χρησιμοποίησε.

Επιπλέον έρευνα γίνεται στη δημιουργία ενός καταλόγου με τις παρανοήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές γιατί η δημιουργία αποτελεσματικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων πρέπει να στηρίζεται και στις παρανοήσεις των μαθητών και τα αίτιά τους.

3.7 Οι αναλογίες στη διδασκαλία της πληροφορικής

Από την αρχή της ιστορίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών η αναλογία του ηλεκτρονικού υπολογιστή με τον ανθρώπινο εγκέφαλο ήταν πολύ διαδεδομένη. Η χρήση των αναλογιών στην πληροφορική είναι πολύ συχνή (Blackwell, 1996). Πολύ συχνή είναι επίσης η χρήση των αναλογιών στη διδασκαλία εννοιών πληροφορικής καθώς πολλές από τις έννοιες της πληροφορικής είναι αρκετά αφηρημένες και πολύπλοκες και εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων χρησιμοποιούν αναλογίες για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών από τους εκπαιδευόμενους.

Επίσης, λογισμικό κάθε είδους όπως λειτουργικά συστήματα, λογισμικό γραφείου, περιβάλλοντα προγραμματισμού χρησιμοποιούν αναλογίες ενσωματωμένες στο περιβάλλον διεπαφής τους όπως φάκελοι για τα ευρετήρια, μεγενθυτικοί φακοί για μεγέθυνση της εικόνας κ.α. Η χελώνα της γλώσσας LOGO μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως ένα είδος αναλογίας (Papert, 1980). Αναλογίες χρησιμοποιούνται επίσης πολύ συχνά στην οπτικοποίηση αλγορίθμων (βλέπε Παρ. 9.7.1 Β).

3.7.1 Παραδείγματα διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών στην Πληροφορική σε διδακτικά εγχειρίδια

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αναλογίες που χρησιμοποιούνται σε διδακτικά εγχειρίδια δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και αφορούν σε έννοιες της Πληροφορικής .

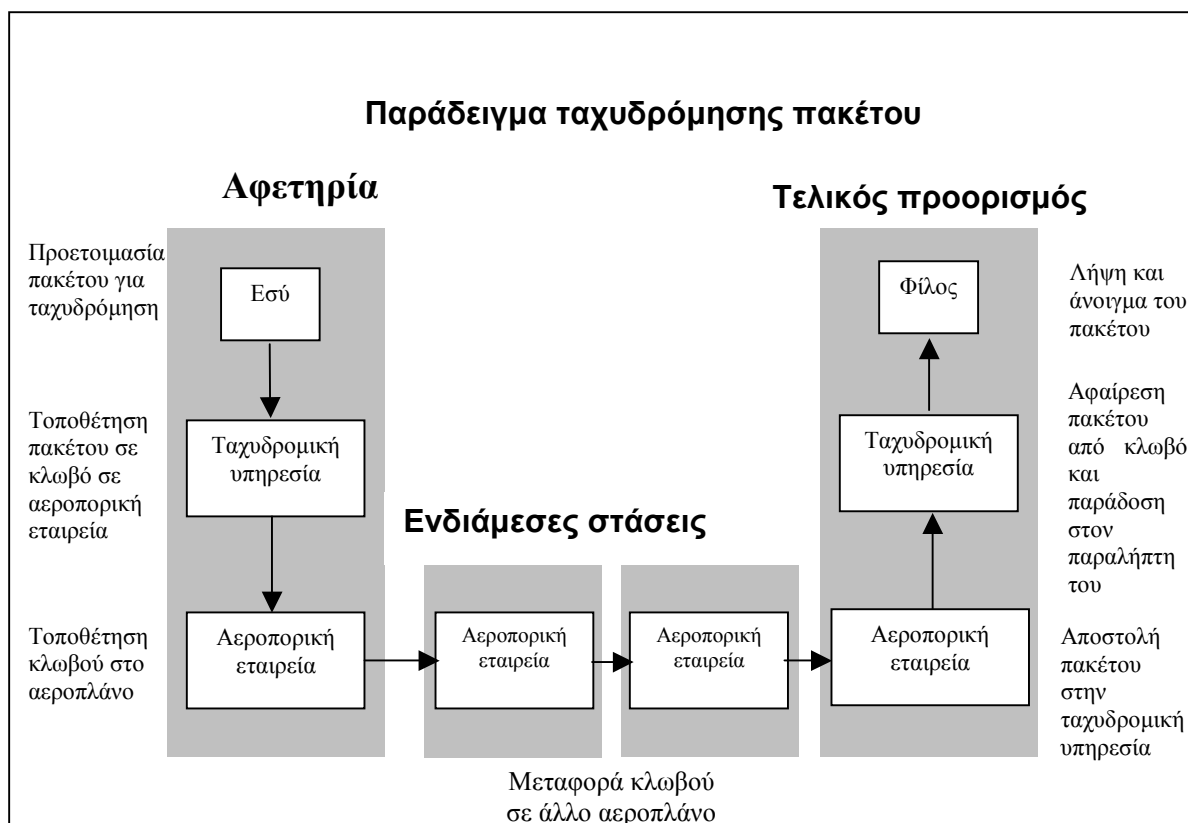
Αναλογία για τα επίπεδα δικτύων

Στο εγχειρίδιο «Η επιστήμη των Υπολογιστών» (Brookshear, 2005) για την κατανόηση της έννοιας των επιπέδων σε ένα δίκτυο και ειδικότερα στο διαδίκτυο, παρουσιάζεται μια αναλογία για την αποστολή ενός πακέτου δεδομένων από έναν υπολογιστή του δικτύου σε έναν άλλο. Η αναλογία αυτή αφορά στην αποστολή ενός δώρου από την Αθήνα στο Λονδίνο. Το ανάλογο παρουσιάζεται με ένα συνδυασμό κειμένου και Σχήματος (Σχήμα 3.7). Η τεχνική που ακολουθείται συνάδει με την τεχνική της εκτεταμένης αναλογίας. Η αναλογία είναι εμπλουτισμένη καθώς δίνονται επεξηγήσεις για την αντιστοίχιση μεταξύ της έννοιας-πηγής και της έννοιας-στόχου. Ο τύπος αναλογικής συσχέτισης είναι δομική-λειτουργική διότι αναφέρεται τόσο στη δομή όσο και στη λειτουργία των δύο συστημάτων (δίκτυο υπολογιστών – δίκτυο ταχυδρομικής εταιρείας). Επίσης οι δύο έννοιες, στόχος και πηγή, είναι συγκεκριμένες. Η θέση της έννοιας-πηγής είναι στην αρχή του κειμένου επομένως έχει θέση αναλογικού οργανωτή προώθησης.

Στη συνέχεια δίνεται ένα σχετικό απόσπασμα:

«...Με λίγα λόγια η μεταφορά του δώρου θα διεξάγονταν μέσω μιας ιεραρχίας τριών επιπέδων: (1) του επιπέδου χρήστη (που αποτελείται από εσάς και το φίλο σας) (2) της ταχυδρομικής υπηρεσίας, και (3) της αεροπορικής εταιρείας. Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί το αμέσως επόμενο επίπεδο σαν αφηρημένο εργαλείο. (Δεν ασχολείστε με τις λεπτομέρειες της ταχυδρομικής υπηρεσίας, και η ταχυδρομική υπηρεσία δεν ασχολείται με τον τρόπο εσωτερικής λειτουργίας της αεροπορικής εταιρείας.) Κάθε επίπεδο στην ιεραρχία έχει αντιπροσώπους τόσο στο σημείο αφετηρίας όσο και στο σημείο προορισμού, με τους αντιπροσώπους του προορισμού να κάνουν συνήθως το αντίστροφο από τους αντιπροσώπους της αφετηρίας.

Τέτοια είναι η κατάσταση και με το λογισμικό που ελέγχει την επικοινωνία στο διαδίκτυο με τη διαφορά ότι... »



Σχήμα 3.7. Ταχυδρομική μεταφορά ενός δώρου μεταξύ δύο ανθρώπων μέσω μιας ιεραρχίας τριών επιπέδων

Αναλογίες για το αδιέξοδο στα λειτουργικά συστήματα

Μια αναλογία για την έννοια του αδιεξόδου στα λειτουργικά συστήματα παρουσιάζεται στο ίδιο εγχειρίδιο (σελ. 153 Σχήμα 3.7) με τη μορφή μια εικόνας που απεικονίζει δύο μη διαμοιραζόμενες σιδηροδρομικές διασταυρώσεις στις οποίες το ταυτόχρονο πέρασμα δύο τρένων έχει δημιουργήσει αδιέξοδο.

Επίσης, σε ερωτήσεις κατανόησης (ερώτηση 2, σελ. 157) δίνεται με τη μορφή κειμένου μια αναλογία για ένα κοινόχρηστο, μη διαμοιραζόμενο πόρο και για ένα σύστημα σηματοφορέων με στόχο την αποφυγή αδιεξόδου από λειτουργικό σύστημα: «Υποθέστε ότι ένας αυτοκινητόδρομος με μια λωρίδα ανά κατεύθυνση μετατρέπεται σε ένα αυτοκινητόδρομο με μια λωρίδα και για τις δύο κατευθύνσεις καθώς περνά μέσα από ένα τούνελ. Για τον έλεγχο της χρήση του τούνελ χρησιμοποιείται ένα σύστημα σηματοδότη σύμφωνα με τα παρακάτω :

Ένα αυτοκίνητο που έρχεται από οποιαδήποτε από τις δύο κατευθύνσεις κάνει το σηματοδότη να ανάψει κόκκινο φως. Καθώς το αυτοκίνητο εξέρχεται από το τούνελ το κόκκινο φως σβήνει. Αν ένα αυτοκίνητο έρχεται προς το τούνελ και βρίσκει το κόκκινο φως αναμμένο, τότε περιμένει μέχρι να σβήσει για να μπει στο τούνελ.

Τι λάθος υπάρχει σε αυτό το σύστημα.»

Σε μια παρόμοια αναλογία για την ίδια έννοια (Σελ. 157 ερώτηση 3) στη θέση του τούνελ χρησιμοποιείται μια στενή γέφυρα από την οποία μπορεί να περάσει μόνο ένα αυτοκίνητο.

Αναλογία για την κρυφή μνήμη

Οι Patterson και Hennessy (2006) στο κεφάλαιο του βιβλίου τους για την ιεραρχία μνήμης χρησιμοποιούν μία αναλογία για την κρυφή μνήμη την οποία παρουσιάζουν με τη μορφή κειμένου. Οι αναφορές που γίνονται σε αυτή την αναλογία είναι οι παρακάτω:

«Υποθέστε ότι γράφετε μια φοιτητική εργασία σχετικά με τις σημαντικές ιστορικές εξελίξεις του υλικού των υπολογιστών. Κάθεστε σε ένα γραφείο μιας βιβλιοθήκης, με μια συλλογή βιβλίων που έχετε βγάλει από τα ράφια και τα εξετάζετε. Διαπιστώνετε ότι αρκετοί από τους σημαντικούς υπολογιστές για τους οποίους χρειάζεται να γράψετε περιγράφονται στα βιβλία, αλλά δεν υπάρχει τίποτα για τον EDSAC. Γι' αυτό, πηγαίνετε ξανά στα ράφια και ψάχνετε για ένα ακόμα βιβλίο. Βρίσκετε ένα βιβλίο για τους πρώτους Βρετανικούς υπολογιστές το οποίο καλύπτει τον EDSAC. Όταν έχετε μια καλή συλλογή βιβλίων στο γραφείο σας, υπάρχουν πιθανότητες να μπορείτε να βρείτε σε αυτά πολλά από τα θέματα που χρειάζεστε, και μπορείτε να αφιερώσετε τον περισσότερο από το χρόνο σας χρησιμοποιώντας απλώς τα βιβλία στο γραφείο χωρίς να πηγαίνετε ξανά στα ράφια της βιβλιοθήκης. Η ύπαρξη πολλών βιβλίων στο γραφείο μπροστά σας, σας εξοικονομεί χρόνο, σε σύγκριση με την ύπαρξη ενός μόνο βιβλίου και την συνεχή υποχρέωση να ξανατρέχετε στα ράφια για να το επιστρέψετε και να πάρετε κάποιο άλλο.

Η ίδια αρχή μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε την ψευδαίσθηση μιας μεγάλης μνήμης που μπορούμε να προσπελάσουμε τόσο γρήγορα όσο και μια μικρή μνήμη. Όπως ακριβώς δε χρειάζεστε πρόσβαση σε όλα τα βιβλία της βιβλιοθήκης την ίδια στιγμή με ίσες πιθανότητες, ένα πρόγραμμα δεν προσπελαύνει όλο τον κώδικα ή τα δεδομένα του την ίδια στιγμή με ίσες πιθανότητες. Διαφορετικά, θα ήταν αδύνατο να κάνουμε τις περισσότερες προσπελάσεις μνήμης γρήγορα και να εξακολουθούμε να έχουμε πολλή μνήμη στους υπολογιστές όπως θα ήταν αδύνατον για σας να χωρέσετε όλα τα βιβλία της βιβλιοθήκης στο γραφείο σας και να βρίσκετε αυτό που θέλετε γρήγορα.

Η αρχή της τοπικότητας (locality) αποτελεί τη βάση τόσο του τρόπου με τον οποίο κάνετε τη δουλειά σας όσο και του τρόπου που λειτουργεί το πρόγραμμα. Η αρχή της τοπικότητας λέει ότι τα προγράμματα προσπελαύνουν ένα σχετικά μικρό τμήμα του χώρου διευθύνσεων τους σε κάθε χρονική στιγμή, όπως εσείς προσπελάσατε ένα πολύ μικρό τμήμα της συλλογής της βιβλιοθήκης. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι τοπικότητας:

- Χρονική τοπικότητα (temporal locality): Αν γίνει αναφορά σε ένα αντικείμενο, τότε συνήθως θα ξαναγίνει αναφορά στο ίδιο αντικείμενο σύντομα. Αν φέρατε πρόσφατα ένα βιβλίο στο γραφείο για να το συμβουλευτείτε, είναι πιθανό να το συμβουλευτείτε πάλι σύντομα.
- Χωρική τοπικότητα (spatial locality). Αν γίνει αναφορά σε ένα αντικείμενο συνήθως θα γίνει σύντομα αναφορά και σε αντικείμενα των οποίων οι διευθύνσεις είναι κοντά. Για παράδειγμα, όταν φέρατε το βιβλίο με τους πρώτους αγγλικούς υπολογιστές για να μάθετε σχετικά με το EDSAC, παρατηρήσατε ότι υπήρχε και ένα άλλο βιβλίο στο ράφι δίπλα σε αυτό σχετικό με τους πρώτους μηχανικούς υπολογιστές, οπότε φέρατε και εκείνο το βιβλίο και, αργότερα βρήκατε κάτι χρήσιμο σε εκείνο το βιβλίο. Βιβλία με το ίδιο θέμα είναι τοποθετημένα μαζί στα ράφια της βιβλιοθήκης ώστε να αυξάνεται η χωρική τοπικότητα. Θα δούμε με ποιο τρόπο χρησιμοποιείται η χωρική τοπικότητα στις ιεραρχίες μνήμης λίγο παρακάτω σε αυτό το κεφάλαιο...»

«...Όπως ακριβώς οι προσβάσεις στα βιβλία στο γραφείο σας φυσιολογικά παρουσιάζουν τοπικότητα, η τοπικότητα στα προγράμματα προέρχονται από απλές και φυσικές δομές προγραμμάτων. Για παράδειγμα, τα περισσότερα προγράμματα

«...Το σύστημα μνήμης είναι οργανωμένο σε μια ιεραρχία: ένα επίπεδο πιο κοντά στον επεξεργαστή είναι ένα υποσύνολο οποιουδήποτε επιπέδου πιο μακριά, και όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στο χαμηλότερο επίπεδο. Σε αναλογία, τα βιβλία στο γραφείο σας σχηματίζουν ένα υποσύνολο της βιβλιοθήκης στην οποία δουλεύετε, η οποία με τη σειρά της είναι ένα υποσύνολο όλων των βιβλιοθηκών της πανεπιστημιούπολης. Επιπλέον, όσο απομακρυνόμαστε από τον επεξεργαστή, τα επίπεδα απαιτούν περισσότερο χρόνο προσπέλασης, όπως πιθανόν θα συνέβαινε σε μια ιεραρχία βιβλιοθηκών της πανεπιστημιούπολης.

Μια ιεραρχία μνήμης μπορεί να αποτελείται από πολλά επίπεδα αλλά τα δεδομένα αντιγράφονται μόνο μεταξύ δύο γειτονικών επιπέδων κάθε στιγμή και έτσι μπορούμε να εστιάσουμε την προσοχή μας μόνο σε δύο επίπεδα. Το υψηλότερο επίπεδο – το κοντινότερο στον επεξεργαστή – είναι μικρότερο και ταχύτερο (αφού χρησιμοποιεί πιο ακριβή τεχνολογία) από το χαμηλότερο επίπεδο. Η εικόνα 7.2 δείχνει ότι η ελάχιστη μονάδα πληροφορίας που μπορεί είτε να είναι είτε να μην είναι παρούσα στην ιεραρχία δύο επιπέδων ονομάζεται μπλοκ ή γραμμή, στην αναλογία μας της βιβλιοθήκης, ένα μπλοκ είναι ένα βιβλίο.

Αν τα δεδομένα που ζητούνται από τον επεξεργαστή υπάρχουν σε κάποιο μπλοκ στο υψηλότερο επίπεδο, αυτό ονομάζεται ευστοχία (hit – και αντιστοιχεί με το να βρείτε την πληροφορία σε ένα από τα βιβλία στο γραφείο σας). Αν τα δεδομένα δεν υπάρχουν στο υψηλότερο επίπεδο, η αίτηση χαρακτηρίζεται αστοχία (miss). Στην περίπτωση αυτή, προσπελάζεται το χαμηλότερο επίπεδο στην ιεραρχία για να ανακτηθεί το μπλοκ που περιέχει τα ζητούμενα δεδομένα. (Συνεχίζοντας την αναλογία μας, πηγαίνετε από το γραφείο σας στα ράφια της βιβλιοθήκης για να βρείτε το κατάλληλο βιβλίο). Ο ρυθμός.....»

3.7.2 Παραδείγματα διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών στην Πληροφορική σε εκπαιδευτικό λογισμικό

Εικονική ζυγαριά (ΔΕΛΥΣ)

Ένα παράδειγμα χρήσης αναλογίας σε εκπαιδευτικό λογισμικό αποτελεί και η εικονική ζυγαριά (Σχήμα 3.8) στο εκπαιδευτικό λογισμικό ΔΕΛΥΣ (2000) για τη μετατροπή δυαδικών αριθμών σε δεκαδικούς και αντίστροφα.

Στο αριστερό δίσκο της ζυγαριάς ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει βάρη που είναι δυνάμεις του 10 (1, 10, 100) και αντιστοιχούν στα ψηφία ενός αριθμού του δεκαδικού συστήματος. Στο δεξί δίσκο της ζυγαριάς ο χρήστης μπορεί να τοποθετήσει βάρη που είναι δυνάμεις του 2 (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64) και αντιστοιχούν στα ψηφία ενός αριθμού του δυαδικού συστήματος. Η ζυγαριά ισορροπεί όταν ο αριθμός του δεκαδικού και ο αριθμός του δυαδικού συστήματος είναι ίσοι.

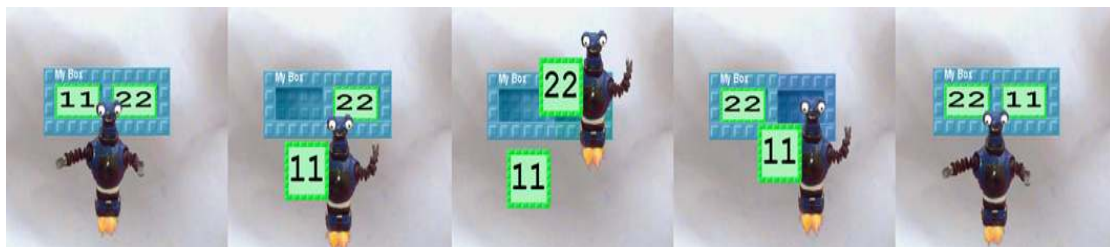
Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πληκτρολογήσει τους δύο αριθμούς στις θέσεις κάτω από τους δύο δίσκους αντί να τοποθετήσει τα αντίστοιχα βάρη στους δίσκους όπως και να μηδενίσει τους δύο αριθμούς με το αντίστοιχο κουμπί. Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κλειδώσει τη ζυγαριά, να τοποθετήσει τα βάρη και στη συνέχεια να δει αν η ζυγαριά ισορροπεί ή κλείνει προς την μία από τις δύο πλευρές ξεκλειδώνοντας την ζυγαριά. Εκτός από την κλίση της ζυγαριάς υπάρχει και η μαθηματική ένδειξη (=, >, <) για την σχέση των δύο αριθμών.



Σχήμα 3.8. Εικονική ζυγαριά στο εκπαιδευτικό λογισμικό ΔΕΛΥΣ

Αναλογία για τη μεταβλητή (ToonTalk)

Μια αναλογία για τη μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής παρουσιάζεται στο εκπαιδευτικό παιχνίδι Toontalk (Kahn, 1999; 2008). Η αναλογία που χρησιμοποιείται για την έννοια της μεταβλητής είναι αυτή της κενής θέσης σε ένα κατασκεύασμα από lego στοιχεία. Πάνω σε αυτή τη θέση μπορεί να τοποθετηθεί ένα στοιχείο lego κατάλληλου μεγέθους που αντιστοιχεί στην τιμή της μεταβλητής. Στο Σχήμα 3.9 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αντιμετάθεσης των τιμών δύο μεταβλητών. Οι τιμές των δύο μεταβλητών είναι 11 και 22 αντίστοιχα. Ένα robot που παίζει το ρόλο του επεξεργαστή αντιμεταθέτει τις τιμές των δύο μεταβλητών σε 4 χρόνους. Στον πρώτο χρόνο αδειάζει το περιεχόμενο της πρώτης μεταβλητής (στιγμιότυπο Β) και το τοποθετεί προσωρινά στον κενό χώρο, στο δεύτερο χρόνο (στιγμιότυπο Γ) αδειάζει το περιεχόμενο της δεύτερης μεταβλητής (22) και τρίτο χρόνο (στιγμιότυπο Δ) το τοποθετεί στην πρώτη μεταβλητή. Στον τέταρτο χρόνο (στιγμιότυπο Ε) τοποθετεί στη δεύτερη μεταβλητή το περιεχόμενο που έχει τοποθετήσει προσωρινά στον κενό χώρο (11).

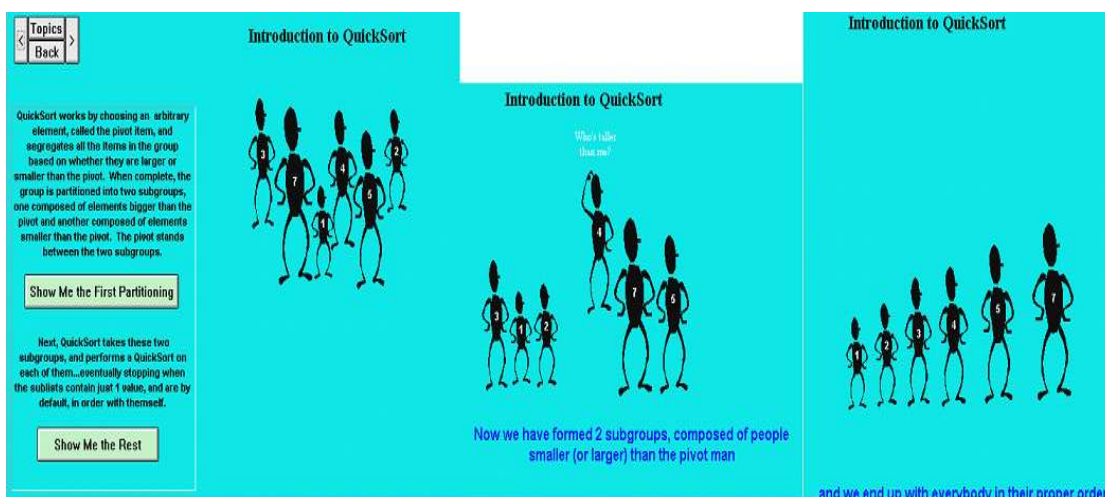


Σχήμα 3.9: Διαδοχικά στιγμιότυπα από ένα παράδειγμα αντιμετάθεσης των τιμών

Αναλογία σε περιβάλλον οπτικοποίησης αλγορίθμων (HalVis)

Στον αλγόριθμο ταξινόμησης QuickSort, όπως παρουσιάζεται στο περιβάλλον οπτικοποίησης αλγορίθμων HalVis (Hansen and Narayanan, 2000), χρησιμοποιείται η αναλογία των ανθρώπων με ύψη ίσα με του αριθμούς που πρόκειται να ταξινομηθούν (Σχήμα 3.10). Οι άνθρωποι, οι οποίοι έχουν στο σώμα τους αριθμούς με τους οποίους αντιστοιχούν, αρχικά βρίσκονται σε τυχαία σειρά (a) .

Στη συνέχεια επιλέγεται ένας άνθρωπος ως επίκεντρο (pivot) και το πλήθος των υπολοίπων ανθρώπων διαιρείται σε δύο υποτμήματα με κριτήριο το αν είναι ψηλότεροι ή κοντύτεροι από αυτόν (b). Τελικά, στο τέλος της διαδικασίας ταξινόμησης η ομάδα των ανθρώπων βρίσκεται ταξινομημένη κατά ύψος (c).



Σχήμα 3.10. Ο αλγόριθμος ταξινόμησης Quickshort στο περιβάλλον HalVis

Αναλογίες σε μαθησιακά αντικείμενα

Αφού προηγουμένως δοθούν κάποιοι ορισμοί για το τι είναι ένα μαθησιακό αντικείμενο, στη συνέχεια περιγράφονται κάποιες αναλογίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μαθησιακά αντικείμενα για έννοιες της πληροφορικής.

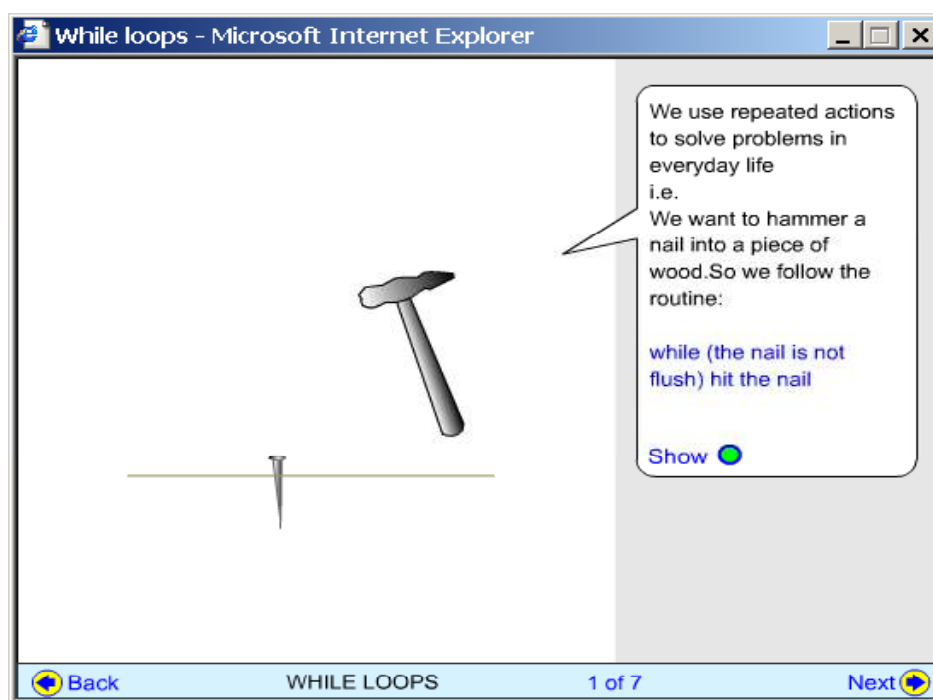
Μαθησιακά αντικείμενα

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για το τι είναι ένα μαθησιακό αντικείμενο. Μερικοί από αυτούς είναι οι παρακάτω:

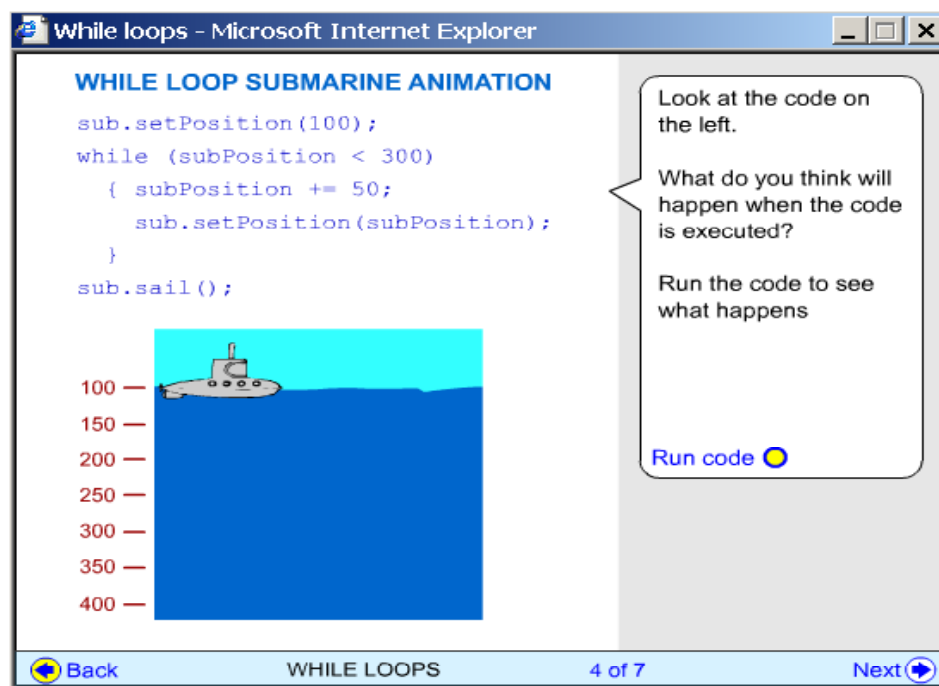
- Ένα μαθησιακό αντικείμενο ορίζεται ως η μικρότερη ανεξάρτητη δομικά εμπειρία που περιέχει ένα στόχο, μια διδακτική δραστηριότητα και μια αξιολόγηση (L'Allier, 1997).
- Ένα μαθησιακό αντικείμενο είναι μια οντότητα ψηφιακή ή μη ψηφιακή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μάθηση, εκπαίδευση ή κατάρτιση (IEEE LTSC, 2002). Ένα μαθησιακό αντικείμενο είναι ψηφιακό υλικό που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει την μάθηση (Wiley, 2002). Τα μαθησιακά αντικείμενα είναι ένας νέος τρόπος για να σκεπτόμαστε για το εκπαιδευτικό υλικό. Παραδοσιακά το περιεχόμενο καλύπτει μερικές ώρες. Τα μαθησιακά αντικείμενα είναι πολύ μικρότερες μονάδες για μάθηση, που τυπικά καλύπτουν χρόνο από 2 έως 15 λεπτά (Wisc- online, 2007).

Μαθησιακά αντικείμενα για βασικές προγραμματιστικές δομές

Αναλογίες έχουν χρησιμοποιηθεί και σε μαθησιακά αντικείμενα για τη διδασκαλία βασικών προγραμματιστικών δομών (Boyle, 2003). Στα Σχήματα 3.11 και 3.12 παρουσιάζονται δύο διαφορετικές αναλογίες που προέρχονται από μαθησιακά αντικείμενα (LMU, 2005) για τη δομή επανάληψης while. Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται με συνθετική κίνηση (animation) η διαδικασία καρφώματος ενός καρφιού στο ξύλο ως αναλογικό μοντέλο της λειτουργίας μιας δομής επανάληψης while (ΟΣΟ.<συνθήκη>...ΕΠΑΝΕΛΑΒΕ). Η παρουσίαση, η οποία γίνεται μέσα από ένα πρόγραμμα φυλλομετρητή, ενεργοποιείται με το κουμπί show χωρίς να υπάρχουν περαιτέρω δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται με συνθετική κίνηση η διαδικασία βύθισης ενός υποβρυχίου από βάθος των 100 μέτρων στα 300 μέτρα ως αναλογικό μοντέλο της λειτουργίας μιας δομής επανάληψης while. Η παρουσίαση, η οποία γίνεται μέσα από ένα πρόγραμμα φυλλομετρητή, ενεργοποιείται με το κουμπί run code και γίνεται βηματικά. Η εντολή που εκτελείται σε κάθε βήμα αποκτά διαφορετικό χρώμα (program animation). Ούτε και εδώ υπάρχουν περαιτέρω δυνατότητες αλληλεπίδρασης. Στα συγκεκριμένα μαθησιακά αντικείμενα υπάρχει η δυνατότητα εκπόνησης δύο απλών δραστηριοτήτων: (i) η πρώτη αφορά στην τοποθέτηση των εντολών μιας δομής επανάληψης while στη σωστή σειρά και στη συνέχεια δοκιμή – εκτέλεση της δομής, και (ii) η δεύτερη αφορά στον εντοπισμό των λαθών που περιέχει μια δομή επανάληψης while.



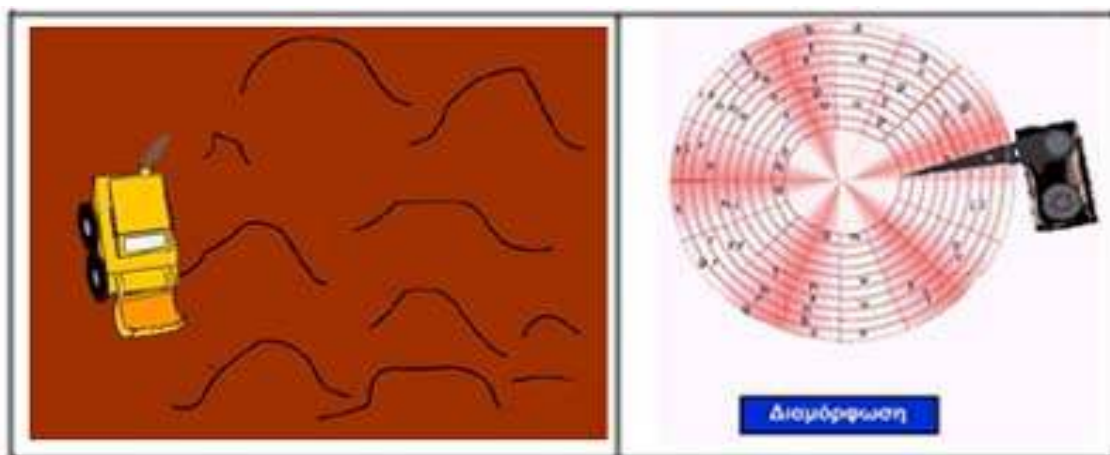
Σχήμα 3.11 . Αναλογικό μοντέλο για την δομή επανάληψης while



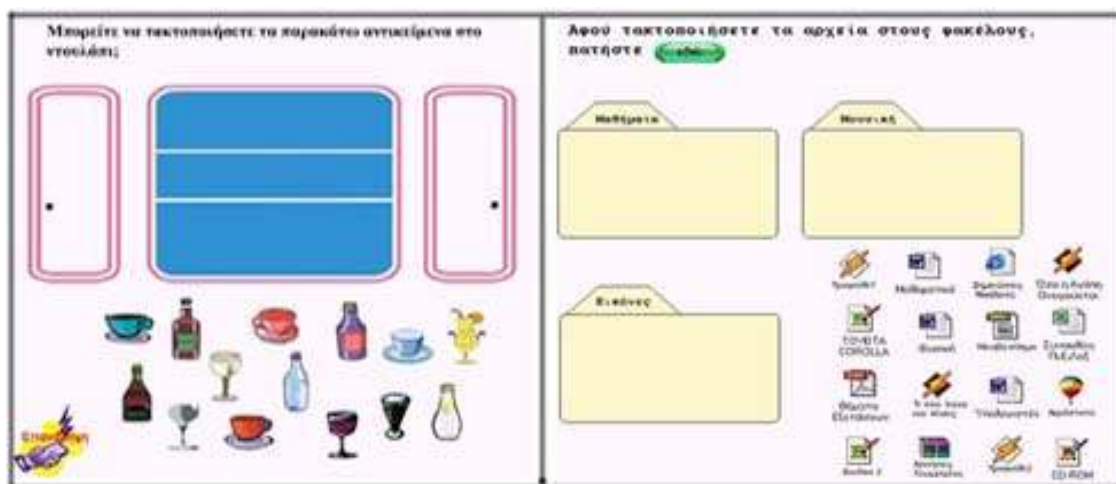
Σχήμα 3.12. Αναλογικό μοντέλο για την δομή επανάληψης

Αναλογίες σε μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων

Οι Βενάκης, Γιαννακόπουλος, Πυρλή, και Κορδάκη (2002) προτείνουν ένα διαδικτυακό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση εννοιών που αφορούν στα αρχεία και στα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης. Ένας από τους τρόπους με τους οποίους παρουσιάζεται το μαθησιακό υλικό είναι με την παρουσίαση αντίστοιχων δραστηριοτήτων από την καθημερινή ζωή. Στο σχήμα 3.13 φαίνεται η αντιστοίχιση της διαμόρφωσης ενός σκληρού δίσκου με τη διαμόρφωση ενός χωραφιού από μια μπουλντόζα και στο σχήμα 3.14 μια δραστηριότητα ταξινόμησης αρχείων μαζί με μια αντίστοιχη δραστηριότητα από την καθημερινή ζωή.

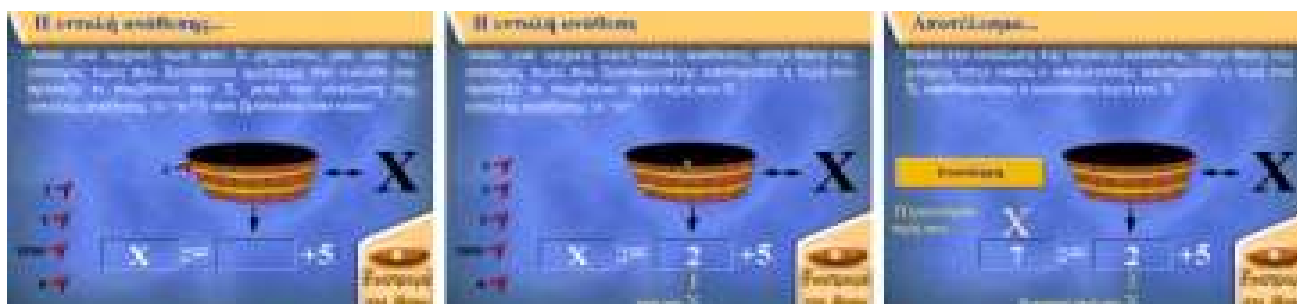


Σχήμα 3.13. Αναλογία για την διαμόρφωση δίσκου

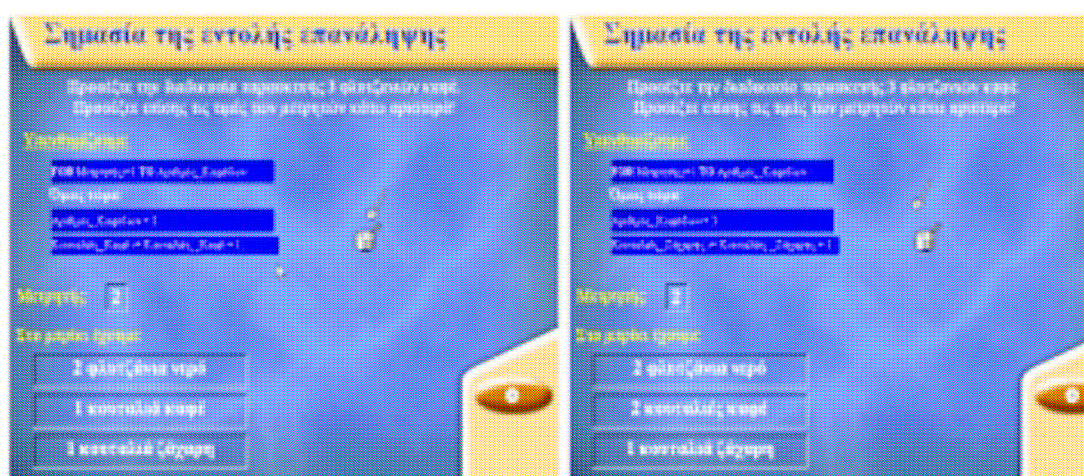


Σχήμα 3.14. Αναλογία για την ταξινόμηση αρχείων

Σε άλλο μαθησιακό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του αλγορίθμου και σε βασικές αλγοριθμικές δομές οι Τσώνης, Παλιανόπουλος, Κατής και Κορδάκη (2002) χρησιμοποιούν τις αναλογίες που φαίνονται στα σχήματα 3.15, 3.16 και 3.17. Στο σχήμα 3.15 παρουσιάζεται μια γραφική αναπαράσταση της εντολής ανάθεσης στην οποία χρησιμοποιείται και η αναλογία του κουτιού για τη μεταβλητή. Στο σχήμα 3.16 παρουσιάζεται μια γραφική αναπαράσταση της δομής επανάληψης.

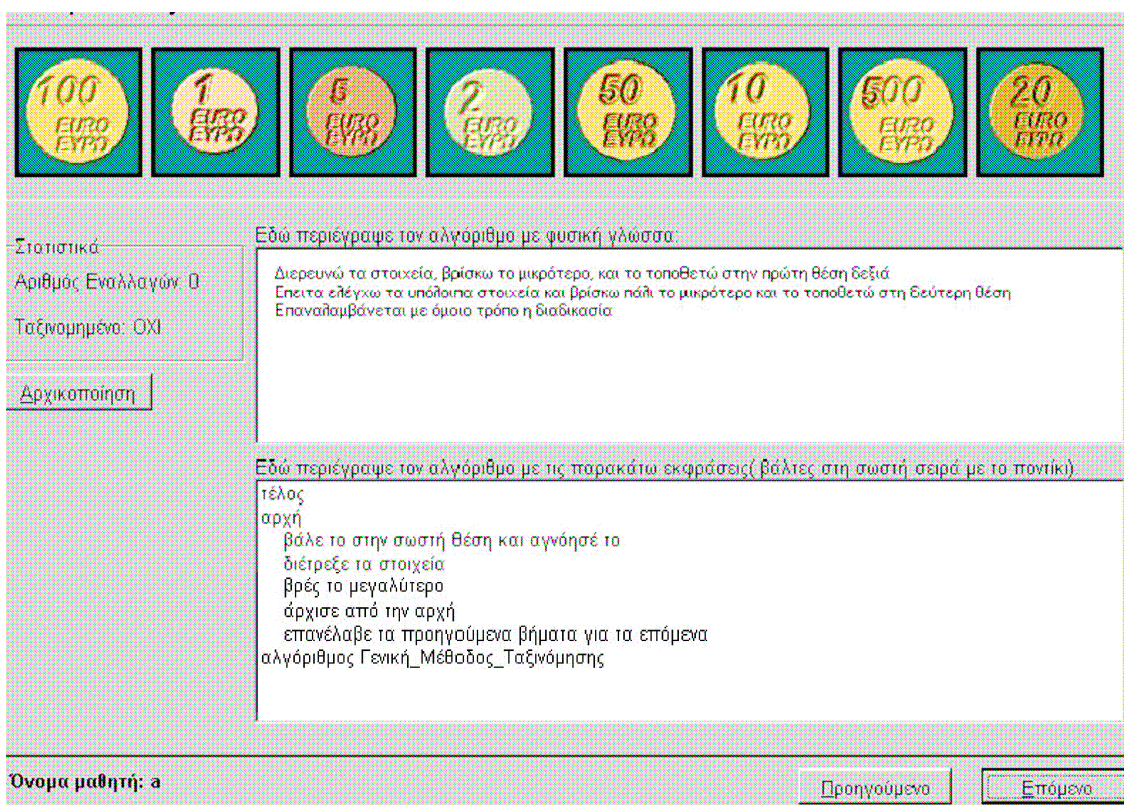


Σχήμα 3.15. Γραφική αναπαράσταση της εντολής ανάθεσης



Σχήμα 3.16. Γραφική αναπαράσταση για την εντολή επανάληψης

Επίσης σε ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση εννοιών που αφορούν στον αλγόριθμο ταξινόμησης φυσαλλίδας οι Βλαχογιάννης, Κεκάτος, Μιατίδης, Μισεδάκης, Κορδάκη και Χούστης (2001) προτείνουν τον πειραματισμό του μαθητή με αναπαραστάσεις οικείων φυσικών αντικειμένων. Τέτοια οικεία φυσικά αντικείμενα είναι τα νομίσματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 3.17 και που παίρνουν τη θέση των αριθμητικών τιμών



Στο σχήμα 3.17. Το περιβάλλον υποστήριξης της κατασκευής της προσωπικής μεθόδου ταξινόμησης του μαθητή

3.8 Συμπεράσματα

Η διδακτική αξιοποίηση αναλογιών είναι μια προσέγγιση που εφαρμόζεται σε διάφορα επιστημονικά πεδία. Η προσέγγιση αυτή προτείνεται ιδιαίτερα για τη διδασκαλία εννοιών στις οποίες οι μαθητές συναντούν μεγαλύτερες δυσκολίες στην κατανόηση (Glynn, Yeany & Britton, 1991) αλλά και γενικότερα για τη σύνδεση της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα δηλαδή την επίτευξη μάθησης με νόημα (meaningful learning). Έτσι οι αναλογίες αποτελούν ισχυρά εργαλεία μάθησης και διδασκαλίας υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα στη χρήση τους που αποτελούν ανοικτά ερευνητικά ζητήματα.

Οι περισσότερες από τις τεχνικές που έχουν προταθεί αναφέρονται κατά κύριο στη διδασκαλία μιας έννοιας ή σε επίλυση ανάλογων προβλημάτων και όχι σε εκπόνηση δραστηριοτήτων. Έτσι η ενεργός συμμετοχή των μαθητών είναι αρκετά περιορισμένη.

Σε κάποιες από τις διδακτικές τεχνικές αξιοποίησης αναλογιών δηλώνεται ότι υπάρχει σχέση αναλογίας μεταξύ της έννοιας πηγής και της έννοιας στόχος ενώ σε κάποιες άλλες απλά παρουσιάζεται το ανάλογο (έννοια-πηγή) χωρίς να δηλωθεί ρητά

η σχέση του με την έννοια-στόχο. Ανεξάρτητα όμως από το αν έχει δηλωθεί η ύπαρξη της αναλογίας ή όχι σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές δυσκολεύονται να δεχθούν ότι η έννοια-στόχος και η έννοια-πηγή είναι ανάλογες (Clement 1993). Μια τεχνική για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η τεχνική των γεφυρωτικών αναλογιών. Ένα μειονέκτημα όμως της τεχνικής είναι ότι δεν υπάρχουν πάντα διαθέσιμες κατάλληλες γεφυρωτικές αναλογίες για όλες τις έννοιες-στόχους.

Επίσης σε πολλές από αυτές τις τεχνικές δεν υπάρχει κάποια πρόβλεψη για ελαχιστοποίηση των παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας με αποτέλεσμα η χρήση τους να συνοδεύεται από τη δημιουργία παρανοήσεων (Duit 1991· Glynn, Duit & Thiele, 1996· Glynn 1989).

Στις διδακτικές τεχνικές που αναφέρθηκαν οι αναλογίες παρουσιάζονται κατά κύριο λόγο προφορικά ή με κείμενο. Σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται και χρήση εικόνων ή άλλων πειραματικών βοηθημάτων. Η αναλογία μπορεί να αφορά τη δομή ή τη λειτουργία μιας έννοιας ή ένα συνδυασμό και των δύο. Στις περιπτώσεις που το ανάλογο παρουσιάζεται προφορικά ή με τη χρήση γραπτού κειμένου οι μαθητές πρέπει να φανταστούν τη λειτουργία του αναλόγου. Επίσης στις περιπτώσεις που το ανάλογο παρουσιάζεται με τη βοήθεια στατικών εικόνων πάλι οι μαθητές πρέπει να φανταστούν τη λειτουργία του. Δεν παρέχεται δηλαδή στους μαθητές ένα δυναμικό μοντέλο του αναλόγου. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μειωμένη συμμετοχή του μαθητή καθώς δεν έχει τη δυνατότητα να πειραματιστεί με το ανάλογο και να το εξερευνήσει.

Επομένως ανοικτά ερευνητικά ζητήματα στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών είναι :

- Η χρήση τεχνικών οι οποίες να βοηθούν το μαθητή να αναγνωρίσει ότι οι έννοιες πηγή και στόχος είναι ανάλογες ώστε να μεταφέρει χαρακτηριστικά της έννοιας-πηγής στην έννοια-στόχο
- η μείωση των παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας
- η πρόκληση του ενδιαφέροντος του μαθητή με τη χρήση εικόνων και συνθετικής κίνησης για την παρουσίαση της αναλογίας
- η δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου του αναλόγου στις περιπτώσεις που η αναλογία εστιάζεται στη λειτουργία ενός συστήματος
- η δυνατότητα αλληλεπίδρασης του μαθητή με το δυναμικό μοντέλο του αναλόγου.

Κεφάλαιο 4 . Καταγραφή αναλογιών που χρησιμοποιούν καθηγητές - διδακτικά εγχειρίδια

4.1 Αναλογίες σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού

Προτού προταθεί ένα πλαίσιο διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών και επιλεχθούν οι καταλληλότερες αναλογίες για την έννοια της μεταβλητής και τις δομές επιλογής και επανάληψης στον προγραμματισμό ήταν σημαντικό να καταγραφούν τα πλαίσια διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών που συναντώνται στην βιβλιογραφία και να καταγραφούν οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για τις συγκεκριμένες έννοιες – δομές όπως και ο τρόπος διδακτικής αξιοποίησης τους.

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μια επισκόπηση των πλαισίων διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών (παράγραφος 3.5) και επίσης έγινε μια καταγραφή των αναλογιών που χρησιμοποιούνται σε εκπαιδευτικά λογισμικά για την έννοια της μεταβλητής και για τις δομές επιλογής και επανάληψης στον προγραμματισμό (παράγραφος 3.7.2). Επομένως για να επιτευχθεί ο στόχος μας που είναι να η καταγραφή των αναλογιών με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την έννοια της μεταβλητής και για τις δομές επιλογής και επανάληψης στον προγραμματισμό καθώς και του τρόπου με τον οποίο αξιοποιούνται διδακτικά από τους καθηγητές υπολείπονται να μελετηθούν άλλες δυο πηγές αναλογιών. Οι πηγές αυτές είναι τα διδακτικά εγχειρίδια και οι ίδιοι οι καθηγητές πληροφορικής δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο στόχος της παρούσας έρευνας αυτής είναι η καταγραφή των αναλογιών για την έννοια της μεταβλητής και για τις δομές επιλογής και επανάληψης, οι οποίες παρουσιάζονται στους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού και που προέρχονται από τα διδακτικά εγχειρίδια και τους καθηγητές πληροφορικής. Έτσι η έρευνα αποτελείται από δύο μέρη: το πρώτο μέρος που σχετίζεται με τα διδακτικά εγχειρίδια εισαγωγικών μαθημάτων προγραμματισμού και το δεύτερο που αφορά τους καθηγητές πληροφορικής που διδάσκουν αυτά τα μαθήματα.

4.2. Καταγραφή αναλογιών σε διδακτικά εγχειρίδια

4.2.1 Στόχος

Το πρώτο μέρος της έρευνας είχε ως στόχο την καταγραφή όλων των αναλογιών που χρησιμοποιούνται για βασικές προγραμματιστικές έννοιες και δομές στα σχολικά εγχειρίδια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνάσιο, Λύκειο, ΤΕΕ) στα μαθήματα προγραμματισμού, καθώς επίσης και της μορφής με την οποία αυτές παρουσιάζονται.

Τα εγχειρίδια που μελετήθηκαν ήταν τα παρακάτω :

- «Ανάπτυξη εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον» (Βακάλη κ.α. , 1999)
- «Εφαρμογές Πληροφορικής Υπολογιστών Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου» (Γιακουμάκης κ.α., 2000)
- «Προγραμματιστικά εργαλεία για το διαδίκτυο» (ΤΕΕ) (Δουληγέρης κ.α., 2004)
- «Προγραμματισμός υπολογιστών» (ΤΕΕ) (Σιδερίδης κ.α., 2000)
- «Πληροφορική Γυμνασίου» (Δαμιανάκης κ.α., 2000)

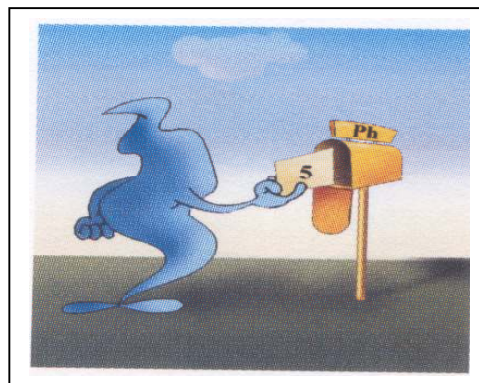
4.2.2 Αποτελέσματα

Στα εγχειρίδια που προαναφέρθηκαν δεν βρέθηκαν αναλογίες που να παρουσιάζονται με τη μορφή κειμένου. Βρέθηκαν όμως αναλογίες που παρουσιάζονται με τη μορφή εικόνων στο βιβλίο «Ανάπτυξη εφαρμογών σε προγραμματιστικό περιβάλλον» (Βακάλη κ.α., 1999). Στην εικόνα 4.1 παρουσιάζεται ένα γραμματοκιβώτιο ως αναλογία για μια μεταβλητή. Η μεταβλητή είναι τύπου χαρακτήρα έχει όνομα «ΟΝΟΜΑ» που αντιστοιχεί στην επιγραφή του γραμματοκιβωτίου ενώ της έχει αποδοθεί η τιμή «ΚΩΣΤΑΣ» που αντιστοιχεί σε ένα γράμμα που έχει τοποθετηθεί μέσα στο γραμματοκιβώτιο. Στην εικόνα 4.2 παρουσιάζεται μια αναλογία για την εντολή απόδοσης τιμής διατηρώντας την προηγούμενη αναλογία για τη μεταβλητή. Ένας χαρακτήρας τοποθετεί ένα γράμμα με τον αριθμό 5 σε ένα γραμματοκιβώτιο με επιγραφή «Ph» δηλαδή γίνεται απόδοση της τιμής 5 στη μεταβλητή Ph. Στην εικόνα 4.3 παρουσιάζεται μια αναλογία για την σύνθετη δομή επιλογής (AN<συνθήκη>ΤΟΤΕ<σώμα εντολών 1>ΑΛΛΙΩΣ<σώμα εντολών 2>). Ένας χαρακτήρας που βρίσκεται σε ένα σταυροδρόμι αναρωτιέται ποιόν από τους δύο πιθανούς δρόμους να ακολουθήσει. Ο ένας δρόμος αντιστοιχεί στις εντολές που θα εκτελεστούν στην περίπτωση που η συνθήκη είναι αληθής (σώμα εντολών 1) ενώ ο δεύτερος στις εντολές που θα εκτελεστούν αν η συνθήκη είναι ψευδής (σώμα εντολών 2). Στην εικόνα 4.4 παρουσιάζεται μια αναλογία για τις δομές επανάληψης. Ένας χαρακτήρας οδηγεί ένα αυτοκίνητο ακολουθώντας κυκλική πορεία και επαναλαμβάνει την ίδια διαδρομή για όσες φορές προβλέπεται από τη συνθήκη που όμως δεν εμφανίζεται στην εικόνα.

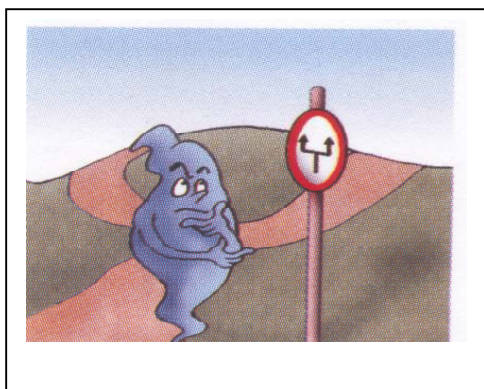
Οι αναλογίες αυτές παρουσιάζονται χωρίς κάποιο συνοδευτικό κείμενο και χωρίς σαφή αναφορά ότι πρόκειται για αναλογίες των προγραμματιστικών εννοιών και των δομών που παρουσιάζονται σε αυτή τη σελίδα του βιβλίου



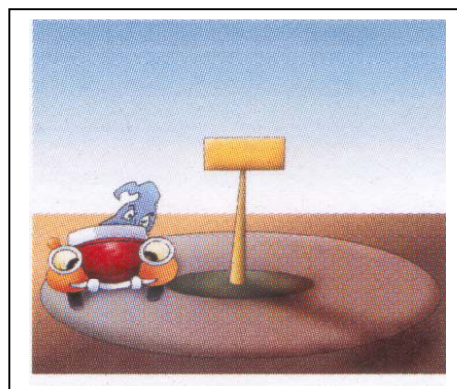
Εικόνα 4.1. Αναλογία για την μεταβλητή



Εικόνα 4.2. Αναλογία για την εντολή απόδοσης τιμής



Εικόνα 4.3. Αναλογία για τη δομή επιλογής



Εικόνα 4.4. Αναλογία για τη δομή επανάληψης

4.2.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Αναλογία για την μεταβλητή

Η αναλογία που παρουσιάζεται για την μεταβλητή είναι μια αναλογία οικεία στο σύνολο των μαθητών αφού αφορά σε μια έννοια της καθημερινής ζωής όπως το γραμματοκιβώτιο. Η αναλογία αυτή αναδεικνύει την διαφορά μεταξύ του ονόματος της μεταβλητής και της τιμής της μεταβλητής. Το ανάλογο όμως που χρησιμοποιείται δηλαδή το γραμματοκιβώτιο μπορεί να δεχθεί περισσότερα του ενός γράμματα. Έτσι η αναλογία αυτή ενέχει τον κίνδυνο μιας εναλλακτικής αναπαράστασης της μεταβλητής από τους μαθητές σύμφωνα με την οποία μια μεταβλητή μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερες από μια τιμές. Τέτοιες εναλλακτικές θεωρήσεις της μεταβλητής έχουν καταγραφεί στην βιβλιογραφία (Putnum et al , 1989 Τζιμογιάννης κα. 2005). Επίσης το γραμματοκιβώτιο μπορεί να δεχθεί γράμματα διαφόρων τύπων . Έτσι η αναλογία αυτή ενέχει και τον κίνδυνο μιας εναλλακτικής αναπαράστασης της μεταβλητής από τους μαθητές στην οποία θα μπορεί να δέχεται τιμές διαφόρων τύπων. Τέτοιες εναλλακτικές θεωρήσεις της μεταβλητής έχουν καταγραφεί στην βιβλιογραφία (Τζιμογιάννης και Κόμης , 2000).

Το όνομα του γραμματοκιβωτίου είναι «ONOMA» και το γράμμα που περιέχει έχει την επιγραφή ΚΩΣΤΑΣ επομένως η αναλογία αυτή αφορά μια μεταβλητή χαρακτήρων (αλφαριθμητική) που ονομάζεται «ONOMA» και δέχεται ως τιμή το ΚΩΣΤΑΣ.

Αναλογία για την εντολή απόδοσης τιμής

Η εικόνα που παρουσιάζει ένα χαρακτήρα καρτούν να τοποθετεί ένα γράμμα σε ένα γραμματοκιβώτιο στην ουσία αποτελεί ένα συμπλήρωμα στην αναλογία της μεταβλητής αφού παρουσιάζει τον τρόπο χρήσης του αναλόγου δηλαδή του γραμματοκιβωτίου.

Η διαδικασία της τοποθέτησης ενός γράμματος στο γραμματοκιβώτιο είναι επίσης μια διαδικασία οικεία στους μαθητές από την καθημερινή τους ζωή. Η χρήση όμως του χαρακτήρα καρτούν για την τοποθέτηση του γράμματος μπορεί να ενισχύσει ανθρωπομορφικές θεωρήσεις του υπολογιστή από τους μαθητές. Ένας κίνδυνος από την χρήση της συγκεκριμένης αναλογίας θα ήταν να θεωρήσουν οι μαθητές ότι εφόσον κάποιος με ανθρώπινη νοημοσύνη τοποθετεί τα γράμματα στο

γραμματοκιβώτιο ανάλογα γίνεται και στην απόδοση τιμών σε μια μεταβλητή. Έτσι θα μπορούσαν να οδηγηθούν σε εσφαλμένες εναλλακτικές αναπαραστάσεις για την λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής.

Το όνομα του γραματοκιβωτίου είναι «Ph» και το γράμμα που δέχεται έχει την επιγραφή 5 επομένως η αναλογία αυτή αφορά μια μεταβλητή ακέραια ή πραγματική που ονομάζεται «Ph» και δέχεται ως τιμή το 5.

Αναλογία για την δομή επιλογής

Η αναλογία που παρουσιάζεται για την δομή επιλογής είναι επίσης οικεία στους μαθητές από την καθημερινή τους ζωή αφού αφορά την επιλογή μεταξύ δύο δρόμων σε μια οδική διακλάδωση.

Η αναλογία αυτή αναδεικνύει την αλλαγή στην ροή του ελέγχου ενός προγράμματος κατά την εκτέλεση μιας εντολής επιλογής. Δεν αναφέρεται όμως καθόλου στην συνθήκη ελέγχου της δομής επιλογής αφού στο ανάλογο η απόφαση για τον δρόμο που θα ακολουθήσει ο χαρακτήρας παίρνεται από τον ίδιο τον χαρακτήρα χωρίς να εμφανίζεται κάποιο κριτήριο σύμφωνα με το οποίο θα επιλέξει ένα από τους δύο δρόμους. Επίσης όπως και στην προηγούμενη αναλογία η χρήση του χαρακτήρα καρτούν θεωρούμε ότι μπορεί να ενισχύσει ανθρωπομορφικές θεωρήσεις του υπολογιστή από τους μαθητές.

Αναλογία για την δομή επανάληψης

Η αναλογία που παρουσιάζεται για την δομή επιλογής είναι επίσης οικεία στους μαθητές από την καθημερινή τους ζωή αφού αφορά κυκλική οδήγηση σε μια πλατεία.

Η αναλογία αυτή παρουσιάζει την αλλαγή στην ροή του ελέγχου ενός προγράμματος κατά την εκτέλεση μιας εντολής επανάληψης. Δεν αναφέρεται όμως καθόλου στην συνθήκη ελέγχου της δομής επανάληψης αφού στο ανάλογο η απόφαση για την αν θα γίνει νέα επανάληψη της κυκλικής κίνησης στην πλατεία γίνεται από τον ίδιο τον χαρακτήρα χωρίς να εμφανίζεται κάποιο κριτήριο σύμφωνα με το οποίο θα επιλέξει να σταματήσει ή να συνεχίσει τις επαναλήψεις. Επίσης όπως και στην προηγούμενη αναλογία η χρήση του χαρακτήρα καρτούν θεωρούμε ότι μπορεί να ενισχύσει ανθρωπομορφικές θεωρήσεις του υπολογιστή από τους μαθητές.

4.2.4 Συζήτηση

Στα εγχειρίδια που μελετήθηκαν στο πρώτο μέρος της έρευνας φαίνεται να αποφεύγεται τελείως η χρήση αναλογιών. Ίσως αυτό να οφείλεται στους κινδύνους παρανοήσεων που είναι μεγαλύτεροι στο γραπτό κείμενο αφού δεν υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση με το μαθητή όπως στη διδασκαλία. Η χρήση αναλογιών μπορεί να θεωρηθεί ότι περιέχει κάποιο ρίσκο, το οποίο έρχεται σε αντίθεση με το χαρακτήρα ενός κρατικού φορέα όπως του Οργανισμού Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων από τον οποίο εκδίδονται όλα τα εγχειρίδια που μελετήθηκαν.

Θα μπορούσε επίσης να σχετίζεται με το γεγονός ότι αφορούν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η χρήση αναλογιών σε εγχειρίδια τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, αν και δεν μελετήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, είναι από όπως φαίνεται και στο κεφάλαιο 3 διαφορετικό από το μηδενικό ποσοστό που βρέθηκε σε αυτή την έρευνα.

Οι 4 αναλογίες που βρέθηκαν παρουσιάζονταν στο σχετικό εγχειρίδιο (Βακάλη κ.α., 1999) με την μορφή εικόνων χωρίς κάποια σύνδεση με το κείμενο στο οποίο περιγράφονται οι έννοιες και οι δομές στις οποίες αναφέρονται οι αναλογίες.

Σύμφωνα όμως με τα ευρήματα της έρευνας των Gick και Holyak (1980) οι υποδείξεις (hints) είναι χρήσιμες στο να αναγνωρίσουν οι μαθητές την αναλογία

μεταξύ δύο εννοιών ή προβλημάτων και να μεταφέρουν ιδιότητες του αναλόγου στο στόχο. Λείπουν λοιπόν οι υποδείξεις ότι οι συγκεκριμένες εικόνες παρουσιάζουν ανάλογα των εννοιών και των δομών οι οποίες περιγράφονται στο κείμενο του βιβλίου.

Η χρήση εικόνων αντί για κείμενο για την παρουσίαση της αναλογίας θεωρείται ως μια θετική συνεισφορά καθώς οι εικόνες παρέχουν στους μαθητές μια οπτικοποίηση μη ορατών εννοιών και αδιαφανών διαδικασιών.

4.3 Διερεύνηση αναλογιών που χρησιμοποιούν οι καθηγητές πληροφορικής

Εκτός όμως από τα διδακτικά εγχειρίδια μια άλλη σημαντική πηγή αναλογιών είναι και οι καθηγητές πληροφορικής που διδάσκουν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Το δεύτερο μέρος της έρευνας είχε ως στόχο τη διερεύνηση των αναλογιών τις οποίες χρησιμοποιούν οι καθηγητές, των εννοιών για τις οποίες χρησιμοποιούν αναλογίες, τον τρόπο παρουσίασης και διδακτικής αξιοποίησής τους και τη γενικότερη στάση των καθηγητών απέναντι στις αναλογίες ως εργαλείο μάθησης και διδασκαλίας.

4.3.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Πιο συγκεκριμένα, τα ερωτήματα αυτής της έρευνας ήταν :

- Οι καθηγητές πληροφορικής χρησιμοποιούν ή αποφεύγουν, και σε τι ποσοστά, τη χρήση αναλογιών στη διδασκαλία βασικών προγραμματιστικών εννοιών;
- Ποιους λόγους αναφέρουν για τη χρήση ή την αποφυγή χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία;
- Ποιες αναλογίες χρησιμοποιούν οι καθηγητές για συγκεκριμένες σημαντικές προγραμματιστικές έννοιες και δομές όπως η έννοια της μεταβλητής και οι δομές επιλογής και επανάληψης κ.α. ;
- Ποιες είναι άλλες έννοιες για τις οποίες οι καθηγητές χρησιμοποιούν αναλογίες ;
- Με ποιο τρόπο παρουσιάζουν τις αναλογίες στους μαθητές ;
- Χρησιμοποιούν κάποια μοντέλα αξιοποίησης των αναλογιών στη διδασκαλία και ποια είναι αυτά;

4.3.2 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 34 καθηγητές πληροφορικής (κλάδου ΠΕ19-20) δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Γυμνάσιο, Λύκειο, ΤΕΕ) από όλη τη χώρα (Αθήνα, Κέρκυρα, Καλαμάτα, Καστοριά, Αλεξανδρούπολη, Θεσσαλονίκη) που διδάσκουν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού.

4.3.3 Υλικά

Στους συμμετέχοντες δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο (βλέπε παράρτημα με το ερωτηματολόγιο) που αποτελούνταν από 3 μέρη. Στο πρώτο μέρος υπήρχαν ερωτήσεις σχετικές με την προϋπηρεσία των καθηγητών (σε έτη), τον τύπο του σχολείου στο οποίο διδάσκουν (Ενιαίο Λύκειο, ΤΕΕ, Γυμνάσιο), και τα μαθήματα προγραμματισμού που διδάσκουν. Στο δεύτερο μέρος υπήρχαν ερωτήσεις σχετικές με τον αν χρησιμοποιούν αναλογίες στη διδασκαλία τους και γιατί, όπως επίσης και αν χρησιμοποιούν κάποιο μοντέλο αξιοποίησης των αναλογιών στη διδασκαλία. Στο τρίτο μέρος δόθηκαν συγκεκριμένες βασικές έννοιες και δομές του προγραμματισμού και ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αναφέρουν τις αναλογίες που χρησιμοποιούν για αυτές τις έννοιες και δομές. Επίσης υπήρχε η δυνατότητα να

αναφέρουν αναλογίες για έννοιες και δομές που δεν υπήρχαν στην παραπάνω λίστα, και επίσης να αναφέρουν αναλογίες που τους πρότειναν οι μαθητές.

Μαζί με το ερωτηματολόγιο δόθηκε φυλλάδιο οδηγιών συμπλήρωσης με ορισμό για το τι είναι μια αναλογία, παράδειγμα αναλογίας και οδηγίες για αποφυγή συγχύσεων μεταξύ αναλογιών και παραδειγμάτων.

4.3.4. Μέθοδος

Η έρευνα έγινε το σχολικό έτος 2005-2006 με αποστολή ερωτηματολογίων μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Ερωτηματολόγια στάλθηκαν σε 70 καθηγητές και από αυτά 34 επιστράφηκαν συμπληρωμένα.

4.3.5 Κατηγοριοποίηση απαντήσεων

Εξαιτίας των ανοικτών ερωτήσεων του ερωτηματολογίου σε κάποιες από τις ερωτήσεις δόθηκε από τους συμμετέχοντες ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών αλλά συναφών, σε πολλές περιπτώσεις, απαντήσεων. Σε αυτές τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου δημιουργήθηκε η ανάγκη για κατηγοριοποίηση των απαντήσεων. Η κατηγοριοποίηση έγινε με στόχο την καλύτερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας και παρουσιάζεται στις επόμενες παραγράφους:

Ερώτηση B2. Λόγοι χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία

Κατηγορία Α. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις σύμφωνα με τις οποίες η αξιοποίηση των αναλογιών κάνει αποτελεσματικότερη τη διδασκαλία δύσκολων εννοιών. Οι απαντήσεις αυτές αν και θεωρούν τη διδασκαλία με αναλογίες αποδοτικότερη δεν δίνουν κάποια αιτιολόγηση για το πώς αυτό επιτυγχάνεται.

Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Αποτελεσματικότερη διδασκαλία»

«Βοηθούν την κατανόηση των μαθητών»

«Καλύτερη κατανόηση εννοιών αλλά και λειτουργιών»

«Διδασκαλία άγνωστων – δύσκολων εννοιών»

«Όταν ανιχνεύονται δυσκολίες των μαθητών»

Κατηγορία Β. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις που περιγράφουν γνωστικά οφέλη των αναλογιών τα οποία τελικά κάνουν αποδοτικότερη τη διδασκαλία.

Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Σύνδεση νέων γνώσεων με προϋπάρχουσες»

«Λειτουργία εξοικείωσης με την άγνωστη έννοια - παραλληλισμός με κάτι γνώριμο»

«Για συσχέτιση των εννοιών του ψηφιακού κόσμου με έννοιες και μοντέλα του φυσικού»

«Για οπτικοποίηση δομών και λειτουργιών»

«Για συγκεκριμενοποίηση αφηρημένων εννοιών»

Κατηγορία Γ. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις που περιγράφουν γενικότερα παιδαγωγικά οφέλη των αναλογιών τα οποία επίσης οδηγούν σε αποδοτικότερη διδασκαλία.

Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Για ενεργοποίηση των μαθητών»

«Για συμμετοχή τους στη διαδικασία μάθησης»

«Ευκαιρία για συνεργατική μάθηση»

«Σαν κίνητρο επειδή είναι ελκυστικές για τους μαθητές»

Ερώτηση B2. Λόγοι αποφυγής χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία

Κατηγορία Α. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις που αναφέρουν δυσκολίες που στην εξεύρεση και επιλογή κατάλληλης αναλογίας Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Δυσκολίας εξεύρεσης κατάλληλης αναλογίας»

«Δεν υπάρχει πάντα κάποια καλή αναλογία»

Κατηγορία Β. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις που αναφέρουν τη δημιουργία σύγχυσης και παρανοήσεων στους μαθητές. Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Σύγχυση των μαθητών από τη χρήση της αναλογίας»

«Αδυναμία χρήσης της αναλογίας σαν γνωστική στρατηγική από τους μαθητές»

«Κίνδυνος παρανοήσεων»

Κατηγορία Γ. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει απαντήσεις που αναφέρουν λόγους διαφορετικούς από της κατηγορίας Α και Β. Ενδεικτικές απαντήσεις που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Προτίμηση χρήσης παραδειγμάτων»

«Δεν είναι αναγκαίες οι αναλογίες στο επίπεδο του γυμνασίου»

Ερώτηση Γ1. Αναλογίες για την έννοια της μεταβλητής

Κατηγορία Α. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει αναλογίες με ανάλογα που έχουν ένα αναγνωριστικό κάποιο χώρο φύλαξης και ένα περιεχόμενο. Αναλογίες που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Γραμματοκιβώτιο

«Συρτάρι με επιγραφή»

«Ντουλάπι αποδυτηρίων»

«Συρταριέρα»

«Κουτί με επιγραφή»

«Διευθύνσεις σε σπίτια»

«Ταχυδρομικός φάκελος προς αποστολή»

Κατηγορία Β. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει αναλογίες με ανάλογα που δεν έχουν αναγνωριστικό και χώρο φύλαξης αλλά επιτρέπουν την εγγραφή μιας μόνο τιμής . Αναλογίες που εντάχθηκαν σε αυτή την κατηγορία είναι οι παρακάτω :

«Ένα πλαίσιο στο μαυροπίνακα»

«Πλάκα πάνω στην οποία χαράσσουμε σύμβολα»

«Ένα πλαίσιο πάνω σε ένα άσπρο χαρτί»

4.3.6. Αποτελέσματα

Ερωτήσεις για τη χρήση αναλογιών

Ένα μεγάλο ποσοστό καθηγητών δήλωσε ότι είτε χρησιμοποιεί αναλογίες στη διδασκαλία 82,35%(28/34) είτε ότι τις χρησιμοποιεί μερικές φορές 11,76%(4/34) (βλέπε πίνακα 4.1). Η αιτιολόγηση της απάντησης από τους καθηγητές που χρησιμοποιούν αναλογίες (32/34) ήταν ότι αποδεδειγμένα βοηθούν τους μαθητές να

κατανοήσουν δύσκολες έννοιες (κατηγορία Α) 40,62% (13/32). Κάποιοι καθηγητές (κατηγορία Β) 43,75% (14/32) έδωσαν περαιτέρω αιτιολόγηση ότι η σύνδεση άγνωστων εννοιών με γνωστές έχει γνωστικά οφέλη και άλλοι (κατηγορία Γ) ότι βελτιώνουν τη στάση των μαθητών απέναντι στην άγνωστη έννοια 15,62% (5/32) (βλέπε πίνακα 4.2).

Μόνο ένα μικρό ποσοστό καθηγητών δήλωσε ότι αποφεύγει τελείως τη χρήση αναλογιών στη διδασκαλία 5,88% (2/32). Αυτή η κατηγορία καθηγητών μαζί με αυτούς που τις χρησιμοποιούν μόνο κάποιες φορές έδωσαν ως αιτιολόγηση την αποφυγή παρανοήσεων, τη δυσκολία εξεύρεσης της κατάλληλης αναλογίας για κάθε έννοια και την αβεβαιότητα για το αν οι μαθητές γνωρίζουν το ανάλογο που θα χρησιμοποιήσουν (βλέπε πίνακα 4.3).

Αν και το δείγμα δεν είναι αρκετά ευρύ για να προσφέρει ασφαλή συμπεράσματα φαίνεται να υπάρχει μια θετική συσχέτιση μονής κατεύθυνσης [$r(32) = 0,296$ $p < 0,05$] μεταξύ των ετών υπηρεσίας των εκπαιδευτικών και του πλήθους των αναλογιών που χρησιμοποιούν στη διδασκαλία. Το πλήθος των αναλογιών που χρησιμοποιεί κάθε καθηγητής αναφέρεται στο πλήθος των αναλογιών που δίνει για όλες τις έννοιες-δομές του ερωτηματολογίου.

Καθώς οι περισσότεροι καθηγητές είχαν υπηρετήσει και σε ΤΕΕ και σε Ενιαία Λύκεια και σε Γυμνάσια δεν ήταν δυνατό να φανεί αν υπάρχει κάποιου είδους συσχέτιση ανάμεσα στον τύπο του σχολείου στον οποίο υπηρετούν και στο πλήθος των αναλογιών που χρησιμοποιούν.

Η πλειοψηφία των καθηγητών 90,63% (29/32) που χρησιμοποιεί αναλογίες δεν εφαρμόζει κάποιο μοντέλο – στρατηγική αξιοποίησης αναλογιών στη διδασκαλία αλλά αναφέρει την αναλογία κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας όταν οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση κάποιας έννοιας ή δομής, ή όταν προβλέπουν στηριζόμενοι στις εμπειρίες τους ότι οι μαθητές θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες (βλέπε πίνακα 4.4).

Οι καθηγητές που δεν εφαρμόζουν κάποιο μοντέλο αξιοποίησης αναλογιών στην διδασκαλία δίνουν ως αιτιολόγηση είτε δεν γνωρίζουν κάποιο μοντέλο 84,37% (27/32) είτε ότι κάτι τέτοιο δεν είναι απαραίτητο 15,62% (5/32). Οι καθηγητές 8,82% (3/34) που δήλωσαν ότι εφαρμόζουν πάντα ή μερικές φορές κάποιο μοντέλο αξιοποίησης αναλογιών (Βλέπε και 3^ο κεφάλαιο) ανέφεραν το μοντέλο των πολλαπλών αναλογιών, τη δραματοποίηση με τη βοήθεια μιας αναλογίας (τεχνική της εκτεταμένης αναλογίας) και ένας τρίτος ανέφερε ότι χρησιμοποιεί την αναλογία ως αναλογικό οργανωτή προώθησης το οποίο όμως δεν είναι μοντέλο αξιοποίησης αλλά αφορά τη θέση της αναλογίας στη διδασκαλία.

Ερωτήσεις για χρήση αναλογιών σε συγκεκριμένες έννοιες

Οι περισσότεροι καθηγητές 94,11% (32/34) δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν σε ένα μεγάλο ποσοστό αναλογίες για τη διδασκαλία της έννοιας της μεταβλητής αλλά σε αρκετά μικρότερο ποσοστό για τη διδασκαλία άλλων βασικών προγραμματιστικών εννοιών και δομών όπως εμφανίζονται και στον πίνακα 4.5

Οι περισσότερες αναλογίες παρουσιάζονται από τους καθηγητές (βλέπε πίνακα 4.6) είτε προφορικά 51,77% (73/141) είτε με συνδυασμό προφορικού λόγου και εικόνων 34,75% (49/141). Σε μικρότερα ποσοστά χρησιμοποιούνται λογισμικό παρουσιάσεων 7,8% (11/141), εκπαιδευτικό λογισμικό 3,54% (5/141) και συνδυασμός προφορικού λόγου και εκπαιδευτικού λογισμικού 2,12% (3/141). Το λογισμικό παρουσιάσεων (PowerPoint) και το εκπαιδευτικό λογισμικό (microworlds) έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης ήχων, video και συνθετικής κίνησης (animation)

στην παρουσίασή των αναλογιών ενώ επιπρόσθετα το εκπαιδευτικό λογισμικό έχει αυξημένες δυνατότητες αλληλεπίδρασης με τους μαθητές.

Η περισσότερο χρησιμοποιούμενη 87,5% (28/32) κατηγορία αναλογίας για τη μεταβλητή είναι η κατηγορία Α δηλαδή αναλογία με ανάλογο που έχει ένα αναγνωριστικό, ένα χώρο φύλαξης και κάποιο περιεχόμενο. Η κατηγορία Β που περιλαμβάνει ανάλογα στα οποία μπορεί να γραφτεί μόνο μια τιμή χρησιμοποιήθηκε σε ποσοστό 12,5% (4/32) .

Οι αναλογίες και οι συχνότητες χρήσης τους για τις άλλες εντολές και δομές που αναφέρονταν στο ερωτηματολόγιο παρουσιάζονται στους πίνακες από 4.8 έως 4.17. Επίσης οι καθηγητές έδωσαν και αναλογίες (12) για άλλες έννοιες, δομές και λειτουργίες πέρα από αυτές που αναφέρονταν στο ερωτηματολόγιο (βλέπε πίνακα 4.18) .

Ένα ακόμα ενδιαφέρον εύρημα ήταν ότι οι κάποιοι καθηγητές (2/34) έδωσαν και 2 αναλογίες που προέρχονται από μαθητές και τις χρησιμοποιούν στη διδασκαλία τους (βλέπε πίνακα 4.19).

4.3.7. Στατιστικοί πίνακες

Πίνακας 4.1 Χρήση αναλογιών στη διδασκαλία εισαγωγικών μαθημάτων προγραμματισμού από καθηγητές πληροφορικής

Απάντηση	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	28	82,35%
Όχι	2	5,88%
Μερικές φορές	4	11,76%
Σύνολο	34	100%

Πίνακας 4.2 Λόγοι που οδηγούν τους καθηγητές πληροφορικής στη χρήση αναλογιών

Απάντηση	Συχνότητα	Ποσοστό	Κατηγορία
Αποτελεσματικότερη διδασκαλία	3	9,37%	A
Βοηθούν την κατανόηση των μαθητών	2	6,25%	A
Καλύτερη κατανόηση εννοιών αλλά και λειτουργιών	1	3,12%	A
Διδασκαλία άγνωστων – δύσκολων εννοιών	5	15,62%	A
Όταν ανιχνεύονται δυσκολίες των μαθητών	2	6,25%	A
Σύνολο κατηγορίας A	13	40,62%	
Σύνδεση νέων γνώσεων με προϋπάρχουσες	5	15,62%	B
Λειτουργία εξοικείωσης (παραλληλισμός με κάτι γνώριμο)	1	3,12%	B
Για συσχέτιση των εννοιών της πληροφορικής με έννοιες και μοντέλα του φυσικού κόσμου	4	12,5%	B
Για οπτικοποίηση δομών και λειτουργιών	2	6,25%	B
Για συγκεκριμενοποίηση αφηρημένων εννοιών	2	6,25%	B
Σύνολο κατηγορίας B	14	43,75	
Για ενεργοποίηση των μαθητών	1	3,12%	Γ
Για συμμετοχή τους στη διαδικασία μάθησης	1	3,12%	Γ
Σαν κίνητρο επειδή είναι ελκυστικές για τους μαθητές	2	6,25%	Γ
Ευκαιρία για συνεργατική μάθηση	1	3,12%	Γ
Σύνολο κατηγορίας Γ	5	15,62%	
Γενικό σύνολο	32	100%	

Πίνακας 4.3 Λόγοι που οδηγούν στην αποφυγή χρήσης αναλογιών από τους καθηγητές πάντα ή σε κάποιες περιπτώσεις (ποσοστά επί συνολικού δείγματος)

Απάντηση	Συχνότητα	Ποσοστό	Κατηγορία
Δυσκολίας εξεύρεσης κατάλληλης αναλογίας	1	2,94%	A
Δεν υπάρχει πάντα κατάλληλη αναλογία	1	2,94%	A
Σύνολο κατηγορίας A	2	5,88%	
Σύγχυση των μαθητών από τη χρήση της αναλογίας	1	2,94%	B
Κίνδυνος παρανοήσεων	1	2,94%	B
Σύνολο κατηγορίας B	2	5,88%	
Προτίμηση χρήσης παραδειγμάτων	1	2,94%	Γ
Δεν είναι αναγκαίες οι αναλογίες στις έννοιες που διδάσκονται στο γυμνάσιο	1	2,94%	Γ
Σύνολο κατηγορίας Γ	2	5,88%	
Γενικό σύνολο	6	17,64%	

Πίνακας 4.4 Χρήση συγκεκριμένου μοντέλου-στρατηγικής για την αξιοποίηση των αναλογιών στη διδασκαλία

Απάντηση	Συχνότητα	Ποσοστό
Ναι	2	6,25%
Όχι	29	90,63%
Μερικές φορές	1	3,13%
Σύνολο	32	100%

Πίνακας 4.5 Πίνακας χρήσης αναλογιών από καθηγητές ανά προγραμματιστική έννοια-δομή

Έννοια, δομή	Συχνότητα	Ποσοστό
Η έννοια της μεταβλητής	32	94,11%
Απλή εντολή επιλογής	14	41,17%
Σύνθετη εντολή επιλογής	11	32,35%
Πολλαπλή εντολή επιλογής (ΕΠΕΛΕΞΕ)	8	23,52%
Εμφωλευμένες εντολές επιλογής	10	29,41%
Εντολή ΓΙΑ	10	29,41%
Εντολή ΟΣΟ	13	38,23%
Εντολή ΜΕΧΡΙ	9	26,47%
Εμφωλευμένες εντολές επανάληψης	9	26,47%
Μονοδιάστατος πίνακας	14	41,17%
Δισδιάστατος πίνακας	12	35,29%

Πίνακας 4.6 Πίνακας τρόπου παρουσίασης αναλογιών ανά προγραμματιστική έννοια-δομή

Έννοια, δομή	Προφορικός	Προφορικός -εικόνα	Λογισμικό παρουσιάσεων	Εκπ. λογισμικό	Προφορικός- Εκπ. Λογισμ.
Η έννοια της μεταβλητής	11	16	5	0	0
Απλή εντολή επιλογής	10	3	0	0	1
Σύνθετη εντολή επιλογής	8	3	0	0	0
Πολλαπλή εντολή επιλογής (ΕΠΕΛΕΞΕ)	6	1	0	0	1
Εμφωλευμένες εντολές επιλογής	5	3	0	1	1
Εντολή ΓΙΑ	6	2	0	2	0
Εντολή ΟΣΟ	10	2	0	1	0
Εντολή ΜΕΧΡΙ	7	1	0	1	0
Εμφωλευμένες εντολές επανάληψης	7	2	0	0	0
Μονοδιάστατος πίνακας	1	9	3	0	0
Δισδιάστατος πίνακας	2	7	3	0	0
Σύνολα	73	49	11	5	3
Ποσοστά επί συνόλου αναλογιών (141)	51,77%	34,75%	7,8%	3,54%	2,12%

Πίνακας 4.7 Αναλογίες που χρησιμοποιούν οι καθηγητές για την έννοια της μεταβλητής

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό	Κατηγορία
Γραμματοκιβώτιο	9	28,12%	A
Συρτάρι με επιγραφή	7	21,75%	A
Ντουλάπι αποδυτηρίων	3	9,37%	A
Κουτί με επιγραφή	6	18,75%	A
Διευθύνσεις σε σπίτια	2	6,25%	A
Ταχυδρομικός φάκελος προς αποστολή	1	3,12%	A
Σύνολο κατηγορίας A	28	87,5%	
Πλαίσιο σε χαρτί	1	3,12%	B
Πλάκα στην οποία χαράσσουμε τιμές	1	3,12%	B
Πλαίσιο στο μαυροπίνακα	2	6,25%	B
Σύνολο κατηγορίας B	4	12,5%	
Γενικό σύνολο	32	100%	

Πίνακας 4.8 Χρήση αναλογιών για την απλή εντολή επιλογής

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Ζυγαριά (αναλογία για τη συνθήκη)	1	7,14%
Κίνηση αυτοκινήτου με βάση φωτεινό σηματοδότη (αν κόκκινο τότε σταματάμε)	3	21,42%
Χρήση ομπρέλας όταν βρέχει	6	42,85%
Αν ενοχλεί το ραδιόφωνο το κλείνουμε	1	7,14%
Λειτουργία διακόπτη δύο θέσεων	2	14,28%
Αγορά προϊόντος από κυλικείο αν φτάνουν τα χρήματά μας	1	7,14%
Σύνολο	14	100%

Πίνακας 4.9 Χρήση αναλογιών για τη σύνθετη επιλογής

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Κίνηση οχήματος ή ανθρώπου σε σταυροδρόμι	3	27,27%
Κίνηση αυτοκινήτου με βάση φωτεινό σηματοδότη (αν κόκκινο τότε σταματάμε αλλιώς συνεχίζουμε)	1	9,09%
Επιλογή ρούχων ανάλογα με καιρό	4	36,36%
Ρύθμιση έντασης ραδιοφώνου ανάλογα με την επιθυμία του ακροατή	1	9,09%
Επιλογή κατεύθυνσης σπουδών ανάλογα με το επάγγελμα	1	9,09%
Αγορά προϊόντος από κυλικείο αν φτάνουν τα χρήματά μας αλλιώς αγορά φθηνότερου	1	9,09%
Σύνολο	11	100%

Πίνακας 4.10 Χρήση αναλογιών για τις εμφωλευμένες εντολές επιλογής

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Κίνηση οχήματος ή ανθρώπου σε δρόμους με συνεχόμενες διασταυρώσεις	4	40%
Επιλογή ρούχων ανάλογα με καιρό	2	20%
Επιλογή σχολής ανάλογα με τα μόρια του υποψηφίου	1	10%
Διανομή επιστολών από ταχυδρόμο	1	10%
Επιλογή μέσου μεταφοράς ανάλογα με τον προορισμό	1	10%
Σύνολο	10	100%

Πίνακας 4.11 Χρήση αναλογιών για την πολλαπλή εντολή επιλογής

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Κίνηση οχήματος ή ανθρώπου σε πλατεία πολλές εξόδους	1	12,5%
Επιλογή ρούχων ανάλογα με καιρό	2	25%
Επιλογή σχολής ανάλογα με τα μόρια του υποψηφίου	1	12,5%
Επιλογή κατεύθυνσης σπουδών ανάλογα με το επάγγελμα	1	12,5%
Επιλογή τύπου διακοπών ανάλογα με περισσότερα από δύο κριτήρια	1	12,5%
Διανομή επιστολών από ταχυδρόμο	1	12,5%
Επιλογή μέσου μεταφοράς ανάλογα με τον προορισμό	1	12,5%
Σύνολο	8	100%

Πίνακας 4.12 Χρήση αναλογιών ανά κατηγορία για την εντολή επανάληψης ΓΙΑ

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Σχεδίαση βασικών σχημάτων για συγκεκριμένο πλήθος επαναλήψεων (Logo)	1	10%
Εβδομαδιαίο πρόγραμμα σχολείου	2	20%
Υπολογισμός τόκου (Ανατοκισμός για συγκεκριμένο πλήθος ετών)	1	10%
Υπολογισμός μέσου όρου βαθμολογίας όλων των μαθημάτων για ένα μαθητή	1	10%
Πλύσιμο (βούρτσισμα, στέγνωμα, τοποθέτηση) συγκεκριμένου αριθμού πιάτων	1	10%
Χτύπημα κουδουνιού κάθε διδακτική ώρα	1	10%
Κίνηση ένα βήμα μπροστά για συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων	1	10%
Η καθημερινή ρουτίνα ενός μαθητή για συγκεκριμένο αριθμό ημερών	2	20%
Σύνολο	10	100%

Πίνακας 4.13 Χρήση αναλογιών ανά κατηγορία για την εντολή επανάληψης ΟΣΟ

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
«Συνεχίζω να μιλάω στο τηλέφωνο όσο δεν το χρειάζεται κάποιος άλλος»	1	7,69%
«Πλύσιμο πιάτων (βούρτσισμα, στέγνωμα, τοποθέτηση) όσο υπάρχουν βρώμικα»	2	15,38%
«Παρακολουθώ ξανά την ίδια τάξη μέχρι να πάρω προβιβάσιμο βαθμό»	2	15,38%
«Όσο έχω χρήματα αγοράζω προϊόντα από την αγορά»	3	23,07%
«Περιμένω στο πεζοδρόμιο όσο περνούν αυτοκίνητα στο δρόμο»	1	7,69%
«Όσο υπάρχουν άτομα στην ουρά ενός ταμείου περιμένω»	4	30,76%
Σύνολο	13	100%

Πίνακας 4.14 Χρήση αναλογιών ανά κατηγορία για την εντολή επανάληψης ΜΕΧΡΙ

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
«Μιλάω στο τηλέφωνο μέχρι να το χρειαστεί κάποιος άλλος»	1	1,11%
«Πλύσιμο πιάτων (βούρτσισμα, στέγνωμα, τοποθέτηση) μέχρι τελειώσουν τα άπλυτα πιάτα»	2	2,22%
«Φοιτώ σε κάθε τάξη μέχρι να αποφοιτήσω»	1	1,11%
«Αγοράζω προϊόντα από την αγορά μέχρι να τελειώσουν τα χρήματα μου»	2	2,22%
«Περιμένω στο πεζοδρόμιο μέχρι να σταματήσουν να περνούν αυτοκίνητα στο δρόμο»	1	1,11%
«Περιμένω στην ουρά ενός ταμείου μέχρι να μην υπάρχει κανένας στην ουρά»	2	2,22%
Σύνολο	9	100%

Πίνακας 4.15 Χρήση αναλογιών ανά κατηγορία για τις εμφωλευμένες δομές επανάληψης

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Κίνηση δεικτών ρολογιού	2	2,22%
Διπλή κίνηση γης (γύρω από ήλιο , γύρω από τον εαυτό της)	1	1,11%
Χτύπημα κουδουνιού κάθε διδακτική ώρα για κάθε μέρα της εβδομάδας	2	2,22%
Διαβάζοντας την προπαίδεια	2	2,22%
Πλύσιμο 20 πιάτων σε καθένα από 10 εστιατόρια	1	1,11%
Υπολογισμός μέσου όρου για όλους τους μαθητές του σχολείου	1	1,11%
Σύνολο	9	100%

Πίνακας 4.16 Χρήση αναλογιών για μονοδιάστατους πίνακες

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Αριθμημένα καθίσματα κινηματογράφου (μια σειρά καθισμάτων)	3	21,42%
Κελιά ζωγραφισμένα στον πίνακα	1	7,14%
Ντουλάπια αποδυτηρίων	3	21,42%
Αριθμημένα διαμερίσματα σε έναν όροφο	2	14,28%
Κουτιά το ένα δίπλα στο άλλο σε μια σειρά	1	7,14%
Λίστα ονομάτων σε τηλεφωνικό κατάλογο	1	7,14%
Λίστα μαθητών στον κατάλογο του τμήματος	3	21,42%
Σύνολο	14	100%

Πίνακας 4.17 Χρήση αναλογιών και δισδιάστατους πίνακες

Αναλογία	Συχνότητα	Ποσοστό
Κελιά ζωγραφισμένα στον πίνακα	1	8,3%
Παιγνίδι «Ναυμαχία»	1	8,3%
Σταυρόλεξο	2	16,6%
Αριθμημένα διαμερίσματα σε κάθε όροφο μιας πολυκατοικίας	1	8,3%
Κουτιά το ένα δίπλα στο άλλο σε πολλές σειρές	2	16,6%
Βιβλιοθήκη με ράφια και κάθετα χωρίσματα	1	8,3%
Σκάκι	1	8,3%
Excel (αν το γνωρίζουν)	1	8,3%
Κελιά στο ωρολόγιο πρόγραμμα του σχολείου	2	16,6%
Σύνολο	12	100%

Πίνακας 4.18 Άλλες έννοιες για τις οποίες οι καθηγητές χρησιμοποιούν αναλογίες

Έννοια, δομή, λειτουργία	Αναλογία
Στοιβά δεδομένων (δομή, λειτουργίες)	Στοιβά πιάτων (δομή, λειτουργίες)
Ουρά δεδομένων (δομή, λειτουργίες)	Ουρά ανθρώπων (δομή, λειτουργίες)
Λειτουργία αναζήτησης σε μονοδιάστατο πίνακα	Αναζήτηση συγκεκριμένου περιεχομένου σε κιβώτια τοποθετημένα δίπλα - δίπλα
Αντιμετάθεση τιμών μεταβλητών	Εναλλαγή περιεχομένων δύο μπουκαλιών
Υπολογισμός αθροίσματος τιμών	Αρχικά άδειο σακί που γεμίζει με αντικείμενα
Αλγόριθμος	Συνταγή μαγειρικής
Υποπρογράμματα	Επιμερισμός δουλειάς σε εταιρία
Μονάδες ενός υπολογιστή	Ανθρώπινα όργανα εισόδου , επεξεργασίας, εξόδου
Διαφορά μεταφραστή διερμηνέα	Μετάφραση ξενόγλωσσου βιβλίου γραμμή-γραμμή και μετάφραση ομιλίας σε πραγματικό χρόνο
Αντιμετάθεση τιμών μεταβλητών	Εναλλαγή αντικειμένων που κρατάω στα δύο χέρια μου
Προγραμματιστική σημαία (Flag)	Πραγματική σημαία που χρησιμοποιείται για σήμα
Είσοδος – επεξεργασία – έξοδος	Υλικά – μαγείρεμα - φαγητό

Πίνακας 4.19 Άλλες έννοιες για τις οποίες οι μαθητές δίνουν τις δικές τους αναλογίες

Έννοια	Αναλογία
Μεταβλητή	Χελιδονοφωλιά
Λογικά συντακτικά λάθη σε γλώσσα προγραμματισμού	Λογικά συντακτικά λάθη στην καθομιλουμένη γλώσσα

4.3.7 Συζήτηση

Ένα ενδιαφέρον εύρημα αυτής της έρευνας είναι η το ότι οι καθηγητές αν και χρησιμοποιούν πολύ συχνά αναλογίες, δεν γνωρίζουν και δεν εφαρμόζουν κάποιο μοντέλο διδακτικής αξιοποίησης των αναλογιών που να προέρχεται από επιστημονική έρευνα στον αντίστοιχο τομέα. Έτσι η χρήση των αναλογιών μπορεί να μην αποδίδει όσο θα μπορούσε και οι παρανοήσεις μπορεί να είναι πολύ περισσότερες. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει τελικά πολλούς καθηγητές στο να αποφεύγουν την αξιοποίηση των αναλογιών στη διδασκαλία. Σχετικό είναι επίσης και το ότι ελάχιστοι χρησιμοποιούν λογισμικό και συνθετική κίνηση (animation) για την παρουσίαση αναλογιών.

Φαίνεται λοιπόν, από αυτά τα ευρήματα, η ανάγκη ενημέρωσης – επιμόρφωσης των καθηγητών για συγκεκριμένα μοντέλα αξιοποίησης των αναλογιών στη διδασκαλία τα οποία να βελτιώνουν την κατανόηση των μαθητών και να μειώνουν τους κινδύνους παρανοήσεων.

Άλλο ενδιαφέρον εύρημα ήταν η θετική συσχέτιση των ετών προϋπηρεσίας των καθηγητών με το συνολικό πλήθος των αναλογιών που χρησιμοποιούν. Η συσχέτιση αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί σε παράγοντες όπως :

- Οι καθηγητές με μεγαλύτερη εμπειρία – προϋπηρεσία έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και σιγουριά στη χρήση διάφορων διδακτικών εργαλείων όπως οι αναλογίες
- η μεγαλύτερη διδακτική εμπειρία τους έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι οι αναλογίες μπορούν βοηθήσουν στην κατανόηση των νέων εννοιών
- η μεγαλύτερη διδακτική εμπειρία τους έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι με τη σωστή διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών αποφεύγεται η δημιουργία παρανοήσεων
- έχουν έρθει επαφή με περισσότερες αναλογίες (από εγχειρίδια, συναδέλφους, εκπαιδευτικό λογισμικό, μαθητές) ώστε τελικά να επιλέξουν διδακτικά αποτελεσματικές αναλογίες
- η μεγαλύτερη διδακτική εμπειρία οδηγεί σε μεγαλύτερη ευκολία αποτελεσματικής χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία

Σχετικά με τις έννοιες στη διδασκαλία των οποίων χρησιμοποιούν αναλογίες είναι ενδιαφέρον ότι σχεδόν όλοι οι καθηγητές που χρησιμοποιούν αναλογίες στη διδασκαλία τους χρησιμοποιούν κάποια αναλογία για την έννοια της μεταβλητής.

Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι η έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό είναι μια δύσκολη έννοια για τους αρχάριους προγραμματιστές στην οποία εμφανίζουν πολλές παρανοήσεις όπως έχει διαπιστωθεί και σε πολλές άλλες έρευνες (βλέπε και 1^ο κεφάλαιο). Οι περισσότεροι καθηγητές το έχουν διαπιστώσει από την καθημερινή τους διδακτική εμπειρία και έτσι καταφεύγουν σε ισχυρά γνωστικά εργαλεία όπως είναι οι αναλογίες.

Μια άλλη υπόθεση έχει να κάνει με το γεγονός ότι και οι ίδιοι ίσως να διδάχθηκαν τη συγκεκριμένη έννοια με τη χρήση κάποιας αναλογίας. Αυτή η υπόθεση ήταν δύσκολο να ελεγχθεί με αξιόπιστο τρόπο στα πλαίσια της παρούσας έρευνας. Η εκτεταμένη χρήση αυτών των δύο κατηγοριών αναλογιών από τους καθηγητές γενικά θα μπορούσε να δώσει εξηγήσεις για κάποιες από τις δυσκολίες και τις παρανοήσεις των μαθητών στη συγκεκριμένη έννοια όπως αναφέρονται και στο 1^ο κεφάλαιο στην παράγραφο 1.1.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των αναλογιών που χρησιμοποιούνται για την έννοια της μεταβλητής στον προγραμματισμό αφορά ένα χώρο φυσικής αποθήκευσης αντικειμένων όπως είναι ένα συρτάρι, ένα γραμματοκιβώτιο ή ένα ντουλάπι με κάποιο όνομα. Το όνομα αντιστοιχεί στο όνομα της μεταβλητής ενώ το περιεχόμενο αντιστοιχεί στην τιμή της μεταβλητής.

Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο μέρος της έρευνας που εστιάστηκε στα διδακτικά εγχειρίδια αυτού του τύπου οι αναλογίες μπορεί να οδηγήσουν τους μαθητές στην δημιουργία εναλλακτικών αναπαραστάσεων για την μεταβλητή στον προγραμματισμό σαν αυτές που παρουσιάζονται στην βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα μπορεί να οδηγήσουν στην εναλλακτική αναπαράσταση της μεταβλητής που μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερες από μια τιμές εφόσον τα ανάλογα που χρησιμοποιούνται έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύσουν περισσότερα από ένα αντικείμενα. Επίσης μπορεί να οδηγήσουν στην εναλλακτική αναπαράσταση της μεταβλητής που μπορεί να αποθηκεύσει τιμές διαφόρων τύπων αφού και τα ανάλογα που χρησιμοποιούνται έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν αντικείμενα διαφόρων τύπων.

Επίσης ένα μεγάλο ποσοστό καθηγητών χρησιμοποιεί αναλογίες για την διδασκαλία των δομών επιλογής. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως αφορούν έναν άνθρωπο που έχει να επιλέξει ανάμεσα σε δύο καταστάσεις π.χ. να διαλέξει να ανοίξει ή όχι την ομπρέλα του με κριτήριο το αν βρέχει ή να διαλέξει τα ρούχα του ανάλογα με τον καιρό. Οι αναλογίες αυτές ενισχύουν την ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή από τους μαθητές αφού μπορεί να θεωρήσουν ότι η όπως ο άνθρωπος στην αναλογία έτσι και η δομή επιλογής πέρα από την λειτουργία της μπορεί να εκτελέσει και άλλες λειτουργίες που απαιτούν νοημοσύνη.

Επίσης οι αναλογίες αυτές δεν βοηθούν στην αντιμετώπιση παρανοήσεων όπως αυτές που σχετίζονται με την αλλαγή στην ροή ελέγχου του προγράμματος όταν εκτελείται μια εντολή επιλογής, την σωστή ομαδοποίηση των άλλων εντολών που περικλείονται στην εντολή επιλογής και άλλων παρανοήσεων που ανιχνεύθηκαν στις έρευνες των Sleeman και συνεργατών (1988), Putnum και συνεργατών (1989) και Ebrahimi (1994) και περιγράφονται στην παράγραφο 1.3.

Ένα μεγάλο ποσοστό καθηγητών χρησιμοποιεί αναλογίες για την διδασκαλία των δομών επανάληψης. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την δομή επανάληψης ΟΣΟ συνήθως αφορούν έναν άνθρωπο που έχει να εκτελέσει επαναληπτικά μια εργασία όσο ισχύει μια συνθήκη π.χ. όσο υπάρχουν βρόμικα πιάτα συνέχισε να τα πλένεις. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την δομή επανάληψης ΜΕΧΡΙΣ_ΟΤΟΥ συνήθως αφορούν έναν άνθρωπο που έχει να εκτελέσει επαναληπτικά μια εργασία μέχρι να ισχύσει μια συνθήκη π.χ. συνέχισε να φοιτάς στο σχολείο μέχρι να αποφοιτήσεις. Οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται για την δομή επανάληψης ΓΙΑ συνήθως αφορούν έναν άνθρωπο που έχει να εκτελέσει επαναληπτικά για δεδομένο αριθμό επαναλήψεων π.χ. επανέλαβε τις ίδιες εργασίες κάθε μέρα για 5 μέρες. Όπως και στις αναλογίες για τις δομές επιλογής έτσι και οι αναλογίες για τις δομές επανάληψης θεωρούμε ότι ενισχύουν την ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή από τους μαθητές. Αυτό ο κίνδυνος υπάρχει γιατί οι μαθητές μπορεί να θεωρήσουν ότι η όπως ο άνθρωπος στην αναλογία έτσι και η δομή επανάληψης πέρα από την λειτουργία της μπορεί να εκτελέσει και άλλες λειτουργίες που απαιτούν νοημοσύνη.

Επίσης οι αναλογίες αυτές δεν βοηθούν στην αντιμετώπιση παρανοήσεων όπως αυτές που σχετίζονται με την αλλαγή στην ροή ελέγχου του προγράμματος όταν εκτελείται μια εντολή επανάληψης, την σωστή ομαδοποίηση των άλλων εντολών που

περικλείονται στην εντολή επανάληψης και άλλων παρανοήσεων που ανιχνεύθηκαν στις έρευνες των Sleeman και συνεργατών (1988), Samurcay (1989), Ebrahimi (1994) και Γρηγοριάδου και συνεργατών (2002) και περιγράφονται στην παράγραφο 1.4.

Κεφάλαιο 5. Πλαίσιο ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού και διερευνητικών δραστηριοτήτων με αναλογίες και αξιοποίηση τους στη Διδακτική της Πληροφορικής

5.1 Ερευνητικά ζητήματα στη διδακτική αξιοποίηση αναλογιών

Όπως αναφέρθηκε στο 3^ο κεφάλαιο (παράγραφος 3.8) ανοικτά ερευνητικά ζητήματα στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών είναι :

- Η χρήση τεχνικών οι οποίες να βοηθούν το μαθητή να αναγνωρίσει ότι οι έννοιες πηγή και στόχος είναι ανάλογες ώστε να μεταφέρει χαρακτηριστικά της έννοιας-πηγής στην έννοια-στόχο
- η μείωση των παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας
- η πρόκληση του ενδιαφέροντος του μαθητή με τη χρήση εικόνων και συνθετικής κίνησης για την παρουσίαση της αναλογίας
- η δημιουργία ενός δυναμικού μοντέλου του αναλόγου στις περιπτώσεις που η αναλογία εστιάζεται στη λειτουργία ενός συστήματος
- η δυνατότητα αλληλεπίδρασης του μαθητή με το δυναμικό μοντέλο του αναλόγου.

Για τη βελτίωση της διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών στα προαναφερόμενα σημεία, στην παρούσα διατριβή προτείνεται ένα Πλαίσιο Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού και Δραστηριοτήτων με Αναλογίες (ΠΑΕΛΔΑ) .

5.2 Περιγραφή ΠΑΕΛΔΑ

Το ΠΑΕΛΔΑ χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία συστημάτων στα οποία πέρα από τη δομή τους μας ενδιαφέρει να κατανοήσουν οι μαθητές και τη λειτουργία τους. Αρχικά αναζητείται ένα ή περισσότερα κατάλληλα ανάλογα ακολουθώντας τα κριτήρια που περιγράφονται στην παρ 5.3 .

Στη συνέχεια δημιουργούνται δύο ψηφιακές προσομοιώσεις που παρουσιάζονται με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης.. Μια για το σύστημα-στόχο και μια για το σύστημα του αναλόγου. Οι προσομοιώσεις αυτές επιτυγχάνονται με τη βοήθεια κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού και αποτελούν μοντέλα των συστημάτων που προσομοιώνουν.

Στο εκπαιδευτικό λογισμικό εκτελούνται παράλληλα τα δύο μοντέλα. Εκτελείται ένα μοντέλο του συστήματος στόχου δηλ. του συστήματος που διδάσκεται και ένα μοντέλο του αναλόγου. Το σύστημα στόχος είναι συνήθως κάποιο σύστημα του οποίου η δομή και η λειτουργίες δεν είναι εμφανείς είτε λόγω μεγέθους (πολύ μεγάλο – πολύ μικρό) είτε επειδή είναι αφηρημένο. Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως σε τέτοια μη εμφανή συστήματα υπάρχει η ανάγκη οπτικοποίησης . Έτσι το μοντέλο του συστήματος στόχος παρουσιάζεται συνήθως με κάποια αφαιρετική- συμβολική αναπαράσταση π.χ. με μια μαθηματική παράσταση .

Παράλληλα με το μοντέλο του συστήματος που παρουσιάζεται (σύστημα στόχος) εκτελείται και ένα μοντέλο του αναλόγου που οπτικοποιεί τη δομή και τη λειτουργία του. Κάθε μεταβολή του ενός μοντέλου προκαλεί ανάλογη μεταβολή στο δεύτερο μοντέλο. Αυτή η διασύνδεση των δυο μοντέλων περιορίζεται στα κοινά τους χαρακτηριστικά τα οποία μπορεί να είναι πολλά αν έχει επιλεγεί μια επιτυχημένη αναλογία.

Η παράλληλη εκτέλεση του μοντέλου του αναλόγου συνήθως συνεπάγεται και την εισαγωγή περιορισμών στη λειτουργία του συστήματος στόχου επηρεάζοντας την επιστημονική ορθότητα και ακρίβεια του συστήματος στόχου. Όπως όμως αναφέρεται και στις επόμενες παραγράφους δίνεται παράλληλα η υπενθύμιση στο μαθητή ότι πρόκειται για ανάλογο και όχι για ταυτόσημη έννοια. Το μειονέκτημα αυτό αντισταθμίζεται από τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα του πλαισίου όπως την επίτευξη της σύνδεσης τη νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα που οδηγεί σε μάθηση με νόημα. Επίσης ελαχιστοποιείται με τον εμπλουτισμό – διόρθωση του μοντέλου σε επόμενο στάδιο της διδασκαλίας εφόσον έχει γίνει αρχικά μια επιτυχημένη εισαγωγή της έννοιας με τη χρήση της αναλογίας.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των δύο μοντέλων είναι η δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το χρήστη που διαθέτουν. Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει την εκπόνηση δραστηριοτήτων με τα μοντέλα. Στα πλαίσια του ΠΑΕΛΔΑ αναπτύσσονται διερευνητικές δραστηριότητες τις οποίες εκπονεί ο μαθητής με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού. Έτσι ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εξερευνήσει το μοντέλο του αναλόγου πειραματιζόμενος με διάφορα δεδομένα και να μελετήσει τις αντίστοιχες μεταβολές στο μοντέλο του συστήματος στόχου. Με αυτό το τρόπο ο μαθητής μπορεί να κατανοήσει ότι τα δύο συστήματα είναι ανάλογα και να μεταφέρει τις κατάλληλες ιδιότητες (λειτουργίες) του συστήματος του αναλόγου στο σύστημα στόχο.

Η εισαγωγή και η αξιοποίηση της αναλογίας στο ΠΑΕΛΔΑ γίνεται ακολουθώντας τη γενικότερη φιλοσοφία του μοντέλου Teaching with Analogy (Glynn, 1994) (κεφάλαιο 3 παρ. 3.5.2). Το μοντέλο αυτό προτιμήθηκε γιατί δηλώνει ρητά ότι τα δύο συστήματα είναι ανάλογα και παρουσιάζει τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Επίσης, και αυτό είναι το σημαντικότερο, υποδεικνύει το σημείο πέρα από το οποίο παύει να ισχύει δηλαδή τα χαρακτηριστικά του αναλόγου συστήματος που δεν μπορούν να μεταφερθούν στο σύστημα στόχο. Η αξιοποίηση της αναλογίας γίνεται σε τρεις φάσεις.

Αρχικά, στην πρώτη φάση, παρουσιάζεται στους μαθητές αναλυτικά η δομή και η λειτουργία του συστήματος στόχου.

Στη δεύτερη φάση παρουσιάζεται στους μαθητές το ανάλογο σύστημα και μαζί τα κοινά χαρακτηριστικά- λειτουργίες των δύο συστημάτων. Επίσης στη δεύτερη φάση αναφέρονται ρητά οι περιορισμοί της αναλογίας.

Στη συνέχεια οι μαθητές εκπονούν διερευνητικές δραστηριότητες στις οποίες τους ζητείται να προβλέψουν τη συμπεριφορά του συστήματος στόχου με συγκεκριμένα δεδομένα λειτουργίας.

5.3 Βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού και δραστηριοτήτων σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ

Το ΠΑΕΛΔΑ ακολουθεί τις παρακάτω αρχές:

1. Καταγραφή δυσκολιών-παρανοήσεων μαθητών σε συγκεκριμένες έννοιες

Το ΠΑΕΛΔΑ, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα γνωστικά πεδία, σχεδιάστηκε ειδικά για έννοιες της πληροφορικής στις οποίες οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες κατανόησης και εμφανίζουν παρανοήσεις. Είναι σημαντικό να γίνουν γνωστές ποιες ακριβώς είναι οι δυσκολίες των μαθητών και τι είδους παρανοήσεις εμφανίζουν ώστε να εστιαστούν οι δραστηριότητες σε αυτά τα σημεία. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας αν έχουν διεξαχθεί

έρευνες στο συγκεκριμένο θέμα είτε με σχεδιασμό και υλοποίηση έρευνας όταν δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο στη βιβλιογραφία.

2. Καταγραφή προϋπάρχουσας γνώσης των μαθητών

Σύμφωνα με την οικοδομιστική θεωρία της μάθησης (Piaget, 1970) η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών είναι σημαντική γιατί πάνω στην παλιά γνώση θα οικοδομηθεί η νέα γνώση. Επίσης σύμφωνα με τις θεωρίες της εννοιολογικής αλλαγής σε πολλές περιπτώσεις η προϋπάρχουσα γνώση δεν βοηθά στην οικοδόμηση της νέας γνώσης αλλά αντίθετα μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο. Στις περιπτώσεις αυτές προτείνεται να αναζητηθούν από τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών αυτές που βρίσκονται σε συμφωνία με τη νέα γνώση ακόμα και αν αυτές προέρχονται από άλλο γνωστικό πεδίο ή ακόμα και από την καθημερινή ζωή. Ένα κατάλληλο αναλογικό μοντέλο μπορεί να δημιουργηθεί βασισμένο σε αυτές τις προϋπάρχουσες γνώσεις.

3. Εστίαση σε συγκεκριμένες έννοιες

Οι δραστηριότητες (και το αντίστοιχο λογισμικό) εστιάζονται σε μια μόνο μια έννοια. Έτσι ο μαθητής δεν έχει να αντιμετωπίσει ενδεχόμενες δυσκολίες σε άλλες έννοιες ή σε άλλα θέματα όπως π.χ. σε στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα στην αρχή να δοθούν στους μαθητές δραστηριότητες μικρής δυσκολίας και πολυπλοκότητας αλλά σταδιακά η δυσκολία των δραστηριοτήτων να αυξάνεται σύμφωνα με την προσέγγιση “inside/out pedagogy” που προτείνουν οι Buck και Stucci (2001).

4. Δημιουργία αναλογικού μοντέλου

Για την δημιουργία ενός κατάλληλου αναλογικού μοντέλου λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω αρχές :

- Να είναι γνωστό σε όλους μαθητές. Αυτό είναι ένα κριτήριο με το οποίο συμφωνούν όλοι οι ερευνητές του χώρου της διδασκαλίας με αναλογίες. Όπως βέβαια γίνεται κατανοητό το κριτήριο αυτό ενδέχεται να μην πληρείται απόλυτα σε ένα μεγάλο πλήθος μαθητών όπου οι προϋπάρχουσες γνώσεις τους δεν είναι πλήρως γνωστές, και επιπλέον είναι διαφορετικές για κάθε μαθητή. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι το αναλογικό μοντέλο να δημιουργείται με την σύνθεση στοιχείων που είναι γνωστά στους μαθητές από την καθημερινή τους ζωή και έτσι τα γνωρίζουν όλοι οι μαθητές.

- Να έχει όσο το δυνατόν περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά με την έννοια-στόχο (Else, Ramirez & Clement, 2002, Glynn, Britton, Semrud-Clikeman & Muth, 1989). Αν και οι δύο έννοιες δεν ταυτίζονται ώστε να έχουν όλα τους τα χαρακτηριστικά ίδια είναι σημαντικό από το σύνολο των πιθανών αναλογικών μοντέλων να επιλεγούν εκείνα με τα περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά (βλέπε και επόμενο κριτήριο)

- Να αναδεικνύει χαρακτηριστικά της έννοιας-στόχου στα οποία εντοπίζονται οι παρανοήσεις – δυσκολίες των μαθητών. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να μην υπάρχουν αναλογικά μοντέλα γνωστά στους μαθητές με αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με την έννοια-στόχο. Σε αυτές θεωρείται καλύτερο να προτιμούνται τα αναλογικά μοντέλα εκείνα των οποίων τα κοινά χαρακτηριστικά με την έννοια-

στόχο είναι τα χαρακτηριστικά της έννοιας-στόχου τα οποία οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν.

- Να αποφεύγονται αναλογικά μοντέλα με χαρακτηριστικά τα οποία εντείνουν λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών όπως π.χ. αναλογικά μοντέλα που προωθούν τις ανθρωπομορφικές αντιλήψεις του υπολογιστή που έχουν κάποιοι μαθητές στις περιπτώσεις εφαρμογής του ΠΑΕΛΔΑ σε έννοιες του προγραμματισμού.

- Δημιουργία περισσότερων του ενός αναλογικών μοντέλων. Σύμφωνα με την τεχνική των πολλαπλών αναλογιών (Spiro et al., 1989) και εφόσον υπάρχουν περισσότερα του ενός αναλογικά μοντέλα προτιμάται η χρήση τους προκειμένου να αποφευχθούν οι παρανοήσεις που μια μοναδική αναλογία με ένα μόνο αναλογικό μοντέλο μπορεί να προκαλέσει.

5. Προσομοίωση του αναλογικού μοντέλου με συνθετική κίνηση

Το αναλογικό μοντέλο που δημιουργήθηκε προσομοιώνεται με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης (animation) ώστε να αυξάνεται το ενδιαφέρον και η κινητοποίηση του μαθητή.

6. Ενσωμάτωση της προσομοίωσης του αναλογικού μοντέλου σε εκπαιδευτικό λογισμικό

Η παραπάνω αρχή (5) επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση της προσομοίωσης του αναλογικού μοντέλου σε εκπαιδευτικό λογισμικό το οποίο ως περιβάλλον παρέχει όλη την αναγκαία υποστήριξη στο μαθητή για την εκπόνηση των δραστηριοτήτων

7. Εκπόνηση διερευνητικών δραστηριοτήτων με το αναλογικό μοντέλο

Οι δραστηριότητες που προτείνονται για εκπόνηση με το εκπαιδευτικό λογισμικό βασίζονται στις «Διερευνήσεις» (Lischner, 2001). Η προσέγγιση των «Διερευνήσεων» σχεδιάστηκε για εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Σύμφωνα με αυτή, οι μαθητές μελετούν τον κώδικα ενός προγράμματος και κάνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά του. Στη συνέχεια οι μαθητές εκτελούν το πρόγραμμα συγκρίνουν τις προβλέψεις τους με την πραγματική συμπεριφορά του προγράμματος και δίνουν εξηγήσεις για τυχόν εσφαλμένες προβλέψεις.

Η διαφορά είναι ότι στο ΠΑΕΛΔΑ προτείνεται μια παραλλαγή των «διερευνήσεων» σύμφωνα με την οποία οι «διερευνήσεις» προτείνονται για εφαρμογή σε μια έννοια ή σε μια προγραμματιστική δομή ή στη λειτουργία μιας μονάδας του υπολογιστή και όχι σε ένα σύνθετο πρόγραμμα.

Τα φύλλα δραστηριοτήτων μπορεί να είναι σε χαρτί ή σε ηλεκτρονική μορφή σε κάθε περίπτωση όμως το λογισμικό έχει απαραίτητη ευελιξία ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα πλήθος διαφορετικών φύλλων δραστηριοτήτων. Η χρήση ενός συγγραφικού εργαλείου με δυνατότητα δημιουργίας ηλεκτρονικών φύλλων δραστηριοτήτων σύμφωνα με τις αρχές του ΠΑΕΛΔΑ αναδεικνύει και διευκολύνει το ρόλο του εκπαιδευτικού ως δημιουργού δραστηριοτήτων.

8. Παράλληλη εκτέλεση του μοντέλου της έννοιας-στόχου και του αναλογικού μοντέλου για να αναγνωρίσουν οι μαθητές τη μεταξύ τους αναλογία.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που έχει επισημανθεί στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών (Clement, 1993) είναι να αναγνωρίσουν οι μαθητές την αναλογία μεταξύ του αναλογικού μοντέλου και της έννοιας-στόχου. Στο ΠΑΕΛΔΑ γίνεται προσπάθεια

να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα με την παράλληλη παρουσίαση του αναλογικού μοντέλου και ενός μοντέλου της έννοιας-στόχου. Στις περισσότερες περιπτώσεις στην Πληροφορική η έννοια-στόχος αναπαρίσταται με εντολές σε γλώσσα προγραμματισμού ή δεδομένα αριθμητικού ή άλλου τύπου.

Τα δύο μοντέλα εκτελούνται παράλληλα. Έτσι κάθε μεταβολή στο ένα μοντέλο επιφέρει αντίστοιχη μεταβολή και στο άλλο μοντέλο. Π.χ. στο εκπαιδευτικό λογισμικό «η μεταβλητή και η εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal» η εκτέλεση μιας εντολής απόδοσης τιμής με συγκεκριμένα δεδομένα επιφέρει την κίνηση των περιστρεφόμενων κυλίνδρων που αναπαριστούν αυτή τη μεταβλητή ώστε τελικά να δείχνουν τη νέα της τιμή.

9. Υπόδειξη του σημείου όπου παύει να ισχύει η αναλογία

Μια συνηθισμένη αιτία παρανοήσεων στη διδακτική αξιοποίηση των αναλογιών έχει να κάνει με τη μεταφορά από τους μαθητές χαρακτηριστικών του αναλόγου στην έννοια-στόχο τα οποία όμως δεν είναι ανάλογα. Έτσι θεωρείται σημαντικό να υποδεικνύεται το σημείο πέρα από το οποίο η αναλογία παύει να ισχύει. Ένα μοντέλο διδασκαλίας που δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα σε αυτό το θέμα είναι και το Μοντέλο Διδασκαλίας με Αναλογίες (TWA model) του Glynn (1994). Γι' αυτό στο ΠΑΕΛΔΑ αν και αναφερόμαστε σε πλαίσιο εκπόνησης δραστηριοτήτων και όχι σε πλαίσιο διδασκαλίας γίνεται χρήση των βημάτων του Μοντέλου Διδασκαλίας με Αναλογίες τα οποία βοηθούν στο να αναδειχθεί το σημείο μέχρι το οποίο ισχύει η αναλογία. Αυτό στοχεύει στο να καταφέρουν οι μαθητές να μεταφέρουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά του αναλόγου στην έννοια-στόχο.

5.4 Πλεονεκτήματα από την αξιοποίηση του ΠΑΕΛΔΑ

Τα βασικά πλεονεκτήματα της ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού και δραστηριοτήτων σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ και της εκπόνησης των δραστηριοτήτων από τους μαθητές αναφέρονται παρακάτω :

- Η διερευνητική μορφή των δραστηριοτήτων επιτυγχάνει την ενεργό συμμετοχή των μαθητών που είναι ουσιώδης για τη μάθηση (Βοσνιάδου, 2002).
- Οπτικοποιούνται έννοιες που δεν είναι εμφανείς.
- Συγκεκριμενοποιούνται αφηρημένες έννοιες.
- Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας και εκπόνησης πολλών διαφορετικών δραστηριοτήτων με το ίδιο εκπαιδευτικό λογισμικό.
- Η οπτικοποίηση και η παρουσίαση του αναλογικού μοντέλου με συνθετική κίνηση λειτουργεί ως κίνητρο για ενασχόληση με αυτό και ως κίνητρο για μάθηση .
- Η αναλογία δίνει τη δυνατότητα για σύνδεση της νέας γνώσης με την προϋπάρχουσα (Βοσνιάδου, 2002) και έτσι μπορεί να επιτευχθεί μάθηση με νόημα.
- Γίνεται θετική αξιοποίηση της προϋπάρχουσας γνώσης. Επιλέγονται εκείνα τα ανάλογα που διευκολύνουν στην οικοδόμηση της νέας γνώσης. Οι μαθητές μπορεί αυθόρμητα να επέλεξαν άλλα παραδείγματα ως κοντινότερα με βάση επιφανειακά χαρακτηριστικά. Τα παραδείγματα αυτά μπορεί να έρχονταν σε αντίθεση με τη νέα γνώση και έτσι να δημιουργούν δυσκολίες όπως στις περιπτώσεις εννοιολογικής αλλαγής.
- Στο ΠΑΕΛΔΑ οι δραστηριότητες αναφέρονται - επικεντρώνονται σε μια μόνο έννοια δομή επιτρέποντας στους μαθητές να προχωρήσουν δραστηριότητες με

απλές και εύκολες έννοιες και δομές σε πιο δύσκολες – πολύπλοκες δραστηριότητες.

5.5 Σύγκριση του ΠΑΕΛΔΑ με άλλες προσεγγίσεις διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών

Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση των χαρακτηριστικών του ΠΑΕΛΔΑ με άλλες τεχνικές διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών.

Πολλαπλές αναλογίες

Το ΠΑΕΛΔΑ είναι δυνατό να συνδυαστεί με την τεχνική των πολλαπλών αναλογιών για την καλύτερη κατανόηση μιας έννοιας και την εξάλειψη των παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας. Αυτό μπορεί να γίνει με την ενσωμάτωση περισσότερων από ένα αναλογικά μοντέλα στο λογισμικό και την εκπόνηση δραστηριοτήτων με κάθε ένα από αυτά ξεχωριστά.

Εκτεταμένες (Δραματοποιημένες) αναλογίες

Η δραματοποίηση που χρησιμοποιείται στις εκτεταμένες αναλογίες είναι ένα κοινό στοιχείο με το ΠΑΕΛΔΑ. Σε αυτό συμβάλει η επιλογή αναλόγων από την καθημερινή ζωή και η χρήση συνθετικής κίνησης στο ΠΑΕΛΔΑ

Γεφυρωτικές αναλογίες

Οι γεφυρωτικές αναλογίες χρησιμοποιούνται όταν ο μαθητής δεν μπορεί εύκολα να κατανοήσει τα κοινά (να γεφυρώσει τα ανάλογα) χαρακτηριστικά της έννοιας-πηγής και της έννοιας-στόχου. Ένα από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του ΠΑΕΛΔΑ είναι η δημιουργία ενός αναλογικού μοντέλου αρκετά «κοντινού» (με αρκετά κοινά χαρακτηριστικά) με την έννοια-στόχο. Έτσι στις περιπτώσεις που αυτό επιτυγχάνεται, δεν υπάρχει η ανάγκη για κάποιο ενδιάμεσο ανάλογο όπως προτείνεται στην προσέγγιση των γεφυρωτικών αναλογιών.

Επίσης οι γεφυρωτικές αναλογίες χρησιμοποιούνται όταν ο μαθητής δυσκολεύεται να κατανοήσει ότι οι έννοιες πηγή και στόχος είναι ανάλογες. Το ΠΑΕΛΔΑ αντιμετωπίζει το πρόβλημα αυτό με τη δυνατότητα που δίνει στο μαθητή να πειραματισθεί με τα μοντέλα της έννοιας-στόχου και της έννοιας-πηγής ώστε τελικά να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι οι έννοια-πηγή και η έννοια-στόχος είναι ανάλογες.

5.6 Εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ στον Προγραμματισμό

Όπως φαίνεται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΠΑΕΛΔΑ η χρήση του προτείνεται σε περιπτώσεις δύσκολων και πολύπλοκων εννοιών όπου απαιτείται ένα ισχυρό εργαλείο μάθησης και ειδικότερα σε περιπτώσεις διδασκαλίας δυναμικών συστημάτων όπου εκτός από την κατανόηση της δομής τους από τους μαθητές σημαντική είναι και η κατανόηση της λειτουργίας τους.

Ένα γνωστικό πεδίο με πληθώρα εννοιών που αναφέρονται σε δυναμικά συστήματα και στα οποία έχουν καταγραφεί πολλές δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών είναι η Πληροφορική. Ο προγραμματισμός είναι ένα κλάδος της Πληροφορικής που περιέχει έννοιες και δομές δύσκολες για τους μαθητές. Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών και φοιτητών εμφανίζει δυσκολίες και παρανοήσεις (βλέπε κεφάλαιο 1) στην κατανόηση βασικών προγραμματιστικών εννοιών και δομών. Αν

και έχουν προταθεί αρκετές διαφορετικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία βασικών εννοιών σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματικού (βλέπε κεφάλαιο 2) γεγονός παραμένει ότι τα επίπεδα επίδοσης των μαθητών είναι χαμηλά (Mc Cracken et al, 2001). Έτσι στον προγραμματισμό υπάρχει πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ.

Η εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ στο προγραμματισμό μπορεί να προσφέρει δυνατότητες οπτικοποίησης σε βασικές έννοιες και δομές του προγραμματισμού. Το ΠΑΕΛΔΑ αφορά την εκπόνηση δραστηριοτήτων και μπορεί να συνδυαστεί με διάλεξη κατά την προσέγγιση «διαλέξεις και εργαστήρια» που είναι και μια από τις πιο συνηθισμένες διδακτικές προσεγγίσεις σε μαθήματα προγραμματισμού (βλέπε και κεφ.2 παρ.2.2.1).

Στην παρούσα διατριβή γίνεται εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ στον προγραμματισμό στις περιπτώσεις της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής, των δομών επιλογής και των δομών επανάληψης.

5.7 Σύγκριση της εφαρμογής του ΠΑΕΛΔΑ στον Προγραμματισμό με άλλες προσεγγίσεις οπτικοποίησης

Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση της εφαρμογής του ΠΑΕΛΔΑ στον προγραμματισμό με άλλες προσεγγίσεις από το χώρο του προγραμματισμού που προσφέρουν δυνατότητες οπτικοποίησης:

5.7.1 Δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμων

Η δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμων (βλέπε παρ. 2.2.7) είναι κλάδος της οπτικοποίησης λογισμικού στην οποία γίνεται αντιστοίχιση αφηρημένων ιδεών στον κώδικα με οπτικές αναπαραστάσεις οι οποίες μεταφέρουν τη λειτουργία του συστήματος στον παρατηρητή πιο εύκολα. Στη δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμου η οπτική αναπαράσταση εστιάζεται σε βασικές λειτουργίες του αλγορίθμου και όχι απλώς στον κώδικα και στα δεδομένα όπως στη δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης προγράμματος που είναι και αυτός κλάδος της οπτικοποίησης λογισμικού.

Τα χαρακτηριστικά της δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης αλγορίθμων που διατηρούνται και στο ΠΑΕΛΔΑ είναι :

- η οπτικοποίηση εννοιών και δομών που δεν είναι εμφανείς
- η λειτουργία συγκεκριμενοποίησης αφηρημένων εννοιών
- η διαδραστικότητα
- η παροχή κινητοποίησης στους μαθητές των μαθητών
- η δυνατότητα επιλογής των δεδομένων εισόδου από το χρήστη

Το ΠΑΕΛΔΑ διαφέρει όμως από τη δυναμική προσομοίωση εκτέλεσης αλγορίθμων στο γεγονός ότι ως προσέγγιση δεν εφαρμόζεται για ένα ολόκληρο αλγόριθμο ή πρόγραμμα αλλά για μια μόνο εντολή. Επίσης διαφέρει επειδή στοχεύει στην κατανόηση συγκεκριμένων εννοιών και στην εξάλειψη των παρανοήσεων των μαθητών σε αυτές.

5.7.2 Μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων

Τα μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων δίνουν τη δυνατότητα στο μαθητή να χρησιμοποιήσει πολλές διαφορετικές αναπαραστάσεις δημιουργώντας συνδέσεις μεταξύ των στοιχείων κάθε αναπαράστασης (Kordaki & Potari, 2002).

Στα μαθησιακά περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων όμως δεν θεωρείται αναλογία η αντιστοίχιση που κάνει ο μαθητής μεταξύ στοιχείων και χαρακτηριστικών των διαφορετικών αναπαραστάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην αξιοποιείται το θεωρητικό υπόβαθρο για τη διδακτική αξιοποίηση αναλογιών. Δηλαδή δεν χρησιμοποιείται κάποια τεχνική διδασκαλίας με αναλογίες. Επίσης ο σχεδιασμός και η χρήση του περιβάλλοντος πολλαπλών αναπαραστάσεων δεν γίνεται ακολουθώντας κάποιο πλαίσιο που να προσφέρει κατευθυντήριες γραμμές για την δημιουργία του αναλογικού μοντέλου, τον τρόπο παρουσίασης των μοντέλων, τη σύνδεση των διαφορετικών μοντέλων αναπαραστάσεων, την ανάπτυξη και τον τρόπο εκπόνησης των δραστηριοτήτων. Τα περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων διαφοροποιούνται σε σχέση με το ΠΑΕΛΔΑ επειδή προσφέρουν τη δυνατότητα στο μαθητή να πειραματιστεί με εξωτερικές αναπαραστάσεις που μπορεί να είναι σχήματα, εικόνες σύμβολα, πίνακες, ή γραφικές παραστάσεις.

5.7.3 Μαθησιακά αντικείμενα με αναλογίες

Ο (Boyle, 2003) προτείνει τη χρήση μαθησιακών αντικειμένων με αλληλεπιδραστικές αναλογίες με συνθετική κίνηση. Αναφορά σε αυτά τα μαθησιακά αντικείμενα γίνεται στην παράγραφο 3.7.1. Η προσέγγιση αυτή έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με το ΠΑΕΛΔΑ αλλά και σημαντικές διαφορές.

Ομοιότητες :

- Και οι δύο προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού.
- Χρησιμοποιούν αναλογίες για οπτικοποίηση δομών και εννοιών προγραμματισμού.
- Τα αναλογικά μοντέλα προσομοιώνονται με την βοήθεια συνθετικής κίνησης.
- Ο χρήστης εκπονεί δραστηριότητες με τα αναλογικά μοντέλα.

Διαφορές :

- Το ΠΑΕΛΔΑ είναι ένα πλαίσιο δραστηριοτήτων που προτείνει συγκεκριμένες αρχές σχεδίασης των δραστηριοτήτων και του εκπαιδευτικού λογισμικού. Αντίθετα ο Boyle (2003) προτείνει μια σειρά μαθησιακών αντικειμένων για εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού και όχι ένα γενικότερο πλαίσιο δραστηριοτήτων ή διδασκαλίας.
- Οι δραστηριότητες δεν είναι ενσωματωμένες στο εκπαιδευτικό λογισμικό αλλά βρίσκονται σε ξεχωριστό φύλλο δραστηριοτήτων.
- Ο χρήστης δεν παρακολουθεί παθητικά την εκτέλεση των δομών και τις αλλαγές στο αναλογικό μοντέλο αλλά έχει τη δυνατότητα να ορίζει τα δεδομένα εισόδου ανάλογα με την επιλογή του ή σύμφωνα με όσα του προτείνονται στο φύλλο δραστηριοτήτων.
- Εξαιτίας των παραπάνω υπάρχει ένα πλήθος διαφορετικών δραστηριοτήτων που μπορεί να επιλέξει ο δημιουργός του φύλλου δραστηριοτήτων για να εκπονήσουν οι μαθητές (ευελιξία)
- Η δυνατότητα να επιλέγει ο χρήστης τα δεδομένα εισόδου είναι αυτή που δίνει και τη δυνατότητα για πειραματισμό και εξερεύνηση της δομής ή της έννοιας προς διδασκαλία.
- Ο μαθητής σε περιπτώσεις συντακτικού ή άλλου λάθους δεν λαμβάνει μηνύματα λάθους γενικού τύπου αλλά λαμβάνει μηνύματα με αρκετές πληροφορίες αναφορικά με το τι λάθος έκανε

Κεφάλαιο 6. Σχεδίαση και υλοποίηση εκπαιδευτικών λογισμικών με αναλογίες για εκπόνηση διερευνητικών δραστηριοτήτων

Ένα βασικό στοιχείο του ΠΑΕΛΔΑ που περιγράφεται στο κεφάλαιο 5 αποτελεί το εκπαιδευτικό λογισμικό στο οποίο ενσωματώνεται η προσομοίωση του αναλογικού μοντέλου. Για την αξιολόγηση του προτεινόμενου πλαισίου δημιουργήθηκαν τέσσερα εκπαιδευτικά λογισμικά που εστιάζονται σε 3 έννοιες τις οποίες οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν και εμφανίζουν παρανοήσεις (βλέπε 1^ο κεφάλαιο). Οι έννοιες αυτές προέρχονται από τον Προγραμματισμό Υπολογιστών και είναι η έννοια της μεταβλητής και η λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής, η λειτουργία των δομών επιλογής και η λειτουργία των δομών επανάληψης.

6. 1 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για την έννοια της μεταβλητής και της εντολή απόδοσης τιμής

Το εκπαιδευτικό λογισμικό που περιγράφεται στη συνέχεια, δημιουργήθηκε με σκοπό την αντιμετώπιση των παρανοήσεων που έχουν πολλοί αρχάριοι προγραμματιστές σε γλώσσες όπως η Basic και η Pascal για την έννοια της μεταβλητής και την εντολή απόδοσης τιμής (Samurcay, 1989· Du Bulay, 1989· Putnum et al., 1989· Ebrahimi, 1994· Τζιμογιάννης κ.α, 2000· Τζιμογιάννης κ.α, 2005· Φεσάκης κ.α., 2005). Η σχεδίασή του έγινε σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ.

6.1.1 Δημιουργία αναλογικού μοντέλου

Ένα ανάλογο που χρησιμοποιήθηκε σε διδακτικό εγχειρίδιο (βλέπε παρ. 4.2.2) για τη μεταβλητή είναι ένα γραμματοκιβώτιο με το όνομα του κατόχου εξωτερικά και ένα γράμμα στο εσωτερικό. Επίσης σε εκπαιδευτικό λογισμικό έχει χρησιμοποιηθεί ως ανάλογο ένα κουτί με μια επιγραφή εξωτερικά και κάποιο περιεχόμενο στο εσωτερικό του. Πολλοί καθηγητές σε σχετική έρευνα αναφέρουν ότι χρησιμοποιούν ως ανάλογο για τη μεταβλητή, ένα κουτί ή ένα συρτάρι ή ένα γραμματοκιβώτιο.

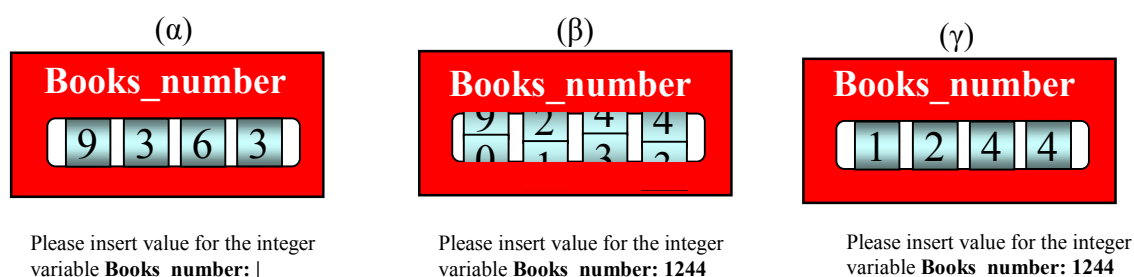
Όλα τα προαναφερθέντα ανάλογα εστιάζουν στο διαχωρισμό τιμής και ονόματος μεταβλητής αλλά έχουν αδυναμίες στην ανάδειξη άλλων χαρακτηριστικών της μεταβλητής όπως η δυνατότητα αποθήκευσης μιας τιμής κάθε φορά, η δυνατότητα αποθήκευσης τιμών συγκεκριμένου τύπου και οι περιορισμοί των μεταβλητών σε μέγεθος και σε ακρίβεια. Ανάλογα όπως το κουτί ή το συρτάρι ή το γραμματοκιβώτιο θεωρούνται από τους μαθητές ότι μπορούν να δεχθούν περισσότερα από ένα αντικείμενα εσωτερικά. Κατά συνέπεια οι μαθητές θεωρούν ότι και οι μεταβλητές μπορούν να διατηρήσουν ταυτόχρονα παραπάνω από μια τιμές. Επίσης αυτά τα ανάλογα μπορούν να δεχθούν περιεχόμενο οποιοδήποτε τύπου. Κατά αναλογία οι μαθητές μπορεί να θεωρήσουν ότι οι μεταβλητές μπορεί να δεχθούν τιμές διαφόρων τύπων. Τέλος άλλο χαρακτηριστικό αυτών των αναλόγων είναι ότι δεν εισάγουν περιορισμούς στο μέγεθος του ή στην ακρίβεια των περιεχομένων τους. Αυτό έχει ως κίνδυνο να θεωρήσουν οι μαθητές ότι και οι μεταβλητές δεν έχουν περιορισμό στο μέγεθος ή στην ακρίβεια των τιμών που μπορούν να δεχθούν.

Για να μειωθεί ο κίνδυνος των παρανοήσεων που μπορεί να προκληθούν από ανάλογα όπως το κουτί, το συρτάρι και το γραμματοκιβώτιο, δημιουργήθηκε ένα αναλογικό μοντέλο για τη μεταβλητή που αποτελείται από ένα σύστημα περιστρεφόμενων κυλίνδρων. Αυτό το αναλογικό μοντέλο αποδείχθηκε μέσω ερωτηματολογίων, ότι είναι γνωστό στους μαθητές από ηλεκτρονικά παιχνίδια και

τηλεοπτικές διαφημίσεις (Doukakis, Grigoriadou and Tsaganou, 2007). Σύμφωνα με αυτή την αναλογία κάθε μεταβλητή της γλώσσας Pascal αντιστοιχεί σε ένα σύστημα περιστρεφόμενων κυλίνδρων. Το πλήθος των κυλίνδρων είναι ίσο με το πλήθος των ψηφίων της μεταβλητής. Το κάθε ψηφίο- κύλινδρος μπορεί να πάρει δεκαδικές αριθμητικές τιμές (0-9), χαρακτήρες (“A”, “B”, ..., “I”, “@”) ή και λογικές τιμές (True – False). Το χρώμα που περιβάλλει τους κυλίνδρους είναι διαφορετικό για κάθε τύπο μεταβλητής: κόκκινο για μεταβλητές ακεραίου τύπου, μπλε για τις μεταβλητές πραγματικού τύπου, πράσινο για τις μεταβλητές τύπου συμβολοσειράς (string) και καφέ για τις μεταβλητές λογικού τύπου. Στο πάνω μέρος του κάθε συστήματος κυλίνδρων αναγράφεται το όνομα της μεταβλητής.

Ο τρόπος απεικόνισης των μεταβλητών (Σχήμα 6.1) παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν τον τύπο της μεταβλητής (ανάλογα με το χρώμα του πλαισίου), το όνομά της (με άσπρα γράμματα), την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει (ανάλογα με το πλήθος και το είδος των ψηφίων), και τη τρέχουσα τιμή της. Π.χ. στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το ανάλογο για μια ακεραία μεταβλητή με όνομα `Books_number` και τιμή 9363, η οποία μπορεί να πάρει τετραψήφιες αριθμητικές τιμές από 0000 έως 9999. Η περιστροφή κάθε κυλίνδρου κατά την απόδοση νέας τιμής στη μεταβλητή δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν όλες τις πιθανές τιμές που μπορεί να πάρει κάθε ψηφίο – κύλινδρος.

Σε αυτό το αναλογικό μοντέλο επιδιώκεται η ανάδειξη συγκεκριμένων χαρακτηριστικών της έννοιας της μεταβλητής και συγκεκριμένα οι διαφορές μεταξύ των τύπων των μεταβλητών, οι περιορισμοί στο μέγεθος και την ακρίβεια, η ύπαρξη αρχικής τιμής ακόμα και πριν την απόδοση τιμής με την σχετική εντολή, και η απόδοση μιας μόνο τιμής και όχι πολλαπλών τιμών με κάθε εντολή απόδοσης τιμής. Επίσης αναδεικνύει το ότι ο χώρος που καταλαμβάνει μια μεταβλητή στην μνήμη εξαρτάται από τον τύπο της και όχι από την εκάστοτε τιμή της.



Σχήμα 6.1: Διαδοχικά στιγμιότυπα μια αναλογίας κινούμενης εικόνας για μια ακεραία μεταβλητή (α) αρχικό στάδιο (β) κατά την περιστροφή των κυλίνδρων μετά την εισαγωγή της τιμής 1244 (γ) τελικό στάδιο

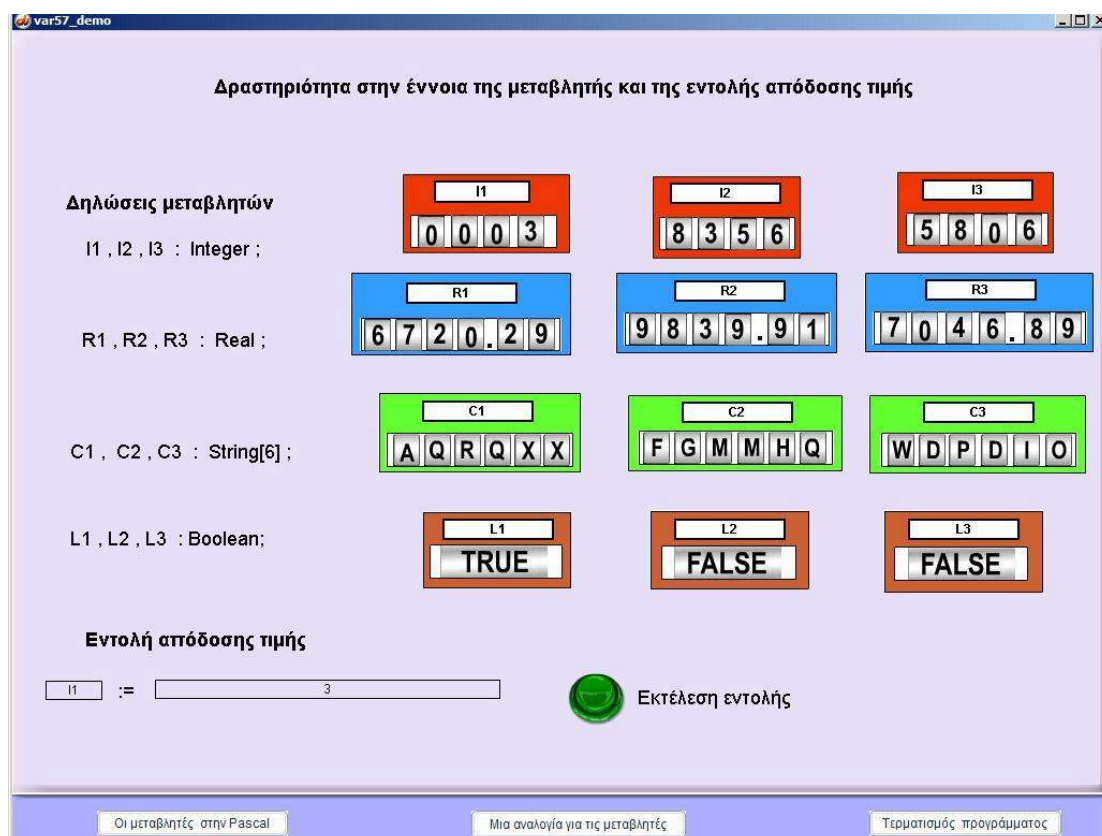
6.1.2 Περιγραφή λογισμικού

Στο τμήμα «Δραστηριότητα» του λογισμικού (Σχήμα 6.2) απεικονίζονται 3 μεταβλητές για κάθε τύπο μεταβλητής της γλώσσας Pascal:

- ακεραίο I1, I2, I3
- πραγματικό R1, R2, R3
- συμβολοσειράς C1, C2, C3
- λογικό L1, L2, L3.

Οι μεταβλητές έχουν τυχαίες αρχικές τιμές κατά την εκκίνηση του προγράμματος. Οι μαθητές που χρησιμοποιούν το μαθησιακό αντικείμενο έχουν τη δυνατότητα να γράφουν μια εντολή απόδοσης τιμής που να περιλαμβάνει όποιες από τις παραπάνω μεταβλητές επιθυμούν και στη συνέχεια να την εκτελούν για να δουν τα

αποτελέσματα. Σε περίπτωση που υπάρχει συντακτικό λάθος στην εντολή απόδοσης τιμής σύμφωνα με τους συντακτικούς κανόνες της γλώσσας Pascal τότε παρουσιάζεται μήνυμα λάθους το οποίο δίνει πληροφορίες για το λάθος. Έχει γίνει προσπάθεια ώστε τα μηνύματα λάθους να παρέχουν αναλυτικές πληροφορίες στο χρήστη για το συγκεκριμένο λάθος και να μην υπάρχουν γενικά μηνύματα για πολλά διαφορετικά είδη λαθών.



Σχήμα 6.2: Ο χρήστης ζητά εκτέλεση της εντολής απόδοσης τιμής I1:=3

Το εκπαιδευτικό λογισμικό εκτός από το τμήμα «Δραστηριότητα» που περιγράφεται παραπάνω περιλαμβάνει τα τμήματα:

- «Θεωρία»: παρουσιάζεται η θεωρία για την έννοιας της μεταβλητής στη γλώσσα προγραμματισμού Pascal, οι τύποι μεταβλητών, ο τρόπος δήλωσής τους όπως επίσης και η σύνταξη και η λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής.
- «Αναλογία»: παρουσιάζεται αναλυτικά η αναλογία που χρησιμοποιείται για τη μεταβλητή. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της έννοιας-στόχου (μεταβλητή), τα χαρακτηριστικά της έννοιας-πηγής (σύστημα περιστρεφόμενων κυλίνδρων), η συσχέτιση των χαρακτηριστικών της πηγής και του στόχου, και τα χαρακτηριστικά για τα οποία δεν ισχύει η αναλογία.

Οι μαθητές έχουν ανά πάσα στιγμή πρόσβαση στα τμήματα «Θεωρία» και «Αναλογία».

6.2 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για τις δομές επιλογής

Οι αρχάριοι προγραμματιστές αντιμετωπίζουν δυσκολίες και εμφανίζουν παρανοήσεις και στις δομές επιλογής (Spohrer & Soloway, 1986· Ebrahimi, 1994·

Payne & Myers, 2000). Ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία σχεδιάστηκε σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ και υλοποιήθηκε για να βοηθήσει τους μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες και παρανοήσεις τους. Αναφέρεται στην εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού «ΓΛΩΣΣΑ» (Βακάλη κ.α., 1999).

6.2.1. Δημιουργία αναλογικού μοντέλου

Τα αναλογικά μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε διδακτικά εγχειρίδια (4.2.2) για τις δομές επιλογής ενισχύουν την ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή από τους μαθητές. Αυτό συμβαίνει επειδή εμφανίζεται ένας χαρακτήρας καρτούν που προσπαθεί να διαλέξει ανάμεσα σε δύο πιθανές διαδρομές και υπάρχει ο κίνδυνος οι μαθητές να αποδώσουν ανθρώπινη νοημοσύνη στον χαρακτήρα ώστε να καταλαβαίνει τι στόχο έχουν με την εντολή επιλογής που έγραψαν ακόμα και αν αυτή δεν είναι σωστά γραμμένη. Τέτοιου είδους παρανοήσεις είχαν ανιχνευθεί στις έρευνες που προαναφέρονται. Για αυτό και τελικά το αναλογικό μοντέλο που δημιουργήθηκε είναι μια σύνθεση απλών μηχανικών κατασκευών που δεν προάγουν ανθρωπομορφικές θεωρήσεις του υπολογιστή. Οι μηχανικές κατασκευές που το απαρτίζουν είναι γνωστές στους μαθητές από ηλεκτρονικά παιχνίδια τύπου flipper.

Το αναλογικό μοντέλο για την απλή δομή επιλογής (AN (λογική έκφραση) ΤΟΤΕ ...) είναι ένα σύστημα από σωλήνες που σχηματίζουν δύο διαφορετικές διαδρομές για μία μπάλα που πέφτει (σχήμα 6.3). Η μπάλα κατευθύνεται σε μια από τις δύο πιθανές διαδρομές με τη βοήθεια μιας ρακέτας. Οι δύο πιθανές διαδρομές αντιστοιχούν στη ροή του ελέγχου κατά την εκτέλεση της εντολής AN (απλή δομή επιλογής). Η κίνηση και η θέση που παίρνει η ρακέτα εξαρτάται από τη τιμή που παίρνει η λογική έκφραση της εντολής AN. Η ευθεία διαδρομή αντιστοιχεί στην περίπτωση που η λογική έκφραση είναι ψευδής. Η άλλη διαδρομή αντιστοιχεί στην περίπτωση που η λογική έκφραση αληθής και εκτελούνται οι εντολές μετά το ΤΟΤΕ. Οι εντολές πριν και μετά τη δομή επιλογής εκτελούνται ούτως η άλλως και αντιστοιχούν στο τμήμα του συστήματος των σωλήνων όπου υπάρχει μόνο μια διαδρομή για να ακολουθήσει η μπάλα. Η κίνηση της ρακέτας ελέγχεται από την αξιολόγηση της τιμής της λογικής έκφρασης. Έτσι η ρακέτα κατευθύνει τη μπάλα στην κατάλληλη διαδρομή.

6.2.2 Περιγραφή εκπαιδευτικού λογισμικού

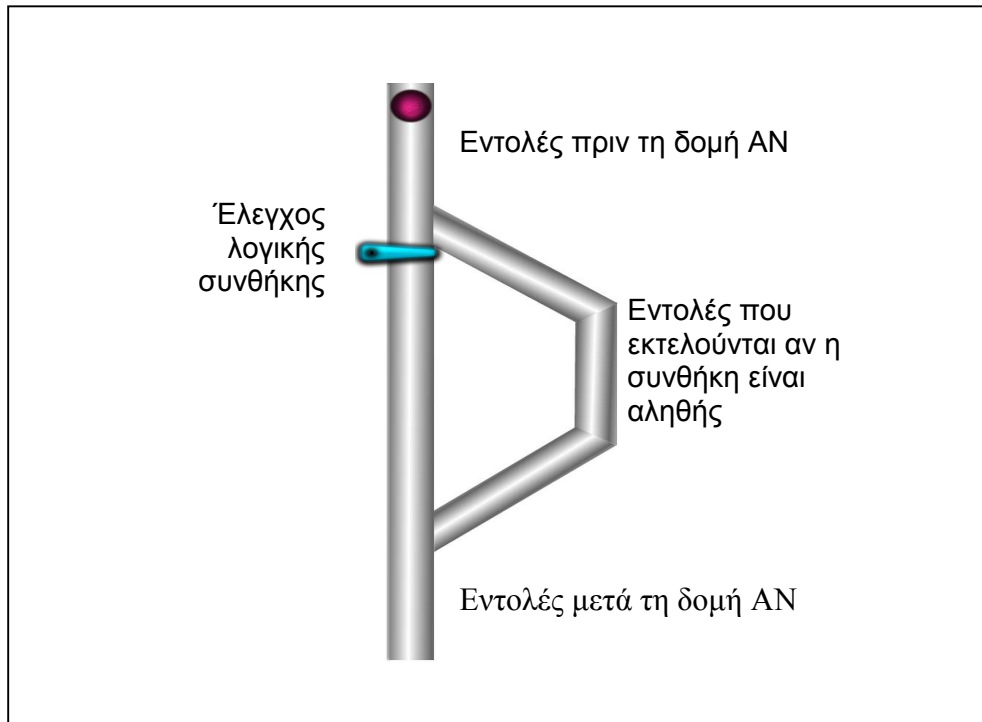
Οι χρήστες του εκπαιδευτικού λογισμικού μπορούν να εισάγουν λογικές συνθήκες και εντολές της επιλογής τους πριν και μετά την εντολή AN. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα μικρό αριθμό από ακέραιες και πραγματικές μεταβλητές με συγκεκριμένα ονόματα. Ο αριθμός των διαθέσιμων μεταβλητών έχει περιοριστεί στις 3 στην αρχική έκδοση του εκπαιδευτικού λογισμικού αλλά μεγαλύτερο αριθμός μπορεί να προστεθεί εύκολα αν αυτό απαιτηθεί. Η τρέχουσα τιμή αυτών των μεταβλητών είναι ορατή στους χρήστες του λογισμικού ενώ εκπονούν δραστηριότητες με αυτό.

Αντίστοιχα αναλογικά μοντέλα που προκύπτουν από την σύνθεση απλών μηχανικών κατασκευών δημιουργήθηκαν και για τις άλλες εντολές επιλογής όπως για τη σύνθετη δομή επιλογής (AN (λογική έκφραση) ΤΟΤΕ ... ΑΛΛΙΩΣ ...) και την πολλαπλή δομή επιλογής (ΕΠΙΛΕΞΕ (έκφραση) ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Λίστα τιμών 1) (εντολές 1) ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (Λίστα τιμών 2) (εντολές 2)... ΑΛΛΙΩΣ (εντολές ν)) (βλέπε και σχήματα 6.4 και 6.5).

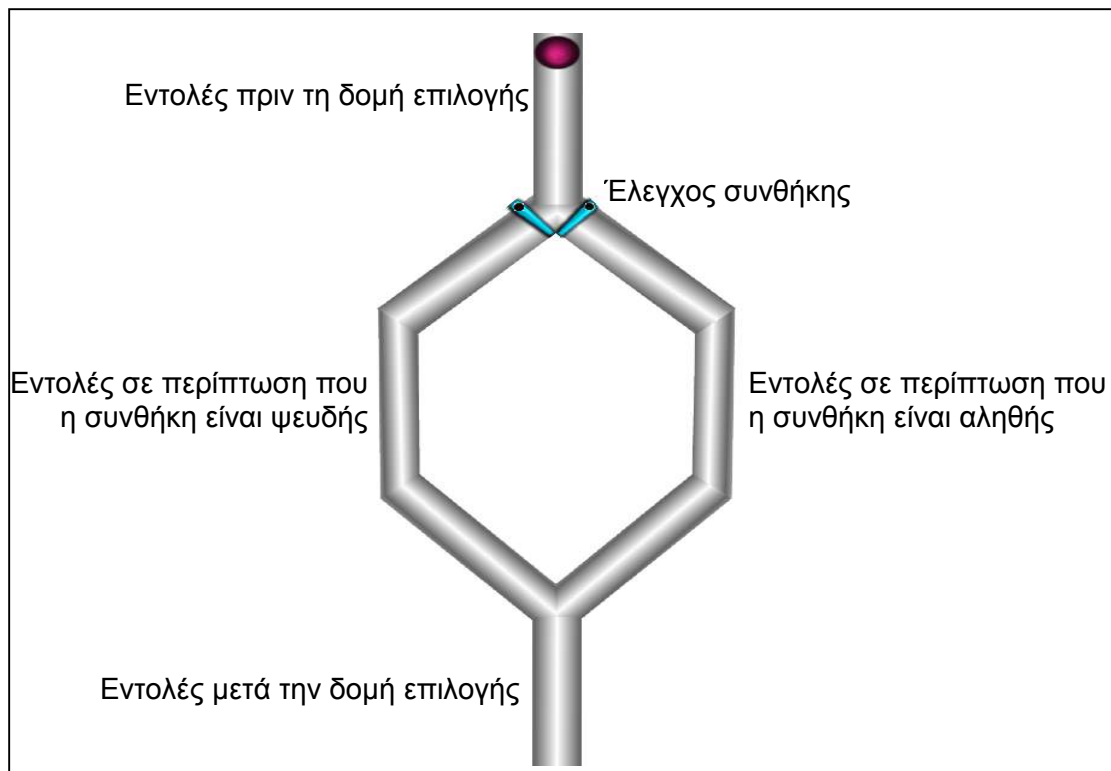
Το εκπαιδευτικό λογισμικό εκτός από το τμήμα «Δραστηριότητα» που περιγράφεται παραπάνω περιλαμβάνει τα τμήματα (βλέπε και σχήμα 6.6):

- «Θεωρία»: παρουσιάζεται η θεωρία για τη σύνταξη και τη λειτουργία των δομών επιλογής στη «Γλώσσα Pascal»
- «Αναλογία»: παρουσιάζεται αναλυτικά η αναλογία που χρησιμοποιείται για τις δομές επιλογής. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της έννοιας-στόχου (δομή επιλογής), τα χαρακτηριστικά του αναλογικού μοντέλου, η συσχέτιση των χαρακτηριστικών του αναλογικού μοντέλου και του στόχου, και τα χαρακτηριστικά για τα οποία δεν ισχύει η αναλογία.

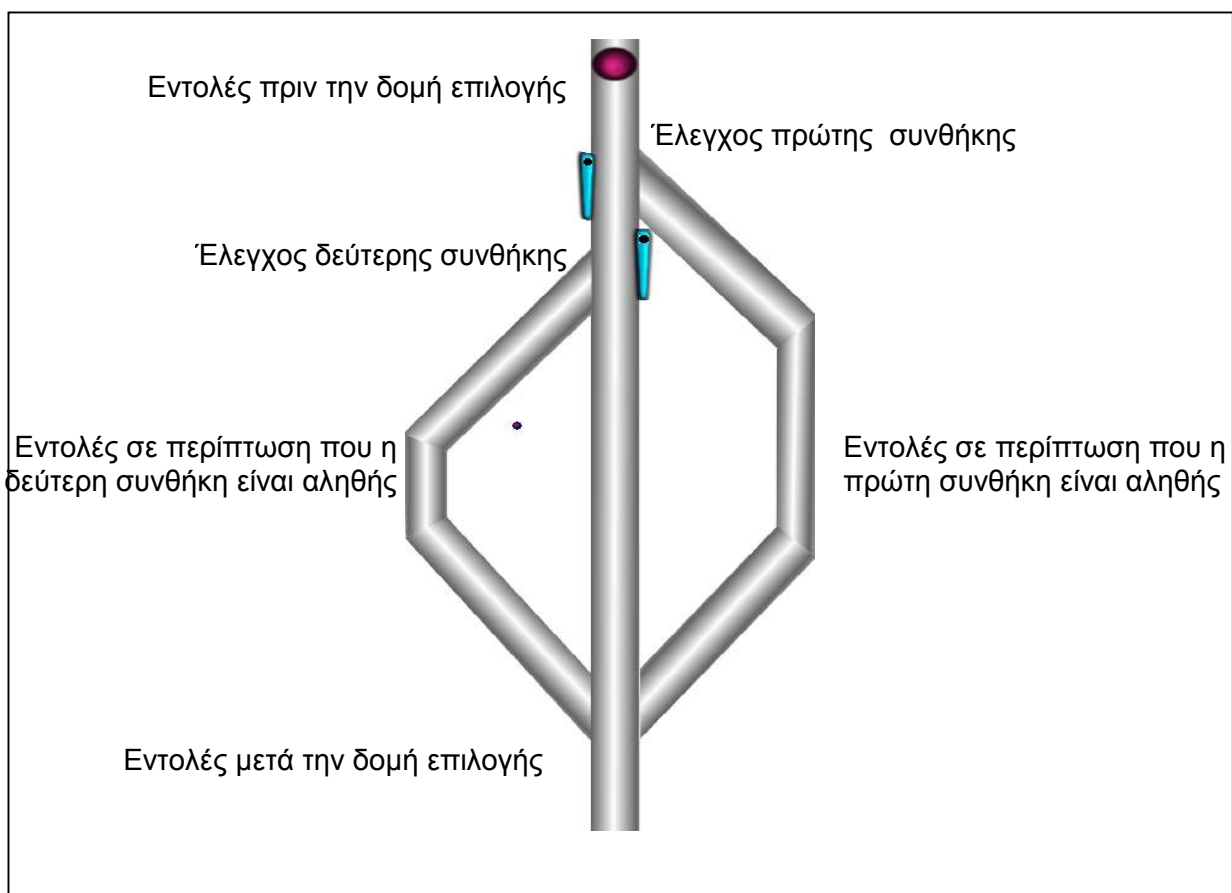
Οι μαθητές έχουν ανά πάσα στιγμή πρόσβαση στα τμήματα «Θεωρία» και «Αναλογία».



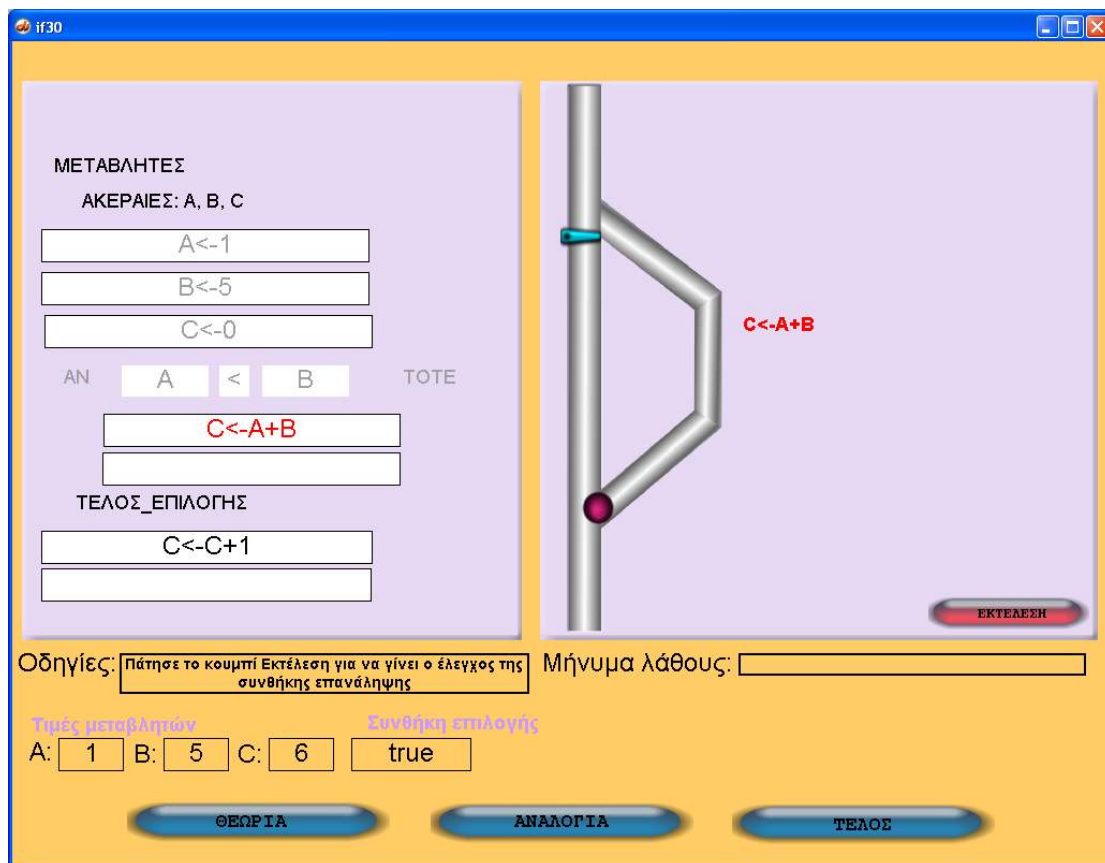
Σχήμα 6.3. Ένα αναλογικό μοντέλο για την απλή δομή επιλογής



Σχήμα 6.4. Το αναλογικό μοντέλο για την σύνθετη δομή επιλογής



Σχήμα 6.5. Το αναλογικό μοντέλο για την πολλαπλή δομή επιλογής



Σχήμα 6.6. Το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού για τις δομές επιλογής (εδώ παρουσιάζεται η απλή δομή επιλογής)

6.3 Εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία για δομές επανάληψης

Μια άλλη κατηγορία δομών που δυσκολεύει τους αρχάριους προγραμματιστές είναι και οι δομές επανάληψης (Samurcay, 1989· Payne & Myers, 1996· Sleeman, 1988· Γόγουλου, 2002). Επίσης σε αυτές τις δομές εμφανίζονται παρανοήσεις, Ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με αναλογία, σχεδιάστηκε σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ και υλοποιήθηκε για να βοηθήσει τους μαθητές να ξεπεράσουν τις δυσκολίες και παρανοήσεις τους. Αναφέρεται στην εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού «ΓΛΩΣΣΑ».

6.3.1 Δημιουργία αναλογικού μοντέλου

Ένα αναλογικό μοντέλο που έχει χρησιμοποιηθεί σε διδακτικά εγχειρίδια (βλέπε παρ. 4.2.2) για τις δομές επανάληψης είναι ένα αυτοκίνητο που οδηγεί ένας χαρακτήρας καρτούν και κινείται κυκλικά σε μια πλατεία. Άλλα αναλογικά μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε εκπαιδευτικό λογισμικό (βλέπε παρ. 3.7.1) είναι η βύθιση ενός υποβρυχίου μέχρι να φθάσει στο επιθυμητό βάθος και ένα καρφί που καρφώνεται στο ξύλο με διαδοχικά χτυπήματα του σφυριού μέχρι το κεφάλι του καρφιού να φθάσει στην επιφάνεια του ξύλου. Όλα τα προαναφερθέντα αναλογικά μοντέλα θεωρήθηκε ότι ενισχύουν την ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή από τους μαθητές και έτσι επιλέχθηκαν για τις δομές επιλογής αναλογικά μοντέλα που αποτελούνται από απλές μηχανικές κατασκευές. Ένας πρόσθετος λόγος ήταν η προσπάθεια χρήσης αναλογικών μοντέλων του ίδιου τύπου, για τις των δομές επιλογής και τις δομές επανάληψης αλλά και χρήσης αναλογικών μοντέλων του ίδιου τύπου για τις τρεις δομές επανάληψης. Οι μηχανικές κατασκευές που συνθέτουν τα αναλογικά μοντέλα είναι γνωστές στους μαθητές από ηλεκτρονικά παιχνίδια τύπου flipper.

Το αναλογικό μοντέλο για την εντολή επανάληψης (ΟΣΟ (λογική έκφραση) ΕΠΑΝΕΛΑΒΕ ...) είναι ένα σύστημα από σωλήνες που σχηματίζουν δύο διαφορετικές διαδρομές για μία μπάλα που πέφτει (σχήμα 6.7). Η μπάλα κατευθύνεται σε μια από τις δύο πιθανές διαδρομές με τη βοήθεια μιας ρακέτας. Οι δύο πιθανές διαδρομές αντιστοιχούν στη ροή του ελέγχου κατά την εκτέλεση της εντολής ΟΣΟ. Η κίνηση και η θέση που παίρνει η ρακέτα εξαρτάται από την τιμή που παίρνει η λογική έκφραση της εντολής ΟΣΟ. Η ευθεία διαδρομή αντιστοιχεί στην περίπτωση που η λογική έκφραση είναι αληθής και εκτελούνται οι επαναληπτικά εντολές μετά το ΟΣΟ. Οι εντολές πριν και μετά την εντολή ΟΣΟ εκτελούνται ούτως ή άλλως και αντιστοιχούν στο τμήμα του συστήματος των σωλήνων όπου υπάρχει μόνο μια διαδρομή για να ακολουθήσει η μπάλα. Η κίνηση της ρακέτας ελέγχεται από την αξιολόγηση της τιμής της λογικής έκφρασης. Έτσι η ρακέτα κατευθύνει τη μπάλα στην κατάλληλη διαδρομή.

6.3.2 Περιγραφή λογισμικού

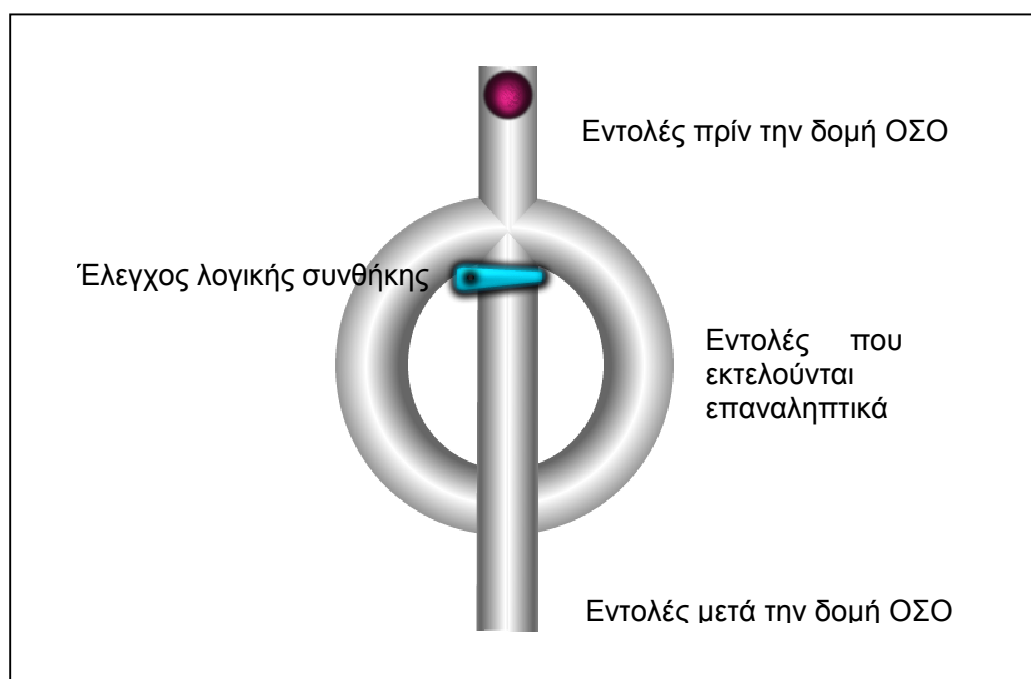
Οι χρήστες του εκπαιδευτικού λογισμικού μπορούν να εισάγουν λογικές συνθήκες και εντολές της επιλογής τους πριν και μετά την εντολή ΟΣΟ. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα μικρό αριθμό από ακέραιες και πραγματικές μεταβλητές με συγκεκριμένα ονόματα. Ο αριθμός των διαθέσιμων μεταβλητών έχει περιοριστεί στις 3 στην αρχική έκδοση το λογισμικού αλλά μεγαλύτερο αριθμός μπορεί να προστεθεί εύκολα αν αυτό απαιτηθεί. Η τρέχουσα τιμή αυτών των μεταβλητών είναι ορατή στους χρήστες του λογισμικού ενώ εκπονούν δραστηριότητες με αυτό.

Αντίστοιχα αναλογικά μοντέλα δημιουργήθηκαν και για τις άλλες εντολές επανάληψης όπως για την εντολή (ΕΠΑΝΕΛΑΒΕ ... ΜΕΧΡΙΣΟΤΟΥ (λογική έκφραση)) και την εντολή (ΓΙΑ μεταβλητή ΑΠΟ τιμή1 ΜΕΧΡΙ τιμή3 ΜΕ ΒΗΜΑ τιμή3) (Βλέπε και σχήματα 6.9 και 6.10 αντίστοιχα).

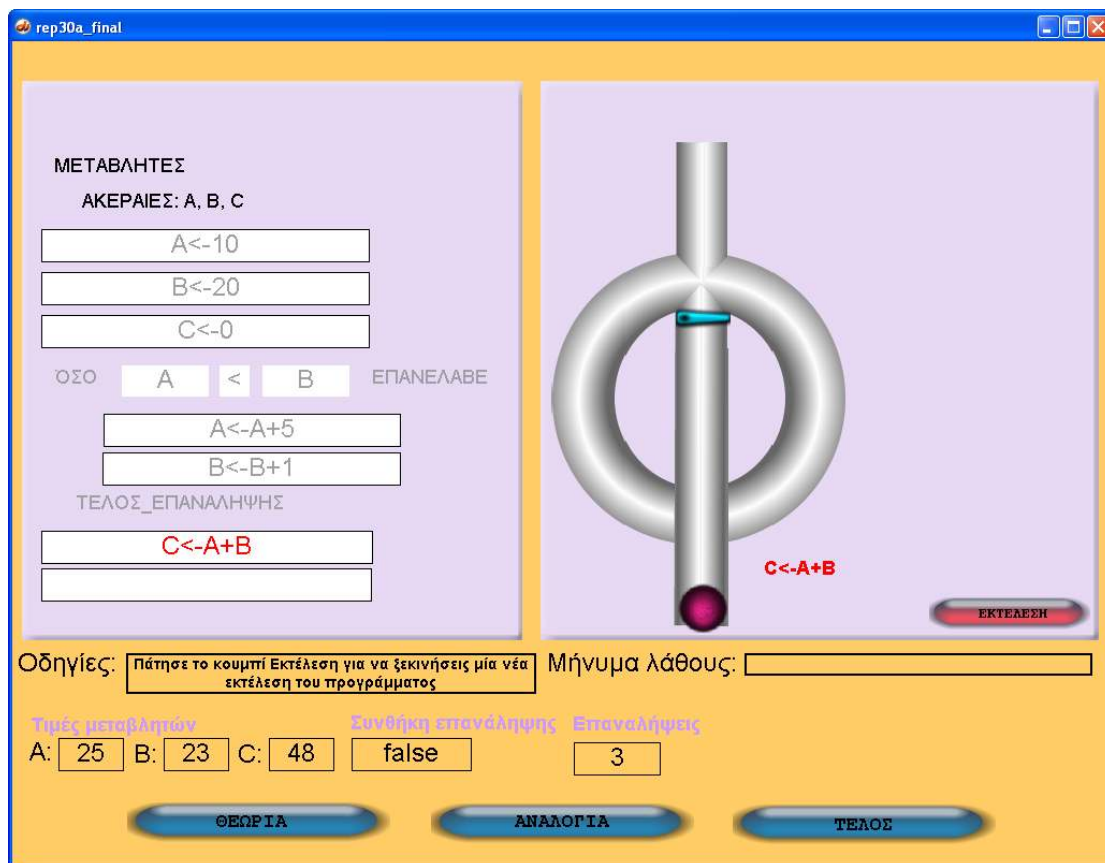
Επίσης, η εφαρμογή εκτός από το τμήμα «Δραστηριότητα» που περιγράφεται παραπάνω περιλαμβάνει τα τμήματα (βλέπε και σχήμα 6.8):

- «Θεωρία»: παρουσιάζεται η θεωρία για τη σύνταξη και τη λειτουργία των δομών επανάληψης στη «Γλώσσα»
- «Αναλογία»: παρουσιάζεται αναλυτικά η αναλογία που χρησιμοποιείται για τις δομές επανάληψης. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της έννοιας-στόχου (δομή επανάληψης), τα χαρακτηριστικά του αναλογικού μοντέλου, η συσχέτιση των χαρακτηριστικών του αναλογικού και του στόχου, και τα χαρακτηριστικά για τα οποία δεν ισχύει η αναλογία.

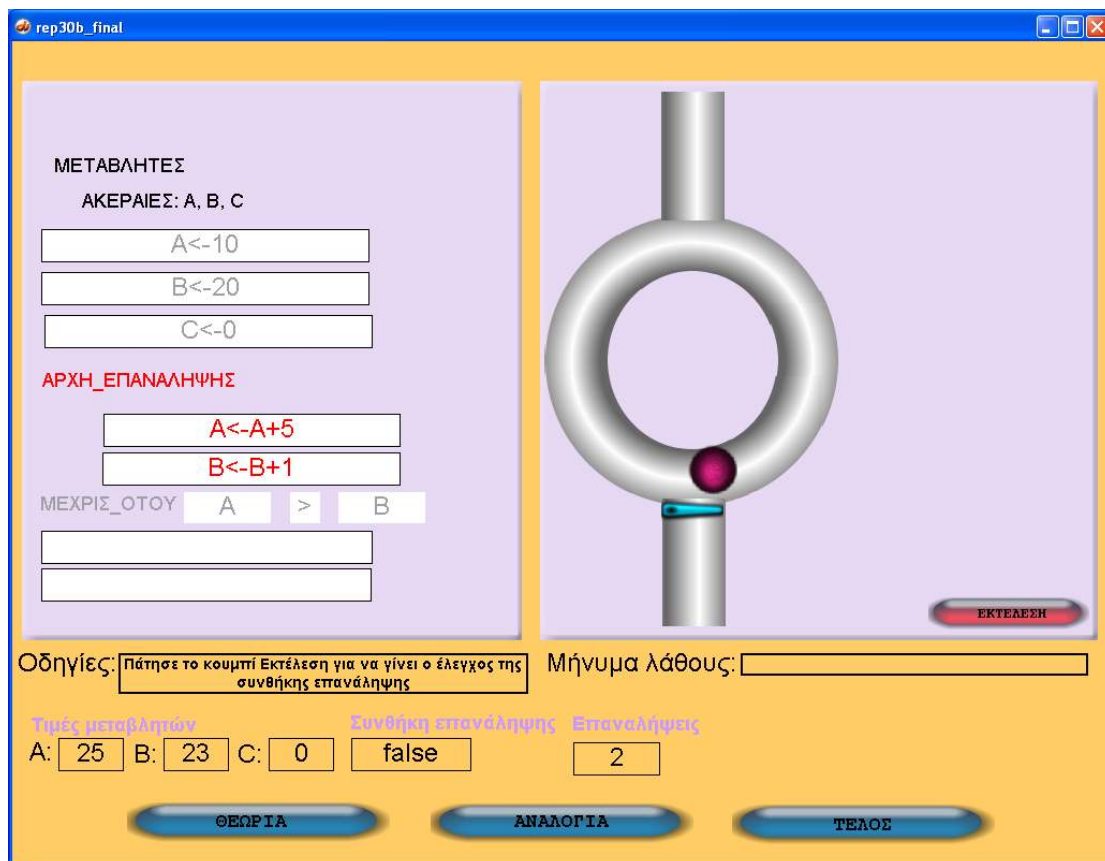
Οι μαθητές έχουν ανά πάσα στιγμή πρόσβαση στα τμήματα «Θεωρία» και «Αναλογία».



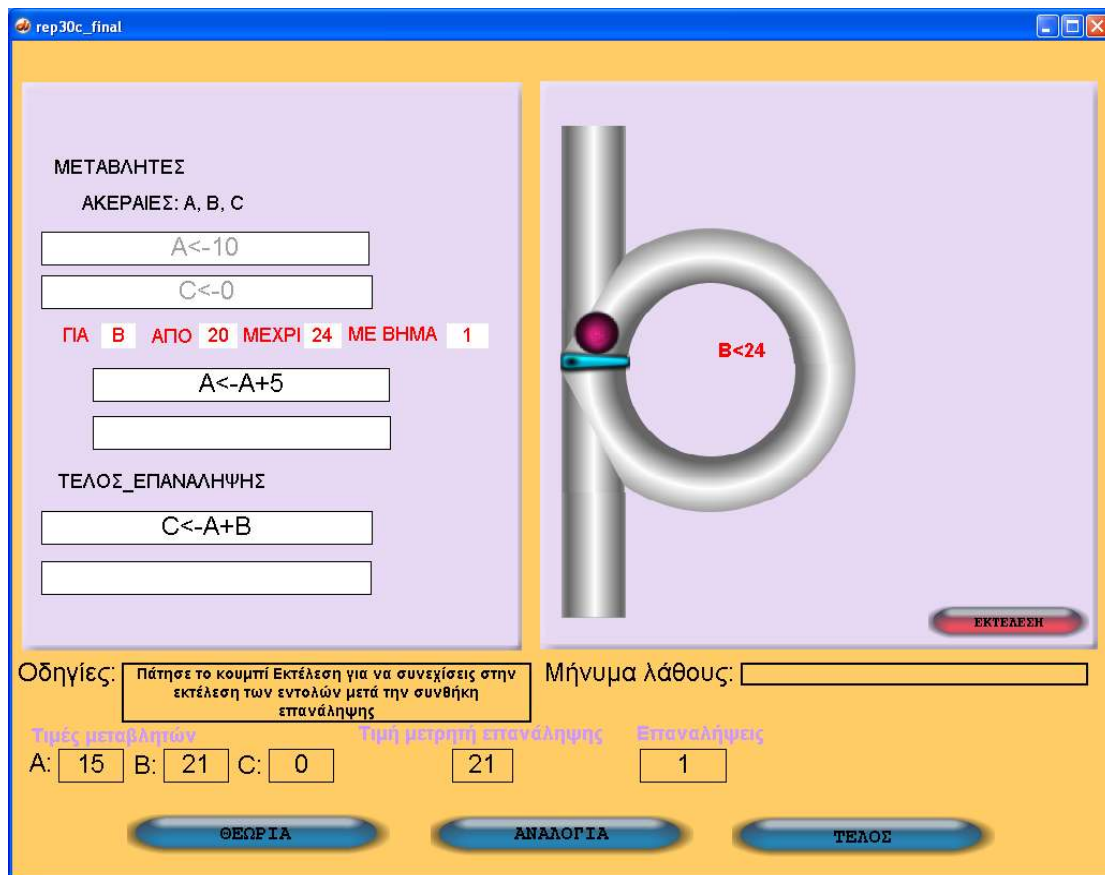
Σχήμα 6.7. Ένα αναλογικό μοντέλο για την δομή επιλογής ΟΣΟ



Σχήμα 6.8. Το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού για τη δομή ΟΣΟ



Σχήμα 6.9. Το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού για τη δομή ΜΕΧΡΙΣ ΟΤΟΥ



Σχήμα 6.10. Το περιβάλλον του εκπαιδευτικού λογισμικού για την δομή ΓΙΑ

Κεφάλαιο 7. Πείραμα

Για την αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ ως πλαίσιο διδακτικής αξιοποίησης αναλογιών σχεδιάστηκε το παρών πείραμα που αφορά στην κατανόηση της έννοιας της μεταβλητής και στη σχετική εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

7.1 Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα έρευνα ελέγχεται η ερευνητική υπόθεση αν θα υπάρχει βελτίωση στην επίδοση των μαθητών που εκπονούν δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ για την έννοια της μεταβλητής και την εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal σε σχέση με μια ομάδα ελέγχου. Επίσης γίνεται μελέτη της ανεξάρτητης και συνδυαστικής επίδρασης των παραγόντων που χρησιμοποιούνται στο ΠΑΕΛΔΑ δηλαδή της αναλογίας, της συνθετικής κίνησης (animation) και των δραστηριοτήτων διερευνητικού τύπου, στην επίδοση των μαθητών.

7.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Για να διαπιστωθεί η επίδραση των παραγόντων που χρησιμοποιούνται στο ΠΑΕΛΔΑ σχεδιάστηκε το παρών πείραμα με 4 ανεξάρτητες ομάδες (σχεδιασμός ανεξάρτητων δειγμάτων) εκ των οποίων οι 3 ήταν πειραματικές ομάδες και άλλη ήταν ομάδα ελέγχου. Η διαφορά στην επίδοση μελετήθηκε συγκρίνοντας την επίδοση της ομάδας ελέγχου με την πειραματική ομάδα που χρησιμοποίησε όλους τους παράγοντες του ΠΑΕΛΔΑ.

7.3 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 120 μαθητές, 15 έως 17 ετών, κορίτσια και αγόρια, από 5 ΤΕΕ στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής (Περιστέρι, Χαϊδάρι, Μαρούσι, Ηλιούπολη, Ασπρόπυργος). Όλοι οι μαθητές παρακολουθούσαν το μάθημα «Εισαγωγή στον Προγραμματισμό» της Β τάξης του Α κύκλου του τομέα Πληροφορικής και Υπηρεσιών.

7.4 Υλικά

Ερωτηματολόγιο

Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείται από 3 τμήματα :

Το πρώτο τμήμα αποτελείται από γενικές ερωτήσεις που αφορούν το φύλλο, την ηλικία, αν έχουν διδαχθεί ξανά προγραμματισμό και αν ναι σε τι γλώσσα προγραμματισμού.

Το δεύτερο τμήμα αποτελείται από 6 ερωτήσεις που αφορούν την έννοια της μεταβλητής και την λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής στη γλώσσα προγραμματισμού Pascal.

Το τρίτο τμήμα αποτελείται από 18 προγραμματιστικά έργα που ζητούνται να εκπονήσουν οι μαθητές. Από τους μαθητές ζητείται να προβλέψουν το τι θα συμβεί κατά τη μεταγλώττιση και εκτέλεση μικρών προγραμμάτων και επίσης να

αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Τα προγράμματα αυτά έχουν σχεδιαστεί με στόχο την ανίχνευση παρανοήσεων και δυσκολιών στην έννοια της μεταβλητής στη γλώσσα Pascal και στην σχετική εντολή απόδοσης τιμής. Κάποιες από αυτές προέρχονται από ερωτηματολόγια προηγούμενων ερευνών (Samurçay, 1989· Du Bulay, 1989· Putnum et al, 1989· Ebrahimi, 1994· Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000· Τζιμογιάννης κ.α., 2005· Φεσάκης κ.α., 2005) και ενσωματώθηκαν με τις απαραίτητες αλλαγές και προσθήκες σε αυτό το ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο αυτό συμπλήρωσαν οι μαθητές όλων των ομάδων του πειράματος.

Στους μαθητές των ομάδων που χρησιμοποιούσαν αναλογία εκτός από τις παραπάνω ερωτήσεις και έργα και δόθηκαν και 4 επιπλέον ερωτήσεις που αφορούν την αναλογία που χρησιμοποιήθηκε και πιθανές παρανοήσεις των μαθητών από την χρήση της αναλογίας

Λογισμικό

Χρησιμοποιήθηκαν 3 διαφορετικές εκδόσεις του εκπαιδευτικού λογισμικού «Μεταβλητή και εντολή απόδοσης τιμής στην Pascal». Στο κεφάλαιο 6 περιγράφεται αναλυτικά το εκπαιδευτικό λογισμικό στην πλήρη έκδοση του (έκδοση «Δραστ./Αναλ/Συνθ») που περιλαμβάνει την αναλογία η οποία παρουσιάζεται δραματοποιημένη με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης.

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να πλοηγείται στο τμήμα «Θεωρία. Η έννοια της μεταβλητής στην Pascal» όπου παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο για την έννοια της μεταβλητής στη γλώσσα προγραμματισμού Pascal, να πλοηγείται στο τμήμα « Μια αναλογία για την μεταβλητή» όπου παρουσιάζεται η αναλογία των περιστρεφόμενων κυλίνδρων που έχει επιλεγεί για την έννοια της μεταβλητής και να πλοηγείται στο τμήμα «Δραστηριότητα» όπου μπορεί να εκπονήσει δραστηριότητες.

Πιο συγκεκριμένα στο τμήμα «Δραστηριότητα» ο χρήστης έχει στη διάθεσή του μεταβλητές διαφόρων τύπων που έχουν ήδη δηλωθεί με συγκεκριμένο όνομα. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να παρατηρεί τις τρέχουσες τιμές των μεταβλητών. Επίσης έχει τη δυνατότητα να εκτελεί εντολές απόδοσης τιμής χρησιμοποιώντας τις δηλωμένες μεταβλητές και να τις παρατηρεί να παίρνουν τις νέες τιμές τους

Έκδοση «Δραστηριοτήτων/Αναλογίας/Συνθετικής κίνησης»

Δόθηκε στην ομάδα Δραστ./Αναλ/Συνθ.. Είναι η πλήρης έκδοση του εκπαιδευτικού λογισμικού όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 6.

Έκδοση «Δραστηριοτήτων/Αναλογίας»

Δόθηκε στην ομάδα Δραστ./Αναλ.. Περιλαμβάνει όλα τα χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού λογισμικού με εξαίρεση τη δυνατότητα για προβολή συνθετικής κίνησης (animation) κατά την εκτέλεση μιας εντολής απόδοσης τιμής. Το αναλογικό μοντέλο δηλαδή οι περιστρεφόμενοι κύλινδροι παρουσιάζονται με τη μορφή στατικών εικόνων που παρουσιάζουν την κατάσταση του αναλογικού μοντέλου μετά από κάθε εντολή απόδοσης τιμής.

Έκδοση «Δραστηριοτήτων»

Δόθηκε στην ομάδα δραστηριοτήτων. Δεν περιλαμβάνει καθόλου αναλογία και συνθετική κίνηση. Η απεικόνιση των τιμών όλων των μεταβλητών γίνεται κατά αντιστοιχία με τη χρήση εντολής writeln («ONOMA METABΛHTHΣ», TIMH). Οι τιμές ανανεώνονται κάθε φορά που εκτελείται μια εντολή απόδοσης τιμής. Η ομάδας δραστηριοτήτων θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τον compiler της Turbo Pascal. Η χρήση αυτής της έκδοσης του εκπαιδευτικού λογισμικού αντί του compiler της Turbo

Pascal έγινε για να υπάρχουν ίδιες συνθήκες ως προς την πληροφόρηση για τα συντακτικά λάθη και στις 3 ομάδες. Τα μηνύματα λάθους είναι εμπλουτισμένα με περισσότερες επεξηγήσεις για πιθανές πηγές λαθών σε σχέση με τα μηνύματα του compiler της Turbo Pascal.

Δραστηριότητες με το εκπαιδευτικό λογισμικό

Οι δραστηριότητες που δόθηκαν για εκπόνηση με το εκπαιδευτικό λογισμικό βασίζονται στις «Διερευνήσεις» (Lischner, 2001). Η προσέγγιση των «Διερευνήσεων» σχεδιάστηκε για εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού. Σύμφωνα με αυτή, οι μαθητές διαβάζουν ένα πρόγραμμα και κάνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά του. Στη συνέχεια οι μαθητές εκτελούν το πρόγραμμα συγκρίνουν τις προβλέψεις τους με την πραγματική συμπεριφορά του προγράμματος και δίνουν εξηγήσεις για τυχόν εσφαλμένες προβλέψεις.

Το φύλλο δραστηριοτήτων (βλέπε σχετικό Παράρτημα) που δόθηκε στους μαθητές των 3 πειραματικών ομάδων (εκτός της ομάδας ελέγχου) είχε δραστηριότητες διερευνητικού τύπου με τη διαφορά ότι οι «διερευνήσεις» εφαρμόστηκαν για μια μεμονωμένη εντολή ή μια ακολουθία εντολών απόδοσης τιμής και όχι ένα σύνθετο πρόγραμμα.

7.5 Μεθοδολογία – Διαδικασία

Η έρευνα έγινε λίγο πριν το τέλος (34^η εβδομάδα) του σχολικού έτους 2006-2007. Στην έρευνα συμμετείχαν 120 μαθητές της 2^{ης} τάξης των ΤΕΕ από 5 σχολεία στην περιοχή της Αθήνας που παρακολουθούσαν το μάθημα της ειδικότητας. Οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί την έννοια της μεταβλητής χωρίς τη χρήση αναλογιών (σε συνεννόηση με τους διδάσκοντες). Οι μαθητές κάθε σχολείου κατανεμήθηκαν σε 4 πειραματικές ομάδες με τυχαίο τρόπο με τη βοήθεια μιας συνάρτησης τυχαίων αριθμών:

Ομάδα «ελέγχου» : Η ομάδα αυτή αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Είχε διδαχθεί από τον καθηγητή της τάξης για την έννοια της μεταβλητής στην Pascal και της σχετικής εντολής απόδοσης τιμής με το συμβατικό τρόπο διδασκαλίας χωρίς τη χρήση αναλογιών.

Ομάδα «δραστηριοτήτων» : Η ομάδα αυτή εκπόνησε διερευνητικές δραστηριότητες με την χρήση της έκδοσης «δραστηριοτήτων» του εκπαιδευτικού λογισμικού.

Ομάδα «δραστηριοτήτων/αναλογίας» : Η ομάδα αυτή εκπόνησε διερευνητικές δραστηριότητες με τη χρήση της έκδοσης «δραστηριοτήτων/αναλογίας» του εκπαιδευτικού λογισμικού που παρουσιάζει μια αναλογία για τη μεταβλητή στην Pascal με τη μορφή στατικών εικόνων.

Ομάδα «δραστηριοτήτων/αναλογίας/συνθετικής κίνησης»: Η ομάδα αυτή εκπόνησε διερευνητικές δραστηριότητες με τη χρήση της έκδοσης «δραστηριοτήτων/αναλογίας/συνθετικής κίνησης» του εκπαιδευτικού λογισμικού που παρουσιάζει μια αναλογία για τη μεταβλητή στην Pascal με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης.

Οι ομάδες θεωρήθηκαν ισοδύναμες καθώς οι συμμετέχοντες κάθε ομάδας είχαν επιλεγεί με τυχαίο τρόπο και οι πιθανότητες ένταξής τους σε κάθε ομάδα ήταν ίσες. Επίσης αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις ερωτήσεις και τα έργα στα οποία δεν υπήρχε καμία στατιστική διαφορά καθώς δεν επέδρασε κανένας από τους 3 πειραματικούς παράγοντες (βλέπε και παράγραφο 7.7).

Για τη σωστή μελέτη της επίδρασης των 3 παραγόντων θα έπρεπε να δημιουργηθούν και ομάδες με τους υπόλοιπους πιθανούς συνδυασμούς (συνολικά 8) των 3 παραγόντων όπως π.χ. δραστηριότητες και συνθετική κίνηση. Τέτοιοι συνδυασμοί όμως δεν θα είχαν νόημα στο ΠΑΕΛΔΑ που προτείνεται και γι' αυτό δεν μελετήθηκαν σε αυτή την έρευνα. Π.χ. ο συνδυασμός δραστηριοτήτων συνθετικής κίνησης δεν έχει νόημα χωρίς τη χρήση αναλογιών.

Στις ομάδες που χρησιμοποιήθηκαν αναλογίες (ομάδα «δραστηριοτήτων/αναλογίας» και ομάδα «δραστηριοτήτων/αναλογίας/συνθετικής κίνησης») αυτές παρουσιάστηκαν ακολουθώντας το ΠΑΕΛΔΑ (βλέπε και κεφάλαιο 5). Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να μεταβούν στο τμήμα του εκπαιδευτικού λογισμικού όπου παρουσιάζονταν το θεωρητικό υπόβαθρο της έννοιας της μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής στην Pascal. Στη συνέχεια παρακινήθηκαν να μεταβούν στο τμήμα του εκπαιδευτικού λογισμικού όπου παρουσιάζονταν το αναλογικό μοντέλο, γίνονταν η αντιστοίχιση χαρακτηριστικών του αναλογικού μοντέλου και της έννοιας της μεταβλητής και παρουσιάζονταν τα χαρακτηριστικά των δύο εννοιών για τα οποία δεν ισχύει η αναλογία. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους μαθητές να μεταβούν στο τμήμα του εκπαιδευτικού λογισμικού όπου μπορούν να εκπονήσουν δραστηριότητες και να εμπλακούν στις διερευνητικές δραστηριότητες που περιγράφονται στο φύλλο δραστηριότητας του παραρτήματος Α. Οι μαθητές εκπόνησαν τις δραστηριότητες χωρίς περιορισμό χρόνου. Οι μαθητές ολοκλήρωσαν την εκπόνηση των δραστηριοτήτων σε μία διδακτική ώρα.

Στη συνέχεια όλες οι ομάδες συμπεριλαμβανομένης και της ομάδας ελέγχου συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια για την ανίχνευση παρανοήσεων. Στα ερωτηματολόγια των ομάδων στις οποίες παρουσιάστηκαν αναλογίες (ομάδα δραστ./αναλογίας και ομάδα δραστηριοτήτων/αναλογίας/συνθετικής κίνησης) υπήρχαν και επιπλέον ερωτήσεις (ερωτήσεις 2Α, 2Β, 2Γ, 3) σχετικές με την αναλογία που χρησιμοποιήθηκε. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν αμέσως μετά την εκπόνηση των δραστηριοτήτων χωρίς περιορισμό χρόνου. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων ολοκληρώθηκε σε μια διδακτική ώρα.

Ο αρχικός σχεδιασμός του πειράματος περιλάμβανε επανάληψη του ερωτηματολογίου μετά την παρέλευση 2 εβδομάδων για να μελετηθεί η διατήρηση των αποτελεσμάτων του πειράματος. Όταν όμως επανήλθαν οι ερευνητές μετά από 2 εβδομάδες και προς το τέλος του σχολικού έτους στα σχολεία διεξαγωγής του πειράματος, το ποσοστό των απόντων μαθητών ήταν πολύ μεγάλο (σε μερικές περιπτώσεις μεγαλύτερο του 50%). Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε να ματαιωθεί η δεύτερη φάση του πειράματος.

Επεξεργασία δεδομένων

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις και τα προγραμματιστικά έργα ομαδοποιήθηκαν σε κατηγορίες.

Κατηγορίες απαντήσεων που υπήρχαν σε όλες τις ερωτήσεις και σε όλα τα προγραμματιστικά έργα αφορούσαν τις σωστές απαντήσεις με σωστή επεξήγηση, και τις σωστές απαντήσεις χωρίς εξήγηση και τις σωστές απαντήσεις με λάθος

επεξήγηση. Λόγω της αντικειμενικότητας σε αυτές τις ερωτήσεις δεν υπήρχε αμφιβολία στην κατηγοριοποίηση τέτοιου τύπου απαντήσεων.

Αντίθετα σε λανθασμένες απαντήσεις που συνοδεύονταν από επίσης λανθασμένες ή κάποιες φορές και σωστές επεξηγήσεις δημιουργήθηκε η ανάγκη για κατηγοριοποίηση-βαθμολόγηση των απαντήσεων από δύο βαθμολογητές. Το έργο τους ήταν η κατάταξη των λανθασμένων απαντήσεων σε κατηγορίες κάθε μία από τις οποίες συνδέεται με κάποια συγκεκριμένη παρανόηση.

Οι δύο βαθμολογητές ήταν έμπειροι καθηγητές πληροφορικής που δίδασκαν εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού για παραπάνω από 10 χρόνια. Η μεταξύ τους συνέπεια ήταν της τάξης του 96%.

7.6 Αποτελέσματα

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις και τα προγραμματιστικά έργα. Οι απαντήσεις σε κάθε ερώτηση/έργο είναι κατηγοριοποιημένες σε ομάδες συναφών απαντήσεων.

Για τη στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων έγινε χρήση του στατιστικού κριτηρίου χ^2 το οποίο χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που έχουμε συχνότητες δύο ή περισσότερων κατηγορικών μεταβλητών. Η εφαρμογή του κριτηρίου χ^2 μας οδηγεί στην εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των ομάδων αλλά και μεταξύ των κατηγοριών των απαντήσεων.

Για τη σωστή εφαρμογή όμως αυτού του στατιστικού κριτηρίου υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί. Σύμφωνα με τον Coolican (1994) το στατιστικό κριτήριο χ^2 δεν μπορεί να εφαρμοσθεί αν έχουμε περισσότερους από 20 συμμετέχοντες και 3 ή περισσότερα κελιά του πίνακα σύμπτωσης έχουν συχνότητα μικρότερη του 5.

Λαμβάνοντας υπόψη τον παραπάνω περιορισμό σε αυτές τις περιπτώσεις έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση κατηγοριών ώστε να μην υπάρχουν περισσότερα από 3 κελιά με συχνότητες μικρότερες του 5.

Στις συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών ανά κατηγορία εφαρμόστηκε στατιστικό κριτήριο χ^2 για ανεξαρτησία για να εξετασθεί αν ο τρόπος απαντήσεων των μαθητών είναι διαφορετικός για κάθε ομάδα. Συνολικά εφαρμόστηκε 3 φορές στατιστικό κριτήριο χ^2 μια για κάθε πειραματική ομάδα. Με τα εφαρμογή αυτών των κριτηρίων χ^2 μπόρεσε να διαπιστωθεί αν οι διαφορετικοί παράγοντες κάθε ομάδας είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στον γενικότερο τρόπο με τον οποίο απάντησαν οι μαθητές.

Επίσης για να διαπιστωθεί αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις σωστές απαντήσεις και τις λανθασμένες απαντήσεις μεταξύ κάθε πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου εφαρμόστηκε 3 φορές στατιστικό κριτήριο χ^2 για ανεξαρτησία. Με τα εφαρμογή αυτών των κριτηρίων χ^2 μπόρεσε να διαπιστωθεί αν οι διαφορετικοί παράγοντες κάθε ομάδας είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στη συχνότητα των σωστών απαντήσεων των μαθητών.

Ερωτήσεις ερωτηματολογίου

Ερώτηση 1 . Που αποθηκεύονται οι μεταβλητές της γλώσσας Pascal;

Οι μαθητές συχνά συγχέουν τη θέση αποθήκευσης των μεταβλητών και πολλές φορές αναφέρουν ως τοποθεσία αποθήκευσης το πρόγραμμα που εκτελείται ή κάποιο άλλο περιφερειακό του υπολογιστή (Φεσάκης κ.α. , 2005)

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση

« Στην μνήμη του υπολογιστή»

« RAM»

2. Απάντηση επηρεασμένη τη μαθηματική μεταβλητή

« Στο χαρτί »

«Στο μυαλό μας»

3. Άλλες απαντήσεις

«Στα αρχεία»

«Στα προγράμματα»

«Στο word»

« Στην Pascal»

4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση

«Δεν ξέρω»

« - »

Οι συχνότητες των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές ανά κατηγορία απάντησης παρουσιάζονται στον πίνακα σύμπτωσης που ακολουθεί (πίνακας 1).

Πίνακας 7.1. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 1

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	11(36.36%)	14 (46,67%)	15 (50%)	14 (46,67%)	54
2. Απάντηση επηρεασμένη από τη μαθηματική μεταβλητή	3 (6,67%)	0	1 (3,34%)	2 (3,34%)	6
3. Άλλες απαντήσεις	6 (20%)	7 (23,34 %)	6 (20%)	5 (16,67%)	24
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	10 (33,34%)	9 (30%)	8 (26,67%)	9 (30%)	36

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,74$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,92$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,35$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στις σωστές απαντήσεις

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,62$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,09$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας/συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,62$ n.s.] .

Ερώτηση 4.

Με τι τρόπο (κωδικοποίηση) αποθηκεύονται στον υπολογιστή οι ακέραιες και οι πραγματικές τιμές των μεταβλητών ;

Σε συνέχεια των ερωτήσεων για τη τοποθεσία αποθήκευσης οι μαθητές ερωτώνται για τη τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται οι τιμές αριθμητικών μεταβλητών.

Η ερώτηση αυτή δεν στόχευε τόσο στο να διερευνηθεί η κατανόηση της κωδικοποίησης από τους μαθητές, αλλά στην αντίχρευση παρανοήσεων από την αναλογία.

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση

Κάποιοι μαθητές έδωσαν την επιστημονικά σωστή απάντηση

«Σαν δυαδικοί αριθμοί – αριθμοί κινητής υποδιαστολής»

2. Απάντηση χωρίς αναφορά σε κωδικοποίηση

Στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων συμπεριλήφθηκαν και απαντήσεις του τύπου

«Δυαδικό σύστημα»

« Σε 0 και 1 »

3. Απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία

« Με τη μορφή κυλίνδρων »

4. Δεν έγινε κατανοητή η ερώτηση

«Σαν ακέραιες και πραγματικές»

«Οι ακέραιες σαν integer και οι πραγματικές σαν real »

«Σαν integer και real»

5. Άλλου τύπου απαντήσεις

«Σαν αρχεία txt»

«Μορφή δεδομένων»

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση

«Δεν ξέρω»

« - »

Πίνακας 7.2. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 4 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	2 (6,67%)	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	13
2. Χωρίς αναφορά σε κωδικοποίηση	4 (13,4%)	3 (10%)	4 (13,4%)	3(10%)	14
3. Απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία	0	0	2 (6,67%)	3 (10%)	5
4. Δεν έγινε κατανοητή η ερώτηση	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	20
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	13
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	14 (46,67%)	15 (50%)	12 (40%)	14 (46,67%)	55

Για την σωστή εφαρμογή του κριτηρίου χ^2 και στις υπόλοιπες κατηγορίες έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 1 και 2 στην κατηγορία 1 και των κατηγοριών 3 και 5 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.3. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 4 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	6 (20%)	7 (23,33 %)	8 (26,67%)	6 (20%)	27
2. Δεν έγινε κατανοητή η ερώτηση	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	20
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	4 (13,34%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	18
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	14 (46,67%)	15 (50%)	12 (40%)	14 (46,67%)	55

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,26$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,32$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται

από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και $[\chi^2(3)=0,10 \text{ n.s.}]$

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,1 \text{ n.s.}$].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,37 \text{ n.s.}$].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0 \text{ n.s.}$].

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των απαντήσεων επηρεασμένων από την αναλογία

Επίσης έγινε και άλλη κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία» και «υπόλοιπες απαντήσεις».

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων [$\chi^2(1)=0 \text{ n.s.}$].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας [$\chi^2(1)=2,07 \text{ n.s.}$].

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης [$\chi^2(1)=3,16 \text{ } p<,05$].

Ερώτηση 5.

Με τι τρόπο (τι κωδικοποίηση) αποθηκεύονται στον υπολογιστή οι τιμές μιας μεταβλητής τύπου συμβολοσειράς (string) ;

Η ερώτηση αυτή είναι αντίστοιχη της ερώτησης 4 αλλά αφορά στον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται οι τιμές αλφαριθμητικών μεταβλητών.

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1.Σωστή απάντηση

«Στο σύστημα ASCII»

2.Απαντήσεις χωρίς αναφορά σε κωδικοποίηση

«Δυαδικό σύστημα»

« Σε 0 και 1 »

3. Απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία

« Με την μορφή κυλίνδρων »

4. Δεν έγινε κατανοητή η ερώτηση.

Έτσι κάποιοι μαθητές έδωσαν απαντήσεις του τύπου :

«Σαν string»

«Σαν χαρακτήρες »

«Σαν char»

5. Άλλου τύπου απαντήσεις

«Σαν αρχεία txt»

«Μορφή δεδομένων»

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	2 (16,67%)	2(13,34%)	2(16,67%)	2 (10%)	8
2. Χωρίς αναφορά σε κωδικοποίηση	3	2	3	1	9
3. Απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία	0	0	4 (13,34%)	5 (16,67%)	9
4. Δεν έγινε κατανοητή η ερώτηση	5 (16,67%)	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	20
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	9
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	17 (56,67%)	15 (50%)	16 (53,33%)	65

Πίνακας 7.4. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 5 (κατηγοριοποίηση 1η)

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 και στις υπόλοιπες κατηγορίες έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 1 και 2 στην κατηγορία 1 και των κατηγοριών 4 και 5 στην κατηγορία 3.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	5 (16,67%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	3 (10%)	17
2. Απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία	0	0	4 (13,34%)	5 (16,67%)	9
3. Άλλες απαντήσεις	8 (26,67%)	9 (30%)	6 (20%)	6 (20%)	29
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	17 (56,67%)	15 (50%)	16 (53,33%)	65

Πίνακας 7.5. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 5 (κατηγοριοποίηση 2η)

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,08$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=2,22$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=2,91$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,131$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=0$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,577$ n.s.].

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των απαντήσεων επηρεασμένων από την αναλογία

Επίσης έγινε και άλλη κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «απάντηση επηρεασμένη από την αναλογία» και «υπόλοιπες απαντήσεις».

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες κατηγορίας «παρανόηση από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων [$\chi^2(1)=0$ n.s.]

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «παρανόηση από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας [$\chi^2(1)=4,286$ $p<,05$]

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «παρανόηση από την αναλογία» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης [$\chi^2(1)=5,455$ $p<,05$]

Ερώτηση 6.

Τι άλλο μπορεί να είναι οι πιθανές τιμές μια μιας μεταβλητής χαρακτήρα εκτός από τα γράμματα τις αλφαβήτου (A,B...Z); Δώστε παραδείγματα.

Έχει παρατηρηθεί ότι πολλοί μαθητές θεωρούν ότι μια αλφαριθμητική μεταβλητή δεν μπορεί να πάρει ως τιμή αριθμούς (τους οποίους όμως θα μεταχειριστεί ως σύμβολα – χωρίς αριθμητική σημασία) όπως και άλλα σύμβολα π.χ. «@», «?» κ.α.

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση

«Αριθμοί, και σύμβολα»

2. Όχι αριθμούς

«Σύμβολα»

3. Όχι σύμβολα

«Αριθμούς»

4. Ταύτιση αλφαριθμητικών μεταβλητών με αριθμητικές

«Μόνο αριθμούς»

5. Άλλες απαντήσεις

«Όλα τα δεδομένα»

«Αρχεία κάθε τύπου»

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.7. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 6 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	5 (16,67%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	6 (20%)	20
2 Όχι σύμβολα	0	2 (6,67%)	1 (3,34%)	0	3
3. Όχι αριθμούς	6 (20%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	23
4. Άλλες απαντήσεις	2 (6,67%)	4 (13,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	11
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	15 (50%)	16 (53,34%)	15 (50%)	63

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.8. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 6 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	5 (16,67%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	6 (20%)	20
2. Όχι αριθμούς	6 (20%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	23
3. Άλλες απαντήσεις	2 (6,67%)	6 (20%)	4 (13,34%)	2 (6,67%)	14
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	15 (50%)	16 (53,34%)	15 (50%)	63

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,16$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,39$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,15$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,131$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,11$ n.s.].

Ερώτηση 7.

A. Τι ρόλο παίζει το όνομα μιας μεταβλητής ;

Η ερώτηση αυτή σχετίζεται με τη βοήθεια που προσφέρει το όνομα της μεταβλητής στον προγραμματιστή ώστε να καταλάβει το ρόλο της μέσα στο πρόγραμμα. Αν και η χρήση ονομάτων που να υποδηλώνουν το ρόλο των μεταβλητών είναι συνηθισμένη πρακτική στον προγραμματισμό δεν ισχύει το ίδιο και για τα μαθηματικά.

B. Γίνεται κατανοητό από τον υπολογιστή το όνομα μιας μεταβλητής όπως γίνεται κατανοητό από ένα άνθρωπο ;

Στα πλαίσια ανθρωπομορφικών θεωρήσεων του υπολογιστή κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι το όνομα που χρησιμοποιείται για μια μεταβλητή γίνεται κατανοητό από τον υπολογιστή με τον ίδιο τρόπο που γίνεται κατανοητό από τον άνθρωπο (βλέπε και προηγούμενη ερώτηση)

Ερώτηση 7 Α. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση

«τι αντιπροσωπεύει»

«τον ρόλο της στο πρόγραμμα»

2. Ως αναγνωριστικό

«για να αναγνωρίζουμε την μεταβλητή»

«για να ξεχωρίζουμε από τις άλλες»

3. Άλλου τύπου απαντήσεις

«για δήλωση»

«χωρίς μεταβλητές δεν έχουμε πρόγραμμα»

4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση

Πίνακας 7.9. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 7Α (κατηγοριοποίηση 1^η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	3 (10%)	2 (6,67%)	4 (13,34%)	3 (10%)	12
2. Ως αναγνωριστικό	7 (23,34%)	6 (20%)	5 (16,67%)	6 (20%)	24
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	3 (10%)	4 (13,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	11
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	18 (60%)	19 (63,34%)	19 (63,34%)	73

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 3 και 4 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.10. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 7Α (κατηγοριοποίηση 2^η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	3 (10%)	2 (6,67%)	4 (13,34%)	3 (10%)	12
2. Ως αναγνωριστικό	7 (23,34%)	6 (20%)	5 (16,67%)	6 (20%)	24
3. Άλλες απαντήσεις	20 (66,67%)	22 (73,33%)	21 (70 %)	21 (70 %)	84

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=0,19$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=0,25$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(2)=0,05$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,2168$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,162$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0$ n.s.].

Ερώτηση 7 Β. Κατηγοριοποίηση απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση

«Όχι»

2. Ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή

«Ναι»

3. Άλλου τύπου απαντήσεις

«Χρειάζεται για την εξίσωση»

«Μόνο στα αγγλικά»

4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση

Πίνακας 7.11. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 7B

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή απάντηση	9 (30%)	10 (33,34%)	8 (26,67%)	10 (33,34%)	37
2. Ανθρωπομορφική θεώρηση του υπολογιστή	8 (26,67%)	6 (20%)	9 (30%)	6 (20%)	29
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	0	0	1 (3,34%)	2
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	14 (46,67%)	13 (43,34%)	13 (43,34%)	52

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,75$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,58$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,19$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων «σωστή απάντηση» για τις σωστές απαντήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες απαντήσεων.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,08$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0,08$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0,08$ n.s.] .

Πρόσθετες ερωτήσεις ερωτηματολογίου στις ομάδες αναλογιών

Ερώτηση 2 Α.

Τι σας θύμισε η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε για τη μεταβλητή (οι περιστρεφόμενοι κύλινδροι) ;

Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 12.

Πίνακας 7.12. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 2 Α

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1.Φρουτάκια	10 (33,34%)	12 (40%)	22
2. Κουλοχέρης	6 (20%)	5 (16,67%)	11
3. Καζίνο	4 (13,34%)	5 (16,67%)	9
4. Τυχερά παιγνίδια	4 (13,34%)	3 (10%)	7
5. Μετρητής βαθμών μπιλιάρδου	2 (6,67%)	3 (10%)	5
6.Ηλεκτρονικό παιγνίδι	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3
7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3

Ερώτηση 2 Β.

Που το έχετε ξαναδεί ;

Με τις ερωτήσεις 2Α και 2Β διερευνάται αν η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν γνωστή στους μαθητές καθώς αυτό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας στην διδασκαλία με αναλογίες.

Επίσης ερωτώνται για την προέλευση της αναλογίας καθώς υπάρχει ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με το χώρο από τον οποίο θα πρέπει να προέρχονται οι διδακτικές αναλογίες για να είναι επιτυχημένες.

Με το δεύτερο σκέλος της ερώτησης εξασφαλίζεται επίσης σε ένα βαθμό ότι δεν θα δοθούν τυχαίες θετικές απαντήσεις στην ερώτηση 2Α.

Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 13

Πίνακας 7.13. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 2B

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σε ηλεκτρονικά παιχνίδια	12 (40%)	10 (33,34%)	22
2. Στον υπολογιστή	4 (13,34%)	5 (16,67%)	9
3. Σε καζίνο	5 (16,67%)	8 (26,67%)	13
4. Στην τηλεόραση	6 (20%)	4 (13,34%)	10
5. Σε βιβλία	0	1 (3,34%)	1
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	3 (10%)	2 (6,67%)	5

Ερώτηση 2 Γ.

Σας άρεσε η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε για τη μεταβλητή; (1 καθόλου – 5 πολύ)

Το ενδιαφέρον το μαθητών προς μια αναλογία δείχνει εάν αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως κίνητρο για μάθηση. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές χρησιμοποιώντας πενταβάθμια κλίμακα Likert παρουσιάζονται στον πίνακα 14.

Πίνακας 7.14. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 2Γ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Πολύ ενδιαφέρον	2 (6,67%)	4 (13,34%)	6
2. Αρκετά ενδιαφέρον	22 (73,34%)	23 (76,67%)	45
3. Ενδιαφέρον	2 (6,67%)	3 (10%)	5
4. Λίγο ενδιαφέρον	1(3,34%)	0	1
5. Καθόλου ενδιαφέρον	2 (6,67%)	0	2
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	1 (3,34%)	0	1

Ερώτηση 3.

Χαρακτηρίστε ως σωστή ή λάθος την παρακάτω πρόταση :

«Μια μεταβλητή στην Pascal ένα σύνολο από περιστρεφόμενους κυλίνδρους»

Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Πολλές παρανοήσεις στη διδασκαλία με αναλογίες προκύπτουν όταν οι μαθητές αντί να θεωρήσουν η έννοια-στόχος είναι ανάλογη της έννοιας-πηγής θεωρούν ότι οι δύο

έννοιες ταυτίζονται. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές παρουσιάζονται στον πίνακα 15.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Ναι – (με αιτιολόγηση ή χωρίς)

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλήφθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Ναι –έτσι φαίνεται στο πρόγραμμα»

«Ναι»

2. Όχι (με αιτιολόγηση ή χωρίς)

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλήφθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Όχι – είναι μόνο παράδειγμα»

«Όχι – μοιάζει αλλά δεν είναι»

«Όχι»

3. Νομίζω (με αιτιολόγηση ή χωρίς)

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλήφθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Νομίζω ναι»

«Δεν είμαι σίγουρος ίσως»

«Το βλέπω αλλά δεν ξέρω σίγουρα»

4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.15. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στην ερώτηση 3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1.Ναι	2 (6,67%)	4 (13,34%)	6
2. Όχι	21 (70%)	20 (66,67%)	41
3. Νομίζω	4 (13,34%)	2 (6,667%)	6
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	3 (10%)	4 (13,34%)	7

Προγραμματιστικά έργα

Στα παρακάτω προγραμματιστικά έργα ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στην ερώτηση «τι θα συμβεί κατά τη μεταγλώττιση και εκτέλεση αυτού του προγράμματος» και να δώσουν εξήγηση για την απάντησή τους.

Έργο 1.

```
Program Test1 (input, output) ;  
var  
  A : char ;  
begin  
  A:= 'B' ;  
  writeln(A) ;  
end.
```

Το έργο αυτό σχετίζεται με τη σύγχυση του ονόματος μιας αλφαριθμητικής μεταβλητής χαρακτήρα με την τιμή της.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.
«B»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις με λανθασμένη ή χωρίς καθόλου εξήγηση όπως «Το B μπήκε στη θέση του A»

3. Εμφάνιση «A»

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου
«A γιατί αυτό ζητάμε να εμφανιστεί»

4. Εμφάνιση «A» και «B»

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου
«θα εμφανιστεί A και B»

Μια εξήγηση που δόθηκε ήταν « Στην οθόνη θα εμφανιστεί το A και το B γιατί το A παίρνει για τιμή το B»

5. Λανθασμένο πρόγραμμα

«Λείπει readln

«Λανθασμένο πρόγραμμα – χωρίς εξήγηση

«Λάθος – το B δεν είναι δηλωμένο στις μεταβλητές

6. Άλλου τύπου απαντήσεις

«A:char –αυτό το πρόγραμμα υπάρχει στην ΚΜΕ και περιλαμβάνει τα αρχεία που επεξεργαζόμαστε.»

7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.16. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 1 (κατηγοριοποίηση 1^η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	23
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	3 (10%)	4 (13,34%)	12
3 Εμφάνιση «Α»	7 (23,34%)	4 (13,34%)	6 (20%)	4 (13,34%)	21
4. Εμφάνιση «Α» και «Β»	1 (3,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	6
5. Λανθασμένο πρόγραμμα	3 (10%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3 (10%)	9
6. Άλλου τύπου απαντήσεις	2 (6,67%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	7
7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	12 (40%)	10 (33,34%)	8 (26,67%)	42

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5,και 6 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.17. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 1 (κατηγοριοποίηση 2^η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	23
2. Εμφάνιση «Α»	7 (23,34%)	4 (13,34%)	6 (20%)	4 (13,34%)	21
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	8 (26,67%)	9 (30%)	7 (23,34%)	10(33,34%)	34
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	12 (40%)	10 (33,34%)	8 (26,67%)	42

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,69$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,96$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται

από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=2,06$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,57$ n.s].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=1,92$ n.s] .

Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=2,78$ $p<,05$].

Έργο 2.

```
Program Test2 (input, output) ;  
var  
  KOSTAS : string[7] ;  
begin  
  KOSTAS := 'GIORGOS' ;  
  writeln(KOSTAS) ;  
end.
```

Σε αυτό το έργο εξετάζεται η ίδια παρανόηση με το έργο 1 και ταυτόχρονα ελέγχεται η υπόθεση αν η παρανόηση είναι πιο συχνή όταν τόσο η τιμή όσο και το όνομα της μεταβλητής χαρακτήρα είναι ένα όνομα προσώπου.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.
«GIORGOS»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση όπως «Το GIORGOS μπήκε στην θέση του KOSTAS»

3. Εμφάνιση “KOSTAS”

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου εμφάνιση «KOSTAS»

4. Εμφάνιση “KOSTAS” και “GIORGOS”

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου «θα εμφανιστεί KOSTAS και GIORGOS»

Μια εξήγηση που δόθηκε ήταν «Στην οθόνη θα εμφανιστεί το KOSTAS και το GIORGOS γιατί το KOSTAS παίρνει για τιμή το GIORGOS»

5. Λανθασμένο πρόγραμμα

«Λείπει readln»

«Λανθασμένο πρόγραμμα – χωρίς εξήγηση»

«Λάθος – το GIORGOS δεν είναι δηλωμένο στις μεταβλητές»

6. Άλλου τύπου απαντήσεις.

«Αυτό το πρόγραμμα υπάρχει στην ΚΜΕ και περιλαμβάνει τα αρχεία που επεξεργαζόμαστε.»

7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.18. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 2 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	9 (30%)	24
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	1 (3,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	6
3. Εμφάνιση “KOSTAS”	6 (20%)	5 (16,67%)	6 (20%)	5 (16,67%)	22
4. Εμφάνιση “KOSTAS” και “GIORGOS	1 (3,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	7
5. Λανθασμένο πρόγραμμα	5 (16,67%)	4 (13,34%)	2 (6,67%)	3 (10%)	14
6. Άλλου τύπου απαντήσεις	0	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	2
7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	14 (46,67%)	11 (36,67%)	11 (36,67%)	9 (30%)	45

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5 και 6 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.19. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 2 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	9 (30%)	24
2. Εμφάνισης “KOSTAS”	6 (20%)	5 (16,67%)	6 (20%)	5 (16,67%)	22
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	7 (23,34%)	9 (30 %)	6 (20%)	7 (23,34%)	29
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	14 (46,67%)	11 (36,67%)	11 (36,67%)	9 (30%)	45

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,60$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,02$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται

από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και $[\chi^2(3)=2,09 \text{ n.s.}]$.

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,57 \text{ n.s.}$].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=1,92 \text{ n.s.}$].

Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=3,75 \text{ } p<,05$].

Έργο 3.

```
Program Test3 (input, output) ;  
var  
  A,B,C : integer ;  
begin  
  A:= 5 ;  
  B:= 3 ;  
  C:= A+B ;  
  writeln (C) ;  
end.
```

Σε αυτό το έργο ελέγχεται με ένα απλό παράδειγμα αν έχουν κατανοήσει τη λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκε και η απάντηση «θα εμφανιστεί το αποτέλεσμα του A+B»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση.

3. Εμφάνιση τιμής χωρίς αντίστοιχη εντολή write

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«θα εμφανιστεί 5,3,8,8»

«θα εμφανιστεί 3,5»

Στην πλειοψηφία αυτών των απαντήσεων δεν δόθηκε εξήγηση με εξαίρεση την εξήγηση « Το C έχει μέσα το 5 και το 3»

4. Μη αντικατάσταση τιμών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«θα εμφανιστεί A+B αφού το C είναι A+B»

5. Εμφάνιση της εντολής απόδοσης τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«θα εμφανιστεί C:=8»

6. Λανθασμένο πρόγραμμα.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Λάθος δήλωση μεταβλητών – πρέπει η κάθε μεταβλητή να δηλωθεί σε ξεχωριστή γραμμή»

«Δεν γίνεται να βάζουμε τις ίδιες μεταβλητές»

7. Άλλου τύπου απαντήσεις.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου εμφάνιση «7» προφανώς λόγω λανθασμένου υπολογισμού

8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.20. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 3 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	10 (33,34%)	17 (56,67%)	18 (60%)	17 (56,67%)	62
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	15
3. Εμφάνιση χωρίς εντολή write	1 (3,34%)	2 (6,67%)	0	2 (6,67%)	5
4. Μη αντικατάσταση τιμών	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	6
5. Εμφάνιση όλης της εντολής	2 (6,67%)	0	3 (10%)	1 (3,34%)	6
6. Λανθασμένο πρόγραμμα	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	5
7. Άλλου τύπου απαντήσεις	0	1 (3,34%)	0	0	1
8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	10 (33,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	20

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 3,4,5,6 και 7 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.21. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 3 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	10 (33,34%)	17 (56,67%)	18 (60%)	17 (56,67%)	62
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	15
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	6 (20%)	6 (20%)	5 (16,67%)	6 (20%)	23
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	10 (33,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	20

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=2,75$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=2,55$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=2,79$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 3,3$ $p<,05$].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 4,286$ $p<,05$].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 3,3$ $p<,05$].

Έργο 4.

```
Program Test4 (input, output) ;  
var  
  A,B,C : integer ;  
begin  
  C:= A+B ;  
  A:= 5 ;  
  B:=3 ;  
  writeln (C) ;  
end.
```

Με αυτό το έργο ελέγχεται η παρανόηση που σχετίζεται με την υποτιθέμενη παραλληλία των εντολών απόδοσης τιμής. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι η σειρά των εντολών απόδοσης τιμής μέσα στο πρόγραμμα δεν έχει σημασία και επομένως το πρόγραμμα αυτό θα εκτελεστεί κανονικά.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.
«Δεν θα εμφανίσει τίποτα γιατί οι εντολές εκτελούνται σειριακά και δεν γίνεται να γίνουν πράξεις άμα στην αρχή δεν έχουν πάρει αριθμούς»
«Μάλλον θα μπερδευτεί ο υπολογιστής που τα βάλαμε με λάθος σειρά και θα βγάλει μήνυμα πως κάτι δεν είναι σωστό»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση
όπως οι απαντήσεις του τύπου «το πρόγραμμα είναι λανθασμένο»

3. Απαντήσεις λανθασμένες για την Pascal αλλά σωστές για άλλες γλώσσες προγραμματισμού

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«Οι μεταβλητές A,B θα πάρουν τυχαίες τιμές και θα εμφανιστεί το άθροισμά τους»

4. Παραλληλία εντολών απόδοσης

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«8»
«θα εμφανιστεί το 8»
«θα εμφανιστεί το αποτέλεσμα της πράξης A+B»

5. Σύγχυση ονόματος τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«Θα εμφανιστεί A+B»

6. Εμφάνιση τιμών χωρίς αντίστοιχη εντολή write

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου:
«θα εμφανιστεί 8,5,3,8,»

7. Εμφάνισης της εντολής απόδοσης

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«θα εμφανιστεί C:=8»

8. Λάθος πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«Το C δεν θα έπρεπε να δηλωθεί σαν integer »

9. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.22. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 4
(κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	4 (13,34%)	5 (16,67%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	30
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	4 (13,34%)	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,67%)	12
3. Σωστή για άλλη γλώσσα προγρ/μου	0	2 (6,67%)	0	0	2
4. Παραλληλία εντολών απόδοσης	6 (20%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	3 (10%)	18
5. Εκτύπωση χωρίς εντολή write	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	4
6. Σύγχυση ονόματος τιμής	0	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	2
7. Εμφάνιση της εντολής απόδοσης	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	6
8. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	1 (3,34%)	0	0	1 (3,34%)	2
9. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	11 (36,67%)	12 (40%)	11 (36,67%)	10 (33,34%)	44

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 3,4,5,6 και 7 στην κατηγορία 4.

Πίνακας 7.23. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 4 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	4 (13,34%)	5 (16,67%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	30
2. Σωστή χωρίς σωστή εξήγηση ή χωρίς εξήγηση	4 (13,34%)	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,67%)	12
3. Παραλληλία εντολών απόδοσης	6 (20%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	3 (30%)	18
4. Άλλου τύπου απαντήσεις	5 (16,67%)	5 (16,67%)	2 (6,67%)	4 (13,34%)	16
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	11 (36,67%)	12 (40%)	11 (36,67%)	10 (30%)	44

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Για αυτή την κατηγοριοποίηση δεν μπορεί να εφαρμοστεί στατιστικό κριτήριο χ^2 με ασφάλεια εφόσον περισσότερα από 3 κελιά έχουν συχνότητα μικρότερη του 5. Δεν έγινε όμως νέα κατηγοριοποίηση γιατί δεν θα μπορούσαν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα από τις νέες κατηγορίες που θα δημιουργούνταν από την ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 3 ή 3 και 4 ή 2 και 4.

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 1,31$ n.s].

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 3,35$ $p < ,05$].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 4,35$ $p < ,05$].

Έργο 5.

Program Test5 (input, output) ;

var

A : integer ;

begin

A:= 5 ;

A:= 3 ;

writeln (A) ;

end.

Ελέγχεται η παρανόηση που σχετίζεται με τη διαδοχική εκχώρηση δύο τιμών σε μια μεταβλητή. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι αυτό είναι λανθασμένο, άλλοι θεωρούν ότι αποθηκεύονται και οι δύο τιμές ενώ άλλοι θεωρούν ότι οι δύο τιμές αθροίζονται.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση:

«Θα εμφανίσει την τελευταία τιμή δηλαδή το 3 γιατί οι εντολές εκτελούνται σειριακά»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση :

« Θα εμφανίσει 3»

3. Εμφάνιση δύο τιμών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Θα τυπώσει πρώτα το ένα A και μετά το άλλο»

4. Πρόσθεση των δύο τιμών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου:

«5+3»

«8»

5. Εμφάνιση μόνο της πρώτης τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου:

«θα εμφανιστεί μόνο το 5 – η πρώτη τιμή»

6. Εμφάνιση τιμών χωρίς αντίστοιχη εντολή write

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«5,3»

«5,3,8»

«5,3,3»

«53»

7. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω διαδοχικών εντολών απόδοσης τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

« Δεν γίνεται να έχει δύο τιμές το A »

« Δεν γίνεται να έχουμε δύο τιμές για μία μεταβλητή (A) »
 «Λάθος υπάρχουν δύο ίδιες μεταβλητές»
 «Είναι λάθος – Δεν γίνεται να βάζουμε τις ίδιες μεταβλητές»
 «Λάθος στο A:=3»
 «Θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε και μια δεύτερη μεταβλητή B»
 «Είναι πιθανό να μην εκτελεστεί το πρόγραμμα γιατί δεν γίνεται να δίνουμε δύο τιμές»

8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.24. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 5 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	4 (13,34%)	6 (20%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	25
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	12
3. Εμφάνισης δύο τιμών	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	19
4. Πρόσθεσης των δύο τιμών	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	5
5. Εμφάνιση της πρώτης τιμής	3 (10%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	8
6. Εμφάνιση τιμών χωρίς εντολή write	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	0	4
7. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω διαδοχικών εντολών απόδοσης τιμής	5 (16,67%)	6 (20%)	6 (20%)	5 (16,67%)	22
8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	7 (23,34%)	6 (20%)	5 (16,67%)	7 (23,34%)	25

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 4,5 και 6 στην κατηγορία 4.

Πίνακας 7.25. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 5 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	6 (20%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	24
2. Εμφάνιση δύο τιμών	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	19
3. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω διαδοχικών εντολών απόδοσης τιμής	5 (16,67%)	6 (20%)	6 (20%)	5 (16,67%)	22
4. Άλλου τύπου απαντήσεις	8 (26,67%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	6 (20%)	29
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	8 (26,67%)	6 (20%)	5 (16,67%)	7 (23,45%)	26

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(4)=0,89$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(4)=1,27$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(4)=1,51$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,176$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,92$ n.s.] .

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 2,78$ $p<0,5$].

Έργο 6.

```
Program Test6 (input, output) ;  
var  
  A : real ;  
begin  
  A:= 5 ;  
  writeln (A) ;  
end.
```

Με το έργο αυτό ελέγχεται η κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής και συγκεκριμένα αν μπορεί να αποδοθεί ακέραια τιμή σε πραγματική μεταβλητή. Επίσης ελέγχεται αν οι μαθητές κατανοούν τον τρόπο εκτύπωσης αυτής της τιμής της πραγματικής μεταβλητής. Και σε αυτό το έργο διερευνώνται συσχετίσεις με την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών από το πεδίο των μαθηματικών.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«5.00 είναι πραγματικός αριθμός»

«Το 5 με υποδιαστολή και πολλά μηδενικά γιατί το A είναι μεταβλητή τύπου real»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση

3. Μόνο εξήγηση/χωρίς απάντηση

«Το πρόγραμμα θα τρέξει κανονικά – θα μπορούσαμε να το δηλώσουμε και σαν integer»

«Δεν καταλαβαίνω γιατί δεν το δηλώσαμε σαν shortint»

4. Εμφάνιση πραγματικού ως ακέραιο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

« Θα εμφανίσει 5 »

«Ο αριθμός 5»

« Το 5 αλλά η μεταβλητή θα μπορούσε να είναι integer»

« Το A παίρνει για τιμή το 5 »

«Θα έπρεπε να δηλωθεί real αλλά θα εκτυπώσει 5»

« Απλά εμφανίζεται το 5 – παρατήρηση η μεταβλητή θα μπορούσε να είναι integer»

5. Εμφάνιση κλασματικού αριθμού

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«0.00005 Γιατί δεν έχει μορφοποίηση (λόγω που είναι real)»

«0.05 Γιατί δεν έχει κάποια άλλη πράξη και παίρνει 0,05 γιατί είναι real»

6. Εμφάνιση τιμής χωρίς εντολή write

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«5, 5»

«5, 5.000»

7. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω λανθασμένης δήλωσης

«Λάθος επειδή ο 5 είναι ακέραιος αριθμός»

«Δεν θα εκτελεστεί η εντολή»

«Λάθος τύπος μεταβλητής»

«Το A δεν είναι real»

« Λάθος στο A : real. Το A έχει την τιμή 5 άρα είναι integer και όχι real»

8. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

«Λείπει μια εντολή readln(A)»

9. Άλλου τύπου απαντήσεις.

«Το A πέντε φορές»

«Το A πέντε φορές γιατί θα δηλώσει πόσες φορές θα δηλωθεί»

10. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.26. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανα κατηγορία απάντησης στο έργο 6 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	26
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	3 (10%)	10
3. Μόνο εξήγηση χωρίς απάντηση	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	19
4. Εμφάνιση πραγματικού ως ακέραιο	10 (33,34%)	6 (20%)	7 (23,34%)	6 (20%)	29
5. Εμφάνιση δεκαδικού αριθμού	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	3
6. Εμφάνιση τιμής χωρίς εντολή write	0	1 (3,34%)	0	0	1
7. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω λανθασμένη δήλωσης μεταβλητής	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3 (10%)	3 (10%)	9
8. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	0	2
9. Άλλου τύπου απαντήσεις	2 (6,67%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	7
10. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	3 (10%)	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	14

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,3,5,6,7,8, 9 και 10 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.27. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 6 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή εξήγηση	3 (10%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	26
2. Εμφάνιση πραγματικού ως ακέραιο	10 (33,34%)	6 (20%)	7 (23,34%)	6 (20%)	29
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	17 (56,67%)	16 (53,34%)	16 (53,34%)	16 (53,34%)	65

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=1,65$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=1,08$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(2)=1,65$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=2,783$ p<,05].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=2,094$ p<,05].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=2,783$ p<,05].

Έργο 7.

```
Program Test7 (input, output) ;  
var  
  A : integer ;  
begin  
  A:= 317.82 ;  
  writeln(A) ;  
end.
```

Αντίστοιχα με το έργο 6 εδώ ελέγχεται η κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής και συγκεκριμένα αν μπορεί να αποδοθεί πραγματική τιμή σε ακέραια μεταβλητή. Σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι να αναφερθεί ότι ενώ στην Pascal εμφανίζεται μήνυμα λάθους σε άλλες γλώσσες δεν θεωρείται λάθος και γίνεται απόδοση του ακεραίου τμήματος του αριθμού στην ακέραια μεταβλητή με αποκοπή των δεκαδικών ψηφίων ή στρογγυλοποίηση στον κοντινότερο ακέραιο αριθμό.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«Μήνυμα λάθους , λάθος τύπος μεταβλητής»

«Μήνυμα ότι κάτι δεν πάει καλά , έπρεπε Α πραγματικός»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με λανθασμένη εξήγηση ή χωρίς καθόλου εξήγηση.

«Μήνυμα λάθους»

3. Εμφάνιση κλασματικού αριθμού

«317,82»

4. Στρογγυλοποίηση

Εμφάνιση «317» λόγω αποκοπής δεκαδικών

Εμφάνιση «318» λόγω στρογγυλοποίησης

5. Άλλου τύπου απαντήσεις

«Λάθος πρόγραμμα χρειάζεται readln»

«Λάθος . το π είναι 3,14»

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.28. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 7 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (23,34%)	14 (46,67%)	14 (46,67%)	15 (50%)	50
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	8
3. Εμφάνιση δεκαδικού	3 (10%)	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	4
4. Στρογγυλοποίηση – αποκοπή	6 (20%)	3 (10%)	5 (16,67%)	3 (10%)	17
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	6
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	10 (33,34%)	8 (26,67%)	9 (30%)	7 (23,34%)	34

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,3 και 5 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.29. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 7 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (23,34%)	14 (53,34%)	14 (53,34%)	15 (50%)	50
2. Στρογγυλοποίηση – αποκοπή	6 (20%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	19
3. Άλλες απαντήσεις	7 (23,34%)	5 (16,67%)	2 (6,67%)	5 (16,67%)	19
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση	10 (33,34%)	8 (26,67%)	9 (30%)	7 (23,34%)	34

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,94$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=2,63$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται

από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=2,39$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=3,26$ p<,05].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=3,26$ p<,05] .

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=4,22$ p<,05].

Έργο 8.

```
Program Test8 (input, output) ;  
var  
  A, B : integer ;  
Begin  
  B:=7 ;  
  A:= B ;  
  A:= 9 ;  
  writeln(A) ;  
  writeln(B) ;  
end.
```

Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι αν η τιμή μιας μεταβλητής αποδοθεί σε μια άλλη μεταβλητή ($A := B$) τότε δημιουργείται μια μόνιμη διασύνδεση μεταξύ αυτών των δύο μεταβλητών. Επίσης κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι μετά από μια τέτοια απόδοση «αδειάζει» η δεύτερη μεταβλητή (B) και μένει χωρίς τιμή. Με αυτό το έργο αυτό ελέγχονται αυτές οι παρανοήσεις .

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«9,7 Το A σαν τιμή στην A χάνεται γιατί μετά δηλώνεται άλλη τιμή (9) »

«9,7 Το A παίρνει για τιμή το 7, Το A παίρνει για τιμή το 9 »

«9,7 Θα εμφανίσει πρώτη την τιμή που έχει πάρει το A τη δεύτερη φορά δηλ. 9 και έπειτα την τιμή που έχει πάρει το B»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση :

« Θα εμφανίσει 9, 7»

3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα

Εξαιτίας αυτής της παρανόησης το πρόγραμμα θεωρήθηκε λανθασμένο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

« Δεν γίνεται το B να είναι 7 και το A που είναι ίσο με το B να είναι 9»

(σύγχυση ισότητας με εντολή απόδοσης τιμής)

« Λάθος λόγω του $A := B$ »

« Λάθος στο $A := B$. Αφού το B είναι το 7 το A δεν μπορεί να είναι ίσο με το B γιατί πιο κάτω λέει ότι $A = 9$ »

«Δεν γίνεται να βάλουμε ταυτόχρονα την ίδια μεταβλητή»

«Λάθος πρόγραμμα. Το A δεν μπορεί να πάρει δύο φορές διαφορετικές τιμές»

«Πιθανόν δεν θα εκτελεστεί το πρόγραμμα διότι έχουμε δηλώσει πολλές τιμές σε μια μεταβλητή»

«Θα βγάλει λάθος στο $A := B$ »

«Θα βγει λάθος επειδή $B = 7$ και $A = B$ ενώ στο A δώσαμε την τιμή $A = 9$ »

4. Διατήρηση πολλαπλών τιμών για το A

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :
«7, 9, 7»

5. Εμφάνιση τιμών χωρίς αντίστοιχη εντολή write

Κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι κάθε φορά που εμφανίζεται μια μεταβλητή στο πρόγραμμα σε εντολές απόδοσης τιμής εμφανίζεται αυτόματα και στην οθόνη χωρίς την ανάγκη για εντολή write.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου:
«7, 7, 9, 9, 7»

6. Λάθος πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου
«Οι μεταβλητές θα έπρεπε να δηλωθούν

A : integer

B : integer»

«Θέλει write(‘A+B’) και θα εμφανίσει “7 , 9”»

« 1^{ος} λόγος : δεν μπορούμε να βάλουμε χαρακτήρα 2^{ος} λόγος : αν ήταν τύπου char θα έπρεπε να είναι έτσι : “B” »

« Η μεταβλητή A θα έπρεπε να είναι δηλωμένη ως χαρακτήρας »

«Δεν γίνεται να βάλουμε γράμμα στην τιμή»

7. Άλλου τύπου απαντήσεις.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

A=9 σωστή απάντηση μόνο για το A

«7 , 9»

8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.30. Συχνότητες /ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 8 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	4 (13,34%)	6 (20%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	25
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	0	4
3. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω παρανόησης ισοδυναμίας εντολής απόδοσης με ισότητα	6 (20%)	6 (20%)	7 (23,34%)	6 (20%)	25
4. Διατήρηση πολλαπλής τιμής για το Α	5 (16,67%)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	15
5.Εκτύπωση χωρίς εντολή write	2 (6,67%)	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	4
6. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	1 (3,34%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	5
7. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	6
8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	10 (33,34%)	9 (30%)	7 (23,34%)	10 (33,34%)	36

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5,6 και 7 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.31. Συχνότητες /ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 8 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	4 (13,34%)	6 (20%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	25
2. Λανθασμένο πρόγραμμα λόγω παρανόησης ισοδυναμίας εντολής απόδοσης με ισότητα	6 (20%)	6 (20%)	7 (23,34%)	6 (20%)	25
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	10 (33,34%)	9 (30%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	34
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	10 (33,34%)	9 (30%)	7 (23,34%)	10 (33,34%)	36

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,25$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,08$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,67$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,48$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=1,667$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=1,002$ n.s.].

Έργο 9.

```
Program Test9 (input, output) ;  
var  
  D : integer ;  
begin  
  D := 13678988099655680903;  
  Writeln(D) ;  
end.
```

Με το έργο αυτό ελέγχεται αν οι μαθητές κατανοούν ότι υπάρχει άνω (και κάτω) όριο στην τιμή μια ακέραιας μεταβλητής.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«Το integer παίρνει μέχρι 32000 ενώ εδώ είναι πάνω από 32000

«Λάθος διότι δεν μπορούμε να δηλώσουμε παραπάνω από περίπου -32.000 ...+32000»

«Λάθος πρόγραμμα . Το D είναι longint.»

«Λάθος στο D:=1367.. Ο αριθμός είναι πολύ μεγάλος για να είναι integer. Πρέπει να είναι longinteger »

«Λάθος είναι πολύ μεγάλος ο αριθμός»

« Είναι πολλοί οι αριθμοί και δεν θα λειτουργήσει »

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση .

3. Έλλειψη ορίου

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Εμφάνιση “13678988099655680903”»

« Σωστό γιατί το D παίρνει για τιμή ένα ακέραιο αριθμό»

« Θα το δεχθεί »

4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Χρειάζεται write»

«Λάθος δήλωση μεταβλητών»

5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.32. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 9 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	6 (20%)	9 (30%)	12 (40%)	13 (43,34%)	40
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	8
3. Έλλειψη ορίου μεγέθους	7 (23,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	21
4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	3 (10%)	2 (6,67%)	3 (10%)	3 (10%)	11
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	11 (36,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	40

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.33. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 9 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	6 (20%)	9 (30%)	12 (40%)	13 (43,34%)	40
2. Έλλειψη ορίου μεγέθους	7 (23,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	21
3. Άλλες απαντήσεις	5 (16,67%)	5 (6,67%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	19
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	11 (36,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	40

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,49$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=1,57$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=1,97$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0,08$ n.s].

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 2,86$ $p < ,05$].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 3,77$ $p < ,05$].

Έργο 10.

```
Program Test10 (input, output) ;  
var  
  D : real ;  
begin  
  D := 3.13416467786547809;  
  Writeln(D) ;  
end.
```

Με το έργο αυτό διερευνάται αν οι μαθητές κατανοούν ότι υπάρχει όριο στην ακρίβεια της τιμής μια πραγματικής μεταβλητής.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«Λάθος η πραγματική μεταβλητή δεν έχει τόσο μεγάλη ακρίβεια»

«Λάθος. Η μεταβλητή D έχει πολλά δεκαδικά ψηφία»

Η εξήγηση ότι η μεταβλητή έχει πολλά ψηφία μετά την υποδιαστολή ερμηνεύτηκε ως σωστή αν και παραπέμπει σε κωδικοποίηση σταθερής υποδιαστολής καθώς οι μαθητές είχαν διδαχθεί ότι στη συγκεκριμένη υλοποίηση της Pascal οι πραγματικοί έχουν μέχρι 6 σημαντικά ψηφία

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση όπως :

«Λάθος είναι πολύ μεγάλος ο αριθμός»

3. Έλλειψη ορίου ακρίβειας

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Εμφάνιση “31,1416467786547809”»

« Θα το δεχθεί »

«Είναι σωστό εφόσον ο αριθμός συνεχίζεται»

4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Όταν γράφουμε κείμενο πρέπει πάντα να βάζουμε εισαγωγικά για να το καταλαβαίνει ο υπολογιστής»

«Λάθος πρόγραμμα . Το D είναι longint»

« Λάθος πρόγραμμα Δεν έχει μορφοποίηση »

5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.34. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 10

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (23,34%)	7 (23,34%)	15 (50%)	14 (46,67%)	43
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	8
3. Έλλειψης ορίου ακρίβειας	7 (23,34%)	5 (16,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	17
4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	1 (3,34%)	1 (3,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	7
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	13 (43,34%)	12 (40%)	8 (26,67%)	10 (33,34%)	43

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Με αυτή την κατηγοριοποίηση δεν μπορεί να εφαρμοστεί στατιστικό κριτήριο χ^2 με ασφάλεια εφόσον περισσότερα από 3 κελιά έχουν συχνότητα μικρότερη του 5. Δεν έγινε όμως νέα κατηγοριοποίηση γιατί οι δεν θα μπορούσαν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα από τις νέες κατηγορίες που θα δημιουργούνταν από την ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4.

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0 \text{ n.s.}$].

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 4,59 \text{ } p < ,05$].

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 3,59 \text{ } p < ,05$].

Έργο 11.

Program Test11 (input, output) ;

var

A : integer ;

begin

A := '123' ;

Writeln(A) ;

end.

Με το έργο αυτό ελέγχεται η κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής και συγκεκριμένα αν μπορεί να αποδοθεί τιμή χαρακτήρα (συμβολοσειρά – string) σε ακέραια μεταβλητή. Πολλοί μαθητές θεωρούν σωστή μια τέτοια εντολή απόδοσης τιμής στην περίπτωση που η τιμή της μεταβλητής χαρακτήρα (συμβολοσειρά) έχει μόνο αριθμούς.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

« Συντακτικό λάθος το A := "123" »

« Δεν είναι κείμενο οπότε δεν παίρνει ' ' »

« Λάθος πρόγραμμα γιατί η τιμή που δίνεται είναι μήνυμα όχι integer που έχει δηλωθεί »

«Λάθος παίρνει μόνο χαρακτήρες ως τιμή»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση όπως

«Λάθος πρόγραμμα»

«Λάθος στο A := '123' »

3. Χρήση ακατάλληλων τιμών για κάθε τύπο μεταβλητής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

Θα μας τυπώσει σωστά αυτή την εντολή

« 123 »

« 123 γιατί είναι μήνυμα »

4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

« Λάθος γιατί το A δεν μπορεί να πάρει δύο τιμές »

Εκχωρούμε ταυτόχρονα δύο τιμές σε μια μεταβλητή

Υπάρχουν δύο A αλλά ένα είναι δηλωμένο

5. Άλλου τύπου απαντήσεις.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

Με μπερδεύει γιατί έχει 3 A

Ναι γιατί παίρνει αριθμούς μέχρι 32000 (επηρεασμός από την ερώτηση τεστ 9)

η τιμή δεν χρειάζεται να είναι σε εισαγωγικά»

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.35. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 11 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	27
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	14
3. Χρήση ακατάλληλων τιμών για κάθε τύπο	7 (23,34%)	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	23
4. Λανθασμένο πρόγραμμα (για άλλο λόγο πέρα του διαφορετικού τύπου δεδομένων)	2 (6,67%)	3 (10%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	8
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	3 (10%)	2 (6,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	10
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	10 (33,34%)	9 (30%)	10 (33,34%)	9 (30%)	38

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.36. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 11 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	27
2. Παρανόηση στην χρήση κατάλληλων τιμών για κάθε τύπο	7 (23,34%)	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	23
3. Άλλες απαντήσεις παρανοήσεις	8 (26,67%)	9 (30%)	7 (23,34%)	8 (26,67%)	32
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	10 (33,34%)	9 (30%)	10 (33,34%)	9 (30%)	38

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,06$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,55$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=1,01$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,884$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=1,491$ n.s.].

Έργο 12.

```
Program Test12 (input, output) ;  
var  
  A, B , C : string[4] ;  
Begin  
  B:= 'HI'  
  C:= '30'  
  A:= B*C ;  
  Writeln(A) ;  
end.
```

Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι μπορούν να εφαρμόσουν τους τελεστές αριθμητικών πράξεων -,/, * σε μεταβλητές τύπου χαρακτήρα ή συμβολοσειράς (string). Το έργο αυτό έχει ως στόχο τη διερεύνηση αυτής της παρανόησης. Ο τελεστής + είναι επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί σε μεταβλητές τύπου χαρακτήρα ή συμβολοσειράς (string) και χρησιμοποιείται για την ένωση (concatenation) δύο μεταβλητών.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«Λάθος γιατί είναι χαρακτήρες»

«Έχουμε δηλώσει χαρακτήρες και προσπαθούμε να κάνουμε πράξεις κάτι που είναι αδύνατον»

« Λάθος πρόγραμμα γιατί το 30 είναι string και έτσι δεν μπορεί να γίνει η πράξη »

« Οι μεταβλητές είναι τύπου char και δεν μπορούμε να κάνουμε πράξεις με αυτές »

« Οι μεταβλητές A, B, C δεν έχουν κάποιο χαρακτήρα για να προσθέσουν, θα έπρεπε να είναι integer αντί για char »

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση:

«Λάθος πρόγραμμα»

«Λάθος πρόγραμμα – δεν δηλώθηκε το HI»

3. Λανθασμένη εφαρμογή αριθμητικών πράξεων σε μεταβλητές τύπου συμβολοσειράς

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«30 φορές το HI»

«30»

« Σωστό γιατί το A παίρνει για τιμή χαρακτήρα»

« Ναι γιατί έχουμε δηλώσει χαρακτήρες »

4. Μη αντικατάσταση τιμών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«B*C»

5. Σύγχυση ονόματος τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου
Εμφάνιση «HI*30»

6. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

«Πρέπει να βάλουμε μια τιμή στην A»

«Είναι λάθος – πρέπει να έχει write αλλιώς δεν τυπώνει τίποτα»

«Δεν υπάρχουν εντολές οι οποίες να μας λένε οι μεταβλητές A,B,C ποιόν χαρακτήρα έχουν »

7. Άλλου τύπου απαντήσεις.

«Οι μεταβλητές B,C είναι δηλωμένες και τα έχουμε βάλει σαν τιμή»

« Λείπουν εισαγωγικά – δεν έχουν δηλωθεί οι άλλες δύο μεταβλητές »

«A := B*C δεν είναι string γιατί δεν έχει ‘ ‘ »

8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.37. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 12
(κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή εξήγηση	5 (16,67%)	11 (36,67%)	12 (40%)	14 (46,67%)	42
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	12
3. Λανθασμένη εφαρμογή αριθμητικών πράξεων σε μεταβλητή χαρακτ.	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	4 (13,34%)	20
4. Μη αντικατάσταση τιμών	4 (13,34%)	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,67%)	12
5. Σύγχυση ονόματος – τιμής	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	1 (3,34%)	3
6. Λανθασμένο πρόγραμμα (για άλλο λόγο πέρα του διαφορετικού τύπου δεδομένων)	3 (10%)	3 (10%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	10
7. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	6
8. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	7 (23,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	3 (10%)	15

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5,6,7 και 8 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.38. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 12 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή εξήγηση	5 (16,67%)	11 (36,67%)	12 (40%)	14 (46,67%)	42
2. Λανθασμένη εφαρμογή αριθμητικών πράξεων σε μεταβλητή χαρακτ.	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	4 (13,34%)	20
3. Άλλες απαντήσεις	18 (60%)	14 (46,67%)	14 (46,67%)	12 (40%)	58

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=1,54$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=2,10$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(2)=3,14$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 3,068$ p<,05].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 4,02$ p<,05].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) 6,239$ p<,05].

Έργο 13.

```
Program Test13 (input, output) ;  
var  
  A : integer ;  
begin  
  10 := A ;  
  writeln(A) ;  
end.
```

Το έργο αυτό σχετίζεται με την κατανόηση της ορθής σύνταξης της εντολής απόδοσης τιμής. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι όπως στην ισότητα έτσι και στην εντολή απόδοσης τιμής ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα και επομένως εντολές όπως η παραπάνω είναι σωστές. Οι εξηγήσεις των μαθητών ενδέχεται να συσχετίσουν την παρανόηση αυτή με γνώσεις από την έννοια της ισότητας. (που υπάρχει και στα μαθηματικά αλλά και στον προγραμματισμό).

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

- «Είναι λάθος πρέπει να γράψουμε A:=10»
- «Το να εκχωρούμε μεταβλητή σε τιμή είναι αδύνατο»
- «Δεν υπάρχει μεταβλητή 10»
- «Λάθος πρόγραμμα. Το 10 δεν είναι δηλωμένο είναι το A δηλωμένο».
- « Το 10 δεν είναι δηλωμένο σαν char »
- « Λάθος πρόγραμμα γιατί το 10 δεν είναι var »
- « Το 10 δεν είναι μεταβλητή – λάθος προγράμματος »
- « Η εντολή ανάθεσης είναι γραμμένη ανάποδα, το σωστό είναι A:=10»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση όπως :

- « Είναι λάθος γιατί δεν υπάρχει η μεταβλητή 10 »

3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με μαθηματική ισότητα

Εφόσον οι μαθητές που θεωρούν ισοδύναμη την εντολή απόδοσης τιμής με τη μαθηματική ισότητα θεωρούν επίσης ότι ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα στην εντολή απόδοσης τιμής. Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου: Εμφάνιση «10»

4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

- «Δεν θα εμφανιστεί τίποτα επειδή δεν υπάρχει write »

5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.39. Συχνότητες ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 13 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (13,34%)	8 (26,67%)	11 (36,67%)	10 (33,34%)	36
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	3 (10%)	4 (13,34%)	12
3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	7 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	21
4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο	2 (6,67%)	3 (10%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	8
5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	11 (36,67%)	11 (36,67%)	9 (30%)	43

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.40. Συχνότητες ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 13 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (13,34%)	8 (26,67%)	11 (36,67%)	10 (33,34%)	36
2. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	7 (13,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	5 (16,67%)	21
3. Άλλες απαντήσεις	4 (13,34%)	6 (20%)	4 (13,34%)	6 (20%)	20
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	12 (40%)	11 (36,67%)	11 (36,67%)	9 (30%)	43

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,42$ n.s.] .

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3) 0,88$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,85$ n.s.].

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0,089$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 1,27$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) = 0,739$ n.s.].

Έργο 14.

```
Program Test14 (input, output) ;  
var  
  A, B : integer ;  
begin  
  A+B := 15 ;  
  writeln(A) ;  
  writeln(B) ;  
end.
```

Το έργο αυτό σχετίζεται με την κατανόηση της ορθής σύνταξης της εντολής απόδοσης τιμής. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι όπως στην ισότητα έτσι και στην εντολή απόδοσης τιμής ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα και επομένως εντολές όπως η παραπάνω είναι σωστές και η τιμή «μοιράζεται» στις δύο μεταβλητές (A και B).

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

« Οι εντολές A και B θα έπρεπε να είναι ξεχωριστά δηλ. A:=15 ή B:=15»

«Δεν γίνεται να προσθέσουμε 2 μεταβλητές από την αριστερή πλευρά του (:=) εντολή ανάθεσης»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση .

«Λάθος πρόγραμμα»

«Λάθος πρόγραμμα γιατί πρέπει A=B»

3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με μαθηματική ισότητα

Εφόσον οι μαθητές που θεωρούν ισοδύναμη την εντολή απόδοσης τιμής με την μαθηματική ισότητα θεωρούν επίσης ότι ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα στην εντολή απόδοσης τιμής. Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Εμφάνιση “7,5 7,5”»

«Εμφάνιση “15 15”»

«Εμφάνιση “15 –B 15-A”»

«Δεν γίνεται να βρει πόσο είναι το A και το B ξεχωριστά γιατί ο H/Y δεν έχει λογική»

« Σωστό γιατί το A+B πήρε για τιμή ένα ακέραιο αριθμό»

4. Σύγχυση ονόματος - τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Εμφάνιση «A B »

5. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου

«Είναι λάθος – πρέπει να έχει write αλλιώς δεν τυπώνει τίποτα»

«Λάθος πρόγραμμα. Επειδή το writeln είναι δηλωμένο όχι μια φορά αλλά δύο»

«Αφού δεν έχουμε βάλει τιμές δεν μπορεί να βγει το αποτέλεσμα»
 «Εδώ δεν θα μας εμφανίσει τίποτα επειδή δεν υπάρχει η εντολή write »
 «Λάθος πρόγραμμα γιατί δεν του ζητάμε αφαίρεση ώστε να ξεχωρίσει τι τιμή έχει η κάθε μεταβλητή»

6. Άλλου τύπου απαντήσεις.

«Όταν βάζουμε A+B το + κάνει πρόσθεση. Στην A και B και η B πρέπει να έχει μια τιμή»

«Θα εμφανιστεί το αποτέλεσμα A+B αλλά και οι αριθμοί A, B»

7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.41. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απαντήσεων στο έργο 14 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	9 (30%)	31
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	8
3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	8 (26,67%)	6 (20%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	24
4. Σύγχυση ονόματος - τιμής	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	3
5. Λανθασμένο πρόγραμμα (για άλλο λόγο πέρα του διαφορετικού τύπου δεδομένων)	2 (6,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	8
6. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	1 (3,34%)	5
7. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	9 (30%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	41

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5 και 6 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.42. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απαντήσεων στο έργο 14 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	9 (30%)	31
2. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	8 (26,67%)	6 (20%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	24
3. Άλλες απαντήσεις	6 (20%)	7 (23,34%)	6 (20%)	5 (16,67%)	24
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	9 (30%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	41

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,63$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3) 0,94$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,96$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,88$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,49$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) 1,49$ n.s.].

Έργο 15.

Program Test15 (input, output) ;

var

A : integer ;

Begin

A:= 30 ;

A:= A+10;

writeln(A);

end.

Το έργο αυτό σχετίζεται με την κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής. Πολλοί μαθητές συγχέουν την εντολή απόδοσης τιμής με την μαθηματική ισότητα και για αυτό το λόγο θεωρούν ότι εντολές του τύπου $A := A + 10$ είναι αδύνατες.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση.

«Το πρόγραμμα θα τρέξει και το A θα πάρει την προηγούμενη τιμή του A συν (+) 10.

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση :

«Σωστό πρόγραμμα»

3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με μαθηματική ισότητα

Εφόσον οι μαθητές που θεωρούν ισοδύναμη την εντολή απόδοσης τιμής με την μαθηματική ισότητα θεωρούν αδύνατη μια ισότητα του τύπου $A = A + 10$. Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Λάθος ισότητα»

4. Παράλληλία εντολών απόδοσης τιμής

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Δεν γίνεται να δώσουμε δύο τιμές στο A»

«Πρέπει να δηλώσουμε και τα άλλα A αλλά με άλλο όνομα για να μην μπερδευτεί ο υπολογιστής»

«Δεν γίνεται το A να έχει δύο αριθμούς»

5. Μη υπολογισμός παράστασης

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

Εμφάνιση «A +10 »

6. Πολλαπλές τιμές

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

Εμφάνιση «30 40»

7. Συνδυασμός πολλαπλών τιμών και μη υπολογισμού παράστασης

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

Εμφάνιση «30 A +10»

8. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

«Λάθος πρόγραμμα. Επειδή είναι δηλωμένο μια φορά αλλά παίρνει δύο διαφορετικούς αριθμούς»

«Εδώ δεν θα μας εμφανίσει τίποτα επειδή δεν υπάρχει η εντολή write »

9. Άλλου τύπου απαντήσεις.

«Ναι γιατί στο integer βάζουμε αριθμούς μέχρι 32000»

«Λάθος γιατί το A δεν μπορεί να πάρει πάνω από μια τιμή»

10. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.43. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 15 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	8 (26,67%)	30
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	3 (10%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	3 (10%)	10
3. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	7 (23,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	21
4. Παραλληλία εντολών απόδοσης τιμής	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	3
5. Μη υπολογισμός παράστασης	0	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	2
6. Πολλαπλές τιμές	0	1 (3,34%)	1 (3,34%)	0	2
7. Συνδυασμός δύο παραπάνω	0	0	0	1 (3,34%)	1
8. Λανθασμένο πρόγραμμα (για άλλο λόγο πέρα των παραπάνω παρανοήσεων)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	3 (10%)	2 (6,67%)	9
9. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	0	2
10. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	11 (36,67%)	8 (26,67%)	11 (36,67%)	41

Για την σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,4,5,6,7 και 8 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.44. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 15 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή εξήγηση	5 (16,67%)	8 (26,67%)	9 (30%)	8 (26,67%)	30
2. Ισοδυναμία εντολής απόδοσης τιμής με ισότητα	7 (23,34%)	5 (16,67%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	21
3. Άλλου τύπου απαντήσεις	7 (23,34%)	6 (20%)	8 (26,67%)	7 (23,34%)	28
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	11 (36,67%)	8 (26,67%)	11 (36,67%)	41

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,55$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3) 1,01$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=0,76$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0,884$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,491$ n.s.] .

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) 0,884$ n.s.].

Εργο 16.

```
Program Test16 (input, output) ;  
var  
A,B : integer ;  
begin  
  A := 600 ;  
  B := 500;  
  Writeln(A) ;  
  Writeln(B) ;  
end.
```

Ποια μεταβλητή (η A ή η B) καταλαμβάνει περισσότερα bit στο παρακάτω πρόγραμμα και γιατί; Γράψτε την απάντηση και την εξήγηση στις στήλες δίπλα στα προγράμματα.

Η ερώτηση αυτή χρησιμοποιείται για να ανιχνευθούν παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με τον τρόπο αποθήκευσης των διαφόρων τύπων μεταβλητών στη μνήμη του υπολογιστή. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι ο χώρος που χρειάζεται για να αποθηκευτούν δυο μεταβλητές ίδιου τύπου εξαρτάται από την τιμή τους και όχι από τον τύπο τους.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση:

«Κανένα δεν καταλαμβάνει περισσότερα bit είναι τύπου int»

«Και οι δύο χρειάζονται τα ίδια bit για να αποθηκευτούν είναι ακέραιοι»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση όπως :

«Το integer καταλαμβάνει μέχρι 32000»

3 . Σωστή απάντηση – λανθασμένη εξήγηση επηρεασμένη απο την αναλογία

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

4. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης ακεραίων μεταβλητών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Το 600 (γιατί είναι μεγαλύτερο)»

« Η A γιατί έχει μεγαλύτερο αριθμό»

« Η A γιατί είναι μεγαλύτερη»

« Το A γιατί το 600 χρειάζεται περισσότερα Bit »

« Η A παίρνει περισσότερα »

« Η A γιατί ο αριθμός A για να αποθηκευτεί χρειάζεται περισσότερα bits»

« Ο A γιατί είναι μεγαλύτερος αριθμός »

« 600>500 άρα A>B »

5. Άλλου τύπου απαντήσεις

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

« Η Α . Γιατί Α=6bit Β=5bit »

« Το Β »

« 600, 500 »

6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.45. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 16 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	4 (13,34%)	8 (26,67%)	8 (26,67%)	23
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	1 (3,34%)	2 (6,67%)	1 (3,34%)	6
3. Σωστή με λανθασμένη εξήγηση επηρεασμένη από την αναλογία	0	0	0	1 (3,34%)	1
4. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης ακεραίων μεταβλητών	6 (20%)	5 (16,67%)	6(20%)	4 (13,34%)	21
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	2 (6,67%)	2 (6,67%)	0	1 (3,34%)	5
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	17 (56,67%)	18 (60%)	14 (46,67%)	15 (50%)	64

Για την σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 ,3, 4 και 5 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.46. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 16 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΔ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	3 (10%)	4 (13,34%)	8 (26,67%)	8 (26,67%)	23
2. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης ακεραίων μεταβλητών	6 (20%)	5(16,67%%)	6 (20%)	4 (13,34%)	21
3. Άλλες απαντήσεις	21 (70%)	21 (70%)	16 (53,34%)	18 (60%)	76

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2)=0,12$ n.s.] .

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(2) 1,47$ n.s.].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(2)=1,45$ n.s.].

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) 0,1617$ n.s.].

Υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 2,78$ p<,05.] .

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 2,78$ p<,05].

Εργο 17.

```
Program Test17 (input, output) ;  
var  
A : integer ;  
B : real ;  
begin  
  A := 500 ;  
  B := 500 ;  
  Writeln(A) ;  
  Writeln(B) ;  
end.
```

Ποια μεταβλητή (η A ή η B) καταλαμβάνει περισσότερα bit στο παρακάτω πρόγραμμα και γιατί; Γράψτε την απάντηση και την εξήγηση στις στήλες δίπλα στα προγράμματα.

Η ερώτηση αυτή χρησιμοποιείται για να ανιχνευθούν παρανοήσεις των μαθητών σε σχέση με τον τρόπο αποθήκευσης των διαφόρων τύπων μεταβλητών στη μνήμη του υπολογιστή. Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι ο χώρος που χρειάζεται για να αποθηκευτούν δυο μεταβλητές διαφορετικού τύπου εξαρτάται από την τιμή τους και όχι από τον τύπο τους.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση :

«Ο real καταλαμβάνει περισσότερο χώρο στην μνήμη από τον integer»

« Η B γιατί είναι τύπου real και χρησιμοποιεί περισσότερα bits στην Pascal»

« Η B γιατί είναι real»

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση :

«Εδώ καταλαμβάνει περισσότερα το real»

« Η B παίρνει περισσότερα »

3. Σωστή απάντηση – λανθασμένη εξήγηση επηρεασμένη από την αναλογία

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Ο πραγματικός έχει 6 ψηφία ενώ ο ακέραιος 4»

«Και οι δύο έχουν 4 ροδέλες και στον πραγματικό είναι και τα ψηφία μετά την υποδιαστολή»

4. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης μεταβλητών

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Και οι δύο το ίδιο»

« Εδώ το ίδιο »

«Μάλλον εγώ πιστεύω η A που έχει δηλωθεί integer»

«Το integer»

«Το real καταλαμβάνει άπειρους χαρακτήρες . Το integer καταλαμβάνει μέχρι 32000. Όμως τα Α και τα Β καταλαμβάνουν τα ίδια bit.»

« Είναι και οι δύο ίδιες»

«Τον ίδιο χώρο γιατί είναι ίσες»

5. *Αδυναμία απόδοσης ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή*

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Το B:=500 είναι λάθος»

6. *Άλλου τύπου απαντήσεις.*

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Το real μπαίνει κάτω από το begin»

« Το Β δεν είναι real »

«Λάθος γιατί το Β δεν είναι real»

«Λάθος επειδή ο Β είναι ακέραιος αριθμός»

«Λάθος το Β (η τιμή του) πρέπει να είναι real.»

«500 , 500 »

7. *Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.*

Πίνακας 7.47. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 17 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	5 (16,67%)	9 (30%)	11 (36,67%)	30
2. Σωστή χωρίς εξήγηση	2 (6,67%)	3 (10%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	7
3. Σωστή με λανθασμένη εξήγηση επηρεασμένη από αναλογία	0	0	2 (6,67%)	1 (3,34%)	5
3. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης μεταβλητών	6 (20%)	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	22
4. Αδυναμία απόδοσης ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή	3 (10%)	4 (13,34%)	2 (6,67%)	2 (6,67%)	11
5. Άλλου τύπου απαντήσεις	1 (3,34%)	0	1 (3,34%)	0	2
6. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	13 (43,34%)	11 (36,67%)	9 (36,67%)	10 (33,34%)	43

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2,3,4 και 5 στην κατηγορία 3.

Πίνακας 7.48. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 17 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	5 (16,67%)	5 (16,67%)	9 (30%)	11 (36,67%)	30
2. Παρανόηση στον τρόπο αποθήκευσης μεταβλητών	6 (20%)	7 (23,34%)	5 (16,67%)	4 (13,34%)	22
3. Άλλες τύπου απαντήσεις	6 (20%)	7 (23,34%)	7 (23,34%)	5 (16,67%)	25
4. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	13 (43,34%)	11 (36,67%)	9 (36,67%)	10 (33,34%)	43

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,16$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3) 1,02$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και [$\chi^2(3)=1,57$ n.s.]

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις.

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 0$ n.s.].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 1,491$ n.s.] .

Αντίθετα υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)= 3,068$ p<,05].

Έργο 18.

```
Program Test18 (input, output) ;  
var  
  A : integer ;  
begin  
  A := 'GEIA' ;  
  Writeln(A) ;  
end.
```

Με το έργο αυτό διερευνάται η κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής και συγκεκριμένα αν μπορεί να αποδοθεί τιμή χαρακτήρα (συμβολοσειρά – string) σε ακέραια μεταβλητή. Επίσης με το έργο αυτό γίνεται προσπάθεια να διαχωριστούν οι μαθητές που θεωρούν σωστή μια τέτοια εντολή απόδοσης τιμής μόνο στην περίπτωση που η τιμή της μεταβλητής χαρακτήρα έχει μόνο αριθμούς (όπως στο έργο 11) από αυτούς που θεωρούν ότι μπορεί να αποδοθεί τιμή οποιουδήποτε τύπου σε μια μεταβλητή.

Κατηγορίες απαντήσεων

Οι απαντήσεις – επεξηγήσεις των μαθητών σε αυτή την ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής :

1. Σωστή απάντηση/εξήγηση

Μια κατηγορία απαντήσεων αποτέλεσαν οι σωστές απαντήσεις με σωστή εξήγηση:

«Πρέπει να δώσουμε ακέραιο»

«Χρειάζεται αριθμός και όχι μήνυμα»

«Δεν μπορούμε να βάλουμε χαρακτήρες στην μεταβλητή μόνο ακέραιους»

« Συντακτικό λάθος το A := "GEIA" »

2. Σωστή απάντηση/-

Μια δεύτερη κατηγορία ήταν οι σωστές απαντήσεις χωρίς καθόλου εξήγηση ή όπως :

«Το πρόγραμμα έχει λάθος»

3. Λανθασμένη χρήση τιμών για κάθε τύπο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Θα εμφανιστεί το GEIA»

« GEIA»

« Το GEIA είναι μήνυμα και εκτυπώνεται χωρίς πρόβλημα»

4. Λανθασμένο πρόγραμμα για άλλο λόγο

Σε αυτή την κατηγορία εντάχθηκαν οι απαντήσεις του τύπου :

«Το πρόγραμμα είναι λάθος γιατί το A παίρνει δύο τιμές»

«Λάθος δεν χρειάζονται εισαγωγικά»

«Υπάρχουν δύο A στο πρόγραμμα – είναι λάθος»

5. Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.

Πίνακας 7.49. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 18 (κατηγοριοποίηση 1η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (23,34%)	6 (20%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	34
2. Σωστή χωρίς εξήγηση ή με λανθασμένη εξήγηση	4 (13,34%)	4 (13,34%)	3 (10%)	4 (13,34%)	15
3. Λανθασμένη χρήση τιμών για κάθε τύπο	5 (16,67%)	6 (20%)	4 (13,34%)	3 (10%)	18
4.Λανθασμένο πρόγραμμα (για άλλο λόγο πέρα του διαφορετικού τύπου δεδομένων)	3 (10%)	4 (13,34%)	3 (10%)	3 (10%)	13
5.Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	10 (33,34%)	10 (33,34%)	9 (30%)	40

Για τη σωστή εφαρμογή κριτηρίου χ^2 έγινε νέα κατηγοριοποίηση με ομαδοποίηση των κατηγοριών 2 και 4 στην κατηγορία 3

Πίνακας 7.50. Συχνότητες/ποσοστά μαθητών ανά κατηγορία απάντησης στο έργο 18 (κατηγοριοποίηση 2η)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ	ΟΜΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΟΜΑΔΑ ΔΡΑΣΤΗΡ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ./ΑΝΑΛ.	ΟΜΑΔΑ ΔΡ/ΑΝ/ΣΥΝ.	ΣΥΝΟΛΟ
1. Σωστή με σωστή επεξήγηση	7 (23,34%)	6 (20%)	10 (33,34%)	11 (36,67%)	34
2. Παρανόηση στην χρήση κατάλληλων τιμών για κάθε τύπο	5 (16,67%)	6 (20%)	4 (13,34%)	3 (10%)	18
3.Άλλες απαντήσεις παρανοήσεις	7 (23,34%)	8 (26,67%)	6 (20%)	7 (23,34%)	28
4.Δεν ξέρω/δεν απαντώ/χωρίς απάντηση.	11 (36,67%)	10 (33,34%)	10 (33,34%)	9 (30%)	40

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στον τρόπο απάντησης

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3)=0,14$ n.s.]

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(3) 0,38$ n.s.]

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται

από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και $[\chi^2(3)=0,79 \text{ n.s.}]$

Διαφορές μεταξύ των ομάδων στην κατηγορία των σωστών απαντήσεων με σωστή εξήγηση

Στη συνέχεια έγινε νέα κατηγοριοποίηση με δύο κατηγορίες απαντήσεων : «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» για τις σωστές απαντήσεις-επεξηγήσεις και «λανθασμένη απάντηση» για όλες τις υπόλοιπες απαντήσεις

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστηριοτήτων όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,098 \text{ n.s.}$].

Δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλογίας όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1)=0,739 \text{ n.s.}$].

Επίσης δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις συχνότητες της κατηγορίας «σωστή απάντηση με σωστή εξήγηση» μεταξύ των ομάδων ελέγχου και δραστ./αναλ./συνθετικής κίνησης όπως φαίνεται από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 [$\chi^2(1) 1,27 \text{ n.s.}$].

7.7 Συμπεράσματα

Ένα σημαντικό ερώτημα αφορά στην επιλογή του δείγματος και είναι το αν ανήκει το δείγμα μας στον γενικό πληθυσμό. Με βάση τα είδη των παρανοήσεων που ανιχνεύθηκαν, το δείγμα μας που προέρχεται από 5 σχολεία ανήκει στον γενικό πληθυσμό των αρχάριων προγραμματιστών στο οποίο αναφέρονται και οι προηγούμενες έρευνες σε Ελλάδα (Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000· Τζιμογιάννης κ.α. , 2005· Φεσάκης κ.α. , 2005) και εξωτερικό (Samurcay, 1989· Du Bulay, 1989· Putnum et al., 1989· Ebrahimi, 1994). Δεν έγινε προσπάθεια να ελεγχθεί αν το δείγμα είναι και με βάση τα ποσοτικά του χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικό του γενικού πληθυσμού καθώς οι προηγούμενες έρευνες ήταν στην πλειοψηφία τους ποιοτικές και όχι ποσοτικές έρευνες.

Συγκεκριμένα στην ομάδα ελέγχου της παρούσας έρευνας ανιχνεύθηκαν οι παρανοήσεις που παρουσιάζονται στην συνέχεια για την μεταβλητή και την εντολή απόδοσης τιμής. Αναφερόμαστε στην ομάδα ελέγχου γιατί σε αυτή την ομάδα δεν υπήρξε επίδραση κανενός πειραματικού παράγοντα. Οι παρανοήσεις που παρατηρήθηκαν στις πειραματικές ομάδες θα μπορούσαν να οφείλονται στις επιδράσεις των πειραματικών παραγόντων. Στην ομάδα ελέγχου της παρούσας έρευνας υπήρχαν μαθητές που :

1. θεωρούν ότι η θέση αποθήκευσης των μεταβλητών είναι διαφορετική από την κύρια μνήμη η αδυνατούν να την προσδιορίσουν . Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
2. συγχέουν την τιμή μιας μεταβλητής αλφαριθμητικού τύπου με το όνομά της. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Τζιμογιάννη και συνεργατών (2005)
3. θεωρούν ότι η σειρά των εντολών απόδοσης τιμής στο πρόγραμμα δεν έχει σημασία. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Τζιμογιάννη και συνεργατών (2005)
4. θεωρούν ότι η μεταβλητές δεν αλλάζουν τιμές και διατηρούν τις αρχικές τους τιμές. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Putnum και συνεργατών (1989)
5. θεωρούν ότι μια μεταβλητή μπορεί να διατηρήσει περισσότερες από μια τιμές. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Τζιμογιάννη και συνεργατών (2005)
6. θεωρούν ότι μπορούν να αποδώσουν πραγματικές τιμές σε μεταβλητή ακέραιου τύπου. Το εύρημα αυτό φαίνεται να σχετίζεται με το εύρημα ότι κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι μια μεταβλητή αλλάζει τύπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
7. θεωρούν ότι μπορούν να αποδώσουν μια τιμή σε σταθερά χρησιμοποιώντας μια εντολή απόδοσης τιμής. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
8. θεωρούν ότι μπορούν να αποδώσουν μια τιμή σε παράσταση χρησιμοποιώντας μια εντολή απόδοσης τιμής. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
9. θεωρούν ότι μπορούν να αποδώσουν αλφαριθμητική τιμή σε ακέραια μεταβλητή. Το εύρημα αυτό φαίνεται να σχετίζεται με το εύρημα ότι κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι μια μεταβλητή αλλάζει τύπο κατά την εκτέλεση του προγράμματος στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)

10. θεωρούν ότι μπορούν να εφαρμόσουν αριθμητικούς τελεστές σε μεταβλητές τύπου χαρακτήρα .Το εύρημα αυτό φαίνεται να σχετίζεται με το εύρημα ότι κάποιοι μαθητές θεωρούν ότι μπορούν να εφαρμόσουν αριθμητικούς τελεστές σε μεταβλητές λογικού τύπου στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
11. θεωρούν ότι ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα στην εντολή απόδοσης τιμής. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με αντίστοιχα ευρήματα στις έρευνες των Putnum και συνεργατών (1989). Επίσης είναι σχετικό με το εύρημα της έρευνας των των Τζιμογιάννη και Κόμη (2000) όπου κάποιοι μαθητές αντιμετωπίζουν την εντολή απόδοσης τιμής ως μαθηματική ισότητα για την οποία ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα
12. θεωρούν λανθασμένες τις εντολές απόδοσης τιμής του τύπου $A \leftarrow A+1$. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Putnum και συνεργατών (1989)
13. θεωρούν ότι ο χώρος που χρειάζονται μεταβλητές στην μνήμη εξαρτάται από την τιμή τους και όχι από τον τύπο τους. Το εύρημα αυτό έρχεται σε συμφωνία με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Φεσάκη και συνεργατών (2005)
14. θεωρούν τις διαδοχικές εντολές απόδοσης τιμής ως ισότητες που πρέπει να ισχύουν ταυτόχρονα. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με αντίστοιχο εύρημα στην έρευνα των Τζιμογιάννη και συνεργατών (2005).

Άλλο σημαντικό ερώτημα αφορά την επιλογή ισοδύναμων πειραματικών ομάδων καθώς αυτή είναι βασική προϋπόθεση για την έρευνά μας. Η προσπάθεια για δημιουργία ισοδύναμων πειραματικών ομάδων στηρίχθηκε στην τυχαία επιλογή των μαθητών για την δημιουργία των 4 ομάδων από το συνολικό δείγμα των 120 μαθητών. Οι απαντήσεις στις ερωτήσεις και τα προγραμματιστικά έργα επιβεβαιώνουν η αρχική μας υπόθεση για ισοδυναμία των 4 ομάδων. Συγκεκριμένα υπήρχαν αρκετές απαντήσεις σε ερωτήσεις (5 ερωτήσεις) και σε προγραμματιστικά έργα (6 προγραμματιστικά έργα) στις οποίες δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον τρόπο που απάντησαν οι μαθητές.

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στις ερωτήσεις και στα προγραμματιστικά έργα ομαδοποιημένα ανά ομάδα - πειραματική συνθήκη και πιο συνοπτικά στον πίνακα 7.51.

Ομάδα «Δραστηριοτήτων»

Η ομάδα «Δραστηριοτήτων» είχε στατιστικά σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου σε 4 από τα 17 προγραμματιστικά έργα όπως προκύπτει από την εφαρμογή του στατιστικού κριτηρίου χ^2 για τις κατηγορίες σωστών και λανθασμένων απαντήσεων στις ομάδες «Δραστηριοτήτων» και ελέγχου. Τα έργα αυτά σχετίζονταν με τη λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής (έργο 3), την απόδοση πραγματικής τιμής σε ακεραία μεταβλητή (έργο 6) και την απόδοση ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή (έργο 7) και την εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές χαρακτήρα (έργο 12).

Επίσης στην ερώτηση 6 που αφορά στις πιθανές τιμές μεταβλητής χαρακτήρα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου και «Δραστηριοτήτων» που προέρχεται όμως από την μεταβολή της κατηγορίας «άλλες απαντήσεις». Η κατηγορία αυτή δεν είναι μια ομογενής κατηγορία και δημιουργήθηκε ώστε να περιλάβει όσες απαντήσεις δεν εντάσσονταν στις άλλες κατηγορίες για να ικανοποιηθούν οι όροι για ορθή χρήση στατιστικού κριτηρίου χ^2 . Έτσι το πειραματικό ενδιαφέρον αυτού τους στατιστικού ευρήματος είναι μικρό.

Οι διερευνητικές δραστηριότητες ήταν ο καθοριστικός παράγοντας που βοήθησε τους μαθητές να επιτύχουν περισσότερες σωστές απαντήσεις στα έργα 3, 6, 7, 12 ξεπερνώντας τις δυσκολίες και παρανοήσεις που αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο.

Ομάδα «Δραστηριοτήτων/Αναλογίας»

Η ομάδα «Δραστ/Αναλογίας» είχε στατιστικά σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου σε 8 έργα. Τα έργα αυτά σχετίζονταν με τη λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής (έργο 3), την απόδοση πραγματικής τιμής σε ακέραια μεταβλητή (έργο 6) και την απόδοση ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή (έργο 7), την εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές χαρακτήρα (έργο 12), την έλλειψη ορίων μεγέθους ακεραίων μεταβλητών (έργο 9), την έλλειψη ορίων ακριβείας πραγματικών μεταβλητών (έργο 10), παρανοήσεις για το χώρο που καταλαμβάνουν στη μνήμη μεταβλητές ίδιου τύπου με διαφορετικές τιμές (έργο 16) και την παρανόηση παραλληλίας των εντολών απόδοσης (έργο 4).

Η ομάδα «Δραστ/Αναλ.» είχε στατιστικά σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου σε 4 επιπλέον έργα από την ομάδα «Δραστηριοτήτων» που αφορούν την έλλειψη ορίων μεγέθους ακεραίων μεταβλητών (έργο 9), την έλλειψη ορίων ακριβείας πραγματικών μεταβλητών (έργο 10), παρανοήσεις για το χώρο που καταλαμβάνουν στη μνήμη μεταβλητές ίδιου τύπου με διαφορετικές τιμές (έργο 16) και την παρανόηση παραλληλίας των εντολών απόδοσης (έργο 4). Στην αντιμετώπιση αυτών των παρανοήσεων από τους μαθητές βοήθησε ο συνδυασμός διερευνητικών δραστηριοτήτων και αναλογίας που παρουσιάζεται με στατική εικόνα. Στα υπόλοιπα 4 από τα 8 προγραμματιστικά έργα στα οποία υπήρξε βελτίωση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου ο καθοριστικός παράγοντας για τη βελτίωση ήταν η εκπόνηση των διερευνητικών δραστηριοτήτων.

Επίσης στην ερώτηση 5 που αναφέρεται στον τρόπο κωδικοποίησης και αποθήκευσης των αριθμητικών και μεταβλητών τύπου χαρακτήρα εφαρμόστηκε κριτήριο χ^2 μεταξύ των ομάδων ελέγχου και «Δραστ./Αναλ» για τις κατηγορίες «παρανόηση από την αναλογία» και «υπόλοιπες απαντήσεις». Η εφαρμογή του κριτηρίου χ^2 έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου και «Δραστ./Αναλ». Η διαφορά αυτή φαίνεται να προέρχεται από την αντίστοιχη μείωση των κατηγοριών «άλλου τύπου απαντήσεις» και «δεν ξέρω – δεν απαντώ» στην αρχική κατηγοριοποίηση.

Οι μαθητές της ομάδας Δραστ./αναλογία δήλωσαν ότι το αναλογικό μοντέλο τους ήταν γνώριμο 93,33% (28/30) (ερώτηση 2Α). Επίσης το μεγαλύτερο μέρος αυτών ανέφεραν την προέλευση του (ερώτηση 2Β), σε ποιο πλαίσιο δηλαδή είχαν ξαναδεί αυτό το αναλογικό μοντέλο, αποκλείοντας τυχαίες θετικές απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση.

Επίσης από τις απαντήσεις της ερώτησης 2 Γ φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί το αναλογικό μοντέλο «ενδιαφέρον» (73,34%) και «αρκετά ενδιαφέρον» (22%) και σε μικρό ποσοστό «πολύ ενδιαφέρον» (6,67 %)

Στην ερώτηση 3 που χρησιμοποιήθηκε για ανίχνευση παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας παρατηρήθηκε ένα μικρό ποσοστό θετικών απαντήσεων (6,67 %) και θετικών με επιφύλαξη απαντήσεων (13,34 %).

Ομάδα «Δραστηριοτήτων/Αναλογίας/Συνθετικής κίνησης»

Η ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθετ.» είχε στατιστικά σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε 11 προγραμματιστικά έργα σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Τα έργα αυτά σχετίζονταν με τη λειτουργία της εντολής απόδοσης τιμής (έργο 3), την

απόδοση πραγματικής τιμής σε ακέραια μεταβλητή (έργο 6) και την απόδοση ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή (έργο 7), την εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές χαρακτήρα (έργο 12), την έλλειψη ορίων μεγέθους ακεραίων μεταβλητών (έργο 9), την έλλειψη ορίων ακριβείας πραγματικών μεταβλητών (έργο 10), παρανοήσεις για το χώρο που καταλαμβάνουν στη μνήμη μεταβλητές ίδιου τύπου με διαφορετικές τιμές (έργο 16), την παρανόηση παραλληλίας των εντολών απόδοσης (έργο 4), την παρανόηση αποθήκευσης πολλαπλών τιμών (έργο 5), τη σύγχυση ονόματος και τιμής ((έργο 1 και έργο 2) και παρανοήσεις για το χώρο που καταλαμβάνουν οι μεταβλητές στη μνήμη ανάλογα με τον τύπο τους (έργο 17).

Η ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθετ.» είχε στατιστικά σημαντική αύξηση των σωστών απαντήσεων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου σε 3 επιλέον προγραμματιστικά έργα από την ομάδα «Δραστ./Αναλ.» που αφορούν την παρανόηση αποθήκευσης πολλαπλών τιμών (έργο 5), τη σύγχυση ονόματος και τιμής (έργο 1 και έργο 2) και παρανοήσεις για το χώρο που καταλαμβάνουν οι μεταβλητές στη μνήμη ανάλογα με τον τύπο τους (έργο 17). Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα ο συνδυασμός αναλογίας, συνθετικής κίνησης και δραστηριότητας βοήθησε τους μαθητές να ξεπεράσουν αυτές τις δυσκολίες και παρανοήσεις. Στα υπόλοιπα 8 από τα 11 προγραμματιστικά έργα στα οποία υπήρξε βελτίωση σε σχέση με την ομάδα ελέγχου ο καθοριστικός παράγοντας για τη βελτίωση ήταν ο συνδυασμός των διερευνητικών δραστηριοτήτων και της χρήσης της αναλογίας.

Οι μαθητές της ομάδας «Δραστ./Αναλ./Συνθετ.» δήλωσαν ότι το αναλογικό μοντέλο τους ήταν γνώριμο 100% (30/30) (ερώτηση 2Α). Επίσης το μεγαλύτερο μέρος αυτών ανέφεραν την προέλευση του (ερώτηση 2Β), σε ποιο πλαίσιο δηλαδή είχαν ξαναδεί αυτό το αναλογικό μοντέλο, αποκλείοντας τυχαίες θετικές απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση.

Επίσης από τις απαντήσεις της ερώτησης 2 Γ φαίνεται οι μαθητές θεωρούν το αναλογικό μοντέλο «ενδιαφέρον» (76,67%) και «αρκετά ενδιαφέρον» (10%) και σε μικρότερο ποσοστό «πολύ ενδιαφέρον» (13,34 %).

Στην ερώτηση 3 που χρησιμοποιήθηκε για ανίχνευση παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας παρατηρήθηκε ένα μικρό ποσοστό θετικών απαντήσεων (13,34 %) και πιθανών θετικών απαντήσεων (6,67 %). Η ερώτηση αυτή είχε στόχο να εξακριβώσει ποιοι μαθητές ταύτιζαν το αναλογικό μοντέλο με την έννοια-στόχο.

Επίσης υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη συχνότητα των απαντήσεων «παρανοήσεις που οφείλονται στην αναλογία», μεταξύ των ομάδων ελέγχου και «Δραστ./Αναλ./Συνθ.» στις ερωτήσεις 4 και 5 που αναφέρονται στον τρόπο κωδικοποίησης και αποθήκευσης των αριθμητικών και μεταβλητών τύπου χαρακτήρα αντίστοιχα.

Καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά

Σε 6 προγραμματιστικά έργα δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά των σωστών απαντήσεων μεταξύ των ομάδων. Τα έργα αυτά αφορούσαν τις παρανοήσεις της μόνιμης διασύνδεσης δύο μεταβλητών (έργο 8), της ισοδυναμίας της μαθηματικής ισότητας με την εντολή απόδοσης τιμής (έργο 15), της ισχύος της αντιμεταθετικής ιδιότητας στην εντολή απόδοσης τιμής (έργα 13 και 14) και στην παρανόηση απόδοσης τιμών αλφαριθμητικού τύπου σε ακέραια μεταβλητή (έργα 11 και 18). Καμία από τις 3 πειραματικές συνθήκες δεν φάνηκε να βοηθά τους μαθητές να ξεπεράσουν αυτές τις παρανοήσεις.

Επίσης σε 5 από ερωτήσεις δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Οι ερωτήσεις αυτές αφορούσαν τον τόπο αποθήκευσης των τιμών (ερώτηση 1β), τις πιθανές τιμές μεταβλητής τύπου χαρακτήρα (ερώτηση

6), το ρόλο τους ονόματος μιας μεταβλητής (ερώτηση 7α) και την «κατανόηση» του ονόματος από τον υπολογιστή (ερώτηση 7β).

Επίσης σε 2 ερωτήσεις που αφορούσαν τον τρόπο αποθήκευσης μεταβλητών τύπου χαρακτήρα (ερώτηση 4) και τον τρόπο αποθήκευσης αριθμητικών μεταβλητών (ερώτηση 5) δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη συχνότητα «σωστών» απαντήσεων αλλά μόνο στη συχνότητα των απαντήσεων «παρανόηση από την αναλογία» (Βλέπε ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθ.»).

Πίνακας 7.51. Αλλαγές στις εναλλακτικές αναπαραστάσεις των μαθητών των τριών πειραματικών ομάδων σε σχέση με την ομάδα ελέγχου

Εναλλακτική αναπαράσταση (έργο/ερώτηση)	Ομάδα Δρασ/τήτων	Ομάδα Δρ./Αναλογίας	Ομάδα Δρ./Αν./Συνθ. Κίνησης
Λειτουργία εντολής απόδοσης τιμής (έργο 3)	+	+	+
Απόδοση πραγματικής τιμής σε ακεραία μεταβλητή (έργο 6)	+	+	+
Απόδοση ακέραιας τιμής σε πραγματική μεταβλητή (έργο 7)	+	+	+
Εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές συμβολοσειράς (έργο 12)	+	+	+
Έλλειψη ορίων μεγέθους ακεραίων μεταβλητών (έργο 9)	0	+	+
Έλλειψη ορίων ακριβείας πραγματικών μεταβλητών (έργο 10)	0	+	+
Χώρος που καταλαμβάνουν στη μνήμη μεταβλητές ίδιου τύπου με διαφορετικές τιμές (έργο 16)	0	+	+
Παραλληλία των εντολών απόδοσης (έργο 4).	0	+	+
Χρήση του ονόματος ως τιμή (έργο 1)	0	0	+
Αποθήκευση πολλαπλών τιμών (έργο 5)	0	0	+
Χώρος που καταλαμβάνουν οι μεταβλητές στη μνήμη ανάλογα με τον τύπο τους (έργο 17)	0	0	+
Μόνιμη διασύνδεση δύο μεταβλητών (έργο 8)	0	0	0
Ισοδυναμία της μαθηματικής ισότητας με την εντολή απόδοσης τιμής (έργο 15)	0	0	0
Ισχύ της αντιμεταθετικής ιδιότητας στην εντολή απόδοσης τιμής (έργο 13)	0	0	0
Ισχύ της αντιμεταθετικής ιδιότητας στην εντολή απόδοσης τιμής (έργο 14)	0	0	0
Απόδοση αλφαριθμητικών τιμών σε ακέραια μεταβλητή (έργο 11)	0	0	0
Απόδοση αλφαριθμητικών τιμών σε ακέραια μεταβλητή (έργο 18)	0	0	0
Τόπος αποθήκευσης των τιμών (ερώτηση 1β)	0	0	0
Πιθανές τιμές μεταβλητής τύπου χαρακτήρα (ερώτηση 6)	0	0	0
Ρόλος του ονόματος μιας μεταβλητής (ερώτηση 7α)	0	0	0
«Κατανόηση» του ονόματος μεταβλητής από τον υπολογιστή (ερώτηση 7β).	0	0	0

+ Στατιστικά σημαντική βελτίωση επίδοσης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου
- Στατιστικά σημαντική επιδείνωση επίδοσης σε σχέση με την ομάδα ελέγχου
0 Καμία στατιστικά σημαντική αλλαγή σε σχέση με την ομάδα ελέγχου

7.8 Συζήτηση

Σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ μεγάλη σημασία έχει να είναι το αναλογικό μοντέλο γνωστό στους μαθητές. Οι μαθητές των ομάδων με αναλογία (ομάδα «Δραστ./Αναλογίας» και ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθετικής κίνησης») δήλωσαν ότι το αναλογικό μοντέλο τους ήταν γνώριμο 96,7% (58/60) (ερώτηση 2Α). Επίσης το μεγαλύτερο μέρος αυτών ανέφεραν την προέλευση του (ερώτηση 2Β), σε ποιο πλαίσιο δηλαδή είχαν ξαναδεί αυτό το αναλογικό μοντέλο, αποκλείοντας τυχαίες θετικές απαντήσεις στην πρώτη ερώτηση. Αυτό σημαίνει ότι επιτεύχθηκε ένας από τους βασικούς στόχους της διδασκαλίας με αναλογία, της επιλογής δηλαδή ενός αναλογικού μοντέλου γνωστού στους μαθητές.

Άλλο σημαντικό σημείο του ΠΑΕΛΔΑ σχετίζεται με την ελαχιστοποίηση των παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας. Η ανίχνευση παρανοήσεων από τη χρήση της αναλογίας έγινε κατά κύριο λόγο με την ερώτηση 3. Η ερώτηση αυτή δόθηκε μόνο στις πειραματικές ομάδες που χρησιμοποίησαν την αναλογία («Δραστ./Αναλ.» και «Δραστ./Αναλ./Συνθετ.»). Στην ερώτηση αυτή παρατηρήθηκε ένα μικρό ποσοστό θετικών απαντήσεων (6,67 % στην ομάδα «Δραστ./Αναλογίας» και 13,34 % στην ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθετ.») και θετικών με επιφύλαξη απαντήσεων (13,34 % στην ομάδα «Δραστ./Αναλογίας» και 6,67 % στην ομάδα «Δραστ./Αναλ./Συνθετ. »).

Επίσης από τις απαντήσεις της ερώτησης 2 Γ φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί το αναλογικό μοντέλο «ενδιαφέρον» και «πολύ ενδιαφέρον» ιδιαίτερα όταν αυτό προσομοιώνεται με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης.

Η συνεισφορά των διερευνητικών δραστηριοτήτων στην κατανόηση βασικών προγραμματιστικών εννοιών και δομών έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία (Lischner, 2001). Το ενδιαφέρον σε αυτό το πείραμα ήταν τα σημεία στην κατανόηση των οποίων βοήθησαν οι διερευνητικές δραστηριότητες. Οι διερευνητικές δραστηριότητες βοήθησαν στην κατανόηση της λειτουργίας της εντολής απόδοσης τιμής ιδιαίτερα σε ότι αφορά την απόδοση τιμών διαφορετικού τύπου από ότι οι μεταβλητές και την εφαρμογή αριθμητικών τελεστών σε μεταβλητές τύπου συμβολοσειράς.

Η χρήση της αναλογίας ή ο συνδυασμός των διερευνητικών δραστηριοτήτων και της αναλογίας επέδρασε θετικά στην κατανόηση χαρακτηριστικών της έννοιας της μεταβλητής όπως το όριο στο μέγεθος, το όριο στην ακρίβεια και ο χώρος που καταλαμβάνουν διαφορετικές τιμές μιας μεταβλητής στην μνήμη του υπολογιστή. Η επίδραση αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί στη λειτουργία οπτικοποίησης των μεταβλητών που επιτυγχάνει το αναλογικό μοντέλο που έχει τη μορφή των περιστρεφόμενων κυλίνδρων. Το αναλογικό μοντέλο έχει χαρακτηριστικά όπως περιορισμό στο μέγεθος, περιορισμό στην ακρίβεια και χρήση του ίδιου αριθμού κυλίνδρων για μεταβλητή συγκεκριμένου τύπου ανεξάρτητα από την τρέχουσα τιμή της. Έτσι η οπτικοποίηση με το αναλογικό μοντέλο συμφωνεί με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των μεταβλητών. Η στατιστικά σημαντική βελτίωση στη συχνότητα των σωστών απαντήσεων των μαθητών της ομάδας «Δραστ./Αναλ.» δείχνει ότι οι μαθητές κατάφεραν να μεταφέρουν με επιτυχία τα κατάλληλα χαρακτηριστικά του αναλογικού μοντέλου στην έννοια στόχο (μεταβλητή). Αυτό αποτελεί και ένα σημαντικό στόχο της διδασκαλίας με αναλογίες και κατ'επέκταση του ΠΑΕΛΔΑ.

Άλλο σημαντικό στόχο στη διδασκαλία με αναλογίες αποτελεί το να αναγνωρίσουν οι μαθητές την ύπαρξη της σχέσης αναλογίας μεταξύ των δύο εννοιών. Οι βελτιωμένες επιδόσεις της ομάδας «Δραστηριοτήτων/Αναλογίας» δείχνουν ότι οι μαθητές θεώρησαν ανάλογες τις δύο έννοιες και έτσι μετέφεραν χαρακτηριστικά (ιδιότητες) της μιας έννοιας στην άλλη. Μια εξήγηση για το πώς επιτυγχάνεται αυτό

στο ΠΑΕΛΔΑ θα μπορούσε να αποτελέσει η αρχή της παράλληλης εκτέλεσης του αναλογικού μοντέλου και ενός μοντέλου της έννοιας στόχου.

Η στατιστικά σημαντική βελτίωση της ομάδας Δραστ./Αναλ./Συνθετικής κίνησης οφείλεται είτε στην επίδραση του συνδυασμού των διερευνητικών δραστηριοτήτων, της αναλογίας και της συνθετικής κίνησης είτε στην επίδραση του συνδυασμού αναλογίας και συνθετικής κίνησης είτε στην επίδραση της συνθετικής κίνησης. Μια πιθανή εξήγηση για την βελτίωση σχετίζεται με τη λειτουργία της αναλογίας ως κίνητρο για μάθηση ιδιαίτερα όταν αυτή παρουσιάζεται με τη βοήθεια συνθετικής κίνησης. Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται και από το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών για την αναλογία ιδιαίτερα στην ομάδα της συνθετικής κίνησης (ερώτηση 2Γ).

Αναφορικά με τις παρανοήσεις που σχετίζονται με τη χρήση της αναλογίας φαίνεται ότι το ποσοστό των μαθητών που πιστεύουν ότι μια μεταβλητή έχει στην πραγματικότητα τη μορφή του αναλογικού μοντέλου (ταυτίζεται με το αναλογικό μοντέλο) είναι μικρό. Σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ μείωση του ποσοστού αυτού θα μπορούσε να επιτευχθεί με τη χρήση πολλαπλών αναλογιών για την ίδια έννοια.

Κεφάλαιο 8 . Γενική συζήτηση – Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

8.1 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από την πειραματική αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ που έγινε στα πλαίσια της παρούσας διατριβής αποδείχθηκε ότι το ΠΑΕΛΔΑ είναι μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση που μπορεί να υποστηρίξει τους μαθητές να κατανοήσουν την έννοια της μεταβλητής σε προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζουν συγκεκριμένους τύπους δεδομένων. Το ΠΑΕΛΔΑ προτείνεται για την κατανόηση εννοιών και δομών προγραμματισμού και γενικότερα για έννοιες της πληροφορικής που είναι δυναμικές και μη εμφανείς. Η χρήση του αναλογικού μοντέλου βοηθά τους μαθητές να οικοδομήσουν κατάλληλες αναπαραστάσεις συγκεκριμενοποιώντας το αφηρημένο και το μη εμφανές. Η προσομοίωση του αναλογικού μοντέλου και της έννοιας-στόχου με συνθετική κίνηση και η δυνατότητα αλληλεπίδρασης αναδεικνύουν το δυναμικό χαρακτήρα των εννοιών-δομών παρουσιάζοντας τις λειτουργίες τους. Ταυτόχρονα αυτά τα χαρακτηριστικά κάνουν πιο ελκυστικό το εκπαιδευτικό λογισμικό ενεργώντας ως κίνητρο για τους μαθητές για να εκπνήσουν τις δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες που γίνονται με τη βοήθεια ενός γνωστού αναλογικού μοντέλου αποκτούν σημασία και νόημα για τους μαθητές. Η διερευνητική μορφή των δραστηριοτήτων αυξάνει την εμπλοκή των μαθητών και τη δυνατότητα τους για αυτενέργεια. Επίσης το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό που το χρησιμοποιεί να σχεδιάσει διαφορετικές δραστηριότητες δημιουργώντας φύλλα δραστηριοτήτων κατάλληλα για τις ανάγκες των μαθητών του.

Η δημιουργία ενός κατάλληλου και αποτελεσματικού αναλογικού μοντέλου δεν είναι πάντα εφικτή. Τα κριτήρια για την δημιουργία του κατάλληλου αναλογικού μοντέλου (βλέπε κεφ.5 παρ. 5.3) δεν μπορούν σε όλες τις περιπτώσεις να καλυφθούν και έτσι μπορεί να χρειαστεί να δοθεί προτεραιότητα στα σημαντικότερα από αυτά όπως στο να γνωρίζουν όλοι οι μαθητές το αναλογικό μοντέλο και να έχει πολλά κοινά χαρακτηριστικά με την έννοια-στόχο.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στη διδακτική χρήση των αναλογιών εξαιτίας των παρανοήσεων που πολλές φορές προκύπτουν όταν οι μαθητές θεωρούν τις δύο έννοιες ίδιες δηλαδή το αναλογικό μοντέλο και την έννοια-στόχο. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται η χρήση πολλαπλών αναλογικών μοντέλων για εκπόνηση δραστηριοτήτων για την ίδια έννοια .

Για τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού απαιτείται τουλάχιστον ένας υπολογιστής ανά ομάδα εργασίας και αυτό συνήθως συνεπάγεται την ανάγκη πρόσβασης στο σχολικό εργαστήριο υπολογιστών. Επίσης απαιτείται και μια διαδικασία εξοικείωσης των μαθητών με το εκπαιδευτικό λογισμικό ώστε να μπορέσουν να το χρησιμοποιήσουν με ευκολία για την εκπόνηση των δραστηριοτήτων. Για την εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ χρειάζεται περισσότερος χρόνος για την εκπόνηση των δραστηριοτήτων από ότι με την εκπόνηση δραστηριοτήτων στο εργαστήριο με το περιβάλλον μιας γλώσσας προγραμματισμού στα πλαίσια μιας συμβατικής διδασκαλίας. Επίσης απαιτείται από την πλευρά του εκπαιδευτικού να δαπανήσει χρόνο και προσπάθεια για να σχεδιάσει και να υλοποιήσει το απαραίτητο εκπαιδευτικό λογισμικό και δραστηριότητες με αυτό.

Στην παρούσα διατριβή το ΠΑΕΛΔΑ εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε στην κατανόηση της έννοιας της προγραμματιστικής μεταβλητής και της εντολής απόδοσης τιμής η χρήση του όμως μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες έννοιες της πληροφορικής στις οποίες παρουσιάζουν δυσκολίες οι μαθητές στο να τις κατανοήσουν. Μερικές από αυτές τις έννοιες είναι και οι έννοιες των δομών

επανάληψης και επιλογής στον προγραμματισμό και η έννοια της κρυφής μνήμης στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών. Άλλες περιπτώσεις εφαρμογής του ΠΑΕΛΔΑ στην Πληροφορική θα σχετίζονται με την κατανόηση εννοιών που αφορούν κάποιας μορφής λειτουργία η οποία δεν είναι εμφανής στους μαθητές και έτσι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόησή της. Επίσης το ΠΑΕΛΔΑ θα μπορούσε να εφαρμοσθεί σε άλλα γνωστικά πεδία σε έννοιες δύσκολες στην κατανόηση που έχουν τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν.

Αναφορικά με τη βαθμίδα εκπαίδευσης στην οποία προτείνεται να χρησιμοποιηθεί δεν υπάρχει περιορισμός αν και τα παραδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν κυρίως τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Υπάρχει όμως και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση η ανάγκη για εναλλακτικές διδακτικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικό λογισμικό που να βοηθά τους φοιτητές στην κατανόηση δύσκολων εννοιών. Έτσι και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση υπάρχει πρόσφορο έδαφος για εφαρμογή του ΠΑΕΛΔΑ.

Το ΠΑΕΛΔΑ μπορεί να συνδυαστεί είτε μαζί με μια συμβατικού τύπου διδασκαλία είτε με διδασκαλία στην οποία χρησιμοποιείται κάποια αναλογία που παρουσιάζεται προφορικά ή με στατικές εικόνες. Η συμβολή του αναμένεται να είναι μεγαλύτερη στο αρχικό στάδιο διδασκαλίας κατά την εισαγωγή μιας δύσκολης έννοιας ώστε να προσφέρει στους μαθητές μια αρχική απλοϊκή οπτική αναπαράσταση της. Στη συνέχεια βέβαια είναι απαραίτητο η αναπαράσταση αυτή να εμπλουτιστεί και ενδεχομένως να γίνουν αλλαγές ώστε τελικά να αποτελεί ένα επιστημονικά ορθό και πλήρες μοντέλο της έννοιας που παρουσιάζεται.

8.2 Μελλοντικές κατευθύνσεις έρευνας

Για την καλύτερη αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ θα πρέπει η αποτελεσματικότητα του να τεκμηριωθεί με την εφαρμογή του σε άλλες έννοιες που δυσκολεύουν τους μαθητές και στις οποίες παρουσιάζονται παρανοήσεις. Έτσι ως μελλοντική κατεύθυνση της έρευνας προτείνεται η πειραματική αξιολόγηση του ΠΑΕΛΔΑ στην κατανόηση των προγραμματιστικών δομών επιλογής και επανάληψης. Για τις έννοιες αυτές έχουν ήδη δημιουργηθεί αναλογικά μοντέλα και έχει σχεδιασθεί και υλοποιηθεί το αντίστοιχο εκπαιδευτικό λογισμικό (βλέπε κεφάλαιο 6). Το ΠΑΕΛΔΑ θα μπορούσε να δοκιμασθεί πειραματικά στην περίπτωση της κατανόησης της δομής και της λειτουργίας της κρυφής μνήμης. Η κατανόησης αυτής της έννοιας έχει αναγνωρισθεί ως περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής (Κανίδης, 2008). Έχει βρεθεί μια κατάλληλη αναλογία για την κρυφή μνήμη και έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με αυτή την αναλογία σύμφωνα με το ΠΑΕΛΔΑ. Επίσης θα μπορούσε να εφαρμοσθεί στο γνωστικό πεδίο της παρατηρησιακής αστρονομίας στην περίπτωση της κατανόησης του σχήματος της γης και της εναλλαγής μέρας-νύκτας που επίσης είναι μια τεκμηριωμένη περίπτωση εννοιολογικής αλλαγής (Vosniadou & Brewer, 1992;1994).

Ένας άλλος μελλοντικός στόχος αφορά στην υλοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού και συγκεκριμένα στη μετατροπή του ώστε αντί για ανεξάρτητη εφαρμογή που τρέχει τοπικά, να μπορεί να είναι διαθέσιμο μέσω διαδικτύου.

Επίσης ένας άλλος μελλοντικός στόχος σχετίζεται με τη δημιουργία ενός συγγραφικού εργαλείου (authoring tool) ώστε να μπορεί ο εκπαιδευτικός να εισάγει τις δικές του αναλογίες που μπορεί να προέρχονται από τον ίδιο, από διδακτικά εγχειρίδια ή ακόμα και από τους μαθητές. Επίσης με τη βοήθεια του συγγραφικού

εργαλείου ο εκπαιδευτικός θα μπορεί να δημιουργεί διαφορετικά ηλεκτρονικά φύλλα δραστηριοτήτων ανάλογα με τις μαθησιακές ανάγκες των μαθητών του.

Τέλος μια άλλη μελλοντική κατεύθυνση της έρευνας θα μπορούσε να αφορά τη μετατροπή του εκπαιδευτικού λογισμικού ώστε να υπάρχει παρέχει τη δυνατότητα για ομαδική εκπόνηση των δραστηριοτήτων από τους μαθητές στα πλαίσια μια ομαδοσυνεργατικής προσέγγισης.

Βιβλιογραφία

- Abramovich, S., Nabors, W. (1998). Enactive approach to word problems in a computer environment enhances mathematical learning for teachers. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 17(2/3), pp.161-180.
- Anderson, J. R. Thomson (1989). Use of analogy in a production system architecture, in Vosniadou S., Ortony A. (Eds) *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press .Blackwell A. (1996) Metaphor or Analogy: How Should We See Programming Abstractions Proceedings of the 8th Annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group.
- Astrachan, O., Reed, D., (1995). AAA and CS1. The Applied Apprenticeship Approach to CS1, *Proceedings of the ACM SIGSE '95 Conference*, 1-5, Nashville, USA.
- Balacheff, N., Kaput, J., (1996). Computer-based learning environments in mathematics. In Bishop, A. J., Klements, K., Keitel, C., Kilpatrick, J., and Laborde, C., (Eds), *International Handbook on Mathematics education*, pp.469-501, Dordrecht: Kluwer.
- Blackwell, A. (1996). Metaphor or Analogy : How Should We See Programming Abstractions Proceedings of the 8th Annual Workshop of the Psychology of Programming Interest Group.
- Boyle, T. (1998). Principles for the selection and use of educational multimedia materials, *ALT-J, Journal of the Association for Learning Technology*, 6, 1, 81-86.
- Boyle, T., (2003). "Design Principles for Authoring Dynamic, Reusable Learning Objects", *Australian Journal of Educational Technology*, 19(1), 46-58.
- Borba, M. C., Confrey, J. (1996). A student's construction of transformations of functions in a multiple representational environment. *Educational Studies in Mathematics*, 31(3), pp.319-337.
- Buck, D., Stucki D., J. (2001). "JkarelRobot: A case study in Supporting Levels of Cognitive Development in the Computer Science Curriculum" SIGCSE 2001 .
- Brown, D.E., Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction, *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Brookshear, J. G., (2005). «Η Επιστήμη των Υπολογιστών», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης: Κωνσταντίνος Κουρκουμπέτης.
- Chi M. T. H., Feltovich P.J., Glaser R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Science*, 5, pp.121-52.
- Clement, J., (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics, *Journal of Research in Science and Teaching*, v30 n10, pp.1241-1257.
- Clement, J., Brown, D.E., Zietsman, A.(1989). Not all preconceptions are misconceptions: Finding "anchoring conceptions" for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11, pp.554-565.
- Clements, D. H., Sarama, J., Battista, M. T. (1998). Development of concepts of geometric figures in a specially designed Logo computer environment. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 20(2-3), pp.47-64.
- Clancy, M.J., Linn M.C., (1992) Case Studies in the Classroom, in Proceedings of the 23rd SIGCE Technical Symposium on Computer Science Education, Kansas City, Missouri, March, 1992; published as SIGSE Bulletin, volume 24, number 1, March 1992.

- Coolican, H., (1994). Research methods and statistics in psychology. 2nd ed. Hodder and Stoughton.
- Computer Science Teachers Association Curriculum and Improvement Task Force (CSTA) (2005). *The New Educational Imperative: Improving High School Computer Science Education*, Final Report, ACM.
- Curtis, R., Reigeluth, C., (1984). The use of analogies in written text, *Instructional Science*, 13, pp. 99-117.
- Davidson, D., (1978). "What Metaphors Mean." Reprinted in *Inquiries Into Truth and Interpretation*. (1984). Oxford, Oxford University Press.
- Diehl, S., (2007). Software Visualization Visualizing the Structure, Behaviour, and Evolution of Software Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Doukakis, D., Grigoriadou, M., Tsaganou, G. (2007). Understanding the programming variable concept with animated interactive analogies, Proceedings of the 8th Hellenic European Research on Computer Mathematics & its Applications Conference (HERCMA) September.
- Drouin, A.-M. (1988). Le modele en questions. *ASTER No 7*, 1-20.
- Du Boulay, B., (1989). Some difficulties of learning to program, In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds), *Studying the Novice Programmer*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 283-299.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*, 30, 1241-1257.
- Duncan, E., (2002). Making the analogy: Alternative Delivery Techniques for First Year Programming Courses, Proceedings of 14th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group, pp.89-99.
- Ebrahimi, A. (1994). Novice programmer errors: language constructs and plan composition, *Int. J. Human-Computer Studies*, 41, pp.457-480.
- Ellis, A., Carswell, L., Bernat, A., Devenaux, D., Frison, P., Meisalo, V., Meyer, J., Nulden, U., Rugeli, J., Tarhio, J. (1998). Resources, Tools and Techniques for Problem Based Learning in Computing", *Working Group Reports of the 3rd annual SIGCSE/SIGCUE ITiCSE conference on Integrating technology into computer science education*.
- Else, M. J., Ramirez, M. A., Clement, J. (2002). When are analogies the right tool? A look at the strategic use of analogies in teaching cellular respiration to middle-school students. Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science .
- Eysenck, M. W., Keane M. T., (2000). Cognitive Psychology: A Student's Handbook, 4th Edition.
- Feltovich, P.J. (1981). Knowledge based components of expertise in medical diagnosis (Tech Rep. No. PDS-2) Pittsburgh: University of Pittsburgh Learning Research and Development Center.
- Foxwell, H.J., Menasce, D. A., (2004). MARVIN: A Web-Based System for Representing, Retrieving, and Visualizing Analogies, *World Wide Web: Internet and Web Information System*, 7, pp. 385-419.
- Gardner, H., (1993), *Frames of Mind*, New York, Basic Books.
- Genter, D., Stevens, A.L., (eds.) (1983). Mental Models. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gick, M. L., Holyak, K.J., (1980) Analogical Problem Solving, *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M. L., Holyak, K.J., (1983) Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.

- Glynn, S. M., (1989). The teaching with analogies (T.W.A.) model: Explaining concepts in expository text. In Muth K.D. (Ed.) *Children comprehension of narrative and expository text: Research into practice* (pp. 99-129) Newark, D.E. International Reading Association.
- Glynn, S. M., (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogy model. In S. M. Glynn, R.H. Yeany & B.K. Britton, (eds.), *The psychology of learning science*, Hillsdale: Erlbaum.
- Glynn, S.M., Britton, B.K., Semrud-Clikeman, M. Muth, K.D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In Glover J. Ronning R. & Reynolds C. eds. *Handbook of creativity: Assesement , Research and Theory* (pp383-398). New York: Plenum.
- Glynn, S., M., Yeany, R. H., Britton, B.K., (1991). A constructive view of learning science. In S. M. Glynn, R.H. Yeany & B.K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 3-19), Hillsdale, NJ:Erlbaum.
- Glynn, S., (1994). Teaching Science with Analogies: A strategy for Teachers and Textbook Authors, National Reading research center.
- Glynn, S., Duit, R.,Thiele, R. (1996). Teaching science with analogies: a strategy for constructing knowledge. In S. Glynn, & R. Duit (Eds), *Learning science in the schools- research reforming practice* (pp.247-273). Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.
- Gordon, D., (2007)."Using Extended Analogy To Teach Fundamental Computing Concepts", *Journal of the Institute of Technology Blanchardstown*, No. 15, pp. 5-12.
- Hannafin, M. J., Land, M. S. (1997). The foundations and assumptions of technology enhanced student-centered learning environments, *Instructional Science*, 25, pp.167-202.
- Hansen, S., R.,Narayanan, N.H., (2000). On the role of Animated Analogies in Algorithm Visualizations, in Fishman B. & O' Connor-Divelbiss S. (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 205-211), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Harrison, A.G., & Treagust, D.F., (2006). 'Teaching and learning with analogies: Friend or Foe', in PJH Abusson, AG Harrison & SM Ritchie (eds.), *Metaphor & Analogy in Science Education*, Springer, Netherlands, pp. 11-24.
- IEEE LTSC (2002). IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), *Draft Standard for Learning Object Metadata*, Ιστοσελίδα: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf
- Iona, M. (1982). Teaching electricity. *Science and Children*, 19, 22-23.
- Jiang, Z., McClintock, E. (2000). Multiple approaches to problem solving and the use of technology. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19(1), 7-20.
- Kahn, K, (1999). A Computer Game to Teach Programming, *Proceedings of the National Educational Computing Conference* .
- Kahn, K. (2008). Toontalk website, Ιστοχώρος: www.toontalk.com
- Kolodner, J.L., Guzdial, M. (1999). Theory and Practice of Case-Based Learning Aids, in Jonassen, D.H. and Land, S.M. (eds.), *Theoretical Foundations of Learning Environments*, Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, pp.215-242.
- Kordaki, M., Potari, D. (1998). 'Childrens' approaches on area measurement through Different Contexts'. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(3), pp. 303-316.

- Kordaki, M. Potari, D. (2002). The effect of tools of area measurement on students strategies : The case of a computer microworld. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(1), pp 65-100. (Editor: Saymour Papert).
- L'Allier, J. J., (1997). *Frame of Reference: NETg's Map to the Products, Their Structure and Core Beliefs*. NetG.
<http://www.netg.com/research/whitepapers/frameref.asp>
- Lehtinen, E., Repo, S. (2006). στο Βοσνιάδου, Σ., (επιμ.), *Σχεδιάζοντας Περιβάλλοντα Μάθησης Υποστηριζόμενα από τις Σύγχρονες Τεχνολογίες*, Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα.
- Linn, M.C., Clancy, M.J. (1992). Can expert's explanation help students develop program design skills?, *International Journal of Man- Machine Studies*, 36(4), 511-551.
- Lischner, R., (2001). Explorations: Structured Labs for First-Time Programmers, *Proceedings of the ACM SIGCSE '01 Conference*, Charlotte, USA, 154-158.
- LMU (2005). Learning Objects for Introductory Programming, Examples of the learning objects, London Metropolitan University (LMU), Ιστοσελίδα: <http://www.londonmet.ac.uk/ltri/learningobjects/examples.htm>
- Matocha, J., Camp, T., Hooper, R., Extended Analogy: An Alternative Lecture Method, *SIGCSE 1998*: pp.262-266.
- Mayer, R. E., (1983). Can you repeat that? Qualitative and quantitative effects of repetition and advance organizers on learning from science prose. *Journal of Educational Psychology*, 75, 40-49.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. Second edition. New York: W. H. Freeman and Company.
- McCracken, M., Almstrum, V., Diaz, D., Guzdial, M., Hagen, D., Kolikant, Y., Laxer, C., Thomas, L., Utting, I., & Wilusz, T. (2001). A Multi National Study of Assessment of Programming Skills of First-year CS Students. *SIGCSE Bulletin*. 33(4), 125-140.
- Milne, I., Rowe, G. (2002). Difficulties in Learning and Teaching Programming—Views of Students and Tutors, *Education and Information Technologies*, v.7 n.1, p.55-66, March 2002.
- Myers B., A., (1990). Taxonomies of visual programming and program visualization, *Journal of Visual Languages and Computing*, 1(1): pp.97-123.
- Noss, R., & Hoyles, C., (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning Cultures and Computers*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The construction of Mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 203-233.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 937-949.
- Pane, J., Myers, B. (2000). The Influence of Psychology of Programming on a Language Design: Project Status Report, in Proceedings of the 12th Annual Meeting of the Psychology of Programmers Interest Group, Edizioni Memoria, Italy, 193-205.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, New York, Basic Books.
- Patterson, D. A., Hennesy J.L., (2006). *Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών Η Διασύνδεση Υλικού και Λογισμικού Τόμος Α'* (Επιστημονική επιμέλεια μετάφραση Δημήτρης Γκιζόπουλος, Κώστας Μασσέλος, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

- Price, B., A., Baecker R., & Small I. (1993). A principled taxonomy of software visualization, *Journal of Visual Languages and Computing*, 4(3): pp. 211–266.
- Putnum, R. T., Sleeman, D., Baxter, J., Kupsa, L., (1989). A summary of the misconceptions of high school BASIC programmers, In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds), *Studying the Novice Programmer*, 301-314, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Piaget, J. (1970). *Structuralism*. New York: Basic Books.
- Pyatt, E. (2004). Using Cases in Teaching. Teaching and Learning with Technology, Penn State University, available at : <http://tlt.its.psu.edu/suggestions/cases/index.html> (last accessed 05/2007)
- Reigeluth, C.M. (1999). What is instructional-design theory and how is it changing? In Reigeluth, C.M. (ed.), *Instructional-Design Theories and Models, A new paradigm of instructional theory, Volume II*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R. Silverman, B. (1996). *IBM Systems Journal*, vol. 35, no. 3-4, pp. 443-452.
- Scanlan, W. L., Bonar, J.J.S., Kurtz, B. (1985). Cognitive processes in programming”, *ACM SIGSE Bulletin, Proceedings of the 16th SIGSE technical symposium on Computer Science Education*, V1711.
- Simons, P. R. J. (1982). Concrete analogies as aids in learning from text, In A. Flammar & W. Kintsch (Eds.), *Discourse processing*, North Holland.
- Simons, P. R. J. (1984). “Instructing with Analogies,” *Journal of Educational Psychology*, v76 n3 p513-27 .
- Spiro R.J., Feltovich P. J., Coulson R.L., Anderson D. (1989). Multiple analogies for complex concepts: antidotes for analogy-induced misconception in advanced knowledge acquisition, in Vosniadou S., Ortony A. (Eds) *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press .
- Samurçay, R. (1989). The concept of variable in programming: Its meaning and use in problem solving by novice programmers, In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds), *Studying the Novice Programmer*, 161-178, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwartz, J. E., Beichner, R., J. (1999). *Essentials of educational technology*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Sleeman, D. Putnum, R. T. Baxter, J. Kupsa, L. (1988). An introductory Pascal class : A case study of student’s errors, in R.E. Mayer (Ed.). *Teaching and learning Computer Programming : Multiple Research Perspectives*, 237-257, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Soloway, E., Bonar, J., Ehrlich, K. (1983). Cognitive strategies and looping constructs: an empirical study, *Communications of the ACM*, v.26 n.11, p.853-860.
- Soloway, E. , Bonar J., Barth, P., Rubin, E., Woolf, B. (1981). “Programming and Cognition: Why Your Students Write Those Crazy Programs”, *Proceedings of the National Educational Computing Conference*, pp. 206-219.
- Spohrer, J., Soloway, E., (1986). Novice mistakes: Are the folk wisdoms correct? *Comm.of the ACM* 29, (7), 624-632.
- Stasko, J., Patterson, C., (1991). "Understanding and Characterizing Program Visualization Systems", Graphics, Visualization, and Usability Center, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, Technical Report GIT-GVU-91-17.
- Taber, K. S. (2001) When the analogy breaks down: modelling the atom on the solar system, *Physics Education*, 36 (3), pp.222-226.

- Vosniadou, S., Ortony, A., (1989). Similarity and analogical reasoning: a synthesis in Vosniadou S., Ortony A. (Eds) *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press .
- Vosniadou, S., (1989). Analogical reasoning as a mechanism in Knowledge Acquisition: A developmental perspective. in Vosniadou S., Ortony A. (Eds) *Similarity and Analogical Reasoning*, Cambridge University Press .
- Wiley, D. A. (2002). "Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy." *The Instructional Use of Learning Objects* (Bloomington, IN: Agency for Instructional Technology).
- Wisc-online (2007). Wisc-online - Online learning Object repository, Learning object definition, Ιστοσελίδα: <http://www.wisc-online.com/about.asp>
- Wyatt, M., Hayes D. A., (1991) Analogies as Sources of Interference to Learning from Texts with Study Guides, Proceedings of National Conference .
- Wood, D. (1999). Editorial: Representing, learning and understanding. *Computers and Education*, 33(2-3), 83-89.
- Βακάλη Α., Γιαννόπουλος Η., Ιωαννίδης Χ., Κοίλιας Χ., Μάλαμας Κ., Μανωλόπουλος Ι. & Πολίτης Π. (1999). *Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον*, Αθήνα: ΥΠΕΠΘ-Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Βενάκης, Π., Γιαννακόπουλος, Γ., Πυρλή, Μ., & Κορδάκη, Μ. (2002). Ένα Διαδικτυακό περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση εννοιών που αφορούν στα αρχεία και στα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης. Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή "Πληροφορική και Εκπαίδευση", (σελ. 624-631), Ρόδος, Σεπτέμβριος, 2002.
- Βλαχογιάννης, Γ., Κεκάτος, Β., Μιατίδης, Μ., Μισεδάκης, Ι., Κορδάκη, Μ. & Χούστης, Η. (2001). Ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για τη μάθηση εννοιών που αφορούν στον αλγόριθμο ταξινόμησης φυσαλίδας (Bubble sort). Πανελλήνιο συνέδριο “ *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση και στην Εκπαίδευση από απόσταση*”, (σελ. 481-495) Ρέθυμνο, Ιούνιος 2001.
- Βοσνιάδου, Σ. (2002). Πως μαθαίνουν οι μαθητές, Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης, Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης της Unesco.
- Γιακουμάκης, Ε. Γκυρτής, Κ. Μπελεσιώτης Β.Σ. Ξυός Π. Στεργιοπούλου – Καλαντζή, Ν. (2000). Εφαρμογές Πληροφορικής Υπολογιστών Α', Β', Γ' Ενιαίου Λυκείου, Ο.Ε.Δ.Β.
- Γλέζου, Κ. Γρηγοριάδου, Μ. (2009). Αξιοποίηση Logo-like περιβάλλοντος στη διδακτική – μαθησιακή διαδικασία στο «Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για την Διδασκαλία της Πληροφορικής» (Επιμέλεια Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή, Α. Γόγουλου) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα , 2009.
- Γόγουλου, Α. (2002). Μαθησιακές δυσκολίες σε βασικές προγραμματιστικές έννοιες και διδακτικές προσεγγίσεις σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού, *Διπλωματική εργασία που εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών*, Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Γρηγοριάδου, Γόγουλου, Α., Μ. Γουλή Ε. (2009). Πρόλογος επιμελητών στο «Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για την Διδασκαλία της Πληροφορικής» (Επιμέλεια Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή, Α. Γόγουλου) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα , 2009
- Γρηγοριάδου, Μ. Γουλή Ε. Γόγουλου, Α. (2009). Θεωρητικό Πλαίσιο της Διδακτικής : Βασικές Έννοιες, Σχεδιασμός και Οργάνωση Διδασκαλίας, Εκπαιδευτική Αξιολόγηση στο «Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για την Διδασκαλία της Πληροφορικής» (Επιμέλεια Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή, Α. Γόγουλου) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα , 2009

- Γρηγοριάδου, Μ., Γόγουλου, Α., & Γουλή, Ε. (2002). Εναλλακτικές Διδακτικές Προσεγγίσεις σε Εισαγωγικά Μαθήματα Προγραμματισμού. Στο Α. Δημητράκοπούλου (Επιμ.) Πρακτικά Εισηγήσεων 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», (Ρόδος, 26-29 Σεπτεμβρίου 2002), 239-248.
- Δαμιανάκης, Α. Τζαβάρας, Α. Μαβόγλου, Χ. Νταντούρης Κ. (2000) Πληροφορική Γυμνασίου. ΥΠΕΠΘ Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- ΔΕΛΥΣ (2000). Διαδραστικό Εκπαιδευτικό Λογισμικό για Υπολογιστικά Συστήματα (Δ. Ε. Λ. Υ. Σ.) Ανάπτυξη Πανεπιστήμιο Μακεδονίας - Εταιρία Τέσσερα, Ιστοσελίδα: <http://eos.uom.gr/~delys/main.htm>
- Δουληγέρης, Χ., Βακάλη, Α., Γκρίτζαλης, Σ., Πάτσα, Χ., Σούλτης, Γ., Τσέλιος, Δ., (2004). *Προγραμματιστικά εργαλεία για το διαδίκτυο*. Ο.Ε.Δ.Β.
- Κανίδης, Ε. (2008), Διδακτορική Διατριβή στα πλαίσια του προγράμματος «ΠΜΣ στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωστική Επιστήμη», ΕΚΠΑ.
- Κανίδης, Ε., Γρηγοριάδου, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Γόγουλου, Α. (2004). " Πλαίσιο Ανάπτυξης Δραστηριοτήτων και Διδακτικής Αξιοποίησης Εκπαιδευτικού Υλικού Προσομοίωσης ". *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή για τις "Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση"*. Αθήνα, Σεπτέμβριος 2004, σελίδες 143-152.
- Κόκκος, Α., Λιοναράκης, Α. (1999). *Ανοικτή και εξ'αποστάσεως εκπαίδευση, Σχέσεις διδασκόντων – διδασκομένων*, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Τόμος Β'.
- Κόμης, Β., (2005), *Εισαγωγή στην Διδακτική της Πληροφορικής*, Αθήνα : εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Μπούμπουκα, Μ. Γρηγοριάδου, Μ. (2009). Αξιοποιώντας περιπτώσεις για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων σε μαθήματα Πληροφορικής στο *Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για την Διδασκαλία της Πληροφορικής* (Επιμέλεια Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή, Α. Γόγουλου) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα, 2009.
- Πρόγραμμα σπουδών ΤΕΕ Σχολ. Έτους 2006-2007 στην ΥΑ 4219-η/Γ2/ 20.8.1999, (ΦΕΚ 2327/τ.Β'/31.12.1999).
- Πρόγραμμα σπουδών ΕΠΑΛ Σχολ. Έτους 2009-2020 στο ΦΕΚ 2099/τΒ/29-09-2009
- Ρουφικτού, Κ., Ματακιάδης, Α. (2006). Πτυχιακή Εργασία «Αλληλεπιδραστικά μαθησιακά αντικείμενα με χρήση αναλογιών για την διδασκαλία των δομών επιλογής και επανάληψης σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού» Επιβλέποντες: Γρηγοριάδου Μαρία, Δουκάκης Δημήτριος, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ .
- Σατρατζέμη, Μ., Δαγδιλέλης, Β., Ευαγγελίδης Γ.(2002). «Μια εναλλακτική προσέγγιση διδασκαλίας του προγραμματισμού στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση», Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες Της Πληροφορίας Και Της Επικοινωνίας Στην Εκπαίδευση», Ρόδος, 26-29 Σεπτεμβρίου, σελ. 289-298, 2002.
- Σιδερίδης, Α. Γιαλούρης, Κ. Μπακογιάννης, Σ. Σταθόπουλος, Κ. (2000). Προγραμματισμός υπολογιστών, Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Τομέας Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ, 1^{ος} Κύκλος, Κατεύθυνση : Υποστήριξη Συστημάτων υπολογιστών, Τάξη Β, ΥΠΕΠΘ-Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Σουλτάνη, Β., (2008). Διπλωματικής εργασίας «Εκπαιδευτικό λογισμικό με αλληλεπιδραστικές αναλογίες κινούμενης εικόνας για την διδασκαλία των επαναληπτικών δομών» Επιβλέποντες: Γρηγοριάδου Μαρία Δουκάκης Δημήτριος, Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΠΑ .

- Τζιμογιάννης Α. και Γεωργίου Β. (1999). Οι δυσκολίες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την ανάπτυξη αλγορίθμων. Μία μελέτη περίπτωσης, Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.). *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Σύλλογος Καθηγητών Πληροφορικής Ηπείρου*, 183-192
- Τζιμογιάννης, Α. Κόμης, Β. (2000), Η έννοια της μεταβλητής στον Προγραμματισμό: δυσκολίες και παρανοήσεις μαθητών του Ενιαίου Λυκείου, στο Β. Κόμης (Επιμ.) *Πρακτικά Εισηγήσεων 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, 103-114, Πάτρα.
- Τζιμογιάννης, Α., Κόμης, Β. (2004). Μελέτη αναπαραστάσεων μαθητών του Ενιαίου Λυκείου για τη ροή δεδομένων και το ρόλο των βασικών μονάδων του υπολογιστή. *Πρακτικά εισηγήσεων 2ης Πανελλήνιας Δημερίδας με διεθνή συμμετοχή με θέμα "Διδακτική της Πληροφορικής"*, 73-85, Βόλος.
- Τζιμογιάννης, Α. Πολίτης, Π. Κόμης, Β. (2005). Μελέτη των αναπαραστάσεων Τελειόφοιτων Μαθητών Ενιαίου Λυκείου για την Έννοια της Μεταβλητής, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής», Κόρινθος.
- Τσώνης, Γ., Κατής, Α., Παλιανόπουλος Ι., Κορδάκη, Μ. (2002). Ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων για την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του αλγορίθμου και σε βασικές αλγοριθμικές δομές. *Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή "Πληροφορική και Εκπαίδευση"*, (σελ. 259-266), Ρόδος, Σεπτέμβριος, 2002.
- Φεσάκης, Γ. Δημητρακοπούλου, Α. (2005). Γνωστικές Δυσκολίες Μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την Έννοια της Προγραμματιστικής Μεταβλητής και Προτεινόμενες Παρεμβάσεις, 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής», Κόρινθος.
- Φράγκου, Σ., (2009). Εκπαιδευτική Ρομποτική : Παιδαγωγικό πλαίσιο και μεθοδολογία ανάπτυξης διαθεματικών συνθετικών εργασιών, στο *Διδακτικές Προσεγγίσεις και Εργαλεία για την Διδασκαλία της Πληροφορικής* (Επιμέλεια Μ. Γρηγοριάδου, Ε. Γουλή, Α. Γόγουλου) Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα .

Παράρτημα 1 : Φύλλο οδηγιών συμπλήρωσης ερωτηματολογίου

Η παρούσα έρευνα έχει ως στόχο να καταγράψει τις αναλογίες που χρησιμοποιούνται από τους καθηγητές κατά τη διδασκαλία εισαγωγικών μαθημάτων προγραμματισμού (όπως των μαθημάτων ΑΕΠΠ στο Ενιαίο Λύκειο, προγραμματισμού Η/Υ στα ΤΕΕ, Πληροφορικής στο Γυμνάσιο) για την κατανόηση βασικών προγραμματιστικών εννοιών και δομών.

Αναλογία

Πολλές φορές όταν θέλουμε να εξηγήσουμε σε κάποιον μια άγνωστη έννοια για να το διευκολύνουμε να την καταλάβει χρησιμοποιούμε μια αναλογία με κάτι που ήδη γνωρίζει π.χ. για να εξηγήσουμε σε κάποιον τη δομή ενός ατόμου με τον πυρήνα στην μέση και τα ηλεκτρόνια να περιστρέφονται γύρω-γύρω σε διαφορετικές τροχιές του το παρομοιάζουμε με το ηλιακό σύστημα όπου ο ήλιος βρίσκεται στην μέση και γύρω του περιστρέφονται σε διαφορετικές τροχιές οι πλανήτες. Αυτή η αναλογία βέβαια θα έχει νόημα μόνο για κάποιον που γνωρίζει την κίνηση των πλανητών στο ηλιακό μας σύστημα

Μια αναλογία μπορεί να οριστεί ως μια **χαρτογράφηση** κάποιων ιδιοτήτων δύο εννοιών οι οποίες είναι κατά τα άλλα ανόμοιες . Η άγνωστη έννοια ονομάζεται **στόχος** ενώ η γνωστή έννοια ονομάζεται **ανάλογο ή πηγή**. Τόσο ο στόχος όσο και το ανάλογο μοιράζονται κάποιες κοινές ιδιότητες που κάνει τις δύο έννοιες να συσχετίζονται.

Μια αναλογία μπορεί να παρουσιαστεί με διάφορους τρόπους. Μπορεί να παρουσιαστεί προφορικά, με στατική εικόνα, με συνθετική κίνηση (animation), με φωτογραφία ή video.

Αναλογίες στην διδασκαλία

Ως καθηγητές, χρησιμοποιείτε πολύ συχνά αναλογίες στη διδασκαλία σας, άλλες φορές έχοντας δημιουργήσει μια αναλογία εκ των προτέρων και προσχεδιάσει τον τρόπο αξιοποίησής της. Άλλες φορές επινοείτε μια αναλογία και τον τρόπο χρήσης της κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας για να βοηθήσετε τους μαθητές στις δυσκολίες κατανόησης που αντιμετωπίζουν.

Οι αναλογίες που χρησιμοποιείτε μπορεί να προέρχονται από τα σχολικά εγχειρίδια ή άλλα βοηθήματα ενώ άλλες φορές έχουν δημιουργηθεί από εσάς στην προσπάθεια καλύτερης κατανόησης κάποιας έννοιας από τους μαθητές. Κάποιες φορές μπορεί και οι ίδιοι οι μαθητές να σας έχουν προτείνει ενδιαφέρουσες και χρήσιμες αναλογίες.

Για την καταγραφή των αναλογιών που χρησιμοποιείτε σε εισαγωγικά μαθήματα προγραμματισμού δημιουργήθηκε το παρακάτω ανώνυμο ερωτηματολόγιο το οποίο σας παρακαλούμε να συμπληρώσετε .

Παράδειγμα συμπλήρωσης ερωτηματολογίου

Μια αναλογία για την έννοια της μνήμη του υπολογιστή θα μπορούσε να είναι τα σπίτια σε ένα δρόμο με διευθύνσεις. Η αναλογία αυτή οποία θα μπορούσε να παρουσιαστεί στους μαθητές προφορικά.

A/A	Έννοια	Μορφή αναλογίας	Αναλογία
1	Κύρια μνήμη υπολογιστή	Προφορική	Σπίτια σε δρόμο με διευθύνσεις : σπίτι – κελί μνήμης διεύθυνση σπιτιού – διεύθυνση μνήμης

Προσοχή : Οι αναλογίες δεν πρέπει να συγχέονται με τα παραδείγματα. Ένα παράδειγμα αλγορίθμου (και όχι μια αναλογία) είναι ο αλγόριθμος για την επίλυση μιας δευτεροβάθμιας εξίσωσης.

Παράρτημα 2 : Ερωτηματολόγιο

A1.Χρόνια προϋπηρεσίας :

A2. Μαθήματα που διδάσκετε :

A3.Λύκειο/Γυμνάσιο/ΤΕΕ :

B1. Χρησιμοποιείτε αναλογίες κατά τη διδασκαλία εισαγωγικών μαθημάτων προγραμματισμού ή όχι;(Ναι/Όχι)

B2. Εξηγείστε για ποιο λόγο χρησιμοποιείτε αναλογίες ή για ποιο λόγο δεν χρησιμοποιείτε :

.....
.....
.....

B3. Χρησιμοποιείται κάποια συγκεκριμένη στρατηγική – μοντέλο για την αξιοποίηση των αναλογιών στη διδασκαλία ; Αν ναι ποιο και με ποια κριτήρια το επιλέξατε ;

.....
.....
.....

Γ. Αν έχετε χρησιμοποιήσει, χρησιμοποιείτε ή σκέφτεστε να χρησιμοποιήσετε αναλογίες κατά τη διδασκαλία εισαγωγικών μαθημάτων προγραμματισμού να αναφέρετε τις αναλογίες αυτές και τη μορφή τους για κάθε μια από τις προγραμματιστικές έννοιες και δομές που ακολουθούν.

A/A	Έννοια	Μορφή αναλογίας	Αναλογία
Γ1	Μεταβλητή στον προγραμματισμό Εντολή εκχώρησης τιμής σε μεταβλητή		
Γ2	Απλή δομή επιλογής (ΑΝ...ΤΟΤΕ...ΤΕΛΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		
Γ3	Σύνθετη δομή επιλογής (ΑΝ.....ΤΟΤΕ...ΑΛΛΙΩΣΤΕΛΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		
Γ4	Εμφωλευμένες δομές επιλογής		
Γ5	Πολλαπλή δομή επιλογής (ΕΠΕΛΕΞΕ...ΠΕΡΙΠΤΩΣ Η...ΤΕΛΟΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ)		
Γ6	Δομή επανάληψης (ΓΙΑ...ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ)		
Γ7	Δομή επανάληψης (ΟΣΟ... ΤΕΛΟΣ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ)		
Γ8	Δομή επανάληψης (ΑΡΧΗ_ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ...ΜΕΧΡΙΣ_ΟΤΟΥ)		
Γ9	Εμφωλευμένες δομές επανάληψης		
Γ10	Μονοδιάστατος πίνακας - προσπέλαση κελιών μονοδιάστατου πίνακα		
Γ11	Δισδιάστατος πίνακας -προσπέλαση κελιών δισδιάστατου πίνακα		

Γ12. Χρησιμοποιείτε αναλογίες στη διδασκαλία κάποιας προγραμματιστικής έννοιας ή δομής η οποία δεν αναφέρεται παραπάνω ; Αν ναι να αναφέρετε την έννοια και την αναλογία.

Έννοια	Αναλογία

Γ13. Οι μαθητές σας έχουν δώσει ποτέ κάποια δικιά τους αναλογία που να μην προέρχεται από εσάς ή από κάποιο εγχειρίδιο στη διδασκαλία; Αν ναι να αναφέρετε την έννοια και την αναλογία.

Έννοια	Αναλογία

Παράρτημα 3 : Φύλλο δραστηριότητας στην έννοια της μεταβλητής και στην εντολή απόδοσης τιμής στη γλώσσα Pascal

Πειραματιστείτε με το λογισμικό που σας δίνεται δοκιμάζοντας τα παρακάτω :

1. Συμπληρώστε τη στήλη πρόβλεψη με την τιμή που πιστεύεται ότι θα πάρει ή μεταβλητή I1 μετά από κάθε μια από τις παρακάτω εντολές απόδοσης τιμής.

Στη συνέχεια εκτελέστε τις εντολές για να δείτε το πραγματικό αποτέλεσμα και καταγράψτε το στη στήλη «αποτέλεσμα».

Συγκρίνετε το αποτέλεσμα με την πρόβλεψή σας. Υπάρχει διαφορά ; Αν ναι, πως την εξηγείτε ; Συμπληρώστε την στήλη «εξήγηση» με την εξήγησή σας.

	ΠΡΟΒΛΕΨΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
I1 :=3			
I1 :=5			
I1 := I2-I3+2			
I1 := I1 + 7			
I1 := 23.56			

2. Συμπληρώστε την στήλη πρόβλεψη με την τιμή που πιστεύεται ότι θα πάρουν τελικά οι μεταβλητές I1 και I2 μετά από την εκτέλεση **και των τριών** εντολών απόδοσης τιμής.

Στη συνέχεια εκτελέστε τις εντολές για να δείτε το πραγματικό αποτέλεσμα και καταγράψτε το στη στήλη «αποτέλεσμα».

Συγκρίνετε το αποτέλεσμα με την πρόβλεψή σας. Υπάρχει διαφορά ; Αν ναι, πως την εξηγείτε ; Συμπληρώστε την στήλη «εξήγηση» με την εξήγησή σας.

	ΠΡΟΒΛΕΨΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
I2 := 5 I1 := I2 I1 := 8			

3. Συμπληρώστε την στήλη πρόβλεψη με το τι πιστεύεται ότι θα συμβεί κατά την εκτέλεση κάθε μιας από τις παρακάτω εντολές απόδοσης τιμής.

Στη συνέχεια εκτελέστε τις εντολές για να δείτε το πραγματικό αποτέλεσμα και καταγράψτε το στη στήλη «αποτέλεσμα».

Συγκρίνετε το αποτέλεσμα με την πρόβλεψή σας. Υπάρχει διαφορά ; Αν ναι, πώς την εξηγείτε ; Συμπληρώστε την στήλη «εξήγηση» με την εξήγησή σας.

	ΠΡΟΒΛΕΨΗ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ
5:= I1			
I1+I2:=2			
I1 := '7'			
I1 := 12345			
R1 := 5			
R1 := false			
R1 : 65.348			
L1 := 45			
C2 := 'ATHINA'			
C1:= 'STAMATIS'			
L1 := 31 > 32			
L1 := true			
C1:= 'CCCCC' C2:= 'AAAAA' C3:= C1-C2			