ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Διδακτορική Διατριβή

Μάθηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή.

Αντιλήψεις μαθητών/φοιτητών, η επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση σχετικών εννοιών, σχεδίαση και αξιοποίηση αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης.

Ευάγγελος Κανίδης

2007

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Διδακτορική Διατριβή

του Ευαγγέλου Κανίδη

Μάθηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή.

Αντιλήψεις μαθητών/φοιτητών, η επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση σχετικών εννοιών, σχεδίαση και αξιοποίηση αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης.

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Μαρία Γρηγοριάδου, Αναπληρώτρια καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μέλη συμβουλευτικής επιτροπής
Στέλλα Βοσνιάδου, Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Αθηνών
Γεώργιος Γυφτοδήμος, Επίκουρος καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μέλη εξεταστικής επιτροπής
Νικόλαος Αβούρης, Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πάτρας
Χριστίνα Σολομωνίδου, Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Αναστάσιος Μικρόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πολυχρόνης Κυνηγός, Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Αθήνα 2007

Η παρούσα διατριβή αφιερώνεται στη σύντροφό μου Τασία,
που χωρίς την υπομονή, την ενθάρρυνση και την πολύπλευρη στήριξή της,
δεν θα μπορούσε να έχει ολοκληρωθεί.

Επίσης αφιερώνεται στην κόρη μου Φανή,
που ξεκινά τις ακαδημαϊκές σπουδές της
και εύχομαι να ανακαλύψει ότι το ταξίδι,
τις περισσότερες φορές είναι πιο ενδιαφέρον
από τον τελικό προορισμό.

Β.Κ

Ευχαριστίες

Θεωρώ χρέος μου να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε αυτούς που με οποιονδήποτε τρόπο βοήθησαν στη δημιουργία αυτής της διατριβής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κα. Μαρία Γρηγοριάδου, η οποία με παρακολούθησε με αμέριστο ενδιαφέρον και με καθοδήγησε συστηματικά σε όλα τα στάδια αυτής της ερευνητικής και συγγραφικής εργασίας. Η φιλική στάση της η υπομονή της και ο απεριόριστος χρόνος που μου διέθεσε υπήρξαν ουσιαστικοί παράγοντες για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Στην Καθηγήτρια του Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και υπεύθυνη του Μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη, κα. Στέλλα Βοσνιάδου για την εμπιστοσύνη που έδειξε στις ικανότητές μου, τη θετική στάση και συμπαράσταση σε όλη τη διάρκεια της διατριβής καθώς και για τη γενικότερη συμβολή της στο χώρο της Γνωσιακής Επιστήμης που αποτέλεσε οδηγό για την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.

Στους συναδέλφους Ξένια Βαμβακούση της οποίας η διατριβή και οι εργασίες υπήρξαν οδηγός για τη δική μου διατριβή και στην Ειρήνη Σκοπελίτη επειδή με προθυμία βοήθησε στην επεξεργασία των στατιστικών στοιχείων.

Στα μέλη της συμβουλευτικής και εξεταστικής επιτροπής, που με τις παρατηρήσεις τους και το επιστημονικό τους έργο συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της διατριβής.

Τέλος στους μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και τους φοιτητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης που συμμετείχαν με προθυμία στις έρευνες.

Ευάγγελος Κανίδης, Αθήνα 2007

Περιεχόμενα

	Τίτλος	Σελ.
	Περίληψη	
	Εισαγωγή	1
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
	Αντιλήψεις και δυσκολίες μαθητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή	
1.1	Εισαγωγή	7
1.2	Αντιλήψεις και δυσκολίες μαθητών σε θέματα σχετικά με τους υπολογιστές	9
1.3	Έρευνα για τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.	14
	1.3.1 Οι υποθέσεις της έρευνας.	14
	1.3.2 Συμμετέχοντες	15
	1.3.3 Διαδικασία	16
	1.3.4 Υλικό	16
	1.3.5 Αποτελέσματα - Ανάλυση των απαντήσεων	18
	1.3.6 Συμπεράσματα της έρευνας	29
	1.3.7 Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές	34
	Το εκπαιδευτικό υλικό του Γυμνασίου	34
	Το εκπαιδευτικό υλικό του Ενιαίου Λυκείου.	40
	Το εκπαιδευτικό υλικό των Τ.Ε.Ε.	43
	1.3.8 Συμπεράσματα για το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές.	48
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
	Αντιλήψεις και δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης	
2.1	Εισαγωγή	51
2.2	Προϋπάρχουσα γνώση και εννοιολογική αλλαγή	51

2.3 Η φύση των εννοιών της Πληροφορικής: Μεταφορά του θεωρητικού πλαισίου της εννοιολογικής αλλαγής από άλλες επιστήμες στην πληροφορική. 53

2.4 Κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης 56

2.5 Το θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας της κρυφής μνήμης 58

2.6 Δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης 60

2.7 Έρευνες για τη διερεύνηση των αντιλήψεων και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε έννοιες σχετικές με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης 61

2.7.1 Έρευνα 1η 62

Συμμετέχοντες 62

Διαδικασία 62

Υλικό 63

Βαθμολόγηση 64

Αποτελέσματα 65

2.7.2 Έρευνα 2η 72

Συμμετέχοντες 73

Διαδικασία 73

Υλικό 74

Βαθμολόγηση 74

Αποτελέσματα 75

2.7.3 Συνολικά αποτελέσματα ερευνών 84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Κατανόηση κειμένου από μαθητές/φοιτητές

3.1 Εισαγωγή 87

3.2 Κατανόηση επιστημονικών τεχνικών κειμένων 89

2.2.1 Οι δυσκολίες κατανόησης επιστημονικών τεχνικών κειμένων . 90

2.2.2 Ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα 91

3.3 Από την αναγνωσιμότητα στα σύγχρονα μοντέλα κατανόησης κειμένου 92

2.3.1 Νεότερες έρευνες 95

3.4 Σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου 99

3.4.1 Το μοντέλο των Kintsch και van Dijk 102

3.4.2 Το μοντέλο Δόμησης - Ολοκλήρωσης του Kinsch 107

3.4.3 Το μοντέλο ευρετηρίου γεγονότων (event-indexing). 111

3.4.4 Παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου του Kintsch 112

3.5 Το μοντέλο κατανόησης κειμένου των Denhiere & Baudet . . . 117

3.5.1 Η ανάλυση σε λειτουργικό σύστημα και η δημιουργία σχετικού κειμένου. 121

3.6 Δημιουργία κειμένου σχετικού με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης 122

3.6.1 Μικροδομή 123

3.6.2 Μακροδομή 124

3.7 Αποσπάσματα διαμόρφωσης κειμένου 127

3.7.1 Περιγραφή του αρχικού κειμένου 127

3.7.2 Το διαμορφωμένο κείμενο 131

3.7.3 Χρήση επιπλέον παραδειγμάτων 134

3.8 Έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης 138

3.8.1 Μέθοδος 138

3.8.2 Αποτελέσματα 149

3.8.3 Συμπεράσματα 158

3.9 Ανατρεπτικό κείμενο και εννοιολογική αλλαγή 160

3.10 Δημιουργία ανατρεπτικού κειμένου για την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. 163

3.10.1 Αποσπάσματα κειμένων 164

3.11 Έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση των φοιτητών 168

3.11.1 Μέθοδος 168
3.11.2 Αποτελέσματα 176
3.11.3 Συμπεράσματα 179

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Σχεδίαση και αξιοποίηση αλληλεπιδραστικού εκπαιδευτικού προγράμματος προσομοίωσης

4.1 Προγράμματα προσομοίωσης με χρήση υπολογιστή 181
4.1.1 Πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων 182
4.1.2 Μειονεκτήματα των προσομοιώσεων 183
4.2 Η χρήση των προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή στη μάθηση εννοιών 183
4.3 Προγράμματα προσομοίωσης για τη διδασκαλία της εσωτερικής δομής και λειτουργίας των υπολογιστών 187
4.4 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης 192
4.4.1 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου της Αϊόβα 193
4.4.2 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης 201
4.4.3 Πρόγραμμα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου 206
4.5 Σχεδίαση και υλοποίηση προγράμματος προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης 209
4.5.1 Βασικοί παράμετροι - Στόχοι σχεδίασης προγράμματος προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης 209
4.5.2 Περιγραφή προγράμματος προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης 210
4.6 Απεικόνιση των λειτουργιών της Κρυφής Μνήμης στο πρόγραμμα προσομοίωσης 214
4.6.1 Εισαγωγή 214
4.6.2 Οι λειτουργίες της Κρυφής Μνήμης 214
4.6.3 Ιεραρχία βημάτων κατά την εκτέλεση εντολής ανάγνωσης από την Κ.Μ.Ε. 236
4.6.4 Ιεραρχία βημάτων κατά την εκτέλεση εντολής εγγραφής από την Κ.Μ.Ε. 252

4.7 Εκπαιδευτικές δραστηριότητες με χρήση προσομοίωσης 264

4.7.1 Έρευνα για την επίδραση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με χρήση του προγράμματος προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης 267

Συμμετέχοντες 268

Υλικό 268

Βαθμολόγηση 270

Διαδικασία 274

Αποτελέσματα 275

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα – Συμβολή και Προεκτάσεις της Διατριβής

5.1 Συμπεράσματα 277

5.2 Συμβολή της διατριβής 281

5.3 Μελλοντική έρευνα και προεκτάσεις της διατριβής 283

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφία Ξενόγλωσση 285

Βιβλιογραφία Ελληνική 308

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Κείμενο Α 311

Κείμενο Β 321

Κείμενο Γ 335

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή κινείται στα ευρύτερα πλαίσια του χώρου της γνωσιακής επιστήμης σχετικά με τη μάθηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία των εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή.

Στόχος της διατριβής είναι η έρευνα για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές στην κατανόηση εννοιών σχετικών με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης, καθώς και οι φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης και εξετάζει την περίπτωση η μάθηση των εννοιών της κρυφής μνήμης να αποτελεί ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής. Επίσης, στόχος της διατριβής είναι η έρευνα της επίδρασης της μορφής του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού και της αξιοποίησης προσομοίωσης και εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στη μάθηση των σχετικών εννοιών.

Πολλοί ερευνητές αναφέρουν προβλήματα κατανόησης των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία των εσωτερικών μονάδων των υπολογιστών. Υποθέτουμε ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία μνήμης ενός υπολογιστή. Πραγματοποιήθηκε εμπειρική έρευνα για τον έλεγχο της υπόθεσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις μας. Επίσης μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν όλα τα σχετικά αποσπάσματα του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε σχέση με τις δυσκολίες που έχουν. Αντίστοιχη έρευνα σε φοιτητές δείχνει ότι οι δυσκολίες των φοιτητών αναφέρονται κυρίως σε έννοιες της κρυφής μνήμης.

Υιοθετώντας το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής ερευνούμε τις δυσκολίες που έχουν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Υποθέτουμε ότι η προϋπάρχουσα γνώση που έχουν οι φοιτητές για τη δομή και λειτουργία της κύριας μνήμης περιορίζει τον τρόπο με τον οποίο αυτοί κατανοούν τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Πραγματοποιήθηκαν δύο εμπειρικές έρευνες, οι οποίες οδηγούν στην καταγραφή των δυσκολιών που παρουσιάζουν οι φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών της οργάνωσης και λειτουργίας της κρυφής μνήμης, καθώς και στην επιβεβαίωση της υπόθεσής μας ότι η μάθηση των σχετικών εννοιών αποτελεί ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής.

Μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν όλα τα σχετικά αποσπάσματα του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι φοιτητές σε σχέση με τις δυσκολίες που έχουν. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και τις δυσκολίες των φοιτητών δημιουργήσαμε νέο έντυπο εκπαιδευτικό υλικό σε δύο μορφές: α) λαμβάνοντας υπόψη σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου και β) σύμφωνα με τις αρχές του ανατρεπτικού κειμένου. Υποθέτουμε ότι η χρήση του νέου έντυπου υλικού θα βοηθήσει τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Σε εμπειρικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με την επίδραση της μορφής των κειμένων στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης από τους φοιτητές διαπιστώνουμε ότι και τα δύο κείμενα διευκολύνουν τη μάθηση των σχετικών εννοιών. Από τα αποτελέσματα της έρευνας δεν επιβεβαιώνεται κάποια υπεροχή του ανατρεπτικού κειμένου σε σχέση με το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου.

Έχει αποδειχθεί ότι η χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης έχει θετικά αποτελέσματα στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τις εσωτερικές λειτουργίες των υπολογιστών, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με τη χρήση κατάλληλων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Υποθέτουμε ότι η αξιοποίηση ενός προγράμματος προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης με χρήση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που βασίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης θα έχει θετικά αποτελέσματα στην κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης από τους φοιτητές. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε πρόγραμμα προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης. Για τη σχεδίαση του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν οι δυσκολίες των φοιτητών καθώς και η μελέτη – αξιολόγηση σχετικών προγραμμάτων που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης σχεδιάστηκαν εκπαιδευτικές διερευνητικές – συνεργατικές δραστηριότητες που αξιοποιούν τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης. Η υπόθεση ότι η χρήση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης και βασίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης θα έχει θετικά αποτελέσματα στην κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης από τους φοιτητές ελέγχθηκε με εμπειρική έρευνα. Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν την υπόθεσή μας.

Εισαγωγή

Η παρούσα διατριβή έχει στόχο τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη μάθηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή. Η διατριβή ερευνά τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι μαθητές στην κατανόηση εννοιών σχετικών με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης, καθώς και οι φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Επίσης εξετάζει την περίπτωση, η μάθηση των εννοιών που αναφέρονται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης, να αποτελεί ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής. Η διατριβή εξετάζει την επίδραση παραγόντων που ευνοούν τη μάθηση όπως, η μορφή του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού, η αξιοποίηση προγράμματος προσομοίωσης και η χρήση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που στηρίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης.

Η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τις εσωτερικές μονάδες του υπολογιστή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, όχι μόνο λόγω των επιδράσεων που μπορεί να έχει στη μάθηση αυτών των ιδίων των εννοιών αλλά ιδιαίτερα λόγω του ότι οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να οικοδομήσουν αποτελεσματικά τη γνώση τους για τον τρόπο λειτουργίας των υπολογιστών μόνο όταν κατανοήσουν το χαμηλότερο επίπεδο λειτουργίας τους (Clements, 2000). Έρευνες αποδίδουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές/φοιτητές στη μάθηση εννοιών που αναφέρονται σε εσωτερικές μονάδες του υπολογιστή, στο ότι οι λειτουργίες που εκτελούνται σε αυτές δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες (Strickland, & Poe, 1989), στην περιορισμένη δυνατότητα εκτέλεσης σχετικών πειραμάτων (Das, 2000; Hyde, 2000) και στην έλλειψη κατάλληλων εργαλείων διδασκαλίας (Cassel, 2000).

Έχοντας σα βάση τα ευρήματα ερευνητών που μελετούν τον τρόπο με τον οποίο οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις και οι γνωστικές δομές τις οποίες έχουν αναπτύξει μαθητές και φοιτητές επηρεάζουν τη μάθηση και την κατανόηση νέων εννοιών, προσεγγίζουμε τις δυσκολίες και παρανοήσεις που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης από την οπτική της εννοιολογικής αλλαγής. Η προσέγγιση της μάθησης ενός θέματος ως πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής έχει δοκιμαστεί σε διάφορα πεδία γνώσεων και τα ευρήματα των σχετικών ερευνών μάς παρέχουν πληροφορίες για τους τρόπους με τους οποίους οι μαθητές/φοιτητές αναδιοργανώνουν τις γνώσεις

τους (Carey, 1985; Chi 1992; diSessa, 1988, 1993; Gelman, 1991; Vosniadou, & Brewer, 1987; Vosniadou, 1994, 2000; Wichmann et. al., 2003).

Το πρόβλημα κατανόησης των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης προκύπτει από την προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών, η οποία επηρεάζει τη μάθηση και την κατανόηση των νέων εννοιών. Οι φοιτητές που μαθαίνουν την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης ήδη έχουν διδαχθεί και γνωρίζουν έννοιες σχετικές με την οργάνωση και τη λειτουργία της κύριας μνήμης, και οι έννοιες αυτές δεν είναι συμβατές με τις νέες έννοιες της κρυφής μνήμης που πρέπει να δομηθούν. Οι φοιτητές έχουν μαθησιακές δυσκολίες γιατί στην προσπάθεια ενσωμάτωσης των νέων ασύμβατων εννοιών της κρυφής μνήμης στις υπάρχουσες γνωστικές δομές δημιουργούν παρανοήσεις ή συνθετικά μοντέλα, όπως αυτά ορίζονται από την Vosniadou (1994; 2002b). Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η ενεργοποίηση μιας επίμονης, μακρόχρονης και αργής διαδικασίας μάθησης η οποία θα προκαλέσει μια αναδιοργάνωση ή μια αντικατάσταση των δομών που προϋπάρχουν στους εκπαιδευόμενους. Στα πλαίσια της διατριβής μελετάται η διαδικασία μετάβασης από την προϋπάρχουσα γνωσιακή δομή των εννοιών της κύριας μνήμης σε μια άλλη, η οποία ενσωματώνει τις νέες έννοιες της κρυφής μνήμης υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής.

Παράγοντες που ευνοούν τη μάθηση και επιτρέπουν την αναδόμηση του επεξηγηματικού πλαισίου, που έχουν οι φοιτητές για την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης, είναι:

- Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι φοιτητές.
- Η αξιοποίηση προγράμματος προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης με χρήση εκπαιδευτικών διερευνητικών-συνεργατικών δραστηριοτήτων που στηρίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης.

Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή αποτελεί ένα από τα κύρια μέσα μάθησης (Glaser, 1991; Guzetti, Snyder, & Glass, 1992; Stinner, 1995) και η δομή του μπορεί να διευκολύνει ή να εισάγει επιπρόσθετες δυσκολίες στη μάθηση των εννοιών που περιγράφει. Από τους ερευνητές είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι η μορφή του κειμένου είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανόηση των εννοιών που περιγράφονται σε αυτό (Britton, Gulgoz, & Glynn,

1993). Σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου (Baudet, & Denhiere, 1992; Kintsch, 1988) ορίζουν τη μορφή και τη δομή που πρέπει να έχει ένα επιστημονικό κείμενο για να διευκολύνει την κατανόηση των εννοιών που περιγράφονται σε αυτό. Ένας άλλος τύπος κειμένου που πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι προωθεί την εννοιολογική αλλαγή και βοηθά τους μαθητές/φοιτητές στην κατανόηση επιστημονικών αλλαγών είναι το ανατρεπτικό (refutational) κείμενο (Mikkilä, 2001;Palmer 2002; Diakidoy, Kendeou & Ioannides, 2003; Skopeliti, & Vosniadou, 2005) Σε ένα ανατρεπτικό κείμενο αναφέρονται με σαφήνεια οι συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών/φοιτητών και στη συνέχεια ανατρέπονται (αντικρούονται) και παρουσιάζεται η επιστημονική άποψη.

Η χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης έχει αποδειχθεί ότι έχει θετικά αποτελέσματα στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τις εσωτερικές λειτουργίες των υπολογιστών (Fortner, Shar, & Mayer, 1986; Collet, & Shiffler, 1985; Jimoyiannis, & Komis, 2001). Οι προσομοιώσεις μέσω υπολογιστή παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους τρόπους μελέτης ενός συστήματος (Reigeluth, & Schwartz, 1989; Strickland, & Poe, 1989). Για το λόγο αυτό έχει αναπτυχθεί ένα μεγάλο πλήθος προσομοιώσεων των λειτουργιών ενός υπολογιστή (βλέπε Κεφ4, § 4.3). Η έρευνα δείχνει ότι τα εκπαιδευτικά οφέλη των προσομοιώσεων δεν αποκομίζονται αυτόματα από τους εκπαιδευόμενους με τη χρήση κάθε είδους προσομοίωσης (DeNardo, & Pyzdrowski, 1994; Yehezkel, Yurcik, & Pearson, 2001). Για το λόγο αυτό οι ερευνητές τονίζουν την ανάγκη για πρόσθετη υποστήριξη των εκπαιδευομένων με τη μορφή καθοδήγησης στη χρήση της προσομοίωσης, τον καθορισμό των εκπαιδευτικών στόχων, των προβλημάτων και των δραστηριοτήτων καθώς και την παροχή ανατροφοδότησης στους χρήστες (Thomas, & Neilson, 1995; Pilkington, & Grierson, 1996). Η μορφή της καθοδήγησης, που χρησιμοποιήθηκε, αφορά στη σχεδίαση και χρήση διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων που αξιοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης και στηρίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης.

Η δομή της διατριβής

Στο πρώτο κεφάλαιο ερευνώνται οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές σχετικά με έννοιες που αφορούν στην ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή. Παρουσιάζονται έρευνες που έχουν σαν αντικείμενο τις δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην κατανόηση εννοιών σχετικών με μονάδες του υπολογιστή. Υποθέτουμε ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή. Στο κεφάλαιο παρουσιάζεται εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήσαμε για τον έλεγχο αυτής της υπόθεσης καθώς και τα αποτελέσματα της έρευνας τα οποία επιβεβαιώνουν την υπόθεσή μας. Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μελέτη και αξιολόγηση του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση εννοιών της ιεραρχίας μνήμης των υπολογιστών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο υιοθετούμε το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής, υποθέτοντας ότι η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης είναι ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής. Εντοπίσαμε ότι οι φοιτητές για να κατανοήσουν τις έννοιες που αναφέρονται στην οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης ξεκινούν με μια αρχική "θεωρία" η οποία περιλαμβάνει τις έννοιες που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης. Προβλέψαμε ότι η κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης θα είναι δύσκολη, σταδιακή και θα συνοδεύεται από παρανοήσεις, οι οποίες αντανακλούν τους περιορισμούς που επιβάλλει η γνώση της οργάνωσης και λειτουργίας της κύριας μνήμης, καθώς και την προσπάθεια των φοιτητών να ενσωματώσουν τις καινούργιες γνώσεις στις προϋπάρχουσες γνωστικές δομές.

Η υπόθεσή μας ελέγχθηκε με δύο εμπειρικές έρευνες, τα αποτελέσματα των οποίων επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις μας.

Στο τρίτο κεφάλαιο εξετάζεται η επίδραση που έχει η δομή του κειμένου στην κατανόηση από φοιτητές, των εννοιών που περιγράφονται σε αυτό. Το κείμενο σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή αποτελεί ένα από τα κύρια μέσα μάθησης (Glaser, 1991; Guzetti, Snyder, & Glass, 1992; Stinner, 1995) και η δομή του μπορεί να διευκολύνει ή να εισάγει επιπρόσθετες δυσκολίες στη μάθηση των εννοιών που περιγράφει. Εξετάζεται ιστορικά η προσπάθεια των ερευνητών να εντοπίσουν τους

παράγοντες εκείνους που διευκολύνουν την κατανόηση ενός κειμένου κατά την ανάγνωσή του, καθώς και οι σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου (Kintsch, 1988; Denhiere & Baudet, 1992). Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται μελέτη και αξιολόγηση του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι φοιτητές σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης. Επίσης παρουσιάζεται η δημιουργία δύο κειμένων με βάση τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και τις δυσκολίες των φοιτητών. Το πρώτο κείμενο δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου, και το δεύτερο σύμφωνα με τις αρχές του ανατρεπτικού κειμένου. Παρουσιάζουμε επίσης τα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας για την επίδραση της μορφής του κειμένου που δημιουργήθηκε σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου, στην κατανόηση από φοιτητές των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Στο κεφάλαιο αυτό επίσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας σχετικά με την επίδραση του ανατρεπτικού κειμένου στην κατανόηση από φοιτητές των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Τα αποτελέσματα των ερευνών επιβεβαιώνουν ότι η χρήση και των δύο μορφών κειμένου διευκολύνει τη μάθηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Από την έρευνα δεν επιβεβαιώνεται ότι η χρήση του ανατρεπτικού κειμένου έχει καλύτερα αποτελέσματα στην κατανόηση των σχετικών εννοιών σε σύγκριση με τη χρήση του κειμένου που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με θεωρίες κατανόησης κειμένου.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στη σχεδίαση και αξιοποίηση αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η επίδραση που έχει η χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τις εσωτερικές λειτουργίες των υπολογιστών. Αναφέρονται προγράμματα προσομοίωσης λειτουργίας εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή από τη διεθνή βιβλιογραφία. Ιδιαίτερα παρουσιάζονται και αξιολογούνται προγράμματα προσομοίωσης που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης τα οποία είναι διαθέσιμα μέσω Διαδικτύου. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αναλυτικά η ανάπτυξη ενός προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω Διαδικτύου. Για την ανάπτυξη του προγράμματος προσομοίωσης αξιοποιούνται οι αντιλήψεις και

οι δυσκολίες των φοιτητών καθώς και η αξιολόγηση των υπαρχόντων προγραμμάτων προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης. Τέλος, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εμπειρικής έρευνας σχετικά με τη χρήση εκπαιδευτικών διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης και βασίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης και την επίδραση που έχουν στην κατανόηση από φοιτητές εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Για την ανάπτυξη των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και τον ορισμό των εκπαιδευτικών στόχων αξιοποιήθηκαν οι δυσκολίες των φοιτητών, το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό και το πρόγραμμα προσομοίωσης

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στα συμπεράσματα και τη συμβολή της διατριβής στην εκπαιδευτική έρευνα, καθώς και στις μελλοντικές προεκτάσεις της.

Κεφάλαιο 1

Αντιλήψεις και δυσκολίες μαθητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στις εναλλακτικές αντιλήψεις και τις δυσκολίες που παρουσιάζουν μαθητές κατά την εκμάθηση επιστημονικών εννοιών που σχετίζονται με υπολογιστές, όπως έχουν καταγραφεί από σχετικές έρευνες. Επίσης παρουσιάζονται έρευνες για τη διερεύνηση των αντιλήψεων που έχουν μαθητές και φοιτητές για τις μονάδες μνήμης των υπολογιστών. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται έρευνα για τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.

1.1 Εισαγωγή

Πολλοί ερευνητές έχουν διατυπώσει την άποψη ότι ολοένα και λιγότεροι μαθητές επιτυγχάνουν το επίπεδο κατανόησης των επιστημονικών εννοιών που είναι απαραίτητο για το σημερινό κόσμο (Bransford, Brown, & Cocking, 1999; Bruer, 1994; Perkins, 1992; Resnick, 1987; Ryder, & Graves, 1998). Για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης, τις τελευταίες δεκαετίες διεξάγεται μια σημαντική προσπάθεια μελέτης του τρόπου με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι, καθώς και των δυσκολιών μάθησης που παρουσιάζουν οι μαθητές σε διάφορα γνωστικά πεδία (Vosniadou, 2001; Bransford, Brown, & Cocking, 2000**).** Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές γίνονται αντιληπτές από λάθη που διαπράττουν όταν εκφράζουν τις απόψεις τους, μέσα στα πλαίσια μιας άσκησης κατανόησης ή σε ερωτήσεις – εξετάσεις ελέγχου γνώσεων. Τα λάθη αυτά, αντίθετα με τις παιδαγωγικές αντιμετωπίσεις του παρελθόντος, δεν αντιμετωπίζονται αρνητικά, αλλά αποτελούν σημαντικά στοιχεία για τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές έχουν οικοδομήσει τις γνώσεις τους.

Σήμερα οι ερευνητές αποδέχονται ότι οι δυσκολίες που διαπιστώνονται στη μάθηση έχουν σχέση με το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών, γεγονός που συμφωνεί με την άποψη ότι η μάθηση βασίζεται και επηρεάζεται από τις υπάρχουσες εννοιολογικές και γνωστικές δομές του μαθητή (Ausubel, 1968; Posner et al 1982; Vosniadou, & Brewer, 1987). Οι διαπιστώσεις αυτές συμφωνούν με τις αρχές του Κοντρουκτιβισμού (Constructivism), που υποστηρίζει ότι οι αναπαραστάσεις που αποκτούν οι μαθητές δεν είναι ένα αντίγραφο των αναπαραστάσεων που διαθέτουν οι καθηγητές, αλλά δομούνται από τις ιδέες και τις αντιλήψεις που αποκτά ο μαθητής μέσα από την επαφή του με το κοινωνικό περιβάλλον και την τάξη. Οι καθηγητές και τα διδακτικά βιβλία παρουσιάζουν μέσα από την προφορική και γραπτή γλώσσα την τρέχουσα αποδεκτή επιστημονική άποψη αλλά αυτό που καταλαβαίνουν οι μαθητές εξαρτάται από τις προσωπικές τους εμπειρίες και τις ήδη υπάρχουσες αναπαραστάσεις που διαθέτουν. Για να καταλάβουν οι μαθητές μία έννοια θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν μια κατάλληλη αναπαράσταση μέσα από τη δική τους εμπειρία. Συχνά αυτή η αναπαράσταση προέρχεται από μια αναδόμηση των πληροφοριών που διαθέτουν στη μνήμη τους και δεν είναι πάντοτε συμβατή με την αναπαράσταση που οι ειδικοί έχουν για τον πραγματικό κόσμο (Von Glaserfeld, 1995).

Μια κατηγορία δυσκολιών που συγκεντρώνει τα τελευταία 25 χρόνια το ενδιαφέρον των παιδαγωγών και των γνωστικών ψυχολόγων είναι οι παρανοήσεις (misconceptions). Ο όρος παρανόηση αναφέρεται σε γνώσεις και αντιλήψεις που διαθέτει ένα άτομο όταν αυτές δεν είναι συμβατές με εκείνες που είναι αποδεκτές επιστημονικά. Οι παρανοήσεις, ή συνθετικά μοντέλα, δημιουργούνται όταν ο μαθητής προσπαθεί να ενσωματώσει νέες ασύμβατες γνώσεις σε μια υπάρχουσα γνωστική δομή του (Vosniadou 1994;2002b). Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη των παρανοήσεων στις Φυσικές επιστήμες και τα Μαθηματικά, και έχουν επιχειρήσει την ταξινόμηση τους. (Smith, diSessa, & Rochelle, 1993; Ioannides & Vosniadou, 2002). Για να περιγράψουν τις αντιλήψεις των μαθητών οι ερευνητές, εκτός από τον όρο παρανοήσεις (misconceptions) έχουν χρησιμοποιήσει ένα πλήθος άλλες ονομασίες όπως προϋπάρχουσες αντιλήψεις (preconceptions) (Clement, 1982; Glasser & Bassok, 1989), εναλλακτικές αντιλήψεις (alternative conceptions) (Hewson & Hewson, 1984), απλοϊκές πίστεις (naive beliefs) (McCloskey, Caramazza & Green, 1980; McCloskey, 1983), εναλλακτικές πίστεις (alternative beliefs) (Wiser,

1989), εναλλακτικά πλαίσια (alternative frames) (Driver, 1983; Driver, & Easley, 1978) και απλοϊκές θεωρίες (naive theories) (McCloskey, 1983; Resnick, 1983).

1.2 Αντιλήψεις και δυσκολίες μαθητών σε θέματα σχετικά με τους υπολογιστές

Η πληροφορική είναι μια σύνθετη επιστήμη η οποία περιλαμβάνει έννοιες από τα Μαθηματικά και την εφαρμοσμένη Μηχανική και ίσως είναι η μοναδική επιστήμη που σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα έχει επηρεάσει κοινωνικά και οικονομικά την κοινωνία, και μάλιστα σε μεγάλο βαθμό (Kordaki, 2001). Είναι αναμενόμενο η επαφή των μαθητών με τους υπολογιστές να οδηγήσει στη δημιουργία ενός πλήθους αναπαραστάσεων. Οι αναπαραστάσεις αυτές οδηγούν στη θεμελίωση αντιλήψεων σχετικά με τις δυνατότητες, την οργάνωση και τις λειτουργίες που έχει ένας υπολογιστής (Κόμης, 1995).

Τα προβλήματα κατανόησης των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία των υπολογιστών μπορούν να προκύψουν από πολλές αιτίες. Συγκρίνοντας τη διδασκαλία της Πληροφορικής με τη διδασκαλία άλλων γνωστικών αντικειμένων αντίστοιχης θεώρησης, όπως τα Μαθηματικά ή η Φυσική, παρατηρούμε ότι οι μαθητές έρχονται σε επαφή με έννοιες των Μαθηματικών και της Φυσικής από τις πρώτες κιόλας τάξεις του Δημοτικού Σχολείου. Αντίθετα μέχρι πρόσφατα η Πληροφορική και η χρήση υπολογιστών ήταν κάτι άγνωστο στην Ελληνική δημόσια βασική υποχρεωτική εκπαίδευση. Μόνο τα τελευταία χρόνια (μετά το 2000) με την εφαρμογή του ολοήμερου προγράμματος, καθώς και με τον εξοπλισμό των Δημοτικών σχολείων με μερικές μονάδες υπολογιστών άρχισε η διδασκαλία της πληροφορικής από την 4^{η} Δημοτικού. Η κατάσταση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα οι μαθητές του Δημοτικού να έρχονται στην Α' Γυμνασίου με μικρή γνώση γύρω από την Πληροφορική (Κόμης, 1995).

Η μάθηση εννοιών σχετικών με τους υπολογιστές έχει πρόσθετες δυσκολίες, και από το γεγονός ότι οι έννοιες αυτές παρουσιάζονται συχνά με αγγλική ορολογία. Οι έννοιες του υπολογιστή συχνά περιλαμβάνουν πολύπλοκα τεχνικά θέματα σχετικά με την οργάνωσή του, καθώς και έννοιες σχετικές με τη δομή και τη σύνταξη μιας γλώσσας προγραμματισμού. Παράλληλα, η μάθηση των σχετικών εννοιών συχνά συγχέεται με τη δεξιότητα χρήσης διαφόρων έτοιμων εμπορικών πακέτων

λογισμικού. Σε όλες τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν θα πρέπει να προστεθεί το γεγονός ότι πολλές από τις έννοιες του υπολογιστή εξελίσσονται με τέτοια ταχύτητα που καθιστά άχρηστη οποιαδήποτε τυποποιημένη και στατική εκπαιδευτική προσέγγιση.

Οι πρώτες επαφές ενός παιδιού με την έννοια του υπολογιστή προέρχονται από το χώρο των παιχνιδιών (ηλεκτρονικών ή μηχανικών) αλλά και την τηλεόραση. Οι πρώτες αναπαραστάσεις τις οποίες τα παιδιά σχηματίζουν για τους υπολογιστές διαρθρώνονται γύρω από το συναισθηματικό τομέα και συνήθως ο υπολογιστής περιβάλλεται συναισθηματικά από θετική φόρτιση (Κόμης, 1995). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη θετική φόρτιση των μικρών μαθητών μεγάλο ρόλο παίζει και η θετική στάση που έχουν οι δάσκαλοί τους για τους υπολογιστές και τη μεταφέρουν σε αυτούς (Γιουκάκη, & Μακράκης, 1997; Σολομωνίδου, & Παπαστεργίου, 1999).

Στη συνέχεια τα παιδιά σαν μαθητές μέσα στο σπίτι και το σχολείο έχουν μια πιο άμεση επαφή με τους υπολογιστές και τη χρήση τους. Οι μαθητές, μέσα από την καθημερινή τους εμπειρία, τον κοινωνικό τους περίγυρο, τα μαθήματα Πληροφορικής που διδάσκονται στα σχολεία, καθώς και από τις διδακτικές πρακτικές των καθηγητών, εμπλουτίζουν τις αναπαραστάσεις που έχουν για τους υπολογιστές και δημιουργούν νοητικά μοντέλα της δομής και της λειτουργίας των υπολογιστών. Οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτά τα μοντέλα όταν προσπαθούν να λύσουν τα προβλήματα που αναφέρονται στη λειτουργία και τη χρήση των υπολογιστών (Johansson, Marton, & Svensson, 1985; Confrey, 1990; Κόμης, 1995; Κόλλιας, Μαργετουσάκη, Κόμης, & Γουμενάκης, 2000). Τα μοντέλα αυτά συνοδεύουν το παιδί από το Δημοτικό σχολείο στο Γυμνάσιο και η εναρμονισή τους με την πραγματική δομή και λειτουργία του υπολογιστή επιτυγχάνεται εν μέρει μέσα από το περιβάλλον, την πραγματική επαφή των μαθητών με τους υπολογιστές, στο σπίτι και στο σχολείο, το βιολογικό παράγοντα της ωρίμανσης της σκέψης των μαθητών, καθώς και από τη διδασκαλία μαθημάτων Πληροφορικής.

Οι Κόλλιας, Μαργετουσάκη, Κόμης, και Γουμενάκης (2000), χρησιμοποιώντας εννοιολογικούς χάρτες μελετούν τις αναπαραστάσεις που έχουν οι μαθητές του Δημοτικού για τις νέες τεχνολογίες και διαπιστώνουν ότι παρόλο που οι μαθητές οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα ήταν σχετικά μικροί σε ηλικία, είχαν ένα αρκετό πλούσιο φάσμα αναπαραστάσεων γύρω από τους υπολογιστές και τη χρήση τους.

Οι αναπαραστάσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για τους υπολογιστές επηρεάζονται και από το λογισμικό που χρησιμοποιούν. Οι Jackson, Fletcher, και Messer, 1986; 1988) σε δύο διαδοχικές έρευνές τους στα σχολεία της περιοχής Hertfordshire της Αγγλίας διαπιστώνουν ότι η εξάσκηση και η εμπειρία των μαθητών είναι ανάλογη με το είδος του λογισμικού που επιλέγουν οι καθηγητές. Όμοια, σε δύο διαδοχικές έρευνες, που πραγματοποιούν οι Smith και Keep (1986) σε παιδιά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την άποψη που είχαν οι μαθητές για το εκπαιδευτικό λογισμικό, διαπιστώνουν ότι τα ανοιχτά προγράμματα (τύπου logo) προσφέρουν περισσότερα κίνητρα στους μαθητές σε σχέση με τα αντίστοιχα κλειστά (ντετερμινιστικά) προγράμματα.

Μια κατηγορία δυσκολιών που αντιμετωπίζουν κυρίως οι νεαροί μαθητές προέρχεται από την ονομαζόμενη ανθρωπομορφική αντίληψη (Pea, 1984; Κόμης 1995β). Σύμφωνα με την ανθρωπομορφική αντίληψη, οι νεαροί κυρίως μαθητές έχουν την τάση να προσδίδουν στον υπολογιστή αισθήματα και αντιλήψεις που συναντούν στο κοινωνικό τους περιβάλλον (Nass, et.al., 1995). Οι μαθητές χρησιμοποιούν εκφράσεις για τον υπολογιστή όπως ότι είναι "νοητικός γίγαντας" ή ότι έχει "κρυμμένη νοημοσύνη" (Rea, 1986; Taylor, 1990). Σε αυτή την ανθρωπομορφική αντίληψη συμβάλλουν ονομασίες τμημάτων ή λειτουργιών του υπολογιστή που παραπέμπουν σε ανθρώπινες λειτουργίες. Τέτοιες ονομασίες είναι η μνήμη, η επεξεργασία δεδομένων, καθώς και η παλαιότερη ονομασία του υπολογιστή "Ηλεκτρονικός Εγκέφαλος". Επίσης συμβάλλει η γλώσσα που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί για να περιγράψουν τις λειτουργίες του υπολογιστή. Τέτοιες εκφράσεις είναι "Με την εντολή αυτή ο υπολογιστής θεωρεί ότι…", 'Ετσι είναι σα να του λες (του υπολογιστή) να…", " Ο υπολογιστής καταλαβαίνει ότι.." (Τζιμογιάννης, & Κόμης, 2004)

Οι Hughes, Brackenridge, και Macleod (1987;1989) μελετούν τις αντιλήψεις μαθητών του Δημοτικού και διαπιστώνουν ότι οι μαθητές έχουν περιορισμένα μοντέλα για τη λειτουργία των υπολογιστών. Ένα παράδοξο συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι οι ανθρωπομορφικές αντιλήψεις των μαθητών πληθαίνουν μετά από δύο χρόνια χρήσης των υπολογιστών. Ο Ρούσσος (1996), με έρευνα σε μαθητές του Δημοτικού σχολείου στην Αγγλία, επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα των Hughes, Brackenridge και Macleod, διαπιστώνοντας ότι οι μαθητές έχουν ανθρωπομορφικές

αντιλήψεις. Για παράδειγμα υποστηρίζουν ότι οι υπολογιστές "σκέφτονται" και ότι "θέλουν να κάνουν διάφορα πράγματα". Στον ελληνικό χώρο έχουν μελετηθεί οι αναπαραστάσεις των μαθητών δημοτικών σχολείων για την υπόσταση του υπολογιστή στο πλαίσιο εισαγωγής των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση (Κόμης, 1995; Komis, & Michaelides, 1997).

Ο Κόμης (1995α) μελετά για ένα χρόνο τις αναπαραστάσεις των μαθητών του δημοτικού σχετικά με τις νέες τεχνολογίες και τον τρόπο που εξελίσσονται οι αναπαραστάσεις των μαθητών πάνω στις τεχνολογίες της πληροφορικής, καθώς και τα δομικά στοιχεία που καθορίζουν την εξέλιξη αυτών των αναπαραστάσεων. Στην έρευνα αυτή εντοπίζει ανθρωπομορφικές αναπαραστάσεις του υπολογιστή, καθώς και αναπαραστάσεις ηλεκτρονικού παιχνιδιού. Στο θέμα του ανθρωπομορφισμού διαπιστώνει ότι υπάρχει επηρεασμός των μαθητών από την επιστημονική φαντασία. και ότι η έννοια του ανθρωπομορφισμού που διαθέτουν μπορεί να περιλαμβάνει ως και την απόδοση συναισθημάτων σε υπολογιστές. Διαπιστώνει επίσης ότι η διδασκαλία της Πληροφορικής μεταβάλλει τις αναπαραστάσεις που έχουν οι μαθητές για τους υπολογιστές.

Επίσης ένα μεγάλο πλήθος ερευνών για τον εντοπισμό των δυσκολιών και των παρανοήσεων που έχουν οι μαθητές/φοιτητές στην Πληροφορική έχει αρχίσει από τη δεκαετία του '80 και αφορά κυρίως στη διερεύνηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/φοιτητές σε επίπεδο επίλυσης προβλημάτων με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού. Οι δυσκολίες εντοπίζονται κυρίως ως παρανοήσεις στην έννοια της μεταβλητής (Samurçay, 1989; Du Bulay, 1989; Putnum et. al., 1989; Ebrahimi, 1994; Τζιμογιάννης & Κόμης, 2000), στην έννοια του πίνακα (Du Bulay, 1989), στις δομές επιλογής (Spohrer, & Soloway, 1986b; Ebrahimi, 1994; Pane, & Myers, 2000), στις δομές επανάληψης (Pane, & Myers, 2000; Κόμης, 2001; Pane, & Myers, 2000; Samurcay, 1989) και στις εντολές εισόδου/εξόδου (Putnam et al., 1989; Ebrahimi, 1994).

Εκτός από τον προγραμματισμό, σημαντικές δυσκολίες και παρανοήσεις εμφανίζουν οι μαθητές στην κατανόηση εννοιών που αναφέρονται στην οργάνωση και λειτουργία των μονάδων του υπολογιστή.

Οι Κρεμμυδάς και Σπηλιωτοπούλου (1999) μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών Γυμνασίων για την οθόνη και το πληκτρολόγιο του Η/Υ. Χρησιμοποιείται η λογική

των εννοιών σύμφωνα με την οποία τα αντικείμενα αποκτούν σημασία από τις δράσεις τους. Το πρώτο που εξετάζεται είναι "τι μπορείς να κάνεις με αυτό" είτε φυσικά είτε νοητικά. Το δεύτερο είναι "από τι είναι κατασκευασμένο" και το τρίτο "τι μπορεί να κάνει να συμβεί" δηλαδή τι αλλαγές μπορεί να επιφέρει σε άλλα αντικείμενα. Διαπιστώνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση της λειτουργίας αυτών των εξωτερικών μονάδων, καθώς και τη συσχέτιση τους με άλλες μονάδες του υπολογιστή. Στις μονάδες αυτές αποδίδουν ικανότητες και δυνατότητες ανώτερες από τις πραγματικές τους. Για παράδειγμα αναφέρουν ότι το πληκτρολόγιο δίνει εντολές και η οθόνη τις εκτελεί. Τα συμπεράσματα αυτών των ερευνών επιβεβαιώνουν τη διαπίστωση (Komis, 1997) ότι υπάρχει ένα μεγάλο χάσμα μεταξύ της λογικής που χρησιμοποιούν οι μαθητές και της τεχνολογικής λογικής που καθορίζει τη λειτουργία του υπολογιστή, καθώς επίσης και τη λειτουργία των μονάδων του.

Οι Βενάκης, Γιαννακόπουλος, Πυρλή και Κορδάκη (2002) μελετούν την κατανόηση των μαθητών σε έννοιες σχετικές με τις ιδιότητες περιφερειακών μέσων αποθήκευσης. Οι μονάδες αυτές αποτελούν ουσιαστικά μέρη κάθε υπολογιστή και σε πολλούς μαθητές είναι προφανής η αναγκαιότητα ύπαρξής τους αλλά οι ιδιότητες τους δεν είναι τόσο γνωστές. Ο ερευνητές, με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και δραστηριοτήτων, διαπιστώνουν ότι ελάχιστοι μαθητές έχουν κατανοήσει τη σημασία ύπαρξης διαφορετικών μέσων αποθήκευσης. και ότι σχεδόν όλοι δεν έχουν κατανοήσει την έννοια του αρχείου. Οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι η κατανόηση εννοιών σχετικών με τα αρχεία, τα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης όπως και η κατανόηση εννοιών σχετικών με τις ιδιότητες του υλικού, "αποτελεί μια δύσκολη υπόθεση για τους μαθητές".

Οι Τζιμογιάννης και Κόμης (2004) μελετούν τις αναπαραστάσεις που έχουν οι μαθητές Λυκείου για το ρόλο της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας (ΚΜΕ), της κύριας μνήμης (RAM) και της περιφερειακής (βοηθητικής) μνήμης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο λύκεια της περιοχής Ιωαννίνων σε τυχαίο δείγμα 80 μαθητών με μέσο όρο ηλικίας 15,7 έτη. Οι μαθητές παρακολουθούσαν το μάθημα επιλογής "Εφαρμογές Υπολογιστών". Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι πλειονότητα των μαθητών δεν έχει οικοδομήσει επαρκείς αναπαραστάσεις για το ρόλο κάθε μονάδας. Περισσότεροι από τα 2/3 των μαθητών έχουν την αντίληψη ότι η οθόνη έχει δυνατότητες προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων. Οι μαθητές αυτοί δεν έχουν κατανοήσει το ρόλο της κύριας μνήμης (RAM) και αποδίδουν στην οθόνη

χαρακτηριστικά μονάδας μνήμης. Επίσης, η πλειονότητα των μαθητών δεν μπορεί να περιγράψει με απλά λόγια την έννοια του υλικού (hardware). Αντίθετα, οι μαθητές δεν έχουν σημαντικές δυσκολίες σε έννοιες σχετικές με τη βοηθητική μνήμη (Δισκέτα, Σκληρός δίσκος, CD-ROM). Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την άποψη των ερευνητών ότι συχνά οι μαθητές αντιμετωπίζουν τον υπολογιστή σα "μαύρο κουτί", και αυτό προκαλεί δυσκολίες και παρανοήσεις.

Ακόμα και σε φοιτητές τμημάτων της Επιστήμης των Υπολογιστών έχουν εντοπιστεί δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που αφορούν στη λειτουργία του επεξεργαστή κατά την εκτέλεση εντολών (Powers, 2004), και στη λειτουργία των λογικών πυλών (AND, OR, NOT) (Jones, 1987).

1.3 Έρευνα για τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται έρευνα της οποίας κύριος σκοπός είναι η διερεύνηση των αντιλήψεων που διαθέτουν οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ως προς την οργάνωση και τη λειτουργία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα διερευνώνται οι αντιλήψεις που έχουν σχηματίσει οι μαθητές για τη λειτουργία των μονάδων μνήμης που σχηματίζουν την ιεραρχία μνήμης ενός υπολογιστή.

Στο δεύτερο μέρος της ενότητας παρουσιάζεται και αξιολογείται όλο το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές των Γυμνασίων, Λυκείων και Τ.Ε.Ε για να διαπιστωθεί ο βαθμός πληρότητας και κάλυψης των εννοιών που αναφέρονται στις μονάδες μνήμης. Η αξιολόγηση γίνεται με βάση τις δυσκολίες που παρουσίασαν οι μαθητές.

1.3.1 Οι υποθέσεις της έρευνας

Με βάση τα ευρήματα των ερευνών που παρουσιάσαμε στην παράγραφο 1.2 ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που αναφέρονται σε μονάδες του υπολογιστή, θεωρήσαμε ότι οι μαθητές θα έχουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή. Οι μονάδες αυτές δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες από τους μαθητές και η οργάνωση και

λειτουργία τους συχνά δεν καλύπτεται ικανοποιητικά από τα σχολικά βιβλία. Με βάση τα ανωτέρω σχηματίσαμε τις υποθέσεις της έρευνας, οι οποίες είναι:

- Οι μαθητές γνωρίζουν ότι σε έναν υπολογιστή υπάρχουν διάφορες μονάδες μνήμης, και μπορούν να ονομάσουν τις περισσότερες από αυτές.
- Οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών της κύριας μνήμης και συγκεκριμένα:
    - Στη λειτουργία (ρόλος) της κύριας μνήμης μέσα σε έναν υπολογιστή.
    - Στην οργάνωση της μνήμης και τη χρησιμότητα των διευθύνσεων μνήμης για την προσπέλαση σε συγκεκριμένα byte ή λέξεις της κύριας μνήμης.
    - Στην κατανόηση της έννοιας της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων και προγραμμάτων στην κύρια μνήμη
- Οι μαθητές γνωρίζουν την ύπαρξη της κρυφής μνήμης, έχουν όμως δυσκολίες στο να καθορίσουν τη θέση και το ρόλο της σε έναν υπολογιστή.
- Οι μαθητές, ενώ γνωρίζουν και μπορούν να ονομάσουν ορισμένες από τις περιφερειακές μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή, δυσκολεύονται να συγκρίνουν και να κατατάξουν τις μονάδες αυτές ως προς τη χωρητικότητα και την ταχύτητά τους.
- Οι μαθητές έχουν δυσκολία στο να κατανοήσουν τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει ένα πρόγραμμα που βρίσκεται αποθηκευμένο σε μια περιφερειακή μονάδα μνήμης για να εκτελεστεί.

1.3.2 Συμμετέχοντες

Πίνακας 1.4: Η σύνθεση του δείγματος μαθητών ανά τύπο σχολείου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΑΞΗ				
	Α ΤΑΞΗ	Β ΤΑΞΗ	Γ ΤΑΞΗ	ΣΥΝΟΛΟ
ΓΥΜΝΑΣΙΟ	18	48	68	**134**
ΛΥΚΕΙΟ	-	41	51	**92**
ΤΕΕ	23	50	40	113
ΣΥΝΟΛΟ	**41**	**139**	**159**	**339**

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα είναι 339 μαθητές τριών Λυκείων, τεσσάρων Γυμνασίων και τριών ΤΕΕ (ΕΠΑΛ) που ανήκουν στη Β΄ Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Αθήνας η επιλογή των οποίων ήταν τυχαία. Η λεπτομερής σύνθεση του δείγματος εμφανίζεται στον πίνακα 1.4. Οι συμμετοχή στην έρευνα ήταν προαιρετική, και σύμφωνα με τους καθηγητές τους οι μαθητές είχαν διάφορα επίπεδα

επίδοσης στην Πληροφορική. Κατά τη διάρκεια της έρευνας όλοι οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί το αντίστοιχο κεφάλαιο του βιβλίου τους που αναφερόταν στην οργάνωση και τη λειτουργία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.

1.3.3 Διαδικασία

Οι μαθητές συμπλήρωσαν επώνυμα ένα ειδικό ερωτηματολόγιο στο χώρο του σχολείου τους κατά τη διάρκεια του κανονικού σχολικού ωραρίου, με την παρουσία του καθηγητή τους και του ερευνητή. Η διάρκεια συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ήταν για κάθε τάξη γύρω στα 20 λεπτά. Ο ερευνητής απαντούσε σε διευκρινιστικές ερωτήσεις των μαθητών με εκφράσεις που δεν υποδείκνυαν τη σωστή απάντηση, ενώ σε κάθε τμήμα έγιναν συνολικά ελάχιστες ερωτήσεις (μια με δύο κατά μέσο όρο).

Μετά από την αξιολόγηση των απαντήσεων επακολούθησαν επιλεκτικά 12 συνεντεύξεις μαθητών (τέσσερις ανά τύπο σχολείου) των οποίων οι απαντήσεις κρίθηκε ότι θα έπρεπε να τύχουν περαιτέρω εξέτασης. Η επιλογή των μαθητών έγινε με κριτήριο τις απαντήσεις των μαθητών, δηλαδή επιλέχθηκαν μαθητές που είχαν απαντήσει πολύ συνοπτικά, χωρίς να αιτιολογούν και να διευκρινίζουν τις απαντήσεις τους. Οι συνεντεύξεις ήταν ατομικές, έγιναν στο σχολείο του κάθε μαθητή κατά τη διάρκεια του κανονικού σχολικού ωραρίου χωρίς την παρουσία άλλου εκπαιδευτικού. Κάθε συνέντευξη διήρκησε περίπου τριάντα λεπτά (30').

Οι καθηγητές των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα (συνολικά 14 άτομα) ερωτήθηκαν σχετικά με το υλικό που χρησιμοποιούν στη διδασκαλία τους και όλοι δήλωσαν ότι χρησιμοποιούν κυρίως τα σχολικά βιβλία και σε ορισμένα μαθήματα χρησιμοποιούν υλικό που έχουν δημιουργήσει οι ίδιοι ή προέρχεται από ειδικές τοποθεσίες στο Internet.

1.3.4 Υλικό

Η έρευνα έγινε με χρήση ερωτηματολογίου το οποίο περιείχε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Η σχεδίαση του ερωτηματολογίου εμφανίζεται στον πίνακα 1.5. Οι ερωτήσεις επικεντρώνονται σε θέματα σχετικά με τα εξής:

1. Τις ειδικές γνώσεις λόγω χρήσης προσωπικού υπολογιστή, ανάγνωσης σχετικών περιοδικών ή παρακολούθησης επιπλέον μαθημάτων.
2. Τις μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή

3. Το ρόλο της κύριας μνήμης και της κρυφής μνήμης.
4. Έννοιες που αφορούν στην αποθήκευση δεδομένων
5. Τη διευθυνσιοδότηση των θέσεων κύριας μνήμης.
6. Τη διαδρομή την οποία πρέπει να ακολουθήσει ένα πρόγραμμα που βρίσκεται αποθηκευμένο σε μια περιφερειακή μονάδα μνήμης για να εκτελεστεί.
7. Την κατάταξη των μονάδων μνήμης ως προς τη χωρητικότητα και ως προς την ταχύτητα

Πίνακας 1.5

Η σχεδίαση του Ερωτηματολογίου

Ερωτήματα σχετικά με την ύπαρξη ειδικών γνώσεων λόγω χρήσης προσωπικού υπολογιστή, ανάγνωσης σχετικών ειδικών περιοδικών ή παρακολούθησης επιπλέον μαθημάτων.

Α1. Έχετε δικό σας υπολογιστή; ΝΑΙ □ ΟΧΙ □
Α2. Διαβάζετε περιοδικά σχετικά με υπολογιστές; Αν διαβάζετε ποια είναι αυτά;
Α3. Έχετε παρακολουθήσει άλλα μαθήματα υπολογιστών εκτός από αυτά που προσφέρονται στο σχολείο; Αν ΝΑΙ τι είδους μαθήματα. ; ΝΑΙ □ ΟΧΙ □

Ερώτημα σχετικά με τις μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή

Β1. Εκτός από την κύρια μνήμη του υπολογιστή, γνωρίζετε αν υπάρχουν άλλες μονάδες μνήμης μέσα σε έναν υπολογιστή; Και ποιες είναι αυτές;

Ερωτήματα σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης και της κρυφής μνήμης.

Γ1. Ένα από τα τμήματα ενός υπολογιστή είναι η κύρια μνήμη. Γιατί νομίζετε ότι είναι απαραίτητη η κύρια μνήμη σε έναν υπολογιστή;
Γ2. Ένα από τα υποσυστήματα μνήμης σε έναν υπολογιστή ονομάζεται κρυφή ή λανθάνουσα μνήμη (cache memory).
α) Ποια είναι η θέση της μέσα στον υπολογιστή σε σχέση με τα άλλα υποσυστήματα μνήμης;
β) Ποιος είναι ο ρόλος της ;

Ερώτημα σχετικό με τη διευθυνσιοδότηση των θέσεων κύριας μνήμης.

Δ1. Οι πληροφορίες που βρίσκονται αποθηκευμένες στην κύρια μνήμη του υπολογιστή είναι οργανωμένες σε "κελιά" μνήμης . Κάθε κελί έχει μια διεύθυνση. Μπορείτε να αναφέρετε πώς χρησιμοποιείται αυτή η διεύθυνση;

Ερωτήματα σχετικά με έννοιες αποθήκευσης δεδομένων.

Ε1. Τι ακριβώς εννοεί η φράση " Τα δεδομένα στην κύρια μνήμη αποθηκεύονται προσωρινά";
Ε2. Συχνά αναφέρεται ότι στο σκληρό δίσκο η αποθήκευση των δεδομένων είναι μόνιμη. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να διαγραφούν ή κάτι διαφορετικό;

Ερωτήματα σχετικά με την κατάταξη των μονάδων μνήμης ως προς τη χωρητικότητα και ως προς την ταχύτητα.

Ζ1. Όλες οι μονάδες της μνήμης έχουν την ίδια ταχύτητα; Στην περίπτωση που δεν έχουν την ίδια ταχύτητα κατατάξτε τις μονάδες αυτές από την πιο γρήγορη προς την πιο αργή .

Ζ2. Όλες οι μονάδες της μνήμης έχουν την ίδια χωρητικότητα; Στην περίπτωση που δεν έχουν την ίδια χωρητικότητα, κατατάξτε τις μονάδες αυτές από αυτή που έχει την μεγαλύτερη χωρητικότητα προς αυτή που έχει τη μικρότερη.

Διαδρομή μεταφοράς δεδομένων από περιφερειακή μονάδα μνήμης στον επεξεργαστή.

Η1. Θέλουμε να εκτελέσουμε ένα πρόγραμμα που βρίσκεται σε μια δισκέτα. Ποια πορεία θα ακολουθήσουν τα δεδομένα και οι εντολές του προγράμματος αυτού για να εκτελεστούν από τον επεξεργαστή. Θα μεταφερθούν σε άλλες μονάδες μνήμης, και σε ποιες;

1.3.5 Αποτελέσματα - Ανάλυση των απαντήσεων

Οι απαντήσεις των μαθητών αναλύονται ανάλογα με το είδος της ερώτησης: Ως προς την ορθότητα, ως προς την ύπαρξη επιπλέων γνώσεων λόγω χρήσης προσωπικού υπολογιστή, ανάγνωσης ειδικών περιοδικών ή παρακολούθηση επιπλέον μαθημάτων και ως προς την απόδοση ιδιοτήτων στη μνήμη τις οποίες δεν διαθέτει. Σε ερωτήσεις όπου οι απαντήσεις των μαθητών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, γίνεται κατηγοριοποίηση. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση των απαντήσεων

- *Ερωτήματα (Α1, Α2, Α3) ελέγχου ειδικών γνώσεων λόγω χρήσης προσωπικού υπολογιστή, ανάγνωσης σχετικών περιοδικών ή παρακολούθησης επιπλέον μαθημάτων.*

Στόχος των ερωτήσεων αυτών είναι να διαπιστωθεί αν οι μαθητές έχουν επιπλέον γνώσεις που δεν προέρχονται από την ενδοσχολική εκπαίδευση. Η χρήση προσωπικού υπολογιστή, η ανάγνωση σχετικών περιοδικών ή η παρακολούθηση επιπλέον μαθημάτων εκτός των σχολικών δηλώνουν ότι ο μαθητής μπορεί να έχει επιπλέον γνώσεις που δεν προέρχονται από τα σχολικά βιβλία ή την εκπαίδευση που παρέχει το σχολείο. Στον πίνακα 1.4 παρουσιάζονται οι απόλυτοι αριθμοί και τα ποσοστά των μαθητών που διαθέτουν προσωπικό υπολογιστή ανά είδος σχολείου.

Παρατηρούμε ότι ή συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών διαθέτει προσωπικό υπολογιστή, και συνεπώς έχει εμπειρία από τη χρήση του. Η εμπειρία χρήσης ενός υπολογιστή θεωρούμε ότι είναι σημαντική για τα παιδιά ακόμα και αν τον χρησιμοποιούν κυρίως για λόγους διασκέδασης (όπως διαπιστώθηκε από τις συνεντεύξεις).

Πίνακας 1.4 : Κατοχή προσωπικού υπολογιστή

Μαθητές με Προσωπικό Υπολογιστή			
	Σύνολο Μαθητών	**Έχουν PC**	**Ποσοστό**
ΓΥΜΝΑΣΙΟ	134	82	**61%**
ΛΥΚΕΙΟ	92	79	**86%**
ΤΕΕ	113	86	**76%**
Σύνολο	**339**	**247**	**73%**

Στον πίνακα 1.5 εμφανίζονται οι απόλυτοι αριθμοί και τα ποσοστά των μαθητών που διαβάζουν ειδικά περιοδικά ή έχουν παρακολουθήσει επιπλέον μαθήματα υπολογιστών.

Πίνακας 1.5: Παρακολούθηση επιπλέον μαθημάτων και ανάγνωση περιοδικών

Εκπαιδευτική Βαθμίδα	**Επιπλέον Μαθήματα**		**Ανάγνωση Περιοδικών**	
	Αριθμός	**Ποσοστό**	**Αριθμός**	**Ποσοστό**
ΓΥΜΝΑΣΙΟ	20	15%	41	**31%**
ΛΥΚΕΙΟ	8	9%	41	**45%**
ΤΕΕ	8	7%	71	**63%**
Σύνολο	**36**	**11%**	**153**	**45%**

Παρατηρούμε ότι ένα μικρό ποσοστό μαθητών έχει παρακολουθήσει μαθήματα πληροφορικής εκτός του σχολείου. Το ποσοστό 15%, που αντιστοιχεί στους μαθητές του Γυμνασίου και είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τα ποσοστά των άλλων τύπων σχολείων, δείχνει το αυξανόμενο ενδιαφέρον των οικογενειών για την εκπαίδευση των νέων στις νέες τεχνολογίες.

Επίσης ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών διαβάζει περιοδικά που έχουν σχέση με υπολογιστές. Το ποσοστό 63% των μαθητών των ΤΕΕ, που είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τα ποσοστά των άλλων τύπων σχολείων, δείχνει ότι οι μαθητές που ασχολούνται με τεχνικά μαθήματα έχουν μεγαλύτερο προσωπικό ενδιαφέρον για τους υπολογιστές.

- *Ερώτημα (Β1) σχετικά με τις μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή*

Στόχος της ερώτησης είναι να εξεταστεί αν οι μαθητές γνωρίζουν τις διαφορετικές μονάδες μνήμης που υπάρχουν σε έναν υπολογιστή.

Ο πίνακας 1.6 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Πίνακας 1.6: Απαντήσεις μαθητών για τις μονάδες μνήμης του υπολογιστή

Απαντήσεις για τις μονάδες μνήμης του υπολογιστή	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Που θεωρήθηκαν πλήρεις (Κύρια μνήμη, Σκληρός δίσκος CD-ROM –DVD)	51	38,1%	40	43,5%	44	38,9%
Που περιλαμβάνουν τους καταχωρητές.	-	0,0%	1	1,1%	1	0,9%
Που περιλαμβάνουν την κρυφή μνήμη.	3	2,2%	16	17,4%	12	10,6%

Στην ερώτηση αυτή απάντησαν όλοι οι μαθητές και των τριών τύπων σχολείων αναφέροντας διάφορες μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή. Πλήρεις θεωρήθηκαν οι απαντήσεις που περιλάμβαναν τουλάχιστον την κύρια μνήμη, το σκληρό δίσκο και τη δισκέτα ή CD-ROM, DVD.

Στις απαντήσεις τους ένα ποσοστό 38% (51 άτομα) των μαθητών του Γυμνασίου αναφέρει το σκληρό δίσκο, τη δισκέτα, και το CD-ROM. Κανένας μαθητής δεν ανέφερε τους καταχωρητές και μόνο ένα ποσοστό 2% (3 άτομα) ανέφερε την κρυφή μνήμη. Αντίθετα, ένα ποσοστό 60% των μαθητών (80 άτομα) αναφέρει ως διαφορετικές μονάδες μνήμης τις μνήμες RAM και ROM, ενώ αποτελούν τμήματα της κύριας μνήμης.

Οι μαθητές του Λυκείου σε ποσοστό 44% (40 άτομα) αναφέρουν το σκληρό δίσκο, τη δισκέτα και το CD-ROM. Επίσης ένα ποσοστό 40% από αυτούς αναφέρουν και την κρυφή μνήμη. Υπάρχουν ελάχιστες αναφορές, (1%), στους καταχωρητές και σε ένα ποσοστό 30% (28 άτομα) εμφανίζεται μια άποψη παρόμοια με αυτή που επικρατεί στις απαντήσεις του Γυμνασίου, ότι δηλαδή οι τύποι κύριας μνήμης RAM και ROM αποτελούν διαφορετικές μονάδες μνήμης.

Οι μαθητές των ΤΕΕ σε ένα ποσοστό 39% αναφέρουν την κύρια μνήμη και τις βοηθητικές μνήμες (Δισκέτα – Σκληρός δίσκος, CD-ROM) αλλά οι καταχωρητές και η κρυφή μνήμη αναφέρονται μόνο από ελάχιστους μαθητές (2%). Επίσης σε ποσοστό 60% (68 άτομα) αναφέρουν ως διαφορετικές μονάδες τη μνήμη ROM και RAM.

Παρατηρείται ότι η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών δεν αναφέρει και πιθανά δεν γνωρίζει ότι οι καταχωρητές και η κρυφή μνήμη αποτελούν μονάδες μνήμης σε έναν υπολογιστή. Επίσης ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών έχει την αντίληψη ότι οι

τύποι κύριας μνήμης RAM και ROM αποτελούν διαφορετικές μονάδες μνήμης. Η αντίληψη αυτή των μαθητών πιθανά προέρχεται από το γεγονός ότι γίνεται εκτενής αναφορά στους δύο αυτούς τύπους της κύριας μνήμης στα σχολικά βιβλία.

- *Ερώτημα (Γ1) σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης*

Ο πίνακας 1.7 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών του Γυμνασίου προκύπτει ότι ένα ποσοστό 60% (80 άτομα) αναφέρει ότι η κύρια μνήμη χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση πληροφοριών. Η απάντηση αυτή χαρακτηρίζεται "προς την επιστημονική" κατεύθυνση, γιατί δεν διευκρινίζει την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης. Η επιστημονική προσέγγιση για την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων αναφέρεται σε παραμονή των δεδομένων στην κύρια μνήμη α) μόνο για όσο διάστημα ο υπολογιστής τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα, και β) μόνο για το διάστημα που ο υπολογιστής τα χρησιμοποιεί, όταν δεν τα χρησιμοποιεί μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα δεδομένα. Επιπλέον ένα ποσοστό 9% (12 άτομα) εκφράζουν απόψεις που προέρχονται από τη χρήση προγραμμάτων εφαρμογών, όπως ο επεξεργαστής κειμένου, π.χ "*Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των αρχείων*", καθώς επίσης και απόψεις που προέρχονται από τη χρήση παιχνιδιών, όπως "*Είναι απαραίτητη γιατί χωρίς αυτή δεν θα μπορούσα να παίζω πολλά παιχνίδια*". Ένα μικρό ποσοστό 2,2% (3 άτομα) αναφέρει λανθασμένα ότι στην κύρια μνήμη υπάρχει μόνιμη αποθήκευση δεδομένων δηλαδή αποδίδουν ιδιότητες της βοηθητικής μνήμης στην κύρια μνήμη. Εμφανίζονται επίσης ορισμένες απόψεις που αποδίδουν στην κύρια μνήμη ιδιότητες ανώτερες από τις πραγματικές όπως: "*Από εκεί ελέγχεται ο υπολογιστής*", "*Εκεί γίνονται όλες οι λειτουργίες*", "*Για να δίνει εντολές*", "*Μας βοηθάει να μάθουμε προγράμματα*".

Πίνακας 1.7: Απαντήσεις μαθητών σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης

Απαντήσεις	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Προς την επιστημονική	80	59,7	60	65,2	41	36,3
Επηρεασμένες από χρήση προγραμμάτων εφαρμογών	12	9	10	10,9	11	9,7
Που αποδίδουν ιδιότητες μόνιμης αποθήκευσης	6	4,5	8	8,7	8	7,1
Που αποδίδουν ιδιότητες ανώτερες από τις πραγματικές	6	4,5	4	4,3	12	10,6
Δεν απαντούν	30	22,4	10	10,9	41	36,3

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών του Λυκείου προκύπτει ότι ένα ποσοστό 65,2% (60 άτομα) αναφέρουν απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη ότι η κύρια μνήμη χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση πληροφοριών. Ένα ποσοστό 8,7% (8 άτομα) μαθητών Λυκείου εκφράζουν λανθασμένες αντιλήψεις, οι οποίες αποδίδουν το ρόλο της δευτερεύουσας μνήμης στην κύρια, όπως: "*Αποθηκεύει δεδομένα στον υπολογιστή για να μη σβήνονται εύκολα με το κλείσιμό του*", "*Αποθηκεύουμε τα στοιχεία που θέλουμε χωρίς να τα χάσουμε για την επόμενη φορά που θα τον ανοίξουμε*", "*Για να σώζονται αρχεία που θα τα χρειαστούμε αργότερα*". "*Σε αυτήν αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που χρειαζόμαστε να επεξεργαστούμε ξανά κάποια άλλη στιγμή*". Επίσης ένα ποσοστό 4,3% (4 άτομα) προβάλλει απόψεις που αποδίδουν στην κύρια μνήμη ιδιότητες που προέρχονται από την εμπειρία των μαθητών στη χρήση προγραμμάτων εφαρμογών όπως "*Έχουν καλύτερη απόδοση τα παιχνίδια*", "*Βοηθάει στην ανάγνωση αρχείων και είναι απαραίτητη για το Internet*", "*Η κύρια μνήμη αποθηκεύει προσωρινές πληροφορίες προκειμένου να επιταχύνει τις διαδικασίες επεξεργασίας πληροφοριών*". Η τελευταία αυτή αντίληψη πιθανά προέρχεται από τη γνώση του μαθητή ότι ένας υπολογιστής με μικρή ποσότητα μνήμης είναι πιο αργό από έναν που περιέχει μεγάλη ποσότητα μνήμης.

Αντίστοιχα, από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών των ΤΕΕ προκύπτει ότι ένα ποσοστό 36,3 % (41 άτομα) αναφέρουν απόψεις που κινούνται προς την επιστημονική άποψη ότι η κύρια μνήμη χρησιμοποιείται για προσωρινή αποθήκευση δεδομένων, χωρίς ιδιαίτερες διευκρινίσεις.

Και οι μαθητές των ΤΕΕ σε ποσοστό 9,7 % (11 άτομα) διατυπώνουν απόψεις που προέρχονται από τη χρήση προγραμμάτων εφαρμογών, όπως: "*Η κύρια μνήμη είναι μόνο για εκείνη τη στιγμή που γράφουμε ένα κείμενο, δεν μπορούμε να κάνουμε αποθήκευση*" ή "*Για να βρίσκονται πιο εύκολα και πιο γρήγορα οι αποθηκευμένες πληροφορίες*". Οι αντιλήψεις αυτές προσεγγίζουν ορισμένες ιδιότητες της κύριας μνήμης, χωρίς όμως να είναι πλήρεις και σαφείς. Στην ίδια κατηγορία εντάξαμε και απόψεις μαθητών των Τ.Ε.Ε οι οποίοι εκφράζουν περισσότερο τεχνολογικές αντιλήψεις που οφείλονται στις ιδιαίτερες τεχνολογικές γνώσεις λόγω ειδικών μαθημάτων όπως: "*Εκεί φορτώνεται το BIOS*", "*Χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του Η/Υ*". Επίσης στους μαθητές των Τ.Ε.Ε σε ένα ποσοστό 7,1 % (8 άτομα) εμφανίζονται λανθασμένες απόψεις που αποδίδουν ιδιότητες της βοηθητικής μνήμης

στην κύρια, όπως: "*Χρησιμοποιείται για να σώζω έγγραφα που αλλιώς θα διαγράφονταν*", καθώς και άλλες εναλλακτικές απόψεις όπως: "*Τα αρχεία αποθηκεύονται πιο άνετα*", "*Υπάρχει βελτίωση προγραμμάτων*".

➢ *Ερώτημα (Γ2) σχετικό με τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης*

Ο πίνακας 1.8 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Πίνακας 1.8. Απαντήσεις μαθητών για τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης

Απαντήσεις	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Τοποθέτηση της κρυφής μνήμης ανάμεσα στον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη	1	0,8	18	19,6	24	21,2
Δεν απαντούν	133	99,2	74	80,4	89	78,8
Ρόλος της κρυφής μνήμης	2	1,5	4	4,3	31	27,4
Δεν απαντούν	132	98,5	88	95,7	82	72,6

Παρατηρούμε ότι οι μαθητές του Γυμνασίου, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις δεν απαντούν στις ερωτήσεις αυτές. Μόνο ένας μαθητής απάντησε σωστά στην ερώτηση για τη θέση της κρυφής μνήμης ότι η κρυφή μνήμη βρίσκεται ανάμεσα στον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη. Επίσης μόνο δύο μαθητές σχετικά με το ρόλο της κρυφής μνήμης διατυπώνουν απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη χωρίς να είναι πλήρεις όπως "*Ενδιάμεσος σταθμός της ΚΜΕ*" και "*Μέσο μεταφοράς πληροφοριών ως προς τα υποσυστήματα μνήμης*". Η επιστημονική άποψη για το ρόλο της κρυφής μνήμης είναι: Η αύξηση της ταχύτητας επικοινωνίας επεξεργαστή - κύριας μνήμης χωρίς αύξηση του κόστους.

Οι μαθητές του Λυκείου σε μεγάλο ποσοστό δεν απαντούν στις ερωτήσεις αυτές. Σε ποσοστό 19,6 % (18 άτομα) οι μαθητές του Λυκείου τοποθετούν σωστά την κρυφή μνήμη ανάμεσα στον επεξεργαστή και τη RAM, ενώ ταυτόχρονα συχνά αναφέρει ότι έχει υψηλή ταχύτητα. Εμφανίζεται και ένα μικρό ποσοστό που αναφέρουν ότι η κρυφή μνήμη βρίσκεται μέσα στον επεξεργαστή. Οι απαντήσεις αυτές θεωρούνται σωστές γιατί οι σύγχρονοι επεξεργαστές (Pentium, Athlon) έχουν την κρυφή μνήμη στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα με την ΚΜΕ. Από τον έλεγχο των απαντήσεων διαπιστώνεται ότι οι απαντήσεις αυτές προέρχονται από μαθητές που διαβάζουν περιοδικά Πληροφορικής και έχουν παρακολουθήσει επιπλέον

μαθήματα πληροφορικής. Ως προς το ρόλο της κρυφής μνήμης, μόνο το 4,3 % (4 άτομα) των μαθητών του Λυκείου απαντά με άποψη που κινείται προς την επιστημονική. Ορισμένοι μαθητές αναφέρουν εναλλακτικές απόψεις που περιέχουν ορισμένα στοιχεία από το επιστημονικό μοντέλο οργάνωσης και λειτουργίας της κρυφής μνήμης αλλά απέχουν πολύ από το να χαρακτηριστούν πλήρεις, όπως "Ο ρόλος της κρυφής μνήμης είναι *ίδιος με αυτόν της RAM αλλά με πιο μεγάλη ταχύτητα*", "*Αποθηκεύει τις πληροφορίες που χρησιμοποιεί συχνά ο υπολογιστής*".

Σχετικά με τους μαθητές του Τ.Ε.Ε διαπιστώνεται ότι: Στην πρώτη ερώτηση, σχετικά με τη θέση της κρυφής μνήμης, απαντά σωστά το 21,2 % (24 άτομα) των μαθητών. Οι περισσότεροι από αυτούς (85 %) τοποθετούν την κρυφή μνήμη μέσα στον επεξεργαστή, επηρεασμένοι από τη σύγχρονη σχεδίαση των μικροεπεξεργαστών. Σχετικά με το ρόλο της κρυφής μνήμης απαντά το 27,4% (31 άτομα) αναφέροντας απόψεις που πλησιάζουν προς την επιστημονική όπως: "*Για να γίνει πιο γρήγορη η ΚΜΕ*", "*Εξισορροπεί την ταχύτητα επεξεργαστή και κύριας μνήμης*", "*Να αποθηκεύει προσωρινά πληροφορίες που χρησιμοποιούνται πιο συχνά*". Ενδιαφέρον παρουσιάζει ένα μικρό ποσοστό 2% των απαντήσεων. Στις απαντήσεις αυτές εκφράζονται εναλλακτικές απόψεις-παρανοήσεις όπως "*Αποθηκεύει τα κρυφά αρχεία*", η απάντηση αυτή είναι κυκλική και χρησιμοποιείται το όνομα της μονάδας για το χαρακτηρισμό της λειτουργίας που επιτελεί. Επίσης αποδίδουν στην κρυφή μνήμη ιδιότητες από άλλες μονάδες μνήμης, όπως η κύρια μνήμη και η βοηθητική. Χαρακτηριστικές τέτοιες απαντήσεις είναι οι επόμενες: "*Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων μέχρι να κλείσει ο υπολογιστής*", "*Δεν χάνονται έγγραφα κατά το κλείσιμο του υπολογιστή*".

- *Ερώτημα (Δ1) σχετικό με τη διευθυνσιοδότηση των θέσεων κύριας μνήμης.*

Πίνακας 1.9: Απαντήσεις σχετικά με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις κύριας μνήμης

Πως χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις των κελιών στην κύρια μνήμη.	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Προς την επιστημονική	14	10,4	30	32,6	32	28,3
Αποκλίνουν από την επιστημονική	13	9,7	21	22,8	8	7,1
Δεν απαντούν	107	79,9	41	44,6	73	64,6

Στην ερώτηση αυτή δεν απαντά ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών από όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και ιδιαίτερα από το Γυμνάσιο. Ο πίνακας 1.9 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Οι μαθητές Γυμνασίου απαντούν σε ένα ποσοστό 20,1 % (27 άτομα). Ένα ποσοστό 10,4 % εκφράζει απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη όπως για παράδειγμα "*Για να βρίσκουμε αυτό που ψάχνουμε*". Η πλειοψηφία αυτών των απαντήσεων δείχνει να επηρεάζεται από την εμπειρία των μαθητών σχετικά με τη χρήση ταχυδρομικών διευθύνσεων. Υπάρχει όμως και ένα ποσοστό 9,7 % (13 άτομα των οποίων οι απόψεις αποκλίνουν από την επιστημονική άποψη και εκφράζουν παρανοήσεις όπως: "*Για να βρίσκουμε ευκολότερα τις ομάδες*" ή ακόμα "*Η διεύθυνση υπάρχει για να μην μπερδεύεται ο υπολογιστής*".

Η επιστημονική άποψη για τη χρήση των διευθύνσεων της κύριας μνήμης είναι ότι χρησιμοποιούνται για να μπορεί ο επεξεργαστής να έχει άμεση πρόσβαση σε οποιοδήποτε τμήμα της κύριας μνήμης.

Οι μαθητές του Λυκείου απαντούν σε ποσοστό 55% (51 άτομα). Ένα ποσοστό 32,6 % (30 άτομα) εκφράζει απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη. Χαρακτηριστικές τέτοιες απόψεις είναι: "*Για την ανάκληση των πληροφοριών*", "*Για να βρίσκονται πιο γρήγορα και πιο εύκολα οι πληροφορίες*". Ένα ποσοστό 22,8 % εκφράζει εναλλακτικές απόψεις που αποκλίνουν από την επιστημονική και εκφράζουν παρανοήσεις ή απλοϊκές αντιλήψεις όπως: "*Για να ξέρει ο επεξεργαστής πού βρίσκεται το κάθε τι*", "*Για να μπορεί ο υπολογιστής να ξεχωρίσει τις πληροφορίες*".

Οι μαθητές των ΤΕΕ απαντούν σε ποσοστό 35% (40 άτομα) και η πλειοψηφία των απαντήσεων σε ποσοστό 28,3 % (32 άτομα συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη. Οι απαντήσεις αυτές είναι της μορφής "*Για να βρίσκονται εύκολα οι πληροφορίες*", "*Για την ανάκληση των πληροφοριών*", "*Για καλύτερη οργάνωση των πληροφοριών*", ενώ εμφανίζονται και ορισμένες απαντήσεις που δείχνουν την επίδραση της προϋπάρχουσας γνώσης από τη λειτουργία των υπολογιστών όπως "*Για να υπάρχει απευθείας πρόσβαση και όχι σειριακή*" . Ένα μικρό ποσοστό 7,1 % (8 άτομα) εκφράζει απόψεις που αποκλίνουν από την επιστημονική. Οι απόψεις αυτές

στην πλειοψηφία τους εκφράζουν απλοϊκές αντιλήψεις όπως *" Για να γνωρίζουμε που αποθηκεύονται οι πληροφορίες*"

➢ *Ερωτήματα (Ε1, Ε2) σχετικά με έννοιες αποθήκευσης δεδομένων*

Ο πίνακας 1.10 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Πίνακας 1.10: Απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της αποθήκευσης δεδομένων

Η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Σχετίζεται με την ηλεκτρική τροφοδοσία	40	29,9	55	59,8	45	39,8
Σχετίζεται με την εκτέλεση του αντίστοιχου προγράμματος	0	0	0	0	0	0
Δεν απαντούν	94	70,1	37	40,2	68	60,2
Η έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στο σκληρό δίσκο.	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Τα δεδομένα μπορούν να διαγραφούν	74	55,2	66	71,7	90	79,6
Τα δεδομένα δεν διαγράφονται όταν σταματήσει η ηλεκτρική τροφοδοσία.	51	38,1	21	22,8	8	7,1
Δεν απαντούν	60	44,8	26	28,3	23	20,4

Σχετικά με την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη το 29,9 % (40 άτομα) των μαθητών του Γυμνασίου αναφέρουν, σωστά, ότι η προσωρινή αποθήκευση δεδομένων στην κύρια μνήμη αναφέρεται στη διατήρηση των δεδομένων για όσο χρόνο ο υπολογιστής τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα.

Την ίδια άποψη εκφράζουν το 59,8 % (55 άτομα) των μαθητών του Ενιαίου Λυκείου και το 39,8 % (45 άτομα) των μαθητών των ΤΕΕ.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας μαθητής δεν απάντησε ότι η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης αναφέρεται επίσης στη διατήρηση των προγραμμάτων στην κύρια μνήμη μόνο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος που τα χρησιμοποιεί.

Σχετικά με την έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στο σκληρό δίσκο, το 55,2 % (74 άτομα) των μαθητών του Γυμνασίου αναφέρουν ότι τα δεδομένα μπορούν να διαγραφούν. Από τα άτομα αυτά τα 52 (ποσοστό 38% του συνόλου) αναφέρουν επιπλέον ότι η μόνιμη αποθήκευση δεδομένων στο σκληρό δίσκο

αναφέρεται στο ότι τα δεδομένα δεν διαγράφονται όταν ο υπολογιστής δεν τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα.

Οι μαθητές του Λυκείου σε ένα σημαντικό ποσοστό 71,7 % (66 άτομα) αναφέρουν ότι τα δεδομένα μπορούν να διαγραφούν από το σκληρό δίσκο. Από τα άτομα αυτά τα 21 (ποσοστό 22,8 %) αναφέρουν επιπλέον ότι η μόνιμη αποθήκευση δεδομένων στο σκληρό δίσκο αναφέρεται στο ότι τα δεδομένα δεν διαγράφονται όταν ο υπολογιστής δεν τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα.

Αντίστοιχα, τα ποσοστά των μαθητών του ΤΕΕ είναι 79,6 % (90 άτομα) τα οποία αναφέρουν ότι τα δεδομένα στο σκληρό δίσκο μπορούν να διαγραφούν αλλά μόνο το 7,1% (8 άτομα) περιγράφουν το είδος της μόνιμης αποθήκευσης που προσφέρει ο σκληρός δίσκος.

- *Ερωτήματα (Ζ1, Ζ2) σχετικά με την κατάταξη των μονάδων μνήμης ως προς την χωρητικότητα και ως προς την ταχύτητα*

Ο πίνακας 1.11 αναφέρει τις συχνότητες απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Πίνακας 1.11: Απαντήσεις μαθητών ως προς την κατάταξη των μονάδων μνήμης

Κατάταξη μονάδων μνήμης	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Έχουν διαφορετική ταχύτητα	80	59,7	79	85,9	62	54,9
Ορθή κατάταξη μονάδων ως προς την ταχύτητα	4	3,0	44	47,8	8	7,1
Έχουν διαφορετική χωρητικότητα	80	59,7	79	85,9	62	54,9
Ορθή κατάταξη μονάδων ως προς τη χωρητικότητα	13	9,7	79	85,9	14	12,4

Οι μαθητές του Γυμνασίου σε ποσοστό 59,7 % (80 άτομα) εκφράζουν τη σωστή άποψη ότι οι μονάδες μνήμης δεν έχουν την ίδια ταχύτητα αλλά μόνο το 3 % (4 άτομα) κατατάσσει σωστά τις μονάδες μνήμης με κριτήριο την ταχύτητά τους. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι 4 άτομα (3 %) εκφράζουν τη λανθασμένη άποψη ότι όλες οι μονάδες μνήμης έχουν την ίδια ταχύτητα ενώ 7 άτομα (5,2%) αντιστρέφουν τη σειρά κατάταξης και εκφράζουν την λανθασμένη άποψη ότι ο σκληρός δίσκος είναι πιο γρήγορος από την κύρια μνήμη. Οι μαθητές του Γυμνασίου οι οποίοι στην ερώτηση

Β1 αναφέρουν τους τύπους κύριας μνήμης ROM και RAM ως διαφορετικές μονάδες μνήμης τις κατατάσσουν ως προς την ταχύτητα και αναφέρουν μάλιστα ότι η ROM είναι ταχύτερη από τη RAM.

Οι μαθητές του Γυμνασίου σε ποσοστό 59,7 % (80 άτομα) εκφράζουν τη σωστή άποψη ότι οι μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική χωρητικότητα. Από τους μαθητές αυτούς μόνο 13 άτομα (ποσοστό 9,7 %) κατατάσσουν σωστά της μονάδες μνήμης με κριτήριο τη χωρητικότητά τους. Ορισμένοι μαθητές (7 άτομα – ποσοστό 5,2 %) αντιστρέφουν τη σειρά κατάταξης των μονάδων ως προς τη χωρητικότητα και εκφράζουν την άποψη ότι η κύρια μνήμη έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα από τον σκληρό δίσκο.

Η επιστημονική άποψη για την κατάταξη των μονάδων μνήμης ως προς την ταχύτητα είναι (από τη μεγαλύτερη προς την μικρότερη) Καταχωρητές – Κρυφή μνήμη – Κύρια μνήμη – Δευτερεύουσα μνήμη (σκληρός δίσκος). Για την κατάταξη των μονάδων μνήμης ως προς την χωρητικότητα, η σειρά κατάταξης είναι ακριβώς η αντίθετη: Δευτερεύουσα μνήμη (σκληρός δίσκος) – Κύρια μνήμη – Κρυφή μνήμη – Καταχωρητές.

Οι μαθητές του Λυκείου σε ποσοστό 85,9 % (79 άτομα) γνωρίζουν ότι οι μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική ταχύτητα. Όμως οι μαθητές αυτοί δεν επιτυγχάνουν όλοι να κατατάξουν σωστά τις μονάδες μνήμης ως προς την ταχύτητά τους, αφού μόνο 44 άτομα (ποσοστό 47,8 %) επιτυγχάνει να τις κατατάξει σωστά. Οι μαθητές του Λυκείου σε ποσοστό 85,9 % (79 άτομα) εκφράζουν την άποψη ότι οι μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική χωρητικότητα, και όλοι κατατάσσουν με επιτυχία τις μονάδες με ως προς τη χωρητικότητά τους.

Οι μαθητές των ΤΕΕ γνωρίζουν σε ποσοστό 54,9 % (62 άτομα) ότι οι μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική ταχύτητα, αλλά μόνο το 7,1 % (8 άτομα) επιτυγχάνουν να τις κατατάξουν σωστά ως προς την ταχύτητά τους. Αντίστοιχα, σε ποσοστό 54,9 % (62 άτομα) διατυπώνουν την άποψη ότι οι μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική χωρητικότητα. Στην κατάταξη των μονάδων με κριτήριο τη χωρητικότητά τους επιτυγχάνει το 12,4 % (14 άτομα).

- *Ερώτημα (Η1) σχετικό με τη διαδρομή μεταφοράς δεδομένων από βοηθητική μνήμη στον επεξεργαστή.*

Ο πίνακας 1.12 αναφέρει τις συχνότητες και τα ποσοστά απαντήσεων των μαθητών ανά τύπο σχολείου.

Οι μαθητές του Γυμνασίου σε ποσοστό 5,2 % (7 άτομα) απαντούν σωστά αναφέροντας ότι η διαδρομή των δεδομένων θα είναι Βοηθητική μνήμη (Δισκέτα) → Κύρια μνήμη → Κρυφή μνήμη → Επεξεργαστής. Σωστές θεωρήθηκαν και οι απαντήσεις που δεν περιλαμβάνουν την κρυφή μνήμη, γιατί διαπιστώθηκε ότι ένα μικρό ποσοστό των μαθητών γνωρίζει την ύπαρξή της. Ένα ποσοστό 3,7 % (5 άτομα) εκφράζουν εναλλακτικές απόψεις που δεν περιλαμβάνουν την κύρια μνήμη ενώ ένα ποσοστό 91 % (122 άτομα) δεν απαντά στην ερώτηση.

Πίνακας 1.12: Απαντήσεις μαθητών ως προς τη διαδρομή των δεδομένων

Διαδρομή μεταφοράς δεδομένων	**Γυμνάσιο**		**Λύκειο**		**Τ.Ε.Ε**	
	Συχν.	%	Συχν.	%	Συχν.	%
Βοηθητική μνήμη – Κύρια μνήμη – Κρυφή μνήμη – Επεξεργαστής	**7**	5,2	**11**	12,0	**12**	10,6
Εναλλακτικές απόψεις	**5**	3,7	**9**	9,8	**8**	7,1
Δεν απαντούν	**122**	91,0	**72**	78,3	**83**	73,5

Οι μαθητές του Λυκείου σε ποσοστό 12 % (11άτομα) αναφέρουν σωστά τη διαδρομή των δεδομένων. Ένα ποσοστό μαθητών 9,8 % (9 άτομα) αναφέρει εναλλακτικές απόψεις όπως *" Με χρήση του διαύλου δεδομένων τα δεδομένα μεταφέρονται στον επεξεργαστή"* είτε αναφέρουν ότι ένα πρόγραμμα μπορεί να εκτελεστεί κατευθείαν από τη βοηθητική μνήμη.

Οι μαθητές των Τ.Ε.Ε σε ποσοστό 10,6 % (12 άτομα) αναφέρουν σωστά τη διαδρομή των δεδομένων. Ένα ποσοστό μαθητών 7,1 % (8 άτομα) αναφέρει εναλλακτικές απόψεις που συμπεριλαμβάνουν τη μονάδα του σκληρού δίσκου είτε το δίαυλο δεδομένων είτε αναφέρουν ότι ένα πρόγραμμα μπορεί να εκτελεστεί κατευθείαν από τη βοηθητική μνήμη. Οι απαντήσεις αυτές δείχνουν ότι οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει ότι τα προγράμματα για να εκτελεστούν θα πρέπει να μεταφερθούν πρώτα στην κύρια μνήμη.

1.3.6 Συμπεράσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν τις υποθέσεις μας, εκτός από την υπόθεση που σχετίζεται με την κρυφή μνήμη.

► Επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι οι μαθητές γνωρίζουν ότι σε έναν υπολογιστή υπάρχουν διάφορες μονάδες μνήμης, και μπορούν να ονομάσουν τις περισσότερες από αυτές. Συγκεκριμένα:

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την ύπαρξη άλλων μονάδων μνήμης (εκτός της κύριας μνήμης) προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές αναφέρουν μονάδες μνήμης όπως το σκληρό δίσκο, τη δισκέτα και τον οδηγό CD-ROM, DVD αλλά μόνο ένα μικρό ποσοστό αναφέρει την κρυφή μνήμη και τους καταχωρητές. Το γεγονός αυτό είναι εύλογο αφόσον οι μαθητές έχουν προσωπικές εμπειρίες για την ύπαρξη ορισμένων μονάδων (όπως η δισκέτα, το CD-ROM κ.α) ενώ για άλλες δεν έχουν. Το ποσοστό εκείνων που αναφέρουν την κρυφή μνήμη είναι σημαντικά μεγαλύτερο στο Λύκειο, όπου τα παιδιά είναι πιο ώριμα και οι γνώσεις τους γύρω από τη χρήση προσωπικών υπολογιστών είναι μεγαλύτερες. Στη συνέντευξη η πλειοψηφία των μαθητών (8 άτομα) δηλώνει ότι έχουν ακούσει για την κρυφή μνήμη αλλά είτε δεν γνώριζαν τι ακριβώς κάνει είτε ξέχασαν να την αναφέρουν. Αυτό πιθανά οφείλεται στο ότι οι μαθητές δεν γνωρίζουν το ρόλο της κρυφής μνήμης σε έναν υπολογιστή. Το θέμα αυτό κρίνεται ότι είναι δύσκολο να εξηγηθεί με πληρότητα σε μαθητές και ιδιαίτερα σε μαθητές του Γυμνασίου, γιατί απαιτεί την κατανόηση εννοιών που έχουν σχέση με τη βασική οργάνωση και λειτουργία ενός υπολογιστή και την εκτέλεση των προγραμμάτων, όπως η σειριακή εκτέλεση προγραμμάτων, η οργάνωση των δεδομένων και οι επαναληπτικές δομές. Σχετικά με τους καταχωρητές, η συνέντευξη δείχνει ότι η πλειοψηφία των μαθητών δεν γνωρίζει την ύπαρξή τους. Σε όλες τις βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με έμφαση στο Γυμνάσιο και στα ΤΕΕ, οι μαθητές κατά ένα μεγάλο ποσοστό θεωρούν ότι οι μνήμες RAM και ROM αποτελούν διαφορετικές μονάδες μνήμης και όχι τύπους κύριας μνήμης. Αυτό πιθανά προέρχεται από τη διαφοροποίηση των μονάδων αυτών ως προς τη δυνατότητα εγγραφής δεδομένων, καθώς και στην εκτεταμένη αναφορά των βιβλίων σε αυτές.

► Επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών της κύριας μνήμης. Συγκεκριμένα:

Από την ανάλυση των απαντήσεων σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης προκύπτει ότι η πλειοψηφία των μαθητών γνωρίζει το ρόλο της για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων, αλλά δυσκολεύεται να κατανοήσει την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης. Οι μαθητές γενικότερα συνδέουν την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων στην κύρια μνήμη με την ύπαρξη τροφοδοσίας με ηλεκτρικό ρεύμα αλλά όχι με το χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος. Δηλαδή δεν γνωρίζουν ότι τα δεδομένα ενός προγράμματος που δεν χρησιμοποιείται μπορούν να διαγραφούν από την κύρια μνήμη. Ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών έχει αντιλήψεις οι οποίες είναι επηρεασμένες από διάφορα προγράμματα εφαρμογών που αυτοί χρησιμοποιούν, όπως είναι οι επεξεργαστές κειμένου και τα παιχνίδια. Ένα μικρό ποσοστό μαθητών αποδίδουν στην κύρια μνήμη ιδιότητες που έχει η δευτερεύουσα, δηλαδή μόνιμη αποθήκευση δεδομένων. Επίσης ένα μικρό ποσοστό μαθητών αποδίδει στην κύρια μνήμη ιδιότητες ανώτερες από αυτές που αυτή διαθέτει. Από τις συνεντεύξεις των μαθητών προκύπτει ότι η πλειοψηφία τους συνδέει την προσωρινή αποθήκευση με την ηλεκτρική τροφοδοσία γιατί έχουν προσωπικές εμπειρίες ότι τα δεδομένα ενός προγράμματος που εκτελείται χάνονται όταν υπάρχει διακοπή ρεύματος. Αντίστοιχα, οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στη βοηθητική μνήμη. Παράλληλα για τις βοηθητικές μονάδες μνήμης γνωρίζουν ότι το περιεχόμενό τους διατηρείται ακόμα και όταν δεν τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα ή όταν υπάρξει διακοπή ρεύματος. Από τις συνεντεύξεις διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να δικαιολογήσουν γιατί τα περιεχόμενα της κύριας μνήμης χάνονται, ενώ της βοηθητικής μνήμης διατηρούνται, σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτρικής τροφοδοσίας. Επίσης, έχουν δυσκολίες να εξηγήσουν τι συμβαίνει με τα δεδομένα ενός προγράμματος που βρίσκονται στην κύρια μνήμη όταν τελειώσει η εκτέλεση του προγράμματος αυτού και αρχίσει η εκτέλεση ενός άλλου.

Από την ανάλυση των απαντήσεων ως προς τη χρησιμότητα των διευθύνσεων των θέσεων της κύριας μνήμης προκύπτει ότι μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών δεν γνωρίζει το θέμα αυτό. Αυτό πιθανά οφείλεται στο ότι οι μαθητές, ακόμα και όταν έχουν εμπειρία χρήσης ενός προσωπικού υπολογιστή, δεν έχουν δεν έχουν άμεσες εμπειρίες από τις εσωτερικές λειτουργίες του υπολογιστή. Επίσης, το θέμα αυτό δεν

καλύπτεται με επάρκεια και μεθοδικότητα από τα σχολικά βιβλία. Μόνο σε ένα σχολικό βιβλίο υπάρχει σχετική χρήση αναλογίας των διευθύνσεων από την καθημερινή ζωή (ταχυδρομική διεύθυνση). Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης των μαθητών, όταν από τον ερευνητή χρησιμοποιήθηκε η αναλογία της ταχυδρομικής διεύθυνσης, τότε οι μαθητές προσδιόρισαν ότι οι διευθύνσεις της κύριας μνήμης χρησιμοποιούνται: "Για να βρίσκει ο επεξεργαστής που είναι τα δεδομένα που ζητά".

► Δεν επιβεβαιώθηκε η υπόθεση ότι οι μαθητές γνωρίζουν για την ύπαρξη της κρυφής μνήμης. Συγκεκριμένα:

Από την ανάλυση των απαντήσεων στην ερώτηση σχετικά με τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης διαπιστώνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών δεν απαντά στην ερώτηση αυτή. Δόθηκαν ελάχιστες απαντήσεις από τους μαθητές Γυμνασίου (λιγότερες από 1%) και σχετικά πολύ περισσότερες (γύρω στο 20%) για τους μαθητές του Λυκείου και των Τ.Ε.Ε. Από έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στα γραπτά των μαθητών που απάντησαν στην ερώτηση της κρυφής μνήμης διαπιστώνεται ότι όλοι τους έχουν δικό τους υπολογιστή και διαβάζουν περιοδικά υπολογιστών.

► Επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι ενώ οι μαθητές γνωρίζουν και μπορούν να ονομάσουν τις περιφερειακές μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή, δυσκολεύονται να τις κατατάξουν ως προς την χωρητικότητα και την ταχύτητά τους. Συγκεκριμένα:

Η πλειοψηφία των μαθητών απάντησε στις ερωτήσεις αυτές και ανέφερε ορισμένες από τις περιφερειακές μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή.

Ως προς την κατάταξη των μονάδων μνήμης με κριτήρια την ταχύτητα και τη χωρητικότητά τους παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των μαθητών γνωρίζει ότι οι διάφορες μονάδες μνήμης έχουν διαφορετική ταχύτητα και διαφορετική χωρητικότητα, αλλά λίγοι από αυτούς μπορούν να τις κατατάξουν στη σωστή σειρά. Οι μαθητές σε μεγαλύτερο ποσοστό κατατάσσουν σωστά τις μονάδες ως προς τη χωρητικότητα αλλά δυσκολεύονται στην κατάταξή τους σε σχέση με την ταχύτητα. Αυτό πιθανά οφείλεται στο ότι οι μαθητές έχουν προσωπικές εμπειρίες για τη χωρητικότητα ορισμένων μονάδων μνήμης, ενώ δεν έχουν αντίστοιχη εμπειρία σε σχέση με την ταχύτητα των μονάδων μνήμης. Στη συνέντευξη η πλειοψηφία των μαθητών προσδιορίζει σωστά τη μονάδα μνήμης όπου μπορεί να χωρέσει ένα αρχείο

κινηματογραφικής ταινίας με μέγεθος 1GB ή ένα αρχείο που περιέχει ένα τραγούδι 5 MB, αλλά παρουσιάζουν δυσκολίες στη σύγκριση ταχύτητας των διαφόρων μονάδων μνήμης.

► Επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη διαδρομή την οποία πρέπει να ακολουθήσει ένα πρόγραμμα που βρίσκεται αποθηκευμένο σε μια περιφερειακή μονάδα μνήμης για να εκτελεστεί. Συγκεκριμένα:

Η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών δεν απαντά στην ερώτηση αυτή. Και κανένας μαθητής δεν αναφέρει ότι για την εκτέλεση ενός προγράμματος είναι απαραίτητη η μεταφορά του στην κύρια μνήμη. Η αντίληψη ότι ένα πρόγραμμα μπορεί να εκτελεστεί κατευθείαν από τη δισκέτα επιβεβαιώθηκε από τη συνέντευξη των μαθητών. Οι μαθητές δεν καταλαβαίνουν γιατί πρέπει να μεταφερθούν τα δεδομένα σε άλλη μονάδα μνήμης, και για το λόγο αυτό ελάχιστοι απάντησαν στην ερώτηση αυτή. Μόνο όταν ο ερευνητής χρησιμοποίησε ένα παράδειγμα από τις εμπειρίες των παιδιών κατανόησαν ότι κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός προγράμματος το πρόγραμμα αυτό βρίσκεται στην κύρια μνήμη. Το παράδειγμα που χρησιμοποιήθηκε είναι: Στο σκληρό δίσκο υπάρχει ένα παιχνίδι δράσης με 20 επίπεδα (πίστες). Αρχίζοντας το παίξιμο του παιχνιδιού φτάνεις στην $5^{η}$ "πίστα" σε ποια μονάδα μνήμης υπάρχουν οι πληροφορίες ότι έχεις φτάσει στην πίστα αυτή; Τι θα γίνει αν κλείσει ξαφνικά υπολογιστής (π.χ λόγω διακοπής ρεύματος); Σε ποια πίστα θα βρεθείς αν ξανατρέξεις το παιχνίδι; Πώς εξασφαλίζεται ότι το πρόγραμμα στην επόμενη εκτέλεση του θα σας μεταφέρει στο σημείο που το κλείσατε την τελευταία φορά;

1.3.7 Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές

Το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές αποτελείται κυρίως από τα σχολικά βιβλία που εκτυπώνει και διανέμει το Υπουργείο Παιδείας. Τα σχολικά βιβλία αποτελούν μια σημαντική πηγή μάθησης και χρησιμοποιούνται εξίσου από μαθητές και καθηγητές στη διαδικασία της μάθησης. Οι καθηγητές Πληροφορικής των σχολείων οι οποίοι συμμετέχουν στην έρευνα που παρουσιάζεται στις παραγράφους 1.3.1 – 1.3.6 δηλώνουν ότι, για να κατανοήσουν οι μαθητές καλύτερα τις έννοιες που αναφέρονται στην οργάνωση και τη λειτουργία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή, χρησιμοποιούν κυρίως το διδακτικό βιβλίο αλλά και ότι επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό χρησιμοποιούν, όπως διαφάνειες, ερωτηματολόγια και παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, το προσαρμόζουν στην ύλη που περιλαμβάνουν τα σχολικά βιβλία που χρησιμοποιούν οι μαθητές.

Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών σε σχέση με το υλικό που περιλάμβάνουν τα βιβλία τα οποία χρησιμοποιούν μελετήσαμε το περιεχόμενο όλων των σχολικών βιβλίων Πληροφορικής, που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε Γυμνάσιο, Λύκειο και Τ.Ε.Ε, για να διαπιστώσουμε πώς ακριβώς αντιμετωπίζονται τα θέματα που αφορούν στην ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.

- **Το εκπαιδευτικό υλικό του Γυμνασίου**

Στο Γυμνάσιο χρησιμοποιούνται δύο εκπαιδευτικά πακέτα βιβλίων Πληροφορικής με τίτλο "ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ", τα οποία έχουν επιλεγεί μετά από διαγωνισμό του Υπουργείου Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων σύμφωνα με την Ενέργεια 1.1^{α} "Προγράμματα και Βιβλία" στα πλαίσια του έργου Νο 15 "Αναμόρφωση / εκ νέου σύνταξη και συγγραφή Προγραμμάτων Σπουδών και Σχολικών Βιβλίων για το Ενιαίο Λύκειο". Το κάθε πακέτο βιβλίων αποτελείται από το βιβλίο Μαθητή, το τετράδιο Μαθητή, καθώς και το βιβλίο Καθηγητή.

Στο βιβλίο των Βουτηρά, Κονιδάρη, Κούτρα και Σφώρου (2000), στην Ενότητα 2 με τίτλο "Το Υλικό" και στο μάθημα 2.2 με τίτλο "Οι βασικές μονάδες του υπολογιστή", υπάρχει μια παράγραφος (σελίδα 28) με τίτλο " Κύρια ή Κεντρική Μνήμη (Main memory)" η οποία αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της μνήμης RAM και ROM, καθώς και στη χωρητικότητά τους. Στην ίδια παράγραφο αναφέρεται η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη με το κείμενο:

"…οι πληροφορίες που καταγράφονται στην κύρια μνήμη είναι διαθέσιμες για όση ώρα τις χρειάζεται ο υπολογιστής και με την προϋπόθεση ότι δεν διακόπτεται η παροχή του ρεύματος".

Παρατηρούμε ότι η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη συνδέεται μόνο με την παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος, και αυτό επηρεάζει τις απαντήσεις των μαθητών Γυμνασίου στην ερώτηση Γ1 σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης, καθώς και στην ερώτηση Ε1 σχετικά με την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης.

Στο ίδιο βιβλίο στο μάθημα 2.2 με τίτλο "Αρχιτεκτονική Υπολογιστών" (σελίδα 27) υπάρχει σε τονισμένο πορτοκαλί πλαίσιο τμήμα κειμένου με τίτλο "Οι διευθύνσεις και η κύρια μνήμη" (σχήμα 1.13). Στην πρώτη παράγραφο χρησιμοποιείται η αναλογία των γραμματοκιβωτίων για την κατανόηση της οργάνωσης της κύριας μνήμης, καθώς και της έννοιας της διεύθυνσης θέσεων μνήμης. Επίσης αναφέρεται ότι αυτή η θέση μνήμης μπορεί να περιέχει ένα byte (8 bit) ή και περισσότερα ανάλογα με τη *λέξη* του υπολογιστή. Στη δεύτερη παράγραφο του κειμένου αυτού υπάρχει η πρόταση "*Κάθε στοιχειώδης χώρος της μνήμης χαρακτηρίζεται από το περιεχόμενό του και από τη διεύθυνση του*". Η έκφραση "κάθε στοιχειώδης χώρος" είναι ασαφής, γι το λόγο ότι δεν έχει αναφερθεί στο βιβλίο προηγούμενα τι θεωρείται στην κύρια μνήμη στοιχειώδης χώρος. Από το κείμενο συνάγεται ότι ο στοιχειώδης χώρος αναφέρεται στη *λέξη* του υπολογιστή, αλλά αυτό δεν είναι ακριβές, γιατί ο μικρότερος χώρος κύριας μνήμης που μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί είναι το ένα byte. Η πρόταση είναι σωστή μόνο στην περίπτωση των υπολογιστών παλαιάς τεχνολογίας, όπου η λέξη που χρησιμοποιούσαν είχε μέγεθος ένα byte. Στους σύγχρονους υπολογιστές η διευθυνσιοδότηση της κύριας μνήμης γίνεται κατά byte, και το πλήθος των bytes που θα μεταφερθούν στον επεξεργαστή καθορίζεται από την εντολή που θα εκτελεστεί, ενώ το εύρος της αρτηρίας δεδομένων (data bus) καθορίζει τον αριθμό των bit που μπορούν να μεταφερθούν ταυτόχρονα στον επεξεργαστή και αντιστοιχεί στη λέξη του υπολογιστή. Η αναλογία των γραμματοκιβωτίων που διαθέτουν μια διεύθυνση σε σχέση με τις θέσεις μνήμης που διαθέτουν και αυτές μια διεύθυνση είναι σχετικά καλή, γιατί οι μαθητές δεν έχουν εμπειρία από διευθύνσεις γραμματοκιβωτίων αλλά από διευθύνσεις σπιτιών γραφείων κ.λπ. Επίσης δεν διευκρινίζεται με επάρκεια η ποσότητα μνήμης που διαθέτει διεύθυνση. Ένας επιπλέον παράγοντας ο οποίος

δυσχεραίνει την κατανόηση είναι ότι οι πληροφορίες αυτές βρίσκονται σε ένα ειδικό πλαίσιο και όχι μέσα στο κανονικό κείμενο της ενότητας, για το λόγο αυτό είναι πιθανό να μην δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτές από καθηγητές και μαθητές. Το αποτέλεσμα είναι ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών να μην απαντούν στην ερώτηση Δ1.

Οι διευθύνσεις και η κύρια μνήμη

Μπορούμε να φανταστούμε την κύρια μνήμη σαν ένα σύνολο από γραμματοκιβώτια. Καθένα από αυτά έχει μία μοναδική **διεύθυνση** και ένα συγκεκριμένο χώρο υποδοχής των δεδομένων, τα οποία, για να τα διαχειριστεί ο υπολογιστής, τα μετατρέπει σε σειρές από 0 και 1, όπως έχουμε ήδη πει. Ο χώρος αυτός μπορεί να αποθηκεύσει ένα χαρακτήρα (δηλαδή 1 byte, άρα 8 δυαδικά ψηφία) ή και περισσότερους, ανάλογα, δηλαδή, με τη **λέξη** του συγκεκριμένου υπολογιστή. Το μήκος της λέξης καθορίζεται από τον τύπο του μικροεπεξεργαστή. Έχουμε, για παράδειγμα, επεξεργαστές 16 bit, δηλαδή με λέξη 2 byte, επεξεργαστές 32 bit, δηλαδή με λέξη 4 byte κ.ο.κ.

Κάθε στοιχειώδης χώρος της μνήμης χαρακτηρίζεται από το περιεχόμενό του και από τη **διεύθυνσή του.** Η διεύθυνση δεν είναι τίποτε άλλο από μια σειρά δυαδικών ψηφίων (bit), που χαρακτηρίζουν μοναδικά τις θέσεις μνήμης. Με τη βοήθεια αυτής της διεύθυνσης γίνεται η προσπέλαση της μνήμης, δηλαδή η ανάγνωση ή η εγγραφή της. Ο χρόνος τον οποίο χρειάζεται η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, για να εντοπίσει μια θέση μνήμης ονομάζεται **χρόνος προσπέλασης** της μνήμης και μετριέται σε nanosecond (1 ns = 1 δισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου).

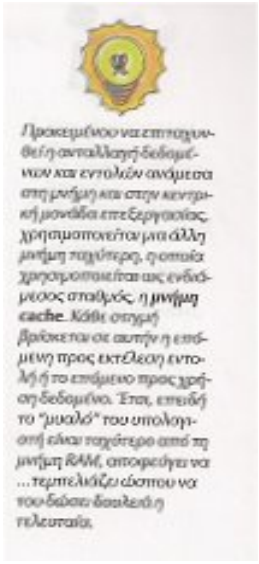
Σχήμα 1.13: Τμήμα κειμένου (Βουτηρά κ.α.,2000) το οποίο αναφέρεται στις διευθύνσεις της κύριας μνήμης

Στη σελίδα 39 της ίδια ενότητας υπάρχει στο περιθώριο της σελίδας μια παράγραφος με περιεχόμενο σχετικό με την κρυφή μνήμη. Η παράγραφος εμφανίζεται στο σχήμα 1.14, και το περιεχόμενό της είναι:

Προκειμένου να επιταχυνθεί η ανταλλαγή δεδομένων και εντολών ανάμεσα στη μνήμη και στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας χρησιμοποιείται μια άλλη μνήμη ταχύτερη, η οποία χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσος σταθμός η μνήμη cache. Κάθε στιγμή βρίσκεται σε αυτήν η επόμενη προς εκτέλεση εντολή ή το επόμενο προς χρήση δεδομένο. Έτσι, επειδή το "μυαλό" του υπολογιστή είναι ταχύτερο από τη μνήμη RAM, αποφεύγει να …τεμπελιάζει ώσπου να του δώσει δουλειά η τελευταία.

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι η πρόταση " *Κάθε στιγμή βρίσκεται σε αυτήν η επόμενη προς εκτέλεση εντολή ή το επόμενο προς χρήση δεδομένο"* δεν είναι απόλυτα ακριβής για το λόγο ότι αυτό εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που αναλύονται στην παράγραφο 2.7.1. Ειδικά για το επίπεδο του Γυμνασίου θα μπορούσε η πρόταση αυτή, χωρίς να αλλάξει τελείως το περιεχόμενό της, να γραφεί ως εξής: " *Κάθε στιγμή σε αυτήν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρει ο επεξεργαστής την επόμενη προς εκτέλεση εντολή ή το επόμενο προς χρήση δεδομένο*". Η προσθήκη της λέξης

"πιθανότητα" εκφράζει καλύτερα την επιστημονική άποψη για τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόταση "*Έτσι, επειδή το "μυαλό" του υπολογιστή είναι ταχύτερο από τη μνήμη RAM, αποφεύγει να ...τεμπελιάζει ώσπου να του δώσει δουλειά η τελευταία.*" ενισχύει τη δημιουργία ανθρωπομορφικών αντιλήψεων στους μαθητές σχετικά με τη λειτουργία του υπολογιστή. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 1.2 οι ανθρωπομορφικές αντιλήψεις προκαλούν δυσκολίες και παρανοήσεις στους μαθητές. Οι αναφορές αυτές σε συνδυασμό με τη θέση του κειμένου που βρίσκεται σε πλαίσιο στο περιθώριο του βιβλίου εξηγούν γιατί οι μαθητές δεν απαντούν στην ερώτηση Γ2 σχετικά με τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης.


Προκειμένου να επιτυγχανθεί η ανταλλαγή δεδομένων και εντολών ανάμεσα στη μνήμη και στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας, χρησιμοποιείται μια άλλη μνήμη ταχύτερη, η οποία χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσος σταθμός, η **μνήμη cache**. Κάθε στιγμή βρίσκεται σε αυτήν η επόμενη προς εκτέλεση εντολή ή το επόμενο προς χρήση δεδομένο. Έτσι, επειδή το "μυαλό" του υπολογιστή είναι ταχύτερο από τη μνήμη RAM, αποφεύγει να ...τεμπελιάζει ώσπου να του δώσει δουλειά η τελευταία.

Σχήμα 1.14: Αναφορά στην

Το βιβλίο των Βουτηρά κ.α (2000) στην ενότητα 2 αναφέρεται στα βοηθητικά ή περιφερειακά μέσα αποθήκευσης και παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της μαγνητικής δισκέτας, του σκληρού δίσκου και των οπτικών δίσκων CD-ROM και DVD χωρίς να γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στη χωρητικότητα του κάθε μέσου. Σχετικά με την έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στις περιφερειακές μονάδες μνήμης, το βιβλίο (σελίδα 29) αναφέρει :

Για να διατηρήσουμε μόνιμα αποθηκευμένες τις πληροφορίες, χρησιμοποιούμε άλλα μέσα αποθήκευσης, τα οποία είναι φτηνότερα και συνήθως με μεγαλύτερη χωρητικότητα από αυτήν της κύριας μνήμης" .

Παρατηρούμε ότι στην πρόταση αυτή δεν διευκρινίζεται η έννοια της μόνιμης αποθήκευσης στις περιφερειακές μονάδες μνήμης. Η πρόταση θα μπορούσε να αναφέρει ότι τα δεδομένα που αποθηκεύονται στις περιφερειακές μονάδες μνήμης διατηρούνται, ακόμα και όταν ο υπολογιστής δεν τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Οι δυσκολίες των μαθητών να κατατάξουν τις μονάδες περιφερειακής μνήμης ως προς τη χωρητικότητά τους (στην ερώτηση Ζ2), καθώς και να κατανοήσουν την έννοια της μόνιμης αποθήκευσης (ερώτηση Ε2) είναι πιθανόν να οφείλονται σε αυτή τη μορφή του κειμένου.

Στο βιβλίο των Δαμιανάκη, Τζαβάρα, Μάβογλου και Νταντούρη (2000) στο μάθημα 3.3 με τίτλο "Στο εσωτερικό του Υπολογιστή" (σελίδες 51-52) γίνεται αναφορά στην Κύρια ή Κεντρική Μνήμη (RAM). Στην παράγραφο αυτή για το ρόλο της κύριας μνήμης αναφέρεται *" Όταν δίνουμε οδηγίες στον υπολογιστή, αυτός χρειάζεται ένα μέρος για να τις αποθηκεύει. Χρειάζεται επίσης να αποθηκεύει κάπου προσωρινά και τα δεδομένα που του δίνουμε μέχρι να τα επεξεργαστεί".* Η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη διευκρινίζεται με το παρακάτω τμήμα κειμένου:

Κύριο χαρακτηριστικό της μνήμης αυτής είναι ότι "θυμάται" τα περιεχόμενά της μόνο όσο χρόνο τροφοδοτείται με ρεύμα. Όταν η παροχή ρεύματος διακοπεί (π.χ όταν σβήσουμε τον υπολογιστή), το περιεχόμενό της "ξεχνιέται" (χάνεται) αμέσως .

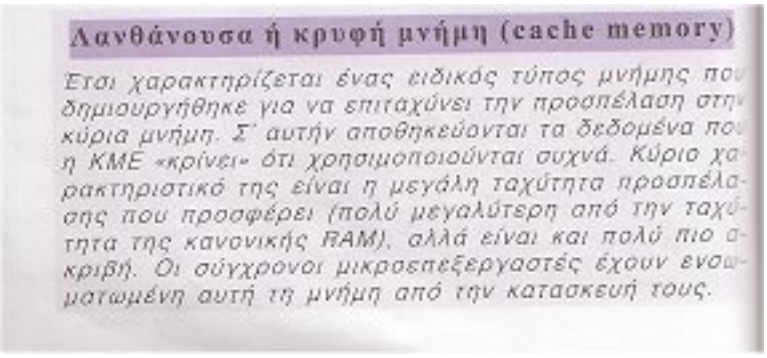
Παρατηρούμε ότι αναφέρεται σωστά ο ρόλος της κύριας μνήμης στην προσωρινή αποθήκευση δεδομένων και εντολών (προγραμμάτων). Σωστά επίσης διευκρινίζεται η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης των δεδομένων στην κύρια μνήμη. Διαπιστώνεται όμως ότι οι εκφράσεις που χρησιμοποιούνται στη δεύτερη παράγραφο ενισχύουν τη δημιουργία ανθρωπομορφικών αντιλήψεων για τις λειτουργίες του υπολογιστή. Όπως προαναφέρεται στην παράγραφο 1.2, οι ανθρωπομορφικές αντιλήψεις προκαλούν δυσκολίες και οδηγούν σε παρανοήσεις τους μαθητές. Αντί των λέξεων "θυμάται" και "ξεχνιέται" θα μπορούσαν να έχουν χρησιμοποιηθεί οι λέξεις "διατηρεί" και "διαγράφεται", αντίστοιχα που οδηγούν σε περισσότερο επιστημονικές αντιλήψεις.

Στο βιβλίο των Δαμιανάκη κ.α (2000) οι έννοιες της οργάνωσης και της διευθυνσιοδότησης της κύριας μνήμης καλύπτονται από το παρακάτω κείμενο:

Η μνήμη είναι χωρισμένη σε μικρά τμήματα. Μπορούμε να φανταστούμε κάθε τέτοιο τμήμα σαν ένα γραμματοκιβώτιο: καθένα έχει τη δική του διεύθυνση και συγκεκριμένη χωρητικότητα. Η διεύθυνση χρησιμοποιείται για το γρήγορο εντοπισμό της θέσης μιας συγκεκριμένης ποσότητας δεδομένων (π.χ ενός αριθμού, ενός γράμματος ή μιας λέξης) στη μνήμη.

Παρατηρούμε ότι το ανωτέρω κείμενο χρησιμοποιεί την αναλογία του γραμματοκιβωτίου για τη διευκρίνιση της έννοιας της διεύθυνσης μιας θέσης μνήμης, όπως και στο βιβλίο των Βουτηρά κ.α (2000). Όπως έχει προαναφερθεί η έννοια της διεύθυνσης και του γραμματοκιβωτίου δεν είναι η καλύτερη δυνατή γιατί οι μαθητές συνδέουν την έννοια της διεύθυνσης με σπίτια και γραφεία και όχι με γραμματοκιβώτια. Επίσης στο ανωτέρω κείμενο δε διευκρινίζεται η χωρητικότητα που μπορεί να έχει η θέση μνήμης. Στην πρόταση θα μπορούσε να διευκρινιστεί ότι η χωρητικότητα αυτή είναι το ένα byte.

Σε έγχρωμο πλαίσιο στη σελίδα 52 γίνεται η ακόλουθη αναφορά στην κρυφή μνήμη (σχήμα 1.15).


Λανθάνουσα ή κρυφή μνήμη (cache memory)

Έτσι χαρακτηρίζεται ένας ειδικός τύπος μνήμης που δημιουργήθηκε για να επιταχύνει την προσπέλαση στην κύρια μνήμη. Σ΄ αυτήν αποθηκεύονται τα δεδομένα που η ΚΜΕ «κρίνει» ότι χρησιμοποιούνται συχνά. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η μεγάλη ταχύτητα προσπέλασης που προσφέρει (πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα της κανονικής RAM), αλλά είναι και πολύ πιο ακριβή. Οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές έχουν ενσωματωμένη αυτή τη μνήμη από την κατασκευή τους.

Σχήμα 1.15: Τμήμα κειμένου με Αναφορά στην κρυφή μνήμη (Δαμιανάκης κ.α.,2000)

Στο κείμενο του σχήματος 1.15 αναφέρεται:

Λανθάνουσα ή κρυφή μνήμη (cache memory)

Έτσι χαρακτηρίζεται ένας ειδικός τύπος μνήμης που δημιουργήθηκε για να επιταχύνει την προσπέλαση στην κύρια μνήμη. Σ΄αυτήν αποθηκεύονται τα δεδομένα που η ΚΜΕ "κρίνει" ότι χρησιμοποιούνται συχνά. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η μεγάλη ταχύτητα προσπέλασης που προσφέρει (πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα της κανονικής RAM), Οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές έχουν ενσωματωμένη αυτή τη μνήμη από την κατασκευή τους."

Η παράγραφος αυτή αναφέρει σωστά το σκοπό της κρυφής μνήμης, που είναι η επιτάχυνση της επικοινωνίας της ΚΜΕ με την κύρια μνήμη. Παρατηρούμε όμως ότι η πρόταση "*Σ΄αυτήν αποθηκεύονται τα δεδομένα που η ΚΜΕ "κρίνει" ότι χρησιμοποιούνται συχνά*" δεν αποδίδει ικανοποιητικά την επιστημονική άποψη και

επιπλέον εισάγει την ανθρωπομορφική άποψη ότι η ΚΜΕ με κάποιο τρόπο μπορεί να "κρίνει" ποια δεδομένα είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται συχνά. Η δυσκολία του ακριβούς ορισμού του σκοπού της κρυφής μνήμης σε συνδυασμό με τη θέση του κειμένου που βρίσκεται σε πλαίσιο και όχι εντός του κανονικού κείμενου μπορεί να αιτιολογήσει τις δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην ερώτηση Γ2 σχετικά με τη θέση και το σκοπό της κρυφής μνήμης.

Το βιβλίο των Δαμιανάκη κ.α (2000) περιγράφει τις περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης στο Κεφάλαιο 3, Μάθημα 3.4. Στο μάθημα αυτό περιγράφονται αναλυτικά η μαγνητική ταινία, η δισκέτα, ο σκληρός δίσκος, καθώς και τα οπτικά μέσα αποθήκευσης, όπως το CD-ROM και το DVD. Στο κείμενο του μαθήματος αναφέρονται ενδεικτικές χωρητικότητες όλων των περιφερειακών μέσων αποθήκευσης και επιπλέον υπάρχει ένας πίνακας όπου γίνεται σύγκριση της ταχύτητας προσπέλασης των διαφόρων μονάδων μνήμης. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει αναφορά στις ταχύτητες των μονάδων μνήμης. Στο γεγονός αυτό είναι πιθανόν να οφείλεται το ότι οι μαθητές κατατάσσουν σωστά σε μεγαλύτερο ποσοστό τις μονάδες μνήμης ως προς την χωρητικότητά τους παρά, ως προς την ταχύτητά τους (ερωτήσεις Ζ1, Ζ2).

- **Το εκπαιδευτικό υλικό του Ενιαίου Λυκείου**

Στο Ενιαίο Λύκειο σε όλες τις τάξεις (Α, Β, Γ) χρησιμοποιείται το πακέτο βιβλίων με τίτλο "ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ" το οποίο περιλαμβάνει το βιβλίο Μαθητή, το τετράδιο Μαθητή, καθώς και το βιβλίο Καθηγητή (Γιαλούρης, Γκιμπερίτης, Κόμης, & Σιδερίδης, 1999). Το βιβλίο μαθητή στο κεφάλαιο 3 με τίτλο "Υλικό" και στην παράγραφο 3.3 με τίτλο "ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΝΗΜΗ" (σελίδες 42-45) αναφέρεται εκτενώς στα χαρακτηριστικά κάθε μνήμης, τα είδη μνήμης, τη μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM), τη μνήμη ROM, καθώς και στην κρυφή μνήμη.

Στο βιβλίο μαθητή του Ενιαίου Λυκείου διευκρινίζεται η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη αρχικά στην παράγραφο 3.1, με τίτλο "ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ" (σελίδα 38) με το κείμενο:

"Η κεντρική η Κύρια Μνήμη (Main Memory) είναι η μνήμη στην οποία αποθηκεύονται προσωρινά τα δεδομένα και το πρόγραμμα για την επεξεργασία τους. Επίσης στην κεντρική Μνήμη αποθηκεύονται προσωρινά και τα αποτελέσματα κάθε επεξεργασίας."

Επιπλέον στη σελίδα 42 αναφέρεται ότι:

"… η Κεντρική Μνήμη χρησιμεύει για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων για όσο χρόνο το πρόγραμμα είναι υπό εκτέλεση και επεξεργάζονται τα δεδομένα".

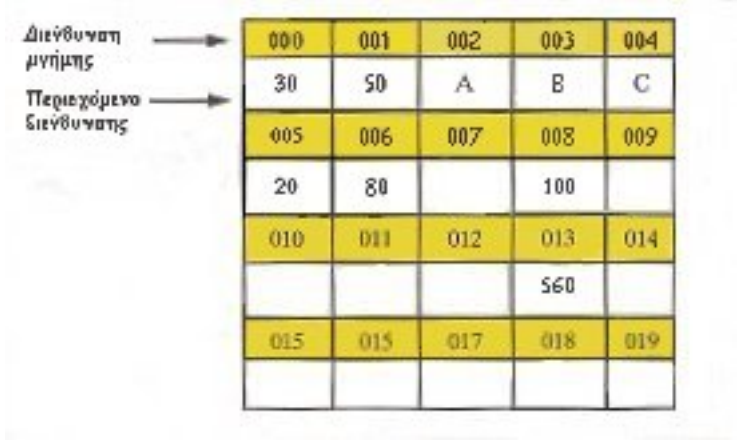
Παρατηρούμε ότι, ενώ αναφέρεται σωστά ο ρόλος της κύριας μνήμης, δεν υπάρχει αναφορά στο ότι τα δεδομένα της κύριας μνήμης χάνονται όταν ο υπολογιστής σταματήσει να τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα. Μια πιθανή εξήγηση για την παράλειψη αυτή είναι ότι οι συγγραφείς θεώρησαν: α) ότι η έννοια αυτή έχει διδαχθεί στο Γυμνάσιο και β) είναι γνωστή στους μαθητές από την προσωπική τους εμπειρία στη χρήση υπολογιστών. Από τις απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση Γ1 σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης διαπιστώνουμε ότι οι μαθητές του Λυκείου σε μεγάλο ποσοστό (65 %) αναφέρουν σωστά το ρόλο της κύριας μνήμης. Επίσης οι μαθητές στην ερώτηση Ε1 σχετικά με την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη, συσχετίζουν την έννοια αυτή μόνο με την ηλεκτρική τροφοδοσία (σε ποσοστό 59,6 %) του υπολογιστή.

Σχετικά με την οργάνωση των δεδομένων στην κύρια μνήμη το βιβλίο στη σελίδα 43 στο κεφάλαιο της Κεντρικής Μνήμης περιέχει ένα σχήμα σχετικό με την οργάνωση της κύριας μνήμης (βλέπε σχήμα 1.16). Το αντίστοιχο κείμενο αναφέρει:

Το σχήμα 3-3 δίνει μια σχηματική παράσταση της μνήμης με διαδοχικά κουτιά όπου μπορούν να αποθηκευτούν αριθμοί οι χαρακτήρες. Το καθένα από αυτά έχει μια ετικέτα με έναν αριθμό. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στην διεύθυνση (address) μνήμης."

Στο τμήμα αυτό παρατηρούμε ότι στο κείμενο χρησιμοποιείται μια αναλογία για την έννοια της διεύθυνσης θέσεων κύριας μνήμης, όπως στα βιβλία του Γυμνασίου. Παρατηρούμε ότι η έννοια ενός κουτιού με μια ετικέτα επάνω σε αυτό είναι πιο οικεία στους μαθητές από τις διευθύνσεις των γραμματοκιβωτίων που χρησιμοποιούν τα βιβλία του Γυμνασίου. Επίσης, το κείμενο συνοδεύεται από ένα σχήμα που

οπτικοποιεί και διευκρινίζει την έννοια της διεύθυνσης και του περιεχομένου. Σχετικά με τη χωρητικότητα μιας θέσης μνήμης παρατηρούμε ότι η έκφραση "μπορούν να αποθηκευτούν αριθμοί ή χαρακτήρες" ο πληθυντικός αριθμός που χρησιμοποιείται μπορεί να οδηγήσει στην παρανόηση ότι σε μια θέση μνήμης μπορεί να τοποθετηθεί όχι μόνο ένας αριθμός ή ένας χαρακτήρας αλλά και περισσότεροι. Στο κείμενο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ενικός αριθμός ".. ένας αριθμός ή ένας χαρακτήρας" ή να αναφέρει ότι η χωρητικότητα μιας θέσης μνήμης είναι ένα byte.



Σχήμα 1.16: Αναπαράσταση οργάνωσης κύριας μνήμης (Γιαλούρης κ.α 1999)

Από τις απαντήσεις των μαθητών του Ενιαίου Λυκείου στην ερώτηση Δ1 σχετικά με το ρόλο των διευθύνσεων των θέσεων κύριας μνήμης, διαπιστώνεται ότι παρόλο το σωστό τρόπο παρουσίασης της έννοιας της διεύθυνσης μιας θέσης κύριας μνήμης μόνο ένα ποσοστό 32,6 % εκφράζει απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη.

Για το ρόλο της κρυφής μνήμης το βιβλίο Μαθητή του Ενιαίου Λυκείου στη σελίδα 45 αναφέρει ότι " *Η cache μνήμη είναι ένας χώρος προσωρινής επιλεκτικής αποθήκευσης δεδομένων ή εντολών που χρησιμοποιούνται πολλές φορές".* Παρατηρούμε ότι η πρόταση αυτή είναι πολύ ασαφής και δεν διευκρινίζει ούτε το ρόλο, ούτε τον τρόπο λειτουργίας της κρυφής μνήμης. Ο τρόπος αυτός παρουσίασης του ρόλου της κρυφής μνήμης δικαιολογεί το ότι μόνο ένα ποσοστό 4,3 % των μαθητών του Λυκείου προσδιορίζουν σωστά το ρόλο της κρυφής μνήμης στην ερώτηση Γ2.

Οι περιφερειακές μονάδες μνήμης στο βιβλίο του Ενιαίου Λυκείου περιγράφονται στο κεφάλαιο 3 ενότητα 3.6 με τίτλο "ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ". Στις υπο-

ενότητες 3.9.1, 3.9.2, 3.9.3 περιγράφονται αναλυτικά ο μαγνητικός δίσκος, η μαγνητική δισκέτα, οι οπτικοί δίσκοι (CD-ROM, DVD). Στο κείμενο δεν γίνεται αναφορά στη χωρητικότητα ενός μαγνητικού δίσκου αλλά δίνεται ένας τύπος υπολογισμού της χωρητικότητας από τον αριθμό των ιχνών (tracks) και των τομέων (sectors) που διαθέτει η συσκευή. Αντίθετα, αναφέρονται οι χωρητικότητες των άλλων μέσων αποθήκευσης. Οι αναφορές του κειμένου στις βασικές περιφερειακές μονάδες μνήμης σε συνδυασμό με τις προσωπικές εμπειρίες των μαθητών από την επαφή τους με τους υπολογιστές έχει σα συνέπεια οι μαθητές να αναφέρουν τις σχετικές μονάδες στην ερώτηση Β1 (σχετικά με τις μονάδες μνήμης του υπολογιστή). Επίσης παρατηρούμε ότι η αναφορά στις χωρητικότητες αλλά όχι και στις ταχύτητες των περιφερειακών μονάδων μνήμης, σε συνδυασμό με τις προσωπικές εμπειρίες των μαθητών από την επαφή τους με τους υπολογιστές, οδηγεί ένα σχεδόν διπλάσιο ποσοστό μαθητών Λυκείου να κατατάσσει στις ερωτήσεις Ζ1, Ζ2 σωστά τις μονάδες ως προς τη χωρητικότητά τους σχέση με την κατάταξη ως προς την ταχύτητά τους (85,9% με 47,8 % αντίστοιχα).

Το εκπαιδευτικό υλικό των Τ.Ε.Ε.

Στο βιβλίο των ΤΕΕ "Υλικό Υπολογιστών" (Πεκσμετζή, Βογιατζή, Κουνάδη, Μελέτη, & Μπουγά, 2000) του πρώτου κύκλου της Α Τάξης του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων οι μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή αναφέρονται στο κεφάλαιο 1 με τίτλο "ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ". Στην παράγραφο 1.4 με τίτλο "Δομή του Υπολογιστή" παρουσιάζεται μια εισαγωγή στις μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή μέσα από ένα παράδειγμα επεξεργασίας κειμένου με αναφορές στις μονάδες που συμμετέχουν στην επεξεργασία. Στη σελίδα 6 το σχετικό κείμενο αναφέρει ότι για την διαδικασία επεξεργασίας δεδομένων που εκτελεί ένας υπολογιστής απαιτούνται τα παρακάτω τμήματα υλικού:

- Μονάδες στις οποίες ο υπολογιστής μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και αποκαλούνται **κύρια μνήμη** (main memory)".
- Μονάδες στις οποίες ο υπολογιστής μπορεί να αποθηκεύσει δεδομένα και στις οποίες θα παραμείνουν και μετά τη λήξη της λειτουργίας του. Οι μονάδες αυτές αποκαλούνται **μονάδες βοηθητικής μνήμης**.

Στην ενότητα 1.4.2 με τίτλο "Κύρια και Λανθάνουσα Μνήμη" (σελίδες 9-11) επαναλαμβάνεται ο ρόλος της κύριας μνήμης και αναφέρεται στην οργάνωση της με το κείμενο:

> Η κύρια μνήμη αποτελείται από λέξεις μνήμης (memory words), καθεμιά από τις οποίες αποτελείται από ένα αριθμό δυαδικών ψηφίων. Ο αριθμός αυτός ονομάζεται μήκος λέξης μνήμης και στους σύγχρονους υπολογιστές είναι μέχρι 32 bits. Κάθε θέση έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό που τη χαρακτηρίζει και ονομάζεται **διεύθυνση** (address). Για να διαβάσουμε από μια θέση μνήμης ή να γράψουμε σε αυτή ένα δεδομένο, πρέπει να γνωρίζουμε τη διεύθυνση της.

Επιπλέον η οργάνωση της κύριας μνήμης διευκρινίζεται μέσα από ένα σχήμα (Σχήμα 1.6 σελίδα 10) το οποίο εμφανίζει τις διευθύνσεις και τα περιεχόμενα μιας κύριας μνήμης με 256 θέσεις.

Σχετικά με την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων στη μνήμη RAM αναφέρεται (σελίδα 9). "Το χαρακτηριστικό της μνήμης RAM είναι ότι τα περιεχόμενά της χάνονται με το κλείσιμο του υπολογιστή (αυτό είναι αποτέλεσμα της τεχνολογίας με την οποία κατασκευάζεται)".

Παρατηρούμε ότι στο βιβλίο αυτό υπάρχει σωστή αναφορά στο ρόλο της κύριας μνήμης, στην έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων σε αυτή, καθώς και στην οργάνωσή της. Επίσης αναφέρει ότι οι διευθύνσεις της κύριας μνήμης χρησιμοποιούνται για την προσπέλαση στο περιεχόμενο των θέσεων μνήμης. Η μόνη έλλειψη του βιβλίου αυτού είναι ότι δεν διευκρινίζει ότι η ελάχιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί στην κύρια μνήμη είναι το ένα byte. Παρά τις σωστές αναφορές του βιβλίου από τις απαντήσεις των μαθητών των Τ.Ε.Ε στην ερώτηση Γ1 σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης, διαπιστώνουμε ότι μόνο ένα ποσοστό 36,3 % εκφράζουν απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική. Όμοια στην ερώτηση Δ1 σχετικά με τη χρήση των διευθύνσεων κύριας μνήμης μόνο το 28,3 των μαθητών εκφράζει απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική. Το γεγονός αυτό είναι πιθανόν να οφείλεται στο γενικότερα χαμηλό γνωστικό επίπεδο των μαθητών των Τ.Ε.Ε.

Σχετικά με την κρυφή μνήμη το βιβλίο αυτό αναφέρει ότι χρησιμοποιείται για την "εξισορρόπηση" της διαφοράς που υπάρχει ανάμεσα στην ταχύτητα της ΚΜΕ και της κύριας μνήμης, επίσης αναφέρεται στην κρυφή μνήμη με το κείμενο:

Η τεχνολογία κατασκευής της, όμως είναι διαφορετική, με αποτέλεσμα να είναι *πιο γρήγορη* από την κύρια μνήμη από την άποψη του χρόνου προσπέλασης. Η λανθάνουσα μνήμη χρησιμεύει ως ενδιάμεση μνήμη (παρεμβάλλεται) ανάμεσα στην ΚΜΕ και την κύρια μνήμη και αυξάνει την απόδοση του υπολογιστή (το πλήθος των εντολών που μπορεί να εκτελέσει στη μονάδα του χρόνου).

Παρατηρούμε ότι το βιβλίο αναφέρεται με επάρκεια στο ρόλο της κρυφής μνήμης και διευκρινίζει ότι η κρυφή μνήμη είναι γρηγορότερη από την κύρια μνήμη. Επίσης καθορίζει ότι η θέση της είναι ανάμεσα στην ΚΜΕ και την κύρια μνήμη. Η μόνη έλλειψη που παρατηρείται είναι ότι δεν υπάρχει αναφορά στη βασική αρχή λειτουργίας της (αρχή τοπικότητας της αναφοράς), δηλαδή ότι η ΚΜΕ υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να βρει εκεί την επόμενη εντολή ή το επόμενο δεδομένο που θα αναζητήσει. Η δομή αυτού του κειμένου είναι πιθανό να προκάλεσε το ότι οι απαντήσεις των μαθητών των Τ.Ε.Ε στην ερώτηση Γ2 σχετικά με τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης είναι σημαντικά περισσότερες από τις αντίστοιχες απαντήσεις των μαθητών του Ενιαίου Λυκείου. Ειδικότερα, σχετικά με το ρόλο της κρυφής μνήμης οι απαντήσεις των μαθητών των Τ.Ε.Ε που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη είναι 27,4 % σε σχέση με τις αντίστοιχες απαντήσεις των μαθητών του Ενιαίου Λυκείου που είναι μόνο 4,3 %.

Σχετικά με τα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης στο βιβλίο των Πεκσμετζή κ.α (2000), η περιγραφή τους γίνεται στο κεφάλαιο 1 ενότητα 1.4 με τίτλο "Βοηθητική μνήμη". Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι μαγνητικές ταινίες, ο σκληρός δίσκος, η δισκέτα, καθώς και τα οπτικά μέσα αποθήκευσης CD-ROM και DVD-ROM. Στο κείμενο δεν υπάρχει αναφορά στην χωρητικότητα του σκληρού δίσκου αλλά αναφέρεται η χωρητικότητα των άλλων μέσων αποθήκευσης. Επίσης δεν υπάρχει αναφορά στις ταχύτητες των μονάδων βοηθητικής μνήμης. Σε αυτή τη δομή του κειμένου είναι πιθανόν να οφείλεται το ότι οι μαθητές των Τ.Ε.Ε κατατάσσουν στις ερωτήσεις Ζ1, Ζ2 σε μεγαλύτερο ποσοστό σωστά τις μονάδες ως προς την χωρητικότητά τους σε σχέση με την κατάταξη ως προς την ταχύτητά τους (12,4% με 7,1 % αντίστοιχα).

Στο κείμενο υπάρχει αναφορά στην έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης ως εξής:

Με τον όρο βοηθητική μνήμη αναφερόμαστε στις συσκευές αποθήκευσης, δηλαδή σε ένα σύνολο συσκευών που μπορούν να **διατηρούν** πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή, ακόμα και όταν κλείνουμε τον υπολογιστή.

Παρατηρούμε ότι στο κείμενο περιγράφεται με σαφήνεια ότι οι πληροφορίες διατηρούνται στη βοηθητική μνήμη ακόμα και μετά τη διακοπή τροφοδοσίας του υπολογιστή με ηλεκτρικό ρεύμα. Από τις απαντήσεις των μαθητών των Τ.Ε.Ε στην ερώτηση Ε2 σχετικά με την έννοια της "μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων " διαπιστώνεται ότι οι μαθητές δεν έχουν κατανοήσει την έννοια αυτή. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η έκφραση "μόνιμη αποθήκευση" δεν χρησιμοποιείται στο κείμενο.

Στα Τ.Ε.Ε και ειδικότερα στον πρώτο κύκλο της Α Τάξης του Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων, διδάσκεται το βιβλίο "ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ", (Σιδερίδης, Γιαλούρης, Παπαδόπουλος, & Σταθόπουλος, 2000). Το βιβλίο αυτό δεν διδάσκεται σε όλους τους μαθητές των Τ.Ε.Ε, αλλά μόνο σε αυτούς που ακολουθούν την κατεύθυνση "Υποστήριξη Συστημάτων Υπολογιστών". Επειδή μόνο ένα τμήμα από τους μαθητές των Τ.Ε.Ε που συμμετείχαν στην έρευνα παρακολουθούσαν το συγκεκριμένο τμήμα (22 άτομα) δεν θα γίνει αξιολόγηση του κειμένου σε σχέση με τις απαντήσεις των μαθητών αλλά μόνο ως προς την πληρότητα παρουσίασης των σχετικών εννοιών.

Στο κεφάλαιο 11 με τίτλο "ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΝΗΜΗ – ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΝΗΜΗΣ" (Σελίδες 109-113) γίνεται αναφορά στα είδη κύριας μνήμης ενός υπολογιστή (RAM, ROM, PROM, EPROM), καθώς και στην κρυφή μνήμη. Σχετικά με το ρόλο της κύριας μνήμης το βιβλίο αναφέρει:

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η Κεντρική Μνήμη ή Κύρια Μνήμη (ΚΜ) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων για όσο χρόνο το πρόγραμμα είναι υπό εκτέλεση και τα δεδομένα υπό επεξεργασία. Τα δεδομένα και οι εντολές του προγράμματος μεταφέρονται από τη μονάδα εσόδου ή τη Βοηθητική Μνήμη και αποθηκεύονται στην Κεντρική Μνήμη.

Παρατηρούμε ότι το κείμενο αυτό είναι το μοναδικό το οποίο αναφέρεται με ακρίβεια στην έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη για όσο καιρό το αντίστοιχο πρόγραμμα είναι υπό επεξεργασία. Η αναφορά στην προσωρινή αποθήκευση δεδομένων στην κύρια μνήμη με την έννοια ότι χάνονται

όταν διακοπεί η τροφοδοσία του υπολογιστή με ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται στη σελίδα 110 του βιβλίου με το κείμενο:

> Το βασικό μειονέκτημα της RAM είναι ότι το περιεχόμενό της χάνεται με την διακοπή της τροφοδοσίας του ρεύματος. Για το λόγο αυτό, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μόνιμη αποθήκευση προγραμμάτων ή δεδομένων.

Η οργάνωση της κύριας μνήμης περιγράφεται με τις ακόλουθες προτάσεις και υποστηρίζεται από ένα συναφές σχήμα.

> Η ΚΜ μπορεί να θεωρηθεί ότι χωρίζεται σε διακριτές θέσεις αποθήκευσης, από τις οποίες καθεμία τέτοια θέση αποτελείται από ένα σταθερό αριθμό δυαδικών ψηφίων (bits) που αποτελούν ένα χαρακτήρα (byte). ……
>
> Το σχήμα αυτό δίνει μια σχηματική παράσταση της μνήμης με διαδοχικές θέσεις όπου σε καθεμία μπορεί να καταχωρηθεί ένας χαρακτήρας. Η κάθε θέση έχει μια ετικέτα με έναν αριθμό. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στη διεύθυνση (address) της συγκεκριμένης θέσης μνήμης. Το περιεχόμενο κάθε διεύθυνσης είναι ένας αριθμός που αντιστοιχεί σε ένα χαρακτήρα του κώδικα αναπαράστασης που χειρίζεται ο υπολογιστής.

Παρατηρούμε ότι το κείμενο περιγράφει με ακρίβεια την οργάνωση της κύριας μνήμης, καθώς και το ότι η ελάχιστη χωρητικότητα μνήμης που μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί είναι το ένα byte. Η μόνη έλλειψη που παρατηρείται είναι ότι δεν αναφέρεται ο ρόλος των διευθύνσεων για την προσπέλαση των δεδομένων της αντίστοιχής θέσης μνήμης.

Σχετικά με την κρυφή μνήμη στην ενότητα 11.2.5 αναφέρει

> Η cache μνήμη είναι ένας χώρος προσωρινής επιλεκτικής αποθήκευσης δεδομένων ή εντολών που χρησιμοποιούνται πολλές φορές. Η μνήμη cache χρησιμοποιείται για να επιταχυνθεί η ταχύτητα επεξεργασίας και είναι πολύ πιο γρήγορη από τη RAM… Επειδή τα τσιπς από τα οποία αποτελείται είναι πολύ ακριβά δεν είναι δυνατόν να αντικαταστήσει ολόκληρη την Κύρια Μνήμη, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμά της (…)
>
> Για την καλύτερη εκμετάλλευση της μνήμης αυτής, διαγράφονται τα παλαιότερα δεδομένα και μάλιστα όσα από αυτά χρησιμοποιούνται λιγότερο συχνά".

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι αναφέρεται σωστά η χρήση της κρυφής μνήμης αλλά η περιγραφή του τρόπου λειτουργίας της δεν είναι απόλυτα ακριβής, αφού

ισχύει μόνο για ένα συγκεκριμένο τύπο κρυφής μνήμης. Επίσης, δε διευκρινίζεται ο ρόλος της κρυφής μνήμης στη βελτίωση της απόδοσης του υπολογιστή.

Οι περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης αναφέρονται στο βιβλίο των Σιδερίδη κ.α (2000) στην ενότητα 4 παράγραφος 12.4 με τίτλο "ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΑ ΜΕΣΑ" (σελίδα 124). Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά ο σκληρός δίσκος, η δισκέτα, καθώς και τα οπτικά μέσα περιφερειακής αποθήκευσης CD-ROM και DVD. Στο κείμενο δεν γίνεται αναφορά στη χωρητικότητα των σκληρών δίσκων αλλά περιγράφεται ένας τρόπος υπολογισμού που βασίζεται στον αριθμό των ιχνών (tracks) και των τομέων (sectors). Για όλες τις άλλες μονάδες αναφέρεται ενδεικτικά η βασική χωρητικότητά τους. Σχετικά με το είδος της αποθήκευσης που προσφέρουν οι περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης αναφέρεται μόνο ότι "η βοηθητική μνήμη χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων και προγραμμάτων για μελλοντική χρήση". Παρατηρούμε ότι στο κείμενο δεν διευκρινίζεται η έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στη βοηθητική μνήμη.

1.3.8 Συμπεράσματα για το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι μαθητές

Παρατηρείται ότι το περιεχόμενο των σχολικών βιβλίων που χρησιμοποιούν οι μαθητές σχετίζεται με τις απαντήσεις που αυτοί δίνουν στην έρευνα που πραγματοποιήσαμε. Συγκεκριμένα:

Στην ερώτηση Β1, σχετικά με τις μονάδες μνήμης ενός υπολογιστή διαπιστώνουμε ότι τα σχολικά βιβλία του Γυμνασίου του Λυκείου και του Τ.Ε.Ε καλύπτουν με πληρότητα την κύρια μνήμη (RAM και ROM) και τις περιφερειακές ή βοηθητικές μονάδες μνήμης. Η κρυφή μνήμη και οι καταχωρητές καλύπτονται με μικρές αναφορές, που βρίσκονται συνήθως σε ειδικά πλαίσια εκτός του κύριου κειμένου. Αντίστοιχα, οι περισσότεροι μαθητές αναφέρουν στις απαντήσεις τους την κύρια μνήμη, το σκληρό δίσκο και τη δισκέτα ή το CD-ROM και μόνο ελάχιστοι αναφέρουν τους καταχωρητές και την κρυφή μνήμη.

Από τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις Γ1 και Γ2, σχετικά με το ρόλο της κύριας και της κρυφής μνήμης, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που προσδιορίζει το ρόλο της κύριας μνήμης (κατά μέσο όρο 53,7%) είναι πολύ μεγαλύτερο από το ποσοστό των μαθητών που προσδιορίζει το ρόλο της κρυφής

μνήμης (κατά μέσο όρο 11,1%). Ειδικότερα σε σχέση με την κρυφή μνήμη διαπιστώνουμε ότι ελάχιστα βιβλία αναφέρονται στο ρόλο της κρυφής ενώ σχετικά με τη λειτουργία της οι αναφορές που περιέχουν είναι ασαφείς με αντιλήψεις που διαφέρουν από τις επιστημονικές απόψεις.

Στην ερώτηση Δ1, σχετικά με την διευθυνσιοδότηση των θέσεων κύριας μνήμης διαπιστώνουμε ότι σε όλα τα σχολικά βιβλία αναφέρεται η έννοια της διεύθυνσης των θέσεων μνήμης αλλά χωρίς να τονίζεται η χρήση της για τον εντοπισμό, αποθήκευση και την ανάκληση των δεδομένων. Επίσης, πολλά από τα βιβλία περιέχουν αναλογίες και προσεγγίσεις που μπορεί να προκαλέσουν παρανοήσεις στους μαθητές. Αντίστοιχα οι απαντήσεις των μαθητών στην ερώτηση αυτή κυμαίνονται σε μικρά ποσοστά (10,4% για το Γυμνάσιο, 28,3 % για το Τ.Ε.Ε και 32,6 % για το Ενιαίο Λύκειο).

Στην ερωτήσεις Ε1 και Ε2, σχετικά με τις έννοιες της προσωρινής και της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στις μονάδες μνήμης διαπιστώνουμε ότι το θέμα δεν καλύπτεται με πληρότητα από τα σχολικά βιβλία. Σε ένα μόνο βιβλίο του Τ.Ε.Ε (Σιδερίδης κ.α., 2000) το οποίο διδάσκεται στους μαθητές που παρακολουθούν τον Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων καλύπτεται με ακρίβεια η έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη. Όλα τα υπόλοιπα βιβλία συνδέουν την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων στην κύρια μνήμη μόνο με την ηλεκτρική τροφοδοσία του υπολογιστή. Αντίστοιχα, η έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στο σκληρό δίσκο δεν καλύπτεται με επάρκεια, με αποτέλεσμα μόνο ένα ποσοστό των μαθητών να απαντά και να τη συσχετίζει σωστά με το ότι τα δεδομένα δεν διαγράφονται όταν δεν υπάρχει ηλεκτρική τροφοδοσία.

Στις ερωτήσεις Ζ1, Ζ2 σχετικά με την κατάταξη των μονάδων μνήμης με κριτήριο την ταχύτητα και τη χωρητικότητά τους, διαπιστώνουμε ότι για το θέμα της ταχύτητας των μονάδων υπάρχουν ελάχιστες αναφορές στα βιβλία. Συγκεκριμένα μόνο στο βιβλίο του Γυμνασίου (Δαμιανάκη κ.α., 2000) αναφέρεται ότι η κρυφή μνήμη έχει υψηλότερη ταχύτητα από την κύρια μνήμη. Αντίθετα όλα τα βιβλία περιέχουν αναφορές στις χωρητικότητες των περιφερειακών μέσων αποθήκευσης. Επίσης οι μαθητές έχουν προσωπικές εμπειρίες για τις χωρητικότητες ορισμένων περιφερειακών μέσων αποθήκευσης, όπως η δισκέτα, το CD-ROM και το DVD. Το αποτέλεσμα είναι το ποσοστό το μαθητών που κατατάσσει σωστά τις μονάδες μνήμης ως προς την χωρητικότητα τους (κατά μέσο όρο 36%) να είναι πολύ

μεγαλύτερο από το ποσοστό των μαθητών που τις κατατάσσει σωστά ως προς την ταχύτητά τους (κατά μέσο όρο 19,3%).

Για την ερώτηση Η1, σχετικά με τη διαδρομή που πρέπει ν ακολουθήσει ένα πρόγραμμα που βρίσκεται σε μια δισκέτα για να εκτελεστεί, διαπιστώνουμε ότι μόνο το βιβλίο που απευθύνεται στον Τομέα Πληροφορικής και Δικτύων των Τ.Ε.Ε (Σιδερίδης,κ.α., 2000) περιέχει μια σαφή αναφορά ότι δηλαδή για να εκτελεστεί ένα πρόγραμμα πρέπει να βρίσκεται στην κύρια μνήμη. Στην ερώτηση αυτή απάντησε με επάρκεια λιγότερο από το 10% των μαθητών, και είναι πιθανόν το ποσοστό αυτό να σχετίζεται με το περιεχόμενο των βιβλίων, τα οποία δεν αναφέρουν τις σχετικές πληροφορίες.

Γενικότερα παρατηρείται ότι οι απαντήσεις των μαθητών του Λυκείου και των ΤΕΕ είναι ποσοτικά και ποιοτικά πληρέστερες από εκείνες των μαθητών του Γυμνασίου. Αυτό επιβεβαιώνει τον συσσωρευτικό χαρακτήρα της μάθησης των εννοιών που αναφέρονται στην ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.

Κεφάλαιο 2

Αντιλήψεις και δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι δυσκολίες των φοιτητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Υιοθετώντας το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής υποθέσαμε ότι η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης είναι ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής

Εντοπίσαμε ότι οι φοιτητές για να κατανοήσουν τις έννοιες που αναφέρονται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης ξεκινούν με μια αρχική "θεωρία" η οποία περιλαμβάνει τις έννοιες που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης. Προβλέψαμε ότι η κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης θα είναι δύσκολη, σταδιακή, και θα συνοδεύεται από παρανοήσεις οι οποίες αντανακλούν τους περιορισμούς που επιβάλλει η γνώση της οργάνωσης και λειτουργίας της κύριας μνήμης καθώς και την προσπάθεια των φοιτητών να ενσωματώσουν τις καινούριες γνώσεις στις προϋπάρχουσες γνωστικές δομές.

Η υπόθεσή μας ελέγχθηκε με δύο εμπειρικές έρευνες.

Για την ολοκληρωμένη ανάλυση και αιτιολόγηση των δυσκολιών που διαθέτουν οι φοιτητές θεωρήσαμε απαραίτητο να αναφέρουμε το θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας της κρυφής μνήμης, δηλαδή τις αρχές πάνω στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία της κρυφής μνήμης, καθώς και ορισμένα στοιχεία από την οργάνωση και τη λειτουργία της.

2.2 Προϋπάρχουσα γνώση και εννοιολογική αλλαγή

Τα τελευταία χρόνια ένα πλήθος από έρευνες δείχνουν ότι οι δυσκολίες που διαπιστώνονται σε εκπαιδευομένους κατά την εκμάθηση ενός γνωστικού

αντικειμένου έχουν άμεση σχέση με την προϋπάρχουσα γνώση τους (Gilbert, & Watts, 1983; Carey, 1985; West, & Pines, 1985; Vosniadou, & Brewer, 1987; Vosniadou, 1994), δηλαδή η μάθηση και η κατανόηση βασίζεται και επηρεάζεται από τις υπάρχουσες εννοιολογικές και γνωστικές δομές του εκπαιδευομένου (Posner et al 1982; Vosniadou, & Brewer, 1987).

Σύμφωνα με έρευνες που εστιάζονται στα προβλήματα της γνωστικής ανάπτυξης, τα παιδιά από τη γέννησή τους οικοδομούν μια θεμελιώδη κατανόηση του φυσικού και κοινωνικού κόσμου που τα περιβάλλει μέσα από τις καθημερινές εμπειρίες τους. Αυτές οι έννοιες είναι οργανωμένες σε αφελείς θεωρίες ή θεωρίες του κοινού νου. Η Vosniadou (1994, p.46) κάνει μια διάκριση μεταξύ μιας γενικής θεωρίας πλαισίου και μιας εξειδικευμένης θεωρίας. Ο όρος "θεωρία" χρησιμοποιείται ελεύθερα για την περιγραφή ενός συνεκτικού συνόλου γνώσεων που αποτελεί ένα επεξηγηματικό πλαίσιο. Δηλαδή που είναι ικανό να παράσχει αιτιώδεις εξηγήσεις, σε αντίθεση με ένα σύνολο γνώσεων που αποτελείται από ορισμένα μεμονωμένα γεγονότα. Βασικό χαρακτηριστικό των "θεωριών" είναι ότι οι αρχές τους δεν βρίσκονται συνήθως υπό το συνειδητό έλεγχο του παιδιού (Vosniadou, 2002b).

Η μάθηση νέων εννοιών μπορεί να επιτευχθεί με τον εμπλουτισμό (Rumelhart, & Norman, 1978; Vosniadou, 1994) ή συσσώρευση σύμφωνα με άλλους ερευνητές (Sinatra, 2000). Στο στάδιο του εμπλουτισμού ο εκπαιδευόμενος, ενεργά και βαθμιαία, προσθέτει τις νέες πληροφορίες στην ήδη υπάρχουσα γνωστική δομή που διαθέτει. Τα παιδιά τείνουν να εμπλουτίσουν τις προϋπάρχουσες αναπαραστάσεις τους και τις σχετικές γνωστικές δομές που διαθέτουν, παρά να τις αναθεωρήσουν. Τα παιδιά δύσκολα εγκαταλείπουν τις προϋπάρχουσες αναπαραστάσεις τους για το λόγο ότι αυτές έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία ως επεξηγηματικό πλαίσιο στο παρελθόν για την επίλυση προβλημάτων και την κατανόηση καταστάσεων. Για το λόγο αυτό, τα παιδιά δεν αντιλαμβάνονται την ανάγκη αλλαγής της θεωρίας που διαθέτουν. Σε αυτές τις περιπτώσεις η προϋπάρχουσα γνώση δρα περιοριστικά στη μάθηση νέων επιστημονικών εννοιών. (Roth, Anderson, & Smith, 1987; Roth, 1990; Glynn, & Duit, 1995; Limon, & Carretero, 1997).

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις στις οποίες οι προϋπάρχουσες έννοιες δεν είναι συμβατές με τις νέες έννοιες που πρέπει να αποκτηθούν (Vosniadou, 1994; 2002a; Wichmann et. al. 2003). Τα νεαρά άτομα στην προσπάθεια ενσωμάτωσης των νέων ασύμβατων εννοιών στις υπάρχουσες γνωστικές δομές της θεωρίας που διαθέτουν δημιουργούν παρανοήσεις ή συνθετικά μοντέλα. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η

ενεργοποίηση μιας διαδικασίας μάθησης που είναι διαφορετική από τη διαδικασία του εμπλουτισμού. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να προκαλέσει μια αναδιοργάνωση ή μια αντικατάσταση των δομών που προϋπάρχουν και του ερμηνευτικού πλαισίου που αποτελούν σε επίπεδο γενικής θεωρίας πλαισίου. Η διαδικασία μετάβασης από την προϋπάρχουσα γνωσιακή δομή σε μια άλλη, η οποία ενσωματώνει τις νέες έννοιες και ανταποκρίνεται στις τρέχουσες επιστημονικές απόψεις, αποτελεί το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής και είναι επίμονη, μακρόχρονη και αργή (Vosniadou 2002a). Αν και οι ερευνητές έχουν διατυπώσει πολλές εναλλακτικές απόψεις σχετικά με το τι ακριβώς σημαίνει εννοιολογική αλλαγή και ποιος είναι ο ακριβής μηχανισμός της. Η ανάγκη αναδόμησης της υπάρχουσας γνωστικής δομής είναι κοινώς αποδεκτή και διαχωρίζει την εννοιολογική αλλαγή από τους άλλους τρόπους μάθησης (Vosniadou, 1999; 2002a; Limon, 2002).

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να ερμηνεύσουν το είδος της εννοιολογικής αλλαγής που υπάρχει στην κατανόηση εννοιών σε πολλούς τομείς των φυσικών επιστημών, όπως στην αστρονομία (Vosniadou & Brewer, 1992; 1994), στη δυναμική και κινηματική μηχανική (Viennot, 1979; McCloesky, 1983; Di Sessa, 1983; Whitaker, 1983; Ioannides, & Vosniadou, 1994), στα γεωφυσικά φαινόμενα (Ιωαννίδου, & Βοσνιάδου, 1999), στη θερμότητα (Wiser, 1989; Tiberghien, 1985), στη βιολογία (Carey, 1985; Bell, & Freyberg, 1985; Κύρκος, 1999; Kyrkos, & Vosniadou, 1997), στη χημεία (Κούκα, 2000) και στα μαθηματικά (Vamvakousi, & Vosniadou, 2002, 2004).

2.3 Η φύση των εννοιών της Πληροφορικής: Μεταφορά του θεωρητικού πλαισίου της εννοιολογικής αλλαγής από άλλες επιστήμες στην πληροφορική.

Όπως έχει αναφερθεί, η πληροφορική θεωρείται ως μια σύνθετη επιστήμη με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, η οποία περιλαμβάνει έννοιες από τα Μαθηματικά και την εφαρμοσμένη Μηχανική και ίσως είναι η μοναδική επιστήμη που σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα έχει επηρεάσει κοινωνικά και οικονομικά την κοινωνία σε μεγάλο βαθμό (Kordaki, 2001). Το ερώτημα που τίθεται είναι αν ο χαρακτήρας των γνώσεων

της πληροφορικής επιτρέπει τη μεταφορά του θεωρητικού πλαισίου μάθησης της εννοιολογικής αλλαγής από το χώρο των φυσικών επιστημών.

Έρευνα στη διεθνή βιβλιογραφία δεν διαπίστωσε την ύπαρξη παλαιότερων ερευνών που να εξετάζουν προβλήματα μάθησης εννοιών της πληροφορικής μέσα στο θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής. Αν θεωρήσουμε ότι τα μαθηματικά είναι η πιο συναφής επιστήμη, τότε σύμφωνα με τη Βαμβακούση (2004), παρόλο που από ορισμένους ερευνητές θεωρείται ότι η μαθηματική γνώση έχει αθροιστικό χαρακτήρα (Crowe, 1992; Kitcher, 1992 όπως αναφέρονται στην Βαμβακούση, 2004) η ερευνήτρια αποδεικνύει ότι η μάθηση των ρητών αριθμών είναι ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής.

Υιοθετώντας το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής υποθέτουμε ότι η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης είναι ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής

Οι φοιτητές πριν διδαχθούν την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης έχουν διδαχθεί τις αντίστοιχες έννοιες από την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης. Οι έννοιες αυτές είναι ασύμβατες με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης έτσι οι φοιτητές στην προσπάθεια τους να εξηγήσουν έννοιες της κρυφής μνήμης χρησιμοποιώντας το ερμηνευτικό πλαίσιο που έχουν δομήσει για την κύρια μνήμη, δημιουργούν μη επιστημονικά μοντέλα με παρανοήσεις και ερμηνευτικές αδυναμίες.

Οι προϋπάρχουσες γνώσεις των φοιτητών για την κύρια μνήμη δημιουργούν ένα γνωστικό πλαίσιο το οποίο περιλαμβάνει τις παρακάτω έννοιες:

1. *Ο ρόλος της κύριας μνήμης είναι η αποθήκευση των προγραμμάτων κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής τους από τον υπολογιστή.*
2. *Υπάρχουν ειδικές εντολές επικοινωνίας του επεξεργαστή με την κύρια μνήμη.*
3. *Ο προγραμματιστής σε γλώσσα Assembly χρησιμοποιεί την εντολή ανάγνωσης με προσδιορισμό μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης της κύριας μνήμης (όπως η LW R5.1000(R10)) και την εντολή εγγραφής με προσδιορισμό μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης και των δεδομένων που θα εγγραφούν σε αυτήν.*
4. *Οι λειτουργίες της κύριας μνήμης είναι η ανάγνωση και η εγγραφή.*
5. *Η μεταφορά δεδομένων μεταξύ επεξεργαστή και κύριας μνήμης γίνεται κατά bytes ή κατά λέξεις.*

Με τη χρήση του ανωτέρω πλαισίου, το οποίο αποτελεί ένα ορθό ερμηνευτικό πλαίσιο για τις λειτουργίες της κύριας μνήμης οι φοιτητές προσπαθούν να κατανοήσουν έννοιες που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Η προσπάθεια αυτή δημιουργεί ένα μοντέλο με ερμηνευτικές αδυναμίες επειδή όπως προαναφέρθεικε, οι έννοιες που αναφέρονται στο μοντέλο της κρυφής μνήμης είναι ασύμβατες με τις έννοιες της κύριας μνήμης. Οι έννοιες αυτές είναι :

1. *Ο ρόλος της κρυφής μνήμης είναι η αποθήκευση τμημάτων (μπλοκ) του προγράμματος που εκτελείται με σκοπό την αύξηση ταχύτητας της μεταφοράς δεδομένων μεταξύ κύριας μνήμης και επεξεργαστή χωρίς όμως αύξηση του κόστους.*

2. *Δεν υπάρχουν εντολές επικοινωνίας του επεξεργαστή με την κρυφή μνήμη. Η ενεργοποίηση της κρυφής μνήμης γίνεται (α) κατά τη φάση ανάκλησης όλων των εντολών του προγράμματος και (β) μετά από μια εντολή ανάγνωσης/εγγραφής του επεξεργαστή από/προς μία διεύθυνση της κύριας μνήμης.*

3. *Ο προγραμματιστής σε γλώσσα Assembly χρησιμοποιεί μόνο διευθύνσεις κύριας μνήμης και δεν αναφέρεται καθόλου σε διευθύνσεις κρυφής μνήμης. Οι διευθύνσεις της κύριας μνήμης αντιστοιχίζονται αυτόματα σε διευθύνσεις της κρυφής μνήμη,ς ανάλογα με την οργάνωση της κρυφής μνήμης.*

4. *Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι ο εντοπισμός, η ανάγνωση ή η εγγραφή σε περίπτωση επιτυχίας του εντοπισμού, και η τοποθέτηση ή η αντικατάσταση σε περίπτωση αποτυχίας.*

5. *Η μεταφορά δεδομένων μεταξύ κρυφής μνήμης και επεξεργαστή γίνεται κατά bytes ή λέξεις, ενώ η μεταφορά δεδομένων μεταξύ κύριας και κρυφής μνήμης γίνεται κατά μπλοκ (αξιοποίηση της αρχής τοπικότητας της αναφοράς).*

Συνεπώς, η κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης απαιτεί την ενεργοποίηση μιας διαδικασίας η οποία θα πρέπει να προκαλέσει μια αναδιοργάνωση ή μια αντικατάσταση των δομών και του ερμηνευτικού πλαισίου της κύριας μνήμης, που προϋπάρχουν και δημιουργούν δυσκολίες στους φοιτητές.

2.4 Κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης

Η οργάνωση και η λειτουργία της κρυφής μνήμης δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμη από τους φοιτητές. Οι έννοιες που σχετίζονται με αυτές τις λειτουργίες συνήθως παρουσιάζονται μέσα από στατικά σχήματα ή, κατά τη διδασκαλία τους, μέσα από παρουσίαση των διαδοχικών βημάτων επιμέρους λειτουργιών. Τα βήματα αυτά μπορούν να συνοδεύονται από γραπτές ή προφορικές επεξηγήσεις. Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα εκτέλεσης σχετικών πειραμάτων είναι περιορισμένη (Das, 2000; Hyde, 2000) και υπάρχει έλλειψη κατάλληλων εργαλείων για τη διδασκαλία των συγκεκριμένων εννοιών (Cassel, & Kumar, 2000). Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη δημιουργία παρανοήσεων ή συνθετικών μοντέλων που εμποδίζουν τη μάθηση των σχετικών εννοιών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η λειτουργία κρυφής μνήμης παραμένει "κρυφή" ακόμη και για έμπειρους προγραμματιστές που χρησιμοποιούν γλώσσες χαμηλού επιπέδου όπως η Assembly. Ο προγραμματιστής δεν έχει πρόσβαση και δεν μπορεί να παρέμβει στις διαδικασίες που εκτελούνται από την κρυφή μνήμη.

Στη δημιουργία και εκτέλεση ενός προγράμματος μπορούμε να διακρίνουμε τρία επίπεδα:

• Το επίπεδο του προγραμματιστή

• Το επίπεδο του επεξεργαστή

• Το επίπεδο της κρυφής μνήμης

Περισσότερο αναλυτικά ας παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα όπου ο προγραμματιστής χρησιμοποιεί τη γλώσσα Assembly του επεξεργαστή DLX (Hennesy & Patterson, 1996)

Επίπεδο προγραμματιστή

Ο προγραμματιστής

- γράφει το πρόγραμμα σε γλώσσα Assembly
- ορίζει τις πραγματικές παραμέτρους (π.χ τις διευθύνσεις μνήμης που αρχίζει το πρόγραμμα, καθώς και τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης όπου θα γίνει ανάγνωση ή εγγραφή των δεδομένων)
- ζητά την εκτέλεση του προγράμματος

Επίπεδο επεξεργαστή

Ο Assembler μεταφράζει το πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής και ο επεξεργαστής εκτελεί σειριακά τις εντολές του.

1st εντολή

2nd εντολή

3rd εντολή

. . . .

. . . .

LW R5.1000(R10)

. . . .

Η εκτέλεση κάθε μιας από αυτές τις εντολές αρχίζει με τον κύκλο ανάκλησης (fetch cycle) ο οποίος περιλαμβάνει την ανάγνωση της εντολής από την κύρια μνήμη και την τοποθέτησή της στον καταχωρητή εντολών του επεξεργαστή, ώστε η εντολή να αποκωδικοποιηθεί και να εκτελεστεί.

Κατά την εκτέλεση εντολών, όπως η εντολή LW R5.1000(R10), γίνεται ανάγνωση του περιεχομένου μιας θέσης μνήμης (της θέσης μνήμης με διεύθυνση 1000 + (R10)) και τοποθέτησή τους στον καταχωρητή R5. Συνεπώς διαπιστώνουμε ότι η εκτέλεση ενός προγράμματος προκαλεί την επικοινωνία του επεξεργαστή με την κύρια μνήμη. Κατά την επικοινωνία αυτή:

- Εντολές και δεδομένα μεταφέρονται από την κύρια μνήμη στον επεξεργαστή (λειτουργία ανάγνωσης)
- Δεδομένα μεταφέρονται από τον επεξεργαστή στην κύρια μνήμη (λειτουργία εγγραφής)

Επίπεδο κρυφής μνήμης

Η κρυφή μνήμη εμπλέκεται στη μεταφορά δεδομένων μεταξύ επεξεργαστή και κύριας μνήμης και ειδικότερα ενεργοποιείται όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί πρόσβαση στην κύρια μνήμη για ανάγνωση ή εγγραφή. Στην περίπτωση αυτή αίτηση κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη, με σκοπό να διαπιστωθεί αν το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης έχει ήδη μεταφερθεί και υπάρχει σε κάποιο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Ανάλογα με το είδος της εντολής του επεξεργαστή

και την οργάνωση της κρυφής μνήμης ενεργοποιείται μια σειρά από λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης απαντούν στις επόμενες τέσσερις ερωτήσεις:

- Πού μπορεί να αντιστοιχηθεί ένα μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη; (τεχνικές αντιστοίχησης)
- Πώς διαπιστώνεται αν ένα μπλοκ ή μια διεύθυνση της κύριας μνήμης υπάρχει στην κρυφή μνήμη; (λειτουργία εντοπισμού)
- Ποιες ενέργειες περιλαμβάνει η μεταφορά ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση αποτυχίας που οφείλεται στο ψηφίο εγκυρότητας, (V=0) (λειτουργία τοποθέτησης)
- Ποιες ενέργειες περιλαμβάνει η αντικατάσταση ενός μπλοκ της κρυφής μνήμης σε περίπτωση αποτυχίας που οφείλεται στο πεδίο ετικέτας, ενώ το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1); (λειτουργία αντικατάστασης).
- Τι συμβαίνει στην περίπτωση εγγραφής; (στρατηγική εγγραφής)

2.5 Το θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας της κρυφής μνήμης

Η αρχή της τοπικότητας της αναφοράς

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός τμήματος προγράμματος οι διαδοχικές προσβάσεις που γίνονται στην κύρια μνήμη πραγματοποιούνται μέσα από ένα μικρό σύνολο γειτονικών διευθύνσεων.

Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους:

1. Η αποθήκευση των εντολών ενός προγράμματος γίνεται σε διαδοχικές θέσεις της κύριας μνήμης, άρα η επόμενη εντολή που θα εκτελεστεί βρίσκεται συνήθως στην επόμενη θέση μνήμης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα δεδομένα των προγραμμάτων τα οποία, και αυτά, τοποθετούνται σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.
2. Κατά την εκτέλεση βρόχων (loops) οι εντολές που περιλαμβάνονται στο σώμα του βρόχου εκτελούνται διαδοχικά πολλές φορές. Άρα γίνεται επαναλαμβανόμενη πρόσβαση του επεξεργαστή στις ίδιες θέσεις μνήμης που περιέχουν τις εντολές του βρόχου.

Η διαπίστωση ότι οι περισσότερες από τις διαδοχικές αναφορές στη μνήμη γίνονται μέσα από ένα σύνολο γειτονικών διευθύνσεων ονομάζεται αρχή της **τοπικότητας της αναφοράς** ή απλά **αρχή της τοπικότητας** και διακρίνεται στην **τοπικότητα χρόνου** και την **τοπικότητα χώρου**.

Τοπικότητα χρόνου

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα στην ίδια διεύθυνση. *Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση ενός βρόχου.*

Τοπικότητα χώρου

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα σε γειτονικές διευθύνσεις. *Αυτό συμβαίνει λόγω της αποθήκευσης των εντολών και των δεδομένων ενός προγράμματος σε διαδοχικές θέσεις μνήμης καθώς και της σειριακής εκτέλεσης του προγράμματος.*

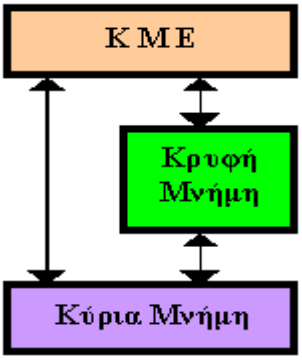
Αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας από την κρυφή μνήμη

Όταν γίνει αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης και το περιεχόμενο αυτής της θέσης δεν υπάρχει στην κρυφή μνήμη, τότε στην κρυφή μνήμη δεν μεταφέρεται μόνο το περιεχόμενο αυτής της διεύθυνσης αλλά και τα δεδομένα που περιέχονται σε γειτονικές διευθύνσεις της. Δηλαδή μεταφέρεται ένα μπλοκ δεδομένων που μπορεί να έχει μέγεθος από 8 μέχρι 128 bytes. Με τον τρόπο αυτό, η επόμενη αίτηση του επεξεργαστή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης είναι πολύ πιθανόν να εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη, γιατί το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης θα βρεθεί στην κρυφή μνήμη. Το κέρδος στην περίπτωση αυτή είναι η ταχύτερη διεκπεραίωση της εντολής, γιατί η κρυφή μνήμη είναι πολύ ταχύτερη από την κύρια μνήμη.

Η θέση της κρυφής μνήμης

Η κρυφή μνήμη αντιστοιχεί στο δεύτερο επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης. Η κρυφή μνήμη τοποθετείται ανάμεσα στην κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (βλ. σχήμα 2.1), ενώ στους σημερινούς επεξεργαστές βρίσκεται μαζί με το ολοκληρωμένο κύκλωμα του επεξεργαστή, στην ίδια συσκευασία. Η κρυφή μνήμη κατασκευάζεται από

προηγμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα, για να εξασφαλίζει μικρούς χρόνους πρόσβασης. Για το λόγο αυτό έχει αυξημένο κόστος.



Σχήμα 2.1: Θέση κρυφής μνήμης

2.6 Δυσκολίες φοιτητών στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης

Οι πρώτες ενδείξεις για τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης προέρχονται από την αξιολόγηση των απαντήσεων των φοιτητών του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου της Αθήνας σε θέματα εξετάσεων του μαθήματος Αρχιτεκτονική Ι. Στις εξετάσεις του μαθήματος προσέρχονται 150 με 200 φοιτητές, και ένα από τα θέματα πάντα είναι από το κεφάλαιο της κρυφής μνήμης. Από την αξιολόγηση των γραπτών απαντήσεων διαπιστώθηκε ότι ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών (πάνω από 30%) εκφράζει συγκεκριμένες εναλλακτικές, μη επιστημονικές αντιλήψεις σχετικά με την οργάνωση και τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

Θέλοντας να ερευνήσουμε την προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών κατά την έναρξη του πρώτου εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2000-2001, δόθηκε σε 65 μαθητές που παρακολουθούσαν το μάθημα Αρχιτεκτονική Ι το ερωτηματολόγιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των μαθητών που αναφέρεται στο πρώτο κεφάλαιο (1.3.4) της παρούσας διατριβής. Από τις απαντήσεις των φοιτητών διαπιστώθηκε ότι οι συγκεκριμένοι φοιτητές δεν παρουσιάζουν τις δυσκολίες οι

οποίες αναφέρθηκαν στην έρευνα για τους μαθητές, με μόνη εξαίρεση την ερώτηση που αφορά στο σκοπό της κρυφής μνήμης. Συγκεκριμένα στο σύνολο των απαντήσεων το ποσοστό αυτών που συγκλίνουν προς την επιστημονική άποψη κυμαινόταν σε ποσοστό πάνω από 90 % στο ερώτημα για το σκοπό της κρυφής μνήμης μόνο το 28% των φοιτητών εκφράζει απόψεις που συγκλίνουν προς την επιστημονική.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ακόμα και φοιτητές πληροφορικής που κατά τεκμήριο έχουν υψηλό γνωστικό επίπεδο αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης.

Για την περαιτέρω διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης πραγματοποιήθηκαν δύο εμπειρικές έρευνες, οι οποίες περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

2.7 Έρευνες για τη διερεύνηση των αντιλήψεων, και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε έννοιες σχετικές με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται δύο έρευνες με κύριο σκοπό την καταγραφή των αντιλήψεων και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε έννοιες που σχετίζονται με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Επίσης εξετάζεται κατά πόσο η προηγούμενη γνώση για την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης επηρεάζει την κατανόηση των φοιτητών. Ειδικότερα, η πρώτη έρευνα σκοπό έχει τη καταγραφή των αντιλήψεων και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές όταν περιγράφουν πλήρως μια λειτουργία της κρυφής μνήμης αναφέροντας τις συνθήκες εκκίνησης, τα στάδια λειτουργίας της και το αποτέλεσμά της. Επιπλέον, επειδή το ψηφίο εγκυρότητας παίζει ένα σημαντικό ρόλο σε πολλές από τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης, όπως στη λειτουργία εντοπισμού και της τοποθέτησης και αντίστοιχα το ψηφίο τροποποίησης στη λειτουργία εγγραφής, ερευνώνται οι αντιλήψεις των φοιτητών σχετικά με τη χρήση των δύο αυτών ψηφίων στις λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Τέλος, ερευνώνται οι δυσκολίες των φοιτητών όταν αντιμετωπίζουν ένα σύνθετο μοντέλο κρυφής μνήμης (συνολοσυσχετιστικό μοντέλο). Τα αποτελέσματα της πρώτης έρευνας έδειξαν ότι οι φοιτητές έχουν

συγκεκριμένες δυσκολίες στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης οι οποίες προέρχονται από την προσπάθεια ενσωμάτωσης εννοιών της κρυφής μνήμης στο γνωστικό πλαίσιο της κύριας μνήμης. Η δεύτερη έρευνα αποτελεί συνέχεια της πρώτης και αξιοποιεί τα αποτελέσματά της με ειδικότερο σκοπό μια διεύρυνση και εμβάθυνση στην καταγραφή των αντιλήψεων και των δυσκολιών των φοιτητών.

2.7.1 Έρευνα 1η

Στόχος της έρευνας αυτής είναι η καταγραφή των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών οι οποίες σχετίζονται με την οργάνωση και την λειτουργία της κρυφής μνήμης. Επίσης στόχος της έρευνας είναι να διερευνήσει αν η προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών σχετικά με την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης επηρεάζει την κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης από τους φοιτητές.

Βάση του πλαισίου λειτουργίας της κύριας μνήμης, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 2.3 αναμένεται ότι :

Οι φοιτητές έχουν δυσκολίες

- Στην πλήρη περιγραφή μιας λειτουργίας της κρυφής μνήμης.
- Στην κατανόηση του ρόλου του ψηφίου εγκυρότητας (valid bit) και του ψηφίου τροποποίησης (dirty bit).
- Στην επίλυση προβλημάτων όταν η κρυφή μνήμη που χρησιμοποιείται είναι συνολοσυσχετιστική.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 64 φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών που παρακολουθούσαν το μάθημα Αρχιτεκτονική Ι κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2000-2001.

Διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μετά από τις εξετάσεις και την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στο Μάθημα Αρχιτεκτονική Ι. Τα θέματα των εξετάσεων περιείχαν μια ερώτηση /άσκηση που αναφερόταν στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης με βαθμολογικό βάρος 2 μονάδων. Όσοι φοιτητές επιθυμούσαν βελτίωση του

βαθμού τους για το τμήμα των δύο μονάδων που αναφερόταν στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης είχαν το δικαίωμα συμμετοχής στην έρευνα. Από τον έλεγχο των συμμετοχών διαπιστώθηκε ότι όλοι οι φοιτητές είχαν στην κανονική εξέταση του μαθήματος βαθμολογία από τρία (3) μέχρι εννέα (9). Δηλαδή στην έρευνα συμμετείχαν κατά 80% φοιτητές με βαθμολογία από τέσσερα (4) μέχρι επτά (7) και δεν συμμετείχαν φοιτητές που σύμφωνα με την επίδοσή τους στις εξετάσεις, είχαν είτε πολύ μικρή γνώση του μαθήματος είτε ήταν άριστοι. Για τη διεξαγωγή της έρευνας ζητήθηκε από τους φοιτητές να μελετήσουν μόνο το κεφάλαιο που αναφέρεται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Οι φοιτητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτά σε τέσσερα θέματα τα οποία περιείχαν ειδικά ερωτήματα και ασκήσεις. Η επιλογή των θεμάτων έγινε με σκοπό την ανάδειξη των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε συγκεκριμένα θέματα οργάνωσης και λειτουργίας της κρυφής μνήμης. Η διάρκεια απάντησης των θεμάτων ήταν 90 λεπτά και έγινε με την επίβλεψη του ερευνητή. Ο ερευνητής απαντούσε σε διευκρινιστικές ερωτήσεις των φοιτητών με εκφράσεις που δεν υποδείκνυαν τη σωστή απάντηση αν και συνολικά υπήρξαν ελάχιστες ερωτήσεις (τέσσερις ερωτήσεις).

Υλικό

Πίνακας 2.2

Οι ερωτήσεις – ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα

Θέμα Α

Ερώτημα σχετικό με την πλήρη περιγραφή μιας λειτουργίας με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές θα περιγράψουν τις συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας

Εκφώνηση:

Περιγράψτε αναλυτικά τη λειτουργία του εντοπισμού που χρησιμοποιεί η κρυφή μνήμη.

Θέμα Β.

Ερώτημα σχετικό με την οργάνωση της κρυφής μνήμης, με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές έχουν κατανοήσει το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας και του ψηφίου τροποποίησης στην διεξαγωγή των λειτουργιών της κρυφής μνήμης

Εκφώνηση:

Καθορίστε το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας (valid bit) και του ψηφίου τροποποίησης (dirty bit). Σε ποιες λειτουργίες της κρυφής μνήμης χρησιμοποιούνται τα ψηφία αυτά;

Θέμα Γ

Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης με απλοποιημένη οργάνωση (άμεσης αντιστοίχησης με μέγεθος μπλοκ 1 byte), με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράψουν την αιτιακή αλληλουχία των λειτουργιών, καθώς και την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε λειτουργία.

Σε ένα υποθετικό υπολογιστή υπάρχει κρυφή μνήμη με μέγεθος 4 μπλοκ. Κάθε μπλοκ περιλαμβάνει μια λέξη και κάθε λέξη έχει μέγεθος 1 byte. Η κρυφή μνήμη είναι της άμεσης αντιστοίχησης. Αρχικά η κρυφή μνήμη είναι κενή και στη συνέχεια ο επεξεργαστής κάνει διαδοχικές αναφορές για ανάγνωση στις διευθύνσεις της κύριας μνήμης 4, 10, 8, 18, 9. Για κάθε μια από αυτές της διευθύνσεις συμπληρώστε τα αντίστοιχα πεδία στην κρυφή μνήμη του σχήματος που ακολουθεί και γράψτε αναλυτικά τα στάδια και τα αποτελέσματα που έχουν οι λειτουργίες που εκτελεί η κρυφή μνήμη (εντοπισμός, τοποθέτηση, αντικατάσταση).

.

Θέμα Δ

Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης 2 δρόμων, με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες στη χρήση μιας πιο σύνθετης κρυφής μνήμης.

Εκφώνηση:

Επαναλάβατε την άσκηση που περιγράφεται στην ερώτηση 3 αλλά σε μια συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη δύο δρόμων. Σχεδιάστε την οργάνωση της κρυφής μνήμης αντίστοιχα με το ερώτημα Γ.

Για το θέμα Γ στους φοιτητές δόθηκε επιπλέον ένα φύλλο το οποίο παρουσιάζει την οργάνωση της κρυφής μνήμης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη λύση της άσκησης. Το φύλλο αυτό παρουσιάζεται στο σχήμα 2.3 . Για το Δ θέμα δεν δόθηκε αντίστοιχο φύλλο αλλά ζητήθηκε από τους φοιτητές να το σχεδιάσουν.

Βαθμολόγηση

Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών ακολούθησε την ποιοτική μέθοδο ανάλυσης σύμφωνα με την οποία το κριτήριο βαθμολόγησης δεν ήταν οι σωστές ή λανθασμένες απαντήσεις των φοιτητών αλλά οι διαφορετικοί τρόποι που χρησιμοποιούσαν οι φοιτητές για να απαντήσουν ή οι διαδικασίες που ακολουθούσαν για να δώσουν μια σωστή ή λανθασμένη απάντηση. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Διαπιστώθηκε πολύ υψηλή ταύτιση των δύο βαθμολογητών (92%). Στα σημεία όπου υπήρξε διαφωνία

βαθμολόγησης έγινε συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών, μέχρι να ευρεθεί μια κοινά αποδεκτή βαθμολογία.

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Αρχική κατάσταση κρυφής μνήμης

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Σχ.1 Μετά την αναφορά στη λέξη με διεύθυνση 4 της κύριας μνήμης

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Σχ.2 Μετά την αναφορά στη λέξη με διεύθυνση 10 της κύριας μνήμης

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Σχ.3 Μετά την αναφορά στη λέξη με διεύθυνση 8 της κύριας μνήμης

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Σχ.4 Μετά την αναφορά στη λέξη με διεύθυνση 18 της κύριας μνήμης

Δείκτης	Valid bit	Ετικέτα	Δεδομένα
00	0		
01	0		
10	0		
11	0		

Σχ.1 Μετά την αναφορά στη λέξη με διεύθυνση 9 της κύριας μνήμης

Σχήμα 2.3: Το φύλλο απαντήσεων για το θέμα Γ

Αποτελέσματα

Η ανάλυση των απαντήσεων που δίνουν οι φοιτητές στα ερωτήματα της έρευνας δείχνει ότι οι φοιτητές έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη. Οι αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών παρουσιάζονται και αναλύονται ανά θέμα ως ακολούθως:

Θέμα Α.

Σχετικά με την περιγραφή της λειτουργίας εντοπισμού της κρυφής μνήμης ένα ποσοστό 39% (25 άτομα) των φοιτητών απαντά λανθασμένα περιγράφοντας τις τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων. Οι απαντήσεις αυτές έχουν τη μορφή:

- *Η λειτουργία του εντοπισμού στην κρυφή μνήμη εξαρτάται από το είδος της κρυφής μνήμης.*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης, τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο ……*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική, τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο……..*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική, τότε χρησιμοποιούμε τον τύπο……*

Δηλαδή παρατηρούμε στις απαντήσεις των φοιτητών ότι η αντιστοίχηση διευθύνσεων η οποία εξαρτάται από το είδος της κρυφής μνήμης, χρησιμοποιείται κατά την τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης, και αποτελεί ένα τμήμα της λειτουργίας εντοπισμού (πρώτο στάδιο), αντικαθιστά ολόκληρη τη λειτουργία.

Η επιστημονική άποψη για τη λειτουργία του εντοπισμού είναι:

Η λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης **ενεργοποιείται** μετά από μια αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση ή εγγραφή από/προς μια διεύθυνση της κύριας μνήμης. **Σκοπός** της λειτουργίας είναι να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του εντοπισμού πραγματοποιείται σε τρία **στάδια:**

1. Τμηματοποίηση της διεύθυνσης κύριας μνήμης σε πεδία Μετατόπισης, Δείκτη και Ετικέτας
2. Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το πεδίο Δείκτη
3. Σύγκριση των πεδίων Ετικέτας του μπλοκ που έχει επιλεγεί με το αντίστοιχο πεδίο της διεύθυνσης της κύριας μνήμης και έλεγχος V=1

Αποτέλεσμα της λειτουργίας εντοπισμού (επιτυχία ή αποτυχία κρυφής μνήμης)

Σύμφωνα με το πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής που υιοθετούμε, οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση της λειτουργίας του εντοπισμού της κρυφής μνήμη οφείλεται στο ότι η λειτουργία του εντοπισμού δεν υπάρχει ως λειτουργία στην κύρια μνήμη. Στην κύρια μνήμη ο επεξεργαστής αναφέρεται σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της και δεν υπάρχει η αντίστοιχη έννοια επιτυχίας ή αποτυχίας της κύριας μνήμης.

Θέμα Β.

Στις απαντήσεις τους σχετικά με το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας και του ψηφίου τροποποίησης ένα ποσοστό 17% (11 άτομα) χρησιμοποίησε κυκλικές αναφορές που βασίζονται στο όνομα του ψηφίου ή απέδωσε σε αυτά ιδιότητες που δεν έχουν. Χαρακτηριστική απάντηση των φοιτητών είναι:

- *Το ψηφίο εγκυρότητας δείχνει ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα.*

Παρατηρούμε ότι η απάντηση χρησιμοποιεί το όνομα του ψηφίου εγκυρότητας για το χαρακτηρισμό των δεδομένων: ψηφίο **εγκυρότητας → έγκυρα** δεδομένα.

Επίσης, οι φοιτητές σε ένα ποσοστό 27% (17 άτομα) απέδωσαν ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά στο ρόλο των ψηφίων ή απέδωσαν σε αυτά ιδιότητες που δεν έχουν. Χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών είναι:

1. *Το ψηφίο εγκυρότητας χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της χρησιμότητας των δεδομένων για την ολοκλήρωση της λειτουργίας του επεξεργαστή.*
2. *Το ψηφίο τροποποίησης δείχνει αν ένα μπλοκ πρέπει να αντικατασταθεί.*
3. *Το ψηφίο εγκυρότητας υπάρχει για να διευκολύνει στον εντοπισμό ενός μπλοκ.*
4. *Το ψηφίο εγκυρότητας είναι ένα ψηφίο το οποίο προσκολλάται στις πληροφορίες και στην περίπτωση που είναι 1 σημαίνει πως η μεταφορά ολοκληρώθηκε σωστά. Στην περίπτωση που το ψηφίο εγκυρότητας δεν είναι 1 ή απουσιάζει σημαίνει πως υπήρξε κάποια απώλεια στη μεταφορά πληροφοριών.*

Στην πρώτη απάντηση τα δεδομένα χαρακτηρίζονται "*χρήσιμα*" για τον επεξεργαστή, ενώ προηγουμένως είχαν χαρακτηριστεί "*έγκυρα*". Ο επεξεργαστής δεν έχει την ικανότητα να κρίνει αν ορισμένα δεδομένα είναι χρήσιμα, και πολύ περισσότερο δεν μπορεί να κρίνει αν τα δεδομένα είναι χρήσιμα για την ολοκλήρωση της λειτουργίας που εκτελεί. Κατά τον ίδιο τρόπο ο επεξεργαστής δεν μπορεί να κρίνει αν τα δεδομένα είναι έγκυρα.

Στη δεύτερη απάντηση αποδίδεται, λανθασμένα, στο ψηφίο τροποποίησης μια ιδιότητα που δεν έχει, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και μια μερική αντιστροφή αιτιακής σχέσης γιατί, όταν πρέπει να αντικατασταθεί το μπλοκ, ελέγχεται το ψηφίο τροποποίησης.

Η τρίτη απάντηση συνδυάζει ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά όπως "το ψηφίο διευκολύνει" με την απόδοση ιδιότητας στο ψηφίο εγκυρότητας που δεν έχει, γιατί ο

εντοπισμός του μπλοκ εξαρτάται από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης της κύριας μνήμης.

Στην τέταρτη απάντηση παρατηρούμε μια επίδραση της προϋπάρχουσας γνώσης του φοιτητή από την ψηφιοποίηση και τη μεταφορά δεδομένων, η οποία μεταφέρεται και εφαρμόζεται λανθασμένα στο καινούριο γνωστικό αντικείμενο. Στο ψηφίο εγκυρότητας προσδίδονται λανθασμένα, ιδιοτήτες που έχει το ψηφίο ισοτιμίας (parity bit).

Η επιστημονική άποψη για το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας και του ψηφίου τροποποίησης είναι:

Ο ρόλος του ψηφίου εγκυρότητας είναι για να δηλώσει τα μπλοκ της κρυφής μνήμης τα οποία ανήκουν στο πρόγραμμα που εκτελείται. Το ψηφίο εγκυρότητας χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία εντοπισμού. Όταν έχει επιλεγεί το μπλοκ της κρυφής μνήμης που θα ελεγχθεί, ελέγχεται πρώτα το ψηφίο εγκυρότητας και στη συνέχεια η συμφωνία των πεδίων ετικέτας του μπλοκ και της διεύθυνσης κύριας μνήμης. Το ψηφίο εγκυρότητας ενημερώνεται (τίθεται) κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης η οποία εκτελείται μετά από μια αποτυχία εγγραφής ή ανάγνωσης της κρυφής μνήμης.

Το ψηφίο τροποποίησης τίθεται κατά τη διάρκεια μιας εντολής εγγραφής του επεξεργαστή σε μια θέση της κύριας μνήμης και μόνο όταν η κρυφή μνήμη χρησιμοποιεί ως πολιτική εγγραφής την επανεγγραφή ή επανατοποθέτηση *(write back),* σύμφωνα με την οποία η εγγραφή γίνεται μόνο στην κρυφή μνήμη και η κύρια μνήμη ενημερώνεται αργότερα. Το ψηφίο τροποποίησης ελέγχεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης ενός μπλοκ στην κρυφή μνήμη. Αν στο υπάρχον μπλοκ το ψηφίο τροποποίησης έχει τεθεί, τότε τα περιεχόμενα αυτού του μπλοκ θα πρέπει να μεταφερθούν στην κύρια μνήμη πριν γίνει η αντικατάστασή του. Ο ρόλος του ψηφίου τροποποίησης είναι να σημειώνει ποια μπλοκ της κρυφής μνήμης έχουν τροποποιηθεί, έτσι ώστε σε περίπτωση αντικατάστασής τους το περιεχόμενό τους να μεταφερθεί στην κύρια μνήμη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης δεν υπάρχει η έννοια του ψηφίου εγκυρότητας ή του ψηφίου τροποποίησης. Ο επεξεργαστής αναφέρεται, για ανάγνωση ή εγγραφή, σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της κύριας μνήμης που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος.

Συνεπώς δεν υπάρχουν έλεγχοι αν το περιεχόμενο αυτών των διευθύνσεων ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα ή το περιεχόμενο έχει τροποποιηθεί από προηγούμενες εντολές.

Θέμα Γ.

Κατά τη λύση του προβλήματος που περιέχει το θέμα Γ ένα μεγάλο ποσοστό 39% (25 άτομα) φοιτητών παρουσίασαν διαδικασίες λύσης που αποκλίνουν από τις επιστημονικές. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές επικεντρώνονται στα παρακάτω σημεία:

Ένα ποσοστό 14% (9 άτομα) των φοιτητών έχει δυσκολίες σύνδεσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης με τις λειτουργίες της κύριας μνήμης (εγγραφή/ανάγνωση) οι οποίες συμπίπτουν με αυτές του επεξεργαστή. Μια ενδεικτική απάντηση φοιτητή είναι:

- *Προφανώς το ψηφίο εγκυρότητας χρησιμοποιείται για την εγγραφή και το ψηφίο τροποποίησης χρησιμοποιείται για την ανάγνωση.*

Στην απάντηση αυτή δεν είναι σαφές αν ο φοιτητής αναφέρεται σε λειτουργίες της κύριας μνήμης - επεξεργαστή ή σε λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι λειτουργίες ανάγνωσης και εγγραφής υπάρχουν και στην κρυφή μνήμη. Οι λειτουργίες του επεξεργαστή αποτελούν συνθήκη εκκίνησης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης. Επιπλέον, το ψηφίο εγκυρότητας χρησιμοποιείται τόσο κατά τη λειτουργία της ανάγνωσης όσο και κατά τη λειτουργία της εγγραφής της κρυφής μνήμης.

Επίσης ένα ποσοστό 25% (16 άτομα) των φοιτητών έχει δυσκολίες στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιούνται οι εσωτερικές λειτουργίες στην κρυφή μνήμη, και ιδιαίτερα στο ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της λειτουργίας εντοπισμού και κατά της λειτουργίας τοποθέτησης. Μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών είναι:

1. *V=1, αν ο ελεγκτής βρει ότι αυτό το ψηφίο υπάρχει, τότε οι πληροφορίες είναι έγκυρες και συνεπώς το μπλοκ δεν χρειάζεται να αντικατασταθεί.*
2. *Το ψηφίο εγκυρότητας είναι ένα ψηφίο το οποίο υπάρχει ή δεν υπάρχει στην ετικέτα κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης.*

Υπενθυμίζεται ότι στην οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης δεν υπάρχει η έννοια του ψηφίου εγκυρότητας ή του ψηφίου τροποποίησης. Ο επεξεργαστής

αναφέρεται για ανάγνωση ή εγγραφή σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της κύριας μνήμης, που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος.

Η πρώτη απάντηση αποδίδει ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά στον υπολογιστή με τη διατύπωση "τα δεδομένα είναι έγκυρα". Στην απάντηση αυτή θα πρέπει επιπλέον να σημειωθεί ότι αν το V=1 (το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί), τότε το αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης θα πρέπει να αντικατασταθεί στην περίπτωση που το πεδίο ετικέτας (tag field) της διεύθυνσης του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν ταυτίζεται με το αντίστοιχο πεδίο της διεύθυνσης της κύριας μνήμης, στην οποία ο επεξεργαστής ζητά να διαβάσει ή να γράψει δεδομένα.

Για τη δεύτερη απάντηση θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ψηφίο εγκυρότητας δεν συμπεριλαμβάνεται στο πεδίο ετικέτας ενός μπλοκ της κρυφής μνήμης. Η δυσκολία αυτή μπορεί να προέρχεται από το γεγονός ότι το πεδίο ετικέτας και το ψηφίο εγκυρότητας χρησιμοποιούνται αμφότερα στη λειτουργία εντοπισμού.

Επιπλέον, σε μερικές απαντήσεις φοιτητών για στο ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας ή του ψηφίου τροποποίησης υπάρχει μια απόδοση ιδιοτήτων που συναντώνται σε χαρακτηριστικά άλλων εννοιών, όπως οι έννοιες της τοπικότητας χώρου ή χρόνου. Ορισμένες χαρακτηριστικές απαντήσεις φοιτητών είναι:

- *Το ψηφίο εγκυρότητας δείχνει ότι τα δεδομένα έχουν πρόσφατα τροποποιηθεί*
- *Το ψηφίο τροποποίησης δείχνει ότι τα δεδομένα του μπλοκ δεν θα χρειαστούν σύντομα.*

Οι αντιλήψεις αυτές πιθανά προέρχονται από το γεγονός ότι στην αρχή του κεφαλαίου της κρυφής μνήμης γίνεται αναφορά στη σπουδαιότητα που έχει η τοπικότητα χώρου και χρόνου στη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Στην περιγραφή αυτών των εννοιών χρησιμοποιούνται εκφράσεις όπως "σύντομο χρονικό διάστημα" και "σύντομα". Αυτές οι εκφράσεις προκαλούν τη χρήση χρονικών χαρακτηρισμών, όπως "πρόσφατα' και "σύντομα", οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του ρόλου του ψηφίου εγκυρότητας και του ψηφίου τροποποίησης. Η αρχή τοπικότητας χώρου και χρόνου δεν ισχύει για την κύρια μνήμη. Ο επεξεργαστής αναφέρεται για ανάγνωση ή εγγραφή σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της κύριας μνήμης, που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος.

Θέμα Δ.

Κατά τη λύση του προβλήματος που περιέχει το θέμα Δ ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών 42% (27 άτομα) παρουσίασε διαδικασίες λύσης που αποκλίνουν από τις επιστημονικές. Οι δυσκολίες των φοιτητών αυτών επικεντρώνονται στα παρακάτω σημεία:

1. *Ο υπολογισμός του αριθμού των συνόλων σε μια συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη.*
2. *Η αντιστοίχηση διευθύνσεων σε μια συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη.*

Η πρώτη δυσκολία παρουσιάζεται στο 33% των φοιτητών (21 άτομα) οι οποίοι θεώρησαν λανθασμένα ότι, επειδή η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική 2 δρόμων, περιέχει δύο σύνολα. Οι φοιτητές θεωρούν ότι ο αριθμός των δρόμων σε μια συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη εκφράζει τον αριθμό των συνόλων που υπάρχουν στην κρυφή μνήμη και όχι τον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο.

Η δεύτερη δυσκολία παρουσιάζεται στο 36% των φοιτητών (23 άτομα) και οφείλεται στο ότι οι φοιτητές χρησιμοποιούν για την αντιστοίχηση διευθύνσεων τύπους που χρησιμοποιούνται στην κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, στην περίπτωση που η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική, η αντιστοίχηση διευθύνσεων της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής προϋποθέτει το σωστό υπολογισμό των συνόλων που περιέχονται στην κρυφή μνήμη και γίνεται σε δύο στάδια. Πρώτα υπολογίζεται το σύνολο που θα γίνει η αντιστοίχηση και στη συνέχεια το μπλοκ μέσα από το συγκεκριμένο σύνολο. Παρατηρούμε συνεπώς ότι οι φοιτητές εφαρμόζουν στη λύση των ασκήσεων το απλό μοντέλο κρυφής μνήμης (άμεσης αντιστοίχησης) αντί για το σύνθετο συνολοσυσχετιστικό μοντέλο.

Υπενθυμίζεται ότι η οργάνωση της κύριας μνήμης είναι μία και μοναδική. Η κύρια μνήμη οργανώνεται σε ιδεατά μπλοκ ίδιου μεγέθους με αυτά της κρυφής μνήμης και δεν υπάρχει ή έννοια της ομάδας μπλοκ. Συνεπώς οι φοιτητές γνωρίζοντας την οργάνωση της κύριας μνήμης σαν ένα συνεχόμενο πίνακα με διευθύνσεις και περιεχόμενα όπου οι θέσεις μνήμης είναι οργανωμένες σε μπλοκ, παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης.

2.7.2 Έρευνα 2η

Η δεύτερη έρευνα πραγματοποιήθηκε το πρώτο εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2001-2002. Αποτελεί συνέχεια της έρευνας που πραγματοποιήθηκε το έτος 2000-2001 και αξιοποιεί τα συμπεράσματα της με κύριο σκοπό την επιπλέον διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης καθώς και την επίδραση της προϋπάρχουσας γνώσης της οργάνωσης και λειτουργίας της κύριας μνήμης στις αντιλήψεις των φοιτητών. Ειδικότερα :

Στην πρώτη έρευνα ένα ποσοστό φοιτητών αναφέρει για το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας ότι αυτό δείχνει ότι "οι πληροφορίες είναι έγκυρες" χωρίς επιπλέον άλλες εξηγήσεις. Η απάντηση αυτή είναι κυκλική και δεν είναι σαφές αν ο φοιτητής έχει κατανοήσει το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας, στη δεύτερη έρευνα ζητείται η επεξήγηση του όρου "έγκυρες πληροφορίες".

Στην πρώτη έρευνα εξετάστηκε μόνο η λειτουργία εντοπισμού και διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές δεν περιγράφουν πλήρως τη λειτουργία, δηλαδή δεν αναφέρουν τις συνθήκες έναρξης, τα στάδια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας. Στη δεύτερη έρευνα εξετάζεται η λειτουργία της τοποθέτησης καθώς και η λειτουργία της εγγραφής αλλά ζητείται ρητά από τους φοιτητές να αναφέρουν τις συνθήκες έναρξης, τα στάδια και το αποτέλεσμα κάθε λειτουργίας.

Στην πρώτη έρευνα στο πρόβλημα που κλήθηκαν να λύσουν οι φοιτητές το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμη ήταν 1 byte ενώ στη δεύτερη έρευνα το μέγεθος μπλοκ είναι 4 byte.

Με βάση την ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών στην πρώτη έρευνα και υιοθετώντας το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής υποθέσαμε ότι η προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών σχετικά με την οργάνωση και τη λειτουργία της κύριας μνήμης θα προκαλέσει εμπόδια στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης οι οποίες είτε δεν υπάρχουν στην κύρια μνήμη είτε εκτελούνται διαφορετικά, σχηματίσαμε αναλυτικά τις υποθέσεις της δεύτερης έρευνας.

Οι υποθέσεις της έρευνας είναι οι παρακάτω:

Οι φοιτητές θα αντιμετωπίζουν δυσκολίες:

- Στη διευκρίνιση του όρου "έγκυρα δεδομένα".

- Στην πλήρη περιγραφή μιας λειτουργίας της κρυφής μνήμης και ιδιαίτερα στις συνθήκες που απαιτούνται για την έναρξη μιας λειτουργίας, τα στάδια που ακολουθεί, καθώς και στο αποτέλεσμα της λειτουργίας στην κατάσταση της κρυφής .
- Στην επίλυση ασκήσεων, όταν το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι μεγαλύτερο από 1 byte.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 60 φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών που παρακολουθούσαν το μάθημα Αρχιτεκτονική Ι κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2001-2002.

Διαδικασία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μετά από τις εξετάσεις και την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στο μάθημα Αρχιτεκτονική Ι. Τα θέματα των εξετάσεων περιείχαν μια ερώτηση /άσκηση που αναφερόταν στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης με βαθμολογικό βάρος 2 μονάδων. Όσοι φοιτητές επιθυμούσαν βελτίωση του βαθμού τους για το τμήμα των δύο μονάδων που αναφερόταν στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης είχαν το δικαίωμα συμμετοχής στην έρευνα. Από τον έλεγχο των συμμετοχών διαπιστώθηκε, ότι όλοι οι φοιτητές είχαν στην κανονική εξέταση του μαθήματος βαθμολογία από το 3 μέχρι το 9. Δηλαδή στην έρευνα συμμετείχαν κατά 80% φοιτητές με βαθμολογία μεταξύ 4-7 και δεν συμμετείχαν φοιτητές που είχαν πολύ μικρή η μηδενική γνώση του μαθήματος είτε ήταν άριστοι. Για το λόγο αυτό θεωρούμε ότι το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του συνόλου των φοιτητών. Για τη διεξαγωγή της έρευνας ζητήθηκε από τους φοιτητές να μελετήσουν μόνο το κεφάλαιο που αναφέρεται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Οι φοιτητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτά σε πέντε θέματα. Η διάρκεια συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ήταν 120 λεπτά και έγινε με την επίβλεψη του ερευνητή. Ο ερευνητής απαντούσε σε διευκρινιστικές ερωτήσεις των φοιτητών μαθητών με εκφράσεις που δεν υποδείκνυαν τη σωστή απάντηση αν και συνολικά υπήρξαν ελάχιστες ερωτήσεις.

Υλικό

Πίνακας 2.4
Οι ερωτήσεις – ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα .

Θέμα Α
Ερώτημα σχετικό με την επεξήγηση του όρου "έγκυρες πληροφορίες" που χρησιμοποίησε ένα ποσοστό φοιτητών στην πρώτη έρευνα.

Εκφώνηση:
Στην οργάνωση της κρυφής μνήμης, όταν ζητείται η επεξήγηση του ρόλου του ψηφίου εγκυρότητας (valid bit) σε ένα μπλοκ πολλοί φοιτητές απαντούν ότι το ψηφίο αυτό δείχνει αν οι πληροφορίες που περιέχονται στο αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι έγκυρες ή μη έγκυρες. Επεξηγήστε τον όρο "έγκυρες πληροφορίες".

Θέμα Β.
Ερώτημα σχετικό με την πλήρη περιγραφή μιας λειτουργίας. με ρητή αναφορά ότι πρέπει να αναφερθούν οι συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας

Εκφώνηση:
Περιγράψτε τη λειτουργία της τοποθέτησης της κρυφής μνήμης. Κάτω από ποιες συνθήκες ξεκινά η λειτουργία τοποθέτησης, ποιες διαδικασίες πραγματοποιούνται, και ποιο είναι το αποτέλεσμά της.

Θέμα Γ
Ερώτημα σχετικό με την πλήρη περιγραφή μιας λειτουργίας. με ρητή αναφορά ότι πρέπει να αναφερθούν οι συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας.

Εκφώνηση:
Περιγράψτε τη λειτουργία της εγγραφής της κρυφής μνήμης. Κάτω από ποιες συνθήκες ξεκινά η λειτουργία εγγραφής, ποιες διαδικασίες πραγματοποιούνται, και ποιο είναι το αποτέλεσμά της.

Θέμα Δ
Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης αλλά με μέγεθος μπλοκ μεγαλύτερο από 1 byte με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράψουν την ακολουθία των λειτουργιών, τις αιτιακές σχέσεις που τις συνδέουν καθώς και την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε λειτουργία

Εκφώνηση:
Υποθέστε ότι έχουμε μια κύρια μνήμη με μέγεθος 128 bytes και μια κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 μπλοκ. Κάθε μπλοκ έχει μέγεθος 4 bytes. Η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης. Αρχικά η κρυφή μνήμη είναι κενή και στη συνέχεια ο επεξεργαστής κάνει διαδοχικές αιτήσεις ανάγνωσης στις διευθύνσεις της κύριας μνήμης 4, 10, 8,

18, 9. Για κάθε μια από αυτές της διευθύνσεις συμπληρώστε τα αντίστοιχα πεδία στην κρυφή μνήμη του σχήματος που ακολουθεί και γράψτε αναλυτικά τις συνθήκες έναρξης τα στάδια εκτέλεσης από τον υπολογιστή καθώς και αποτελέσματα τα οποία έχουν οι λειτουργίες που εκτελεί η κρυφή μνήμη (εντοπισμός, τοποθέτηση, αντικατάσταση). Στη συνέχεια σχεδιάστε την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το τέλος κάθε αίτησης ανάγνωσης.

Θέμα .Ε

Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης 2 δρόμων και με μέγεθος μπλοκ μεγαλύτερο από 1 byte, με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες στη χρήση μιας κρυφής μνήμης με σύνθετη οργάνωση.

Εκφώνηση:

Επαναλάβατε την προηγούμενη διαδικασία του θέματος Δ όταν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική δύο δρόμων. Για την αντικατάσταση χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος LRU (Least Recently Used).

Βαθμολόγηση

Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών ακολούθησε την ποιοτική μέθοδο ανάλυσης σύμφωνα με την οποία το κριτήριο βαθμολόγησης δεν ήταν οι σωστές ή λανθασμένες απαντήσεις των φοιτητών αλλά οι διαφορετικοί τρόποι που χρησιμοποιούσαν οι φοιτητές για να απαντήσουν ή οι διαδικασίες που ακολουθούσαν για να δώσουν μια σωστή ή λανθασμένη απάντηση. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Διαπιστώθηκε μια πολύ υψηλή ταύτιση των δύο βαθμολογητών (94%). Στα σημεία όπου υπήρξε διαφωνία βαθμολόγησης έγινε συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών, μέχρι να ευρεθεί μια κοινά αποδεκτή βαθμολογία.

Αποτελέσματα

Η ανάλυση των απαντήσεων που δίνουν οι φοιτητές στα ερωτήματα της έρευνας διευκρινίζει τα συμπεράσματα της πρώτης έρευνας και επιβεβαιώνει ότι οι φοιτητές έχουν εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη. Οι αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών παρουσιάζονται και αναλύονται ανά θέμα ως ακολούθως:

Θέμα Α.

Σχετικά με τη διευκρίνιση του όρου "έγκυρες πληροφορίες" οι φοιτητές σε ποσοστό 35% (21 άτομα) διατυπώνουν εναλλακτικές, μη επιστημονικές απόψεις: Χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών είναι:

1. *Έγκυρες πληροφορίες είναι αυτές που χρειάζεται ο επεξεργαστής.*
2. *Αν έχουμε έγκυρες πληροφορίες σημαίνει ότι το συγκεκριμένο πεδίο περιέχει πληροφορία που ενδιαφέρει το πρόγραμμά μας, ενώ διαφορετικά δεν το ενδιαφέρει.*
3. *Έγκυρη πληροφορία είναι αυτή που βρίσκεται μέσα στην κρυφή μνήμη. Αν δεν βρίσκεται, τότε δεν θεωρείται έγκυρη.*
4. *Όταν λέμε ότι μια πληροφορία είναι έγκυρη εννοούμε ότι έχει τοποθετηθεί στην κρυφή μνήμη και τότε το ψηφίο εγκυρότητας έχει την τιμή 1.*

Παρατηρούμε ότι οι δύο πρώτες απαντήσεις των φοιτητών αποδίδουν ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά στις λειτουργίες του επεξεργαστή καθώς και στις λειτουργίες ενός προγράμματος. Σύμφωνα με αυτές ο επεξεργαστής "*χρειάζεται*" κάποιες συγκεκριμένες πληροφορίες, ενώ το πρόγραμμα μπορεί να δείχνει "*ενδιαφέρον*" για πληροφορίες.

Η τρίτη και η τέταρτη απάντηση αποτελούν έκφραση της απλοϊκής αντίληψης ότι εφόσον οι πληροφορίες έχουν μεταφερθεί την κρυφή μνήμη είναι έγκυρες. Η αντίληψη αυτή δείχνει ότι οι φοιτητές δεν κατανοούν τη διάκριση μεταξύ τρέχοντος προγράμματος και παλαιοτέρων που επίσης μπορεί να υπάρχουν στην κρυφή μνήμη.

Σε σύγκριση των απαντήσεων της Β' έρευνας με εκείνες της Α' προκύπτει ότι υπάρχει μια βελτίωση των αποτελεσμάτων της δεύτερης έρευνας, αφού στην πρώτη έρευνα το 44% των φοιτητών δεν είχαν απαντήσει με επάρκεια στο σχετικό ερώτημα.

Η επιστημονική άποψη σχετικά με το χαρακτηρισμό "έγκυρες πληροφορίες" είναι:

Έγκυρες χαρακτηρίζονται οι πληροφορίες που ανήκουν σε μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος το οποίο εκτελείται. Για τα μπλοκ αυτά έχει τεθεί το ψηφίο εγκυρότητας (V=1). Όταν αρχίζει η εκτέλεση ενός νέου προγράμματος μηδενίζεται σε όλα τα μπλοκ της κρυφής μνήμης το ψηφίο εγκυρότητας (V=0).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης δεν υπάρχει η έννοια του ψηφίου εγκυρότητας ή του ψηφίου τροποποίησης. Ο

επεξεργαστής αναφέρεται για ανάγνωση ή εγγραφή σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της κύριας μνήμης, που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος. Συνεπώς δεν υπάρχουν έλεγχοι αν το περιεχόμενο αυτών των διευθύνσεων ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα ή το περιεχόμενό τους έχει τροποποιηθεί από προηγούμενες εντολές.

Θέμα Β.

Σχετικά με την περιγραφή της λειτουργίας τοποθέτησης διαπιστώνεται ότι ένα ποσοστό 22% (14 άτομα) έχει δυσκολίες στην πλήρη περιγραφή όλων των συνθηκών που πρέπει να ισχύουν για την εκκίνηση της λειτουργίας. Ειδικότερα ενώ περιγράφει την αποτυχία της κρυφής μνήμης ως προϋπόθεση της εκκίνησης της λειτουργίας τοποθέτησης, δεν συγκεκριμενοποιεί ότι η αποτυχία αυτή οφείλεται στο ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ της κρυφής μνήμης που εντοπίστηκε (V=0). Επίσης δεν περιγράφει με πληρότητα τα στάδια που ακολουθεί η λειτουργία τοποθέτησης και τις αλλαγές που επιφέρει στην κατάσταση της κρυφή μνήμης. Ειδικότερα οι φοιτητές ενώ μεταφέρουν το περιεχόμενο του μπλοκ της κύριας μνήμης στο αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν αλλάζουν το ψηφίο εγκυρότητας (από V=0 σε V=1), είτε δεν αλλάζουν την ετικέτα του μπλοκ.

Για την πραγματοποίηση μιας λειτουργίας (ανάγνωση/εγγραφή) στην κύρια μνήμη ενεργοποιείται από μια αντίστοιχη εντολή του τρέχοντος προγράμματος που εκτελεί ο επεξεργαστής. Αν η εντολή αναφέρεται σε ανάγνωση από μια θέση κύριας μνήμης εκτελείται η λειτουργία της ανάγνωσης αν η εντολή αναφέρεται σε εγγραφή σε μια θέση της εκτελείται η λειτουργία της εγγραφής. Στη λειτουργία της κύριας μνήμης δεν υπάρχει ψηφίο εγκυρότητας ή ψηφίο τροποποίησης.

Διαπιστώνεται ότι ένα ποσοστό 20% (16 άτομα) περιγράφουν αντί για λειτουργία της τοποθέτησης τις τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων.

Χαρακτηριστικά οι φοιτητές αναφέρουν:

- *Η τοποθέτηση ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη εξαρτάται από την οργάνωση της κρυφής μνήμης.*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης, τότε …*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική, τότε …*
  - *Όταν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική, τότε…*

Οι φοιτητές αυτοί ταυτίζουν μια λειτουργία της κρυφής μνήμης με ένα τμήμα άλλης λειτουργίας. Οι τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων χρησιμοποιούνται στην

τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης η οποία αποτελεί τμήμα της λειτουργίας εντοπισμού (πρώτο στάδιο). Υπενθυμίζεται ότι οι εντολές της κύριας μνήμης είναι απλές και δεν περιέχουν στάδια εκτέλεσης.

Επίσης ένα ποσοστό φοιτητών 10% (6 άτομα) περιγράφει τη λειτουργία της τοποθέτησης ως τη λειτουργία εντοπισμού. Χαρακτηριστικά οι φοιτητές αναφέρουν:

- *Η τοποθέτηση ενός μπλοκ στην κρυφή μνήμη γίνεται με τον εντοπισμό της θέσης που θα πρέπει να τοποθετηθεί… Ο εντοπισμός επιτυγχάνεται ….*

Οι φοιτητές αυτοί ταυτίζουν μια λειτουργία της κρυφής μνήμης με μια άλλη λειτουργία.

Σε σύγκριση με την πρώτη έρευνα όπου υπήρξε ένα ποσοστό αποτυχίας 39%, στην πλήρη περιγραφή της λειτουργίας εντοπισμού παρατηρείται ότι η σαφή αναφορά στα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνει η πλήρης περιγραφή της λειτουργίας βελτίωσε το ποσοστό των φοιτητών που περιγράφει με πληρότητα τη λειτουργία

Η επιστημονική άποψη για τη λειτουργία της τοποθέτησης η οποία υπάρχει μόνο στην κρυφή μνήμη, είναι:

Η λειτουργία της τοποθέτησης

Η λειτουργία της τοποθέτησης αρχίζει όταν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία κρυφής μνήμης, η οποία οφείλεται στο ότι το μπλοκ που έχει ήδη επιλεγεί κατά τη λειτουργία του εντοπισμού δεν ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα (δηλαδή όταν V=0). Η λειτουργία της τοποθέτησης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

1. *Το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τα περιεχόμενα της ζητούμενης διεύθυνσης μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη στη διεύθυνση του μπλοκ που έχει ήδη επιλεγεί κατά τη λειτουργία του εντοπισμού. Ταυτόχρονα, εάν ο επεξεργαστής έχει ζητήσει να διαβάσει το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης, τότε αυτό τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κύρια μνήμη με τον επεξεργαστή.*
2. *Ταυτόχρονα ενημερώνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το αντίστοιχο πεδίο του μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρεται και τίθεται η τιμή του ψηφίου εγκυρότητας (V=1).*

Θέμα Γ.

Σχετικά με τη λειτουργία της εγγραφής διαπιστώνεται ότι ένα ποσοστό φοιτητών 32% (19 άτομα) παρουσιάζει δυσκολίες στην κατανόηση της λειτουργίας της εγγραφής. Οι δυσκολίες επικεντρώνονται:

- *Στην περιγραφή των συνθηκών που πρέπει να ισχύουν για την έναρξη της λειτουργίας εγγραφής όταν υπάρξει επιτυχία ή αποτυχία της κρυφής μνήμης.*

Οι φοιτητές δεν περιγράφουν πλήρως τις αναγκαίες συνθήκες που οδηγούν στην εκκίνηση της λειτουργίας της εγγραφής. Για παράδειγμα δεν αναφέρουν ότι αναγκαία συνθήκη για την εκκίνηση της λειτουργίας εγγραφής στην κρυφή μνήμη είναι η αίτηση του επεξεργαστή για εγγραφή σε μια θέση κύριας μνήμης. Η λειτουργία της εγγραφής υπάρχει και στην κύρια μνήμη και για την εκκίνησή της αρκεί η ύπαρξη μιας αντίστοιχης εντολής εγγραφής από τον επεξεργαστή.

- *Σε απλοϊκές είτε ανθρωπομορφικές αντιλήψεις σχετικά με τη λειτουργία της εγγραφής.*

Οι φοιτητές θεωρούν ότι εφόσον η κρυφή μνήμη ή το αντίστοιχο μπλοκ είναι κενό, τότε υπάρχει "επιτυχία εγγραφής". Δεν κατανοούν δηλαδή πώς ο υπολογιστής πραγματοποιεί τη διαδικασία με ένα προκαθορισμένο τρόπο τον οποίο πρέπει να περιγράψουν αλλά αξιοποιούν την πληροφορία ότι η κρυφή μνήμη είναι κενή, σύμφωνα με τη δική τους κρίση. Η έννοια του κενού μπλοκ δεν υπάρχει στην κύρια μνήμη.

- *Επίδραση από προϋπάρχουσα γνώση αντίστοιχης λειτουργίας της κύριας μνήμης*

Οι φοιτητές εκφράζουν την άποψη ότι, επειδή πρόκειται να γίνει εγγραφή δε χρειάζεται να εκτελεστεί αρχικά η λειτουργία του εντοπισμού, ώστε να διαπιστωθεί αν το περιεχόμενο της αντίστοιχης διεύθυνσης βρίσκεται στην κρυφή μνήμη. Η άποψη αυτή προέρχεται από τη λειτουργία εγγραφής στην κύρια μνήμη, η οποία εκτελείται άμεσα.

- *Στις αλλαγές που επιφέρει το αποτέλεσμα της λειτουργίας της εγγραφής στο μπλοκ της κρυφής μνήμης, είτε στα περιεχόμενα του μπλοκ της κύριας μνήμης.*

Οι φοιτητές δεν περιγράφουν πλήρως τα αποτελέσματα που προκαλεί η λειτουργία της εγγραφής στην κατάσταση της κρυφής μνήμης. Οι φοιτητές τροποποιούν μόνο το περιεχόμενο του μπλοκ της κρυφής μνήμης χωρίς να αναφέρουν ότι ανάλογα με την πολιτική εγγραφής την οποία χρησιμοποιεί η κρυφή μνήμη μπορεί να τροποποιηθεί και το ψηφίο τροποποίησης.

Σε σύγκριση με την πρώτη έρευνα όπου υπήρξε ένα ποσοστό αποτυχίας 39%, στην πλήρη περιγραφή της λειτουργίας εντοπισμού παρατηρείται ότι η σαφής προτροπή της ερώτησης να αναφερθούν οι συνθήκες έναρξης, τα στάδια και το αποτέλεσμα της λειτουργίας εγγραφής βελτίωσε το ποσοστό των φοιτητών που περιγράφουν με πληρότητα τη λειτουργία.

Η επιστημονική άποψη για τη λειτουργία της εγγραφής είναι:

Η λειτουργία της εγγραφής της κρυφής μνήμης αρχίζει μετά από μια εντολή εγγραφής σε μια θέση κύριας μνήμης που εκτελεί ο επεξεργαστής. Αρχικά εκτελείται η λειτουργία του εντοπισμού για να διαπιστωθεί αν το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης περιέχεται σε κάποιο μπλοκ της κρυφής μνήμης.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία,** τότε μόνο μπορεί να τροποποιηθεί το μπλοκ. Ο έλεγχος της ετικέτας ή του ψηφίου εγκυρότητας V, δεν γίνεται παράλληλα, έτσι η λειτουργία της εγγραφής είναι πιο χρονοβόρα. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνουμε δύο τεχνικές εγγραφής σε περίπτωση επιτυχίας κρυφής μνήμης:

  Διεγγραφή *(write throught)*: Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ της κύριας μνήμης.

  Επανεγγραφή *(write back)*: Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί. Η τροποποίηση του μπλοκ συνοδεύεται με την ενημέρωση ενός ψηφίου τροποποίησης, που ονομάζεται dirty bit (D=1). Αν η ένδειξη είναι clear bit (D=0), τότε αυτό δηλώνει ότι το μπλοκ δεν τροποποιήθηκε στην κρυφή μνήμη, οπότε δεν χρειάζεται να επανεγγραφεί.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία,** τότε έχουμε δύο εναλλακτικές επιλογές (τεχνικές εγγραφής):

  Ανάθεση εγγραφής*:* το μπλοκ μεταφέρεται από την κύρια μνήμη στην κρυφή (λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης) και στη συνέχεια ακολουθούν οι ενέργειες της επιτυχίας εγγραφής (διεγγραφή ή επανεγγραφή).

  Ανάθεση μη εγγραφής*:* το μπλοκ τροποποιείται μόνο στην κύρια μνήμη και όχι στην κρυφή.

Θέμα Δ.

Σχετικά με την επίλυση του προβλήματος διαπιστώνεται ότι ένα μεγάλο ποσοστό 45% (27 άτομα) φοιτητών παρουσίασε διαδικασίες λύσης που αποκλίνουν από την επιστημονική. Οι δυσκολίες του επικεντρώνονται στα παρακάτω σημεία:

Ένα ποσοστό 23% (14 άτομα) από τους φοιτητές διαθέτει εναλλακτικές μη επιστημονικές αντιλήψεις για το ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας (valid bit) και

χρησιμοποιεί τις αντιλήψεις αυτές για τη λύση της άσκησης. Πιο συγκεκριμένα διατυπώνουν απόψεις όπως :

1. *Γίνεται αρχικά εντοπισμός και βλέπουμε ότι το μπλοκ 100 είναι κενό αφού Valid bit =0.*
2. *Η διεύθυνση 9 έχει δείκτη 001 και θα αποθηκευθεί αμέσως, αφού το valid bit είναι 0 πράγμα που σημαίνει ότι η θέση μνήμης είναι κενή.*
3. *Αν στη διεύθυνση κρυφής μνήμης που ζητάμε δεν υπάρχει κανένα δεδομένο, τότε το valid bit της διεύθυνσης είναι 0.*
4. *Στη συνέχεια γίνεται αίτηση ανάγνωσης της διεύθυνσης 4, όπου έχουμε επιτυχία και το valid bit γίνεται 1.*
5. *Όταν η σύγκριση είναι επιτυχής, τότε το valid bit τίθεται 1.*

Παρατηρούμε ότι στις τρεις πρώτες απαντήσεις διατυπώνεται η άποψη ότι αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0), τότε το μπλοκ είναι κενό. Στην $4^{η}$ και $5^{η}$ απάντηση διατυπώνεται η άποψη ότι το ψηφίο εγκυρότητας γίνεται ένα (V=1) όταν υπάρχει επιτυχία της κρυφής μνήμης. Αυτό αποτελεί μια αντιστροφή της ιδιότητας του ψηφίου εγκυρότητας, αφού για να υπάρξει επιτυχία είναι απαραίτητο το μπλοκ που ελέγχεται να έχει το ψηφίο εγκυρότητας ίσον με ένα (V=1), δηλαδή να ανήκει στο πρόγραμμα το οποίο εκτελείται. Υπενθυμίζεται ότι η έννοια του ψηφίου εγκυρότητας δεν υπάρχει στην κύρια μνήμη.

Επίσης, οι φοιτητές σε ένα ποσοστό 33% (19 άτομα) διατυπώνουν απλοϊκές, μη επιστημονικές απόψεις για τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης όπως :

1. *Τα δεδομένα δεν βρίσκονται στην κρυφή μνήμη, επομένως και σε αυτή την περίπτωση έχουμε αποτυχία.*
2. *Ύστερα έρχεται το μπλοκ 9, το οποίο δεν υπάρχει στην κρυφή μνήμη (αποτυχία κρυφής μνήμης).*
3. *Για την επόμενη διεύθυνση 4 έχουμε επιτυχία κρυφής μνήμης, αφού τα δεδομένα της υπάρχουν στην κρυφή μνήμη από πριν και δεν έχουν αντικατασταθεί.*

Παρατηρούμε ότι στις δύο πρώτες απαντήσεις δεν περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο ο υπολογιστής διαπιστώνει αν ένα μπλοκ υπάρχει στην κρυφή μνήμη. Αντίθετα, η γνώση των φοιτητών, ότι ένα συγκεκριμένο μπλοκ δεν υπάρχει στην κρυφή μνήμη (επειδή δεν έχει γίνει προηγούμενη αναφορά σε αυτό) μεταφέρεται σε "γνώση" του επεξεργαστή, ο οποίος δεν χρειάζεται να ελέγξει την ύπαρξη ή όχι του αντίστοιχου μπλοκ μέσα από τις λειτουργίες του. Όμοια στην τρίτη απάντηση ο

επεξεργαστής εμφανίζεται να "γνωρίζει" ότι συγκεκριμένα δεδομένα υπάρχουν στην κρυφή μνήμη (εφόσον έχουν μεταφερθεί σε αυτή προηγούμενα και δεν έχουν αντικατασταθεί). Δηλαδή οι φοιτητές μεταφέρουν τον τρόπο που αυτοί σαν άνθρωποι θα εκτελούσαν την εντολή σε αντίστοιχη λειτουργία του επεξεργαστή.

Επίσης ένα ποσοστό 42% (25 άτομα) από τους φοιτητές παρουσιάζει δυσκολίες στην αντιστοίχηση μιας διεύθυνσης κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη, όταν το μπλοκ της κρυφής μνήμης έχει μέγεθος πάνω από ένα byte.

- *Οι φοιτητές χρησιμοποιούν λανθασμένα τις τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων θεωρώντας ότι η διεύθυνση μια θέσης μνήμης ταυτίζεται με το μπλοκ της κύριας μνήμης στην περίπτωση που το μπλοκ της κρυφής μνήμης έχει μέγεθος πάνω από ένα byte.*

Οι φοιτητές μεταφέρουν μόνο το περιεχόμενο της συγκεκριμένης διεύθυνσης της κύριας μνήμης στην κρυφή, και όχι όλο το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη συγκεκριμένη διεύθυνση. Η δυσκολία προέρχεται πιθανά από το γεγονός ότι τα πρώτα παραδείγματα που αναφέρονται στο έντυπο εκπαιδευτικό υλικό για την επίδειξη της λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης χρησιμοποιούν κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης με μέγεθος μπλοκ ένα byte. Αργότερα βέβαια παρουσιάζονται παραδείγματα με μεγαλύτερο μέγεθος μπλοκ αλλά οι φοιτητές εξακολουθούν να χρησιμοποιούν το απλοποιημένο μοντέλο κρυφής μνήμης για τη λύση των ασκήσεων. Οι απαντήσεις αυτές επηρεάζονται από τη γνώση της οργάνωσης της κύριας μνήμης όπου η διευθυνσιοδότηση γίνεται κατά byte, και συνεπώς οι μαθητές έχουν δυσκολίες να κατανοήσουν μια οργάνωση της κρυφής μνήμης που αναφέρεται σε μπλοκ με μέγεθος 4 bytes.

Σε σύγκριση με την άσκηση που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη έρευνα όπου απέτυχε το 39% των φοιτητών, παρατηρείται ότι η χρήση μπλοκ κρυφής μνήμης με μέγεθος πάνω από 1 byte είχε σαν αποτέλεσμα περισσότεροι φοιτητές (45%) να μη λύσουν ικανοποιητικά τηη άσκηση της δεύτερης έρευνας.

Θέμα Ε.

Κατά τη λύση του προβλήματος που περιέχει το θέμα Ε ένα μεγάλο ποσοστό 55% (33 άτομα) φοιτητών παρουσίασε διαδικασίες λύσης που αποκλίνουν από τις επιστημονικές. Οι δυσκολίες του επικεντρώνονται στα παρακάτω σημεία:

Οι φοιτητές σε ποσοστό 40% (24 άτομα) παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση της οργάνωσης μιας συνολοσυσχετιστικής μνήμης 2-δρόμων σε συνδυασμό με μέγεθος μπλοκ κρυφής μνήμης πάνω από 1 byte. Υπενθυμίζεται ότι η οργάνωση της κύριας μνήμης είναι μία και μοναδική. Η κύρια μνήμη οργανώνεται σε ιδεατά μπλοκ ίδιου μεγέθους με αυτά της κρυφής μνήμης και δεν υπάρχει η έννοια της ομάδας μπλοκ. Συνεπώς, οι μαθητές γνωρίζοντας την οργάνωση της κύριας μνήμης σαν ένα συνεχόμενο πίνακα με διευθύνσεις και περιεχόμενα όπου οι θέσεις μνήμης είναι οργανωμένες σε μπλοκ, παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης.

Ορισμένες χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών είναι:

1. *Σε συνολοσυσχετιστική δύο δρόμων θα έχουμε 2 σύνολα με 4 μπλοκ το καθένα*
2. *Έχουμε μια κρυφή μνήμη που είναι συνολοσυσχετιστική δύο δρόμων. Αυτό σημαίνει ότι χωρίζουμε τα μπλοκ της σε δύο σύνολα από 4 μπλοκ το καθένα.*
3. *Έχουμε δημιουργία κρυφής μνήμης με 8 μπλοκ και κάθε μπλοκ περιέχει δύο σύνολα.*

Στην πρώτη και δεύτερη απάντηση παρατηρούμε ότι οι φοιτητές στην περίπτωση μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης n-δρόμων θεωρούν, λανθασμένα, ότι ο αριθμός n αντιστοιχεί στον αριθμό των συνόλων που περιέχει η κρυφή μνήμη, και όχι στον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο.

Στην τρίτη απάντηση παρατηρούμε ότι ο αριθμός n των δρόμων συσχετίζεται λανθασμένα με τον αριθμό των συνόλων και επιπλέον τα σύνολα θεωρούνται μέρος του μπλοκ.

Επίσης, από την αξιολόγηση των απαντήσεων διαπιστώνεται ότι οι φοιτητές σε 40% (24 άτομα) αντιμετωπίζουν επιπλέον δυσκολίες όταν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική. Οι δυσκολίες των φοιτητών εντοπίζονται :

- *Στην τοποθέτηση ενός μπλοκ της κύριας μνήμης μέσα σε ένα σύνολο της κρυφής μνήμης το οποίο περιέχει δύο μπλοκ.*
- *Στη σχεδίαση της οργάνωσης της συνολοσυσχετιστικής μνήμης 2- δρόμων.*

Οι φοιτητές έχουν δυσκολία στην τοποθέτηση ενός μπλοκ μέσα σε ένα σύνολο, και στις αλλαγές που πρέπει να πραγματοποιήσουν (ενημέρωση της αντίστοιχης ετικέτας και του ψηφίου εγκυρότητας). Η δυσκολία αυτή προέρχεται από ελλιπή κατανόηση της λειτουργίας τοποθέτησης. Επίσης, οι φοιτητές σχεδιάζουν

λανθασμένα τα σύνολα της κρυφής μνήμης, και είτε δεν τοποθετούν τα πεδία ετικέτας και το ψηφίο εγκυρότητας, είτε τοποθετούν μόνο ένα ψηφίο εγκυρότητας και μόνο μια ετικέτα σε ολόκληρο το σύνολο ενώ τα πεδία αυτά υπάρχουν για κάθε μπλοκ που περιέχεται στο σύνολο. Οι δυσκολίες αυτές προέρχονται πιθανά από το γεγονός ότι τα πρώτα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται στο έντυπο εκπαιδευτικό υλικό για την επίδειξη της λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης αφορούν κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης, η οποία δεν χρησιμοποιεί σύνολα.

Σε σύγκριση με την άσκηση που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη έρευνα όπου απέτυχε το 42% των φοιτητών, παρατηρείται ότι η χρήση μπλοκ κρυφής μνήμης με μέγεθος πάνω από 1 byte είχε σαν αποτέλεσμα περισσότεροι φοιτητές (55%) να μην λύσουν ικανοποιητικά την άσκηση της δεύτερης έρευνας.

2.7.3 Συνολικά αποτελέσματα ερευνών

Από τα αποτελέσματα των ερευνών προκύπτει ότι οι φοιτητές έχουν δυσκολίες και παρανοήσεις στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Οι δυσκολίες αυτές προέρχονται από την προσπάθεια εισαγωγής των εννοιών οι οποίες αναφέρονται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης στο μοντέλο που έχουν σχηματίσει οι φοιτητές για την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης. Οι δυσκολίες αυτές καθώς και οι δυσκολίες που εισάγει το πλαίσιο οργάνωσης και λειτουργίας της κύριας μνήμης παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 2.5:

Οι φοιτητές …	**Ειδικότερα ...**
Έχουν μερική η λανθασμένη γνώση σχετικά με τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης.	Περιγράφουν μια λειτουργία της κρυφής μνήμης ως.. (α) μόνο ένα τμήμα αυτής της λειτουργίας (π.χ τη λειτουργία εντοπισμού ως την αντιστοίχηση διευθύνσεων) (β) μια άλλη λειτουργία (π.χ τη λειτουργία τοποθέτησης ως τη λειτουργία εντοπισμού) (γ) μόνο ένα τμήμα άλλης λειτουργίας (π.χ τη λειτουργία τοποθέτησης ως την αντιστοίχηση διευθύνσεων)
Περιγράφουν τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης με απλοϊκές έννοιες κοινής λογικής οι οποίες δεν ανταποκρίνονται στις επιστημονικές απόψεις λειτουργίας της κρυφής μνήμης.	Διατυπώνουν την άποψη ότι η λειτουργία της τοποθέτησης είναι επιτυχής όταν η κρυφή μνήμη είναι κενή, είτε ότι η λειτουργίας της αντικατάστασης πραγματοποιείται όταν η κρυφή μνήμη είναι "γεμάτη".

Δίνουν κυκλικές απαντήσεις	Ισχυρίζονται ότι το ψηφίο εγκυρότητας (valid bit) δείχνει ότι τα δεδομένα είναι "έγκυρα"
Έχουν ανθρωπομορφικές αντιλήψεις για λειτουργίες της κρυφής μνήμης και του επεξεργαστή.	Διατυπώνουν την άποψη ότι τα δεδομένα είναι "έγκυρα" ή "χρήσιμα για τον επεξεργαστή".
Έχουν δυσκολίες στην περιγραφή των λειτουργιών όπως τις εκτελεί ο υπολογιστής.	Για την πραγματοποίηση των λειτουργιών της κρυφής μνήμης χρησιμοποιούν τις δικές τους ανθρώπινες λειτουργίες και δεν περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο ο υπολογιστής εκτελεί τη λειτουργία αυτή. Π.χ Βλέπουμε ότι η κρυφή μνήμη είναι κενή
Χρησιμοποιούν ένα απλουστευμένο μοντέλο κρυφής μνήμης και όχι αυτό που απαιτεί η συγκεκριμένη οργάνωση της κρυφής μνήμης.	Χρησιμοποιούν για τη λύση ασκήσεων το απλούστερο μοντέλο άμεσης αντιστοίχησης της κρυφής μνήμης αντί για το συνολοσυσχετιστικό μοντέλο κρυφής μνήμης που απαιτεί η άσκηση
Έχουν δυσκολίες στην κατανόηση της οργάνωσης μιας συνολοσυσχε-τιστικής κρυφής μνήμης n-δρόμων.	Διατυπώνουν την άποψη ότι: (α) Ο αριθμός n αντιστοιχεί στον αριθμό των συνόλων που υπάρχουν στην κρυφή μνήμη και όχι στον αριθμό των μπλοκ που διαθέτει κάθε σύνολο. (β) το πεδίο μετατόπισης (offset) υποδεικνύει τη θέση του μπλοκ μέσα στο σύνολο
Διεξάγουν τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης με λανθασμένη σειρά και έχουν περιορισμένη γνώση για τις αιτιακές συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των λειτουργιών.	πιστεύουν ότι: (α) Η λειτουργία εγγραφής πραγματοποιείται χωρίς προηγούμενα να έχει πραγματοποιηθεί η λειτουργία εντοπισμού η οποία ακολουθείται από τη λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης στην περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης. (β) πραγματοποιείται η λειτουργία της τοποθέτησης και όχι της αντικατάστασης όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας εντοπισμού είναι αποτυχία η οποία προέρχεται από ασυμφωνία της ετικέτας του μπλοκ και του ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί..
Σχεδιάζουν μη ικανοποιητικά την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το τέλος μιας λειτουργίας.	Μετά από τη λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης αλλάζουν το περιεχόμενο του μπλοκ αλλά όχι το πεδίο ετικέτας και το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ

Πίνακας 2.19: Αντιλήψεις –δυσκολίες φοιτητών

Οι δυσκολίες των φοιτητών έχουν άμεση σχέση με την οργάνωση και λειτουργία της κύριας μνήμης, και πιο συγκεκριμένα:

Η αρχή τοπικότητας χώρου και χρόνου δεν ισχύει για την κύρια μνήμη. Ο επεξεργαστής αναφέρεται για ανάγνωση ή εγγραφή σε συγκεκριμένες διευθύνσεις

της κύριας μνήμης που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος. Οι εντολές αυτές (ανάγνωση –εγγραφή) εκτελούνται άμεσα από τον επεξεργαστή και δεν αναλύονται σε στάδια.

Η οργάνωση της κύριας μνήμης είναι μία και μοναδική, ενώ η κρυφή μνήμη διαθέτει τρεις διαφορετικές οργανώσεις. Η κύρια μνήμη οργανώνεται σε ιδεατά μπλοκ ίδιου μεγέθους με αυτά της κρυφής μνήμης και δεν υπάρχει η έννοια της ομάδας μπλοκ. Συνεπώς, οι μαθητές γνωρίζοντας την οργάνωση της κύριας μνήμης σαν ένα συνεχόμενο πίνακα με διευθύνσεις και περιεχόμενα, όπου οι θέσεις μνήμης είναι οργανωμένες σε μπλοκ, παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης. Επιπλέον, η διευθυνσιοδότηση των θέσεων κύριας μνήμης γίνεται κατά byte συνεπώς οι μαθητές έχουν δυσκολίες να κατανοήσουν μια οργάνωση της κρυφής μνήμης που αναφέρεται σε μπλοκ με μέγεθος 4 bytes.

Στην οργάνωση της κύριας μνήμης δεν υπάρχει η έννοια του ψηφίου εγκυρότητας ή του ψηφίου τροποποίησης. Ο επεξεργαστής αναφέρεται για ανάγνωση ή εγγραφή σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της κύριας μνήμης που καθορίζονται από εντολές του τρέχοντος προγράμματος. Συνεπώς, δεν υπάρχουν έλεγχοι αν το περιεχόμενο αυτών των διευθύνσεων ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα ή το περιεχόμενό τους έχει τροποποιηθεί από προηγούμενες εντολές.

Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση της λειτουργίας του εντοπισμού ή της τοποθέτησης στην κρυφή μνήμη οφείλεται στο ότι οι λειτουργίες αυτές δεν υπάρχουν στην κύρια μνήμη. Στην κύρια μνήμη ο επεξεργαστής αναφέρεται σε συγκεκριμένες διευθύνσεις της για εγγραφή ή ανάγνωση και δεν υπάρχει η αντίστοιχη έννοια επιτυχίας ή αποτυχίας της κύριας μνήμης.

Κεφάλαιο 3

Κατανόηση κειμένου από μαθητές/φοιτητές

3.1 Εισαγωγή

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από την κυριαρχία της εικόνας και του ήχου σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το ίδιο συμβαίνει και στον τομέα της εκπαίδευσης, όπου τα αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα μάθησης, που χρησιμοποιούν οπτικοακουστικά μέσα, προσπαθούν να αλλάξουν τον παραδοσιακό τρόπο μάθησης. Παρόλα αυτά, ένα μεγάλο μέρος της μάθησης εξακολουθεί να επιτυγχάνεται μέσα από την ανάγνωση και την κατανόηση των κειμένων. Τα κείμενα αυτά μπορεί να εμφανίζονται είτε σε παραδοσιακά μέσα, όπως τα βιβλία, ή σε σύγχρονα μέσα όπως η οθόνη ενός υπολογιστή (ηλεκτρονικό κείμενο). Ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της σχολικής εκπαίδευσης, το σχολικό βιβλίο αποτελεί ένα κύριο συντελεστή μάθησης, και η μορφή του κειμένου, που περιέχεται σε αυτό, θα πρέπει να βοηθά τους μαθητές να αναπτύσσουν και να δομούν τα δικά τους γνωστικά μοντέλα (Glaser, 1991; Guzetti, Snyder, & Glass, 1992; Stinner, 1995).

Η ανάπτυξη ενός γνωστικού μοντέλου κατά την ανάγνωση ενός κειμένου προϋποθέτει την κατανόησή του. Η κατανόηση, σύμφωνα με τον Perkins (1992), επιτρέπει σε ένα άτομο "να εξηγεί, να παραθέτει αποδείξεις, να βρίσκει παραδείγματα και γενικεύσεις, να εφαρμόζει έννοιες, να κάνει αναλογίες και αναπαραστάσεις με ένα νέο τρόπο". Σύμφωνα με τη Snow (2002) η κατανόηση ενός κειμένου μέσω ανάγνωσης ορίζεται ως η διαδικασία της ταυτόχρονης εξαγωγής και οικοδόμησης νοήματος μέσω της αλληλεπίδρασης και της εμπλοκής του αναγνώστη με τη γραπτή γλώσσα. Μάλιστα η Snow τονίζει ότι χρησιμοποιεί τις λέξεις "εξαγωγή" και "οικοδόμηση" για να δείξει ταυτόχρονα τόσο τη σπουδαιότητα όσο και την ανεπάρκεια του κειμένου ως παράγοντα της κατανόησης, κατά την ανάγνωση. Το σύνολο των ερευνητών συμφωνεί ότι η προσπάθεια κατανόησης πρέπει να προχωρεί πέρα από μια απλή ανάγνωση του κειμένου. Οι αναγνώστες πρέπει να συγκρατούν τις κύριες πληροφορίες του κειμένου, να κατανοούν τα παρουσιαζόμενα θέματα σε βάθος και να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν ενεργά τη γνώση που απέκτησαν (Graves, 2002).

Το είδος του κειμένου είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανόησή του. Οι ερευνητές διαχωρίζουν δύο βασικά είδη κειμένων: Το πρώτο είδος ονομάζεται **αφηγηματικό** (narrative), ενώ το δεύτερο **επεξηγηματικό** (expository). (Zwaan, Magliano, & Graesser, 1995; Cote, Goldman, & Saul, 1998; Graesser, & Bertus, 1998). Φυσικά ένα κείμενο μπορεί να είναι μείγμα των δύο αυτών ειδών. Το **αφηγηματικό** κείμενο χρησιμοποιείται κυρίως για λογοτεχνικούς σκοπούς. Τα μυθιστορήματα, οι φανταστικές ιστορίες, τα διηγήματα, και γενικότερα η λογοτεχνία, θεωρούνται ότι ανήκουν σε αυτό το είδος. Σκοπός του **επεξηγηματικού** κειμένου είναι η περιγραφή γεγονότων, αντικειμένων ή διαδικασιών. Επιπλέον ένα επεξηγηματικό κείμενο, έχει σκοπό να πληροφορήσει, να εξηγήσει, ή να πείσει τον αναγνώστη (Just, & Carpenter, 1987b). Παραδείγματα επεξηγηματικών κειμένων αποτελούν τα εγχειρίδια, οι εγκυκλοπαίδειες, τα άρθρα εφημερίδων και τα επιστημονικά κείμενα. Το μικτό είδος είναι μια μείξη αφηγηματικού και επεξηγηματικού κειμένου, σε διάφορες αναλογίες. Τα ιστορικά κείμενα είναι ένα παράδειγμα τέτοιου κειμένου. Το αφηγηματικό και το επεξηγηματικό κείμενο διαφέρουν μεταξύ τους σε πολλά σημεία, όπως στο επίπεδο χρήσης λέξεων, στο επίπεδο δομής προτάσεων και παραγράφων αλλά και σε επίπεδο γενικότερης συγκρότησης τους (Stotsky, 1984).

Από πολλούς ερευνητές υποστηρίζεται ότι τα αφηγηματικά κείμενα είναι πιο εύκολα στην κατανόησή τους σε σχέση με τα επεξηγηματικά (Bruner, 1986; Graesser, Singer, & Trabasso, 1994; Mandler, 1984; Schank, 1999) επειδή:

- Το περιεχόμενό των αφηγηματικών κειμένων ομοιάζει με τις ενέργειες, τα γεγονότα και τις εκφράσεις που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή και ως εκ τούτου ο αναγνώστης έχει περισσότερες προσωπικές εμπειρίες.
- Το αφηγηματικό κείμενο χαρακτηρίζεται από μια γενικότερη προσέγγιση των γεγονότων και συχνά υποκειμενική ακόμα και στην περιγραφή ενός συγκεκριμένου γεγονότος.
- Δεν υπάρχουν σημαντικές ατομικές διαφορές στην κατανόηση αφηγηματικών κειμένων μεταξύ ενηλίκων αναγνωστών ιδιαίτερα, όταν αυτά δεν περιέχουν ιδιαίτερους λογοτεχνικούς όρους (Graesser, Kassler, Kreutz, & McLain-Allen, 1998).

Σε αντίθεση, τα επεξηγηματικά κείμενα :

- Είναι λιγότερο φιλικά, παρουσιάζουν έννοιες και γεγονότα με τα οποία ο αναγνώστης δεν είναι ιδιαίτερα ή και καθόλου εξοικειωμένος, χρησιμοποιούν πιο δύσκολη και αφηρημένη γλώσσα με εξειδικευμένο λεξιλόγιο και μια πιο τυποποιημένη και τεχνική μορφή γραψίματος.
- Έχουν μια πιο αναλυτική προσέγγιση, οδηγώντας τους αναγνώστες στην αναζήτηση αιτίου και αποτελέσματος, για να μπορούν αυτοί να συγκρίνουν ή να αντιπαραθέσουν στοιχεία και να αξιολογήσουν λύσεις που προτείνονται.
- Αναφέρονται σε λεπτομερείς διαδικασίες, η κατανόηση των οποίων συχνά απαιτεί περισσότερη συγκέντρωση και προσοχή (Mandler, 1984; Runer, 1986; Gordon, 1992; Graesser, Singer, & Trabasso, 1994; Singer, Harkness, & Stewart, 1997; Schank, 1999).
- Η κατανόηση ενός επεξηγηματικού κειμένου που αναφέρεται σε μια επιστήμη προϋποθέτει πολύ καλή γνώση της ειδικής γλώσσας της συγκεκριμένης επιστήμης. Επίσης σχετίζεται άμεσα με το γενικότερο επίπεδο γνώσης του αναγνώστη στη συγκεκριμένη επιστήμη. Συνεπώς υπάρχουν σημαντικές ατομικές διαφορές μεταξύ των αναγνωστών που διαφοροποιούν την κατανόηση των σχετικών κειμένων (Lemke, 1990; McKeown, Beck, Sinatra, & Loxterman, 1992).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει ομοφωνία μεταξύ των ερευνητών ως προς το αν η κατανόηση ενός επεξηγηματικού κειμένου είναι πάντα δυσκολότερη από αυτή ενός αφηγηματικού (Alexander, 1997; Gordon, 1992; Rosenblatt, 1994). Η αντίθετη άποψη υποστηρίζει ότι η γενικότερη και πιθανά υποκειμενική προσέγγιση ενός θέματος, καθώς και η χρήση μη τυποποιημένης μορφής γραψίματος που χαρακτηρίζουν ένα αφηγηματικό κείμενο μπορεί να οδηγήσει τους αναγνώστες σε παρανοήσεις οι οποίες θα εμποδίσουν την κατανόηση του κειμένου.

3.2 Κατανόηση επιστημονικών τεχνικών κειμένων

Ιδιαίτερες δυσκολίες κατανόησης παρουσιάζουν τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα. Ως επιστημονικό τεχνικό κείμενο μπορεί να οριστεί το κείμενο που αναφέρεται σε έννοιες και λειτουργίες σχετικές με μια θετική επιστήμη.

3.2.1 Οι δυσκολίες κατανόησης επιστημονικών τεχνικών κειμένων

Στην εκπαιδευτική κοινότητα είναι κοινή η διαπίστωση ότι οι μαθητές/φοιτητές συναντούν πολλές δυσκολίες στην κατανόηση επιστημονικών τεχνικών κειμένων. Η ανάγνωση και η κατανόηση αυτών των κειμένων είναι ένας αγώνας που απαιτεί προσπάθεια και συγκέντρωση. Τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα δεν είναι ένα εύκολο ανάγνωσμα. Ορισμένοι λόγοι για την ύπαρξη αυτών των δυσκολιών που έχουν εντοπιστεί από ερευνητές (Graesser, Leon, & Otero,2002) είναι:

- Τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα περιέχουν ένα πλήθος από τεχνικούς όρους οι οποίοι πρέπει να αποκρυπτογραφηθούν και να απομνημονευτούν.
- Τα κείμενα αυτά περιγράφουν σύνθετες καταστάσεις και λειτουργίες. Κάθε τμήμα μιας σύνθετης κατάστασης μπορεί να διαθέτει ένα διαφορετικό πλήθος ιδιοτήτων. Υπάρχουν συσχετίσεις μεταξύ των τμημάτων και διαδικασίες που επηρεάζουν ολόκληρο το σύστημα.
- Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν συχνά μια μαθηματική γλώσσα, με σύμβολα και τύπους που δεν στηρίζονται στην καθημερινή εμπειρία και που απαιτούν συχνά απόλυτη ακρίβεια κατανόησης, εξαιρετική συγκέντρωση και προσοχή.
- Επιπλέον, οι συγγραφείς τέτοιων κειμένων συχνά δεν παρέχουν αρκετές επεξηγήσεις έτσι ώστε οι αναγνώστες να είναι σε θέση να δημιουργούν συνεπείς αναπαραστάσεις των πληροφοριών που υπάρχουν στα κείμενα.
- Η πολυπλοκότητα των επιστημονικών θεωριών αυξάνεται εντυπωσιακά με την πάροδο του χρόνου.

Τα προβλήματα αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά για αναγνώστες με περιορισμένο επιστημονικό υπόβαθρο. Στην περίπτωση αυτή οι δυσκολίες πολλαπλασιάζονται από το γεγονός ότι οι περισσότεροι μαθητές/φοιτητές λόγω της περιορισμένης γνώσης γύρω από τη συγκεκριμένη επιστήμη πρέπει να οικοδομήσουν την κατανόηση των εννοιών σχεδόν από την αρχή (Goldman, & Rakestraw, 2000). Είναι επίσης πιθανόν οι μαθητές/φοιτητές να έχουν παρανοήσεις και εναλλακτικές γνώσεις που παρεμποδίζουν την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, που παρουσιάζονται στα τεχνικά κείμενα (Vosniadou, 1994). Αποτέλεσμα όλων αυτών των λόγων είναι ότι οι μαθητές/φοιτητές συχνά αναπτύσσουν αρνητική στάση απέναντι στα επιστημονικά τεχνικά κείμενα και τα αντιμετωπίζουν σαν αυτά να περιέχουν ακατανόητες

πληροφορίες. Αυτή η στάση επηρεάζει αρνητικά την προσπάθεια ανάπτυξης μιας προσωπικής στρατηγικής για την επεξεργασία επιστημονικών κειμένων, η οποία είναι απαραίτητη για την κατανόησή τους (Vosniadou, 2001)

3.2.2 Ενδιαφέρον που παρουσιάζουν τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα προσελκύουν το ενδιαφέρον των ερευνητών που ασχολούνται με την κατανόηση κειμένων κατά την ανάγνωση (Graesser, Leon, & Otero, 2002; van den Broek, et al., 2002). Οι λόγοι αυτοί είναι:

- Η έρευνα της κατανόησης κειμένων γίνεται κάτω από όρους και συνθήκες που καθιστούν την κατανόηση εξαιρετικά δύσκολη. Όπως έχει αναφερθεί, τα επιστημονικά κείμενα είναι δύσκολα στην κατανόησή τους, άρα αποτελούν μια ενδιαφέρουσα περίπτωση για μελέτη, αφού η κατανόηση φτάνει στα όρια της.
- Υπάρχουν περισσότερες ατομικές διαφορές μεταξύ των αναγνωστών αυτών των κειμένων. Αυτό συμβαίνει, γιατί οι αναγνώστες αυτών των κειμένων έχουν μεγάλες διαφορές στη γνώση του συγκεκριμένου θέματος, στη στρατηγική επεξεργασίας, που χρησιμοποιούν για την αντιμετώπιση κειμένων με δύσκολο περιεχόμενο, καθώς και στα κίνητρα τα οποία τους ωθούν να επιμείνουν στην κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου του κειμένου (McNamara, & Kintsch, 1996).
- Το περιεχόμενό τους είναι χρήσιμο στον αναγνώστη και συχνά είναι απαραίτητη η κατανόησή τους για πρακτικούς σκοπούς. Τα επιστημονικά κείμενα των εκπαιδευτικών βιβλίων, για παράδειγμα, παίζουν βασικό ρόλο στην εκπαίδευση (Chiapetta, Sethna, & Fillman, 1991; Gottfried, & Kyle, 1992; Yore, 1991). Ο Yager (1983) αναφέρει ότι στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής πάνω από το 90% των καθηγητών όλων των επιστημών χρησιμοποιούν κάποιο βιβλίο για το 95 % του χρόνου διδασκαλίας τους.
- Τα επιστημονικά τεχνικά κείμενα έχουν μια ιδιαίτερη μορφή παρουσίασης σχετικά με την οργάνωση και την επεξήγηση των εννοιών και των καταστάσεων που περιγράφουν.

3.3 Από την αναγνωσιμότητα στα σύγχρονα μοντέλα κατανόησης κειμένου

Οι πρώτες προσπάθειες για τον εντοπισμό των παραγόντων που επηρεάζουν την κατανόηση ενός κειμένου επικεντρώθηκαν στην επιφανειακή δομή και μορφή του. Στην εκπαιδευτική κοινότητα χρησιμοποιείται συχνά ο χαρακτηρισμός "δύσκολο κείμενο" ή "εύκολο κείμενο" για να εκφραστεί η δυσκολία κατανόησης ενός κειμένου από αναγνώστες. Οι πρώτες έρευνες επικεντρώνονται αρχικά στην εύρεση παραγόντων που επηρεάζουν τη δυσκολία ενός κειμένου και σε δεύτερο επίπεδο στην αντικειμενική μέτρηση αυτής της δυσκολία. Βασικός στόχος ήταν να υπάρξει μια αντικειμενική μέθοδος σύγκρισης της δυσκολίας διαφορετικών κειμένων.

Η πρώτη προσπάθεια αξιολόγησης της δυσκολίας που παρουσιάζει η κατανόηση ενός κειμένου έγινε το 1920 στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Τα επόμενα χρόνια με την άνοδο του συμπεριφορισμού παρουσιάζονται αρκετές μέθοδοι για τη μέτρηση της δυσκολίας ενός κειμένου με τη χρήση μαθηματικών τύπων ή από προγράμματα που χρησιμοποιούν αντίστοιχους μαθηματικούς τύπους. Οι μέθοδοι αυτοί έγιναν αποδεκτοί από τις κρατικές αρχές και αποτελούν ένα μέτρο κρίσης το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την μέτρηση της δυσκολίας βιβλίων που κυρίως απευθύνονταν στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ο όρος που χρησιμοποιείται είναι **Αναγνωσιμότητα** (Readability) ενός κειμένου (Gray, & Leary, 1935)

Το λεξικό Webster ορίζει ότι ένα κείμενο έχει καλή αναγνωσιμότητα για μια συγκεκριμένη ομάδα αναγνωστών, όταν είναι:

- κατάλληλο για διάβασμα,
- ενδιαφέρον,
- ευχάριστο

Οι πρώτες έρευνες για την αναγνωσιμότητα διεξάγονται με ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε μαθητές, βιβλιοθηκάριους και καθηγητές και αφορούν τον εντοπισμό παραγόντων που καθιστούν ένα κείμενο κατανοητό. Από την επεξεργασία των απαντήσεων προκύπτει ένα πλήθος παραγόντων αλλά η πλειονότητα των απαντήσεων αφορούν παράγοντες που σχετίζονται με τη μορφή του κειμένου. Βρέθηκε, για παράδειγμα, ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων θεωρεί ότι τα κείμενα που περιέχουν μεγάλες προτάσεις, πολυσύλλαβες λέξεις ή λέξεις που είναι σχετικά

σπάνιες παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόησή του, ενώ αντίθετα κείμενα με μικρές προτάσεις, που αποφεύγουν τη χρήση πολυσύλλαβων λέξεων και χρησιμοποιούν οικείες λέξεις είναι περισσότερο κατανοητά.

Η δημοσίευση το 1921 του βιβλίου *The Teacher's Word Book* από τον Thorndike, το οποίο αναφέρεται σε μια μέθοδο αντικειμενικής μέτρησης της δυσκολίας κατανόησης των λέξεων με βάση τη συχνότητα χρήσης της, έδωσε το έναυσμα για την ανάπτυξη μαθηματικών τύπων μέτρησης της αναγνωσιμότητας ενός κειμένου. Ο Thorndike ταξινομεί 10.000 λέξεις σε πίνακες σύμφωνα με τη συχνότητα της χρήσης τους στη λογοτεχνία, θεωρώντας ότι οι λέξεις που παρουσιάζονται πιο συχνά είναι και πιο οικείες στους αναγνώστες. Αργότερα υιοθετήθηκαν και άλλοι κατάλογοι λέξεων για τη μέτρηση της δυσκολίας των λέξεων από διάφορες περιοχές της επιστήμης. Αξιοσημείωτη είναι η εργασία των Edgar Dale και Joseph O'Rouke (1981) οι οποίοι στην έκδοσή τους "The Living Word Vocabulary: A National Vocabulary Inventory" περιλαμβάνουν 44.000 λέξεις αποδίδοντας σε καθεμία από αυτές ένα βαθμό ο οποίος βασίζεται στην οικειότητα (familiarity) που παρουσιάζει η κάθε λέξη.

Η προσπάθεια αντικειμενικής αξιολόγησης της δυσκολίας κατανόησης ενός κειμένου συνδέεται θεωρητικά με το συμπεριφορισμό και οδήγησε στη δημιουργία των λεγομένων "**Τεστ αναγνωσιμότητας**".

Τα τεστ αναγνωσιμότητας αποτελούνται από έναν ή περισσότερους μαθηματικούς τύπους και σκοπό έχουν να αξιολογήσουν την καταλληλότητα ενός κειμένου για αναγνώστες συγκεκριμένης ηλικίας και συγκεκριμένου γνωστικού επιπέδου. Το κείμενο που αξιολογείται μπορεί να εκτείνεται από μια παράγραφο έως ένα ολόκληρο βιβλίο. Η αξιολόγηση του κειμένου γίνεται με την απόδοση σε αυτό ενός χαρακτηρισμού ο οποίος συνήθως εκφράζεται αριθμητικά (βαθμολόγηση) και αντιστοιχεί στην καταλληλότητα του κειμένου για συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού. Οι μετρήσεις των τεστ αναγνωσιμότητας βασίζονται σε εξωτερικά χαρακτηριστικά του κειμένου και αποτελούν μια ποσοτική αξιολόγηση της δυσκολίας που παρουσιάζει το κείμενο κατά την ανάγνωση και την κατανόησή του. Αυτές οι ποσοτικές μετρήσεις της ποιότητας ενός κειμένου βασίζονται στα απλά χαρακτηριστικά της μορφής του, όπως το μήκος των λέξεων (πόσες συλλαβές ή πόσα γράμματα περιέχουν), το μήκος των προτάσεων (τον αριθμό των λέξεων που περιλαμβάνουν), τον αριθμό των διαφορετικών λέξεων που χρησιμοποιούν για μια έννοια καθώς και τον αριθμό των αντωνυμιών που περιέχουν οι προτάσεις.

Ένα από τα γνωστότερα τεστ αναγνωσιμότητας είναι ο Flesch Reading Ease Score. Ο τύπος που χρησιμοποιεί βασίζεται στον αριθμό των συλλαβών που περιέχουν οι λέξεις (μέσο μήκος λέξης) καθώς και το μέσο μήκος των προτάσεων.

Ο τύπος του Flesch Reading Ease Score παρουσιάζεται στο σχήμα 1 και παράγει σαν αποτέλεσμα ένα αριθμό μεταξύ 0 και 100 με τους υψηλότερους αριθμούς να δείχνουν τα ευκολότερα κείμενα (100 για το πιο εύκολο), ενώ οι μικρότεροι βαθμοί τα δυσκολότερα (0 για το πιο δύσκολο).

Υπάρχουν περισσότεροι από σαράντα τέτοιοι τύποι μέτρησης της δυσκολίας ενός κειμένου. Ορισμένοι από αυτούς στις αρχικές μορφές τους εξετάζουν μέχρι και 289 διαφορετικά χαρακτηριστικά του κειμένου (Klare, 1963).

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν νεότεροι τύποι αναγνωσιμότητας οι οποίοι στηρίζονται σε θεωρίες κατανόησης κειμένων και εξετάζουν πιο σύνθετα χαρακτηριστικά του κειμένου, όπως τη συνεκτικότητά του (Zakaluk, & Samuels, 1988). Μια έρευνα των Homan, Hewitt και Linder (1994) διαπιστώνει ότι ο ομώνυμος τύπος αναγνωσιμότητας που χρησιμοποιούν οι ερευνητές μπορούσε να προβλέψει με επιτυχία τη δυσκολία των ερωτήσεων που χρησιμοποιούνται σε τεστ μαθητών (GCA). Οι Oakland και Lane σε έρευνα που διεξάγουν το 2004, μελετούν τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των τεστ αναγνωσιμότητας στην ανάπτυξη και την προσαρμογή τεστ για μαθητές.

A=206,835 – (1,015 x ASL) – (84,6 x ASW)

Όπου:

ASL= Μέσος αριθμός λέξεων ανά πρόταση. (Ο αριθμός λέξεων του κειμένου διαιρεμένος με τον αριθμό των προτάσεων)

ASW = Μέσος αριθμός συλλαβών ανά λέξη (Ο αριθμός των συλλαβών διαιρεμένος με τον αριθμό των λέξεων)

Σχήμα 3.1: Ο τύπος Flesch Reading Ease Score

Οι τύποι αναγνωσιμότητας έχουν πολλούς περιορισμούς και αδυναμίες. Ορισμένες από αυτές είναι:

- δεν μπορούν να μετρήσουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του αναγνώστη με το κείμενο, όπως το ενδιαφέρον, τη γνώση της συγκεκριμένης περιοχής ακόμα και την απόλαυση της ανάγνωσης.
- δεν μπορούν να μετρήσουν εάν ένα κείμενο είναι κατάλληλο για τις ιδιαίτερες ανάγκες των αναγνωστών.
- η απόδοση ενός βαθμού στο κείμενο δεν παρέχει καμία πληροφορία στο συγγραφέα για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να βελτιώσει το κείμενο αυτό.

3.3.1 Νεότερες έρευνες

Τα νεότερα χρόνια η πτώση του συμπεριφορισμού και η άνοδος κονστρουκτιβιστικών και κοινωνικοπολιτιστικών θεωριών οδηγεί τους ερευνητές, που μελετούν τους μηχανισμούς μάθησης καθώς και την κατανόηση κειμένων σε διαφορετικές προσεγγίσεις. Ένας από τους λόγους που ο συμπεριφορισμός άρχισε να χάνει την αίγλη του είναι η αποτυχία του να εξηγήσει την ανθρώπινη ανάγκη να υπάρχει μια προσωπική αίσθηση ευθύνης και ελέγχου της μάθησης, και επειδή η μάθηση δεν μπορούσε να εξηγηθεί απλά ως συσσώρευση γνώσεων που είναι αποτέλεσμα των ενισχύσεων και της τιμωρίας (Alexander, 1997; Greeno, Collins, & Resnick, 1996). Κατά συνέπεια, οι ερευνητές θεωρούν ότι η μάθηση είναι μια σύνθετη και συνειδητή δράση κατασκευής νοήματος, παρά μια παθητική διαδικασία συσσώρευσης και απομνημόνευσης πληροφοριών (Greeno et al., 1996; Vosniadou, 2001).

Αντίστοιχα στην κατανόηση κειμένων πολλοί ερευνητές έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στις νοητικές λειτουργίες που αναπτύσσονται σε έναν αναγνώστη κατά τη διάρκεια ανάγνωσης ενός κειμένου σε σχέση με τον τρόπο που οι πληροφορίες παρουσιάζονται στο κείμενο (Glaser, 1991). Η επίδραση της παρουσίασης των πληροφοριών στην κατανόηση του κειμένου παρουσιάζεται στις εργασίες των DeCorte, Verschaffel και DeWin (1982). Οι ερευνητές αυτοί δείχνουν ότι μικρές αλλαγές στη διατύπωση προβλημάτων έχουν μεγάλη επίδραση στην ικανότητα μαθητών να κατανοήσουν και να λύσουν τα προβλήματα αυτά.

Η δόμηση ενός κειμένου δεν γίνεται πάντοτε με τον καλύτερο τρόπο. Οι Beck και McKeown (1988) με την ερευνά τους εξετάζουν τα δομικά χαρακτηριστικά του

κειμένου, όπως την αλληλουχία αιτιών και γεγονότων και τη σύνδεση γεγονότων και αποτελεσμάτων σε ένα βιβλίο Ιστορίας της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Τα συμπεράσματα της έρευνας δείχνουν ότι τα κείμενα αντανακλούν αθεμελίωτες υποθέσεις σχετικά με το γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών, οι οποίες δυσκολεύουν την κατανόησή του κειμένου από τους μαθητές. Η ενεργητική αφομοίωση της νέας γνώσης δεν μπορεί να συμβεί, όταν λείπει η κατάλληλη προϋπάρχουσα γνώση ή όταν η γνώση αυτή είναι αβέβαιη και ατελής. Έτσι για παράδειγμα ένα κείμενο που φαίνεται κατανοητό σε ενήλικες μπορεί να μην είναι κατανοητό σε παιδιά. Ή ένα κείμενο που είναι κατανοητό σε μια κατηγορία αναγνωστών να μην είναι κατανοητό σε μια άλλη. Επίσης οι Beck και McKeown (1988) διαπιστώνουν ότι τα κείμενα προϋποθέτουν ότι οι μαθητές μπορούν να βγάλουν εύκολα συμπεράσματα για τις σχέσεις ανάμεσα σε διαφορετικά γεγονότα και δεν παρουσίαζαν τη λογική ακολουθία και συνοχή των γεγονότων.

Πολλές μελέτες για την κατανόηση ενός κειμένου επικεντρώνουν το ενδιαφέρον τους στην προτασιακή δομή που παρουσιάζει το κείμενο (Brown, & Day, 1983; Stevens, 1988; Williams, 1986). Οι Van Dijk και Kintsch (1983) υποστηρίζουν ότι η προτασιακή δομή ενός κειμένου μπορεί να οργανωθεί ιεραρχικά από τον αναγνώστη του έτσι ώστε να αντανακλάται η σπουδαιότητα των προτάσεων που περιέχονται στο κείμενο. Οι προτάσεις που είναι στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας χαρακτηρίζονται δομικά σα σημαντικές πληροφορίες, ενώ αυτές που βρίσκονται στα κατώτερα επίπεδα χαρακτηρίζονται σα συνηθισμένες και λιγότερο σημαντικές. Δηλαδή υποστηρίζουν ότι κάθε κείμενο περιλαμβάνει σταθερά κύρια σημεία που μπορούν να προσδιοριστούν από τη δομή του. Αντίθετα ο Afflerbach (1990) εκφράζει αμφιβολίες για αυτή την ιεραρχική δόμηση κειμένου, γιατί αυτή η δόμηση υποθέτει ότι διαφορετικοί αναγνώστες δομούν με τον ίδιο τρόπο το κείμενο και έτσι έχουν ταυτόσημες κύριες ιδέες για το ίδιο κείμενο, ενώ αυτό έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι δε συμβαίνει. Οι Schallert, Alexander και Goetz (1988) υποστηρίζουν ομοίως στη μελέτη τους ότι οι άνθρωποι, που έχουν διαφορετική προϋπάρχουσα γνώση και διαφορετικές προθέσεις κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης ενός κειμένου, παράγουν διαφορετικές αναπαραστάσεις του με διαφορετική ιεράρχηση προτάσεων. Επίσης οι Reynolds και Shirey (1988) στις έρευνές τους καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα στοιχεία ενός κειμένου, που οι αναγνώστες χαρακτηρίζουν σημαντικά, εξαρτώνται από την αλληλεπίδραση που έχουν εξωτερικοί παράγοντες, όπως η μορφή του

κειμένου καθώς και ο σκοπός για τον οποίο γίνεται η ανάγνωση, με εσωτερικούς παράγοντες του αναγνώστη, όπως η προϋπάρχουσα γνώση και τα ενδιαφέροντα του.

Όταν οι αναγνώστες διαβάζουν ένα κείμενο, για να το κατανοήσουν, πρέπει να ξεχωρίσουν τα κύρια από τα δευτερεύοντα σημεία του. Δηλαδή η μάθηση μέσα από ένα κείμενο πέρα από άλλες διεργασίες περιλαμβάνει και μια διαδικασία επιλογής των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτό. Οι αναγνώστες πρέπει να επιλέξουν τις πιο κρίσιμες πληροφορίες για περαιτέρω επεξεργασία (Beishuizen, Stoutjesdijk, & Van Putten, 1994; Mayer, 1992). Οι Schellings, Wolters-Hout και Vermund (1996) μελετούν τη συμπεριφορά των μαθητών στην επιλογή των κύριων σημείων ενός κειμένου. Η έρευνα γίνεται σε 165 μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (10η τάξη) από 5 διαφορετικά σχολεία. Οι ερευνητές δίνουν στους μαθητές τρία διαφορετικά κείμενα Βιολογίας με σκοπό την εκτέλεση μιας εργασίας. Οι εργασίες είναι τριών ειδών. Η πρώτη εργασία έχει γλωσσικό ενδιαφέρον, η δεύτερη εκπαιδευτικό προσανατολισμό και η τρίτη είναι γενικού ενδιαφέροντος. Τα συμπεράσματα της έρευνας δείχνουν ότι το είδος της εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί από τους μαθητές δεν επηρεάζει την επιλογή των κύριων σημείων αλλά σε κάθε εργασία υπάρχουν πολλές διαφορετικές επιλογές. Για παράδειγμα στις επιλογές για την εκτέλεση της εκπαιδευτικής εργασίας οι μαθητές επιλέγουν όχι μόνο τα κύρια σημεία που τους ενδιέφεραν αλλά και εκείνα που τόνιζε ο συγγραφέας. Στις επιλογές για την εργασία γενικού ενδιαφέροντος επιλέγονται όλα τα τμήματα και όχι μόνο εκείνα που προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών.

Η έρευνα αυτή επιβεβαιώνει ότι η σπουδαιότητα των κειμένων που διαβάζουν οι αναγνώστες για τις σχολικές ανάγκες καθορίζεται συχνά όχι από τα προσωπικά τους ενδιαφέροντα (personal-based importance) αλλά από το ίδιο το κείμενο (text-based importance) (Dole, Duy, Roehler, & Pearson, 1991).

Επίσης ένας άλλος παράγοντας που επιδρά στον τρόπο, που θα γίνει η ανάγνωση ενός κειμένου και στις πληροφορίες που θα επισημανθούν, είναι η σπουδαιότητα που δίνει σε αυτό ο καθηγητής (teacher-based importance) καθώς και οι οδηγίες που δίνονται στους σπουδαστές (instructional importance)(Schallert, Alexander & Goetz, 1988). Ένα μεγάλο πλήθος ερευνών επιβεβαιώνει την επίδραση που έχουν οι οδηγίες στην επιλογή των τμημάτων ενός κειμένου (Alexander, Jetton, Kulikowich, & Woehler, 1994; Jetton & Alexander, 1997; Schellings & Van Hout-Wolters, 1994, 1995; Van Hout-Wolters, 1990a; 1990b; 1997; Broekkamp et. al 2002; 2004). Σε μια έρευνα που πραγματοποιούν οι Schraw, Wade και Kardash (1993) δίνουν σε μαθητές

ένα αφηγηματικό κείμενο καθώς και οδηγίες για τις εργασίες που πρέπει να κάνουν μετά την ανάγνωση του κειμένου. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι οι οδηγίες που έδωσαν, είχαν σα συνέπεια οι μαθητές να παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό ανάκλησης των πληροφοριών που ήταν σχετικές με την εργασία που θα έπρεπε να κάνουν, ανεξάρτητα από τη σπουδαιότητα των πληροφοριών που παρουσίαζε το κείμενο. Αυτές οι εργασίες είναι πιθανό να μην αφορούν τις κύριες πληροφορίες που τονίζονται στο κείμενο αλλά πληροφορίες που βρίσκονται σε ένα πιο χαμηλό επίπεδο αλλά είναι πολύ σημαντικές στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης σχολικής εργασίας. Με αυτόν τον τρόπο διαπιστώνεται ότι οι πληροφορίες ενός κειμένου, που χαρακτηρίζονται σημαντικές από τους μαθητές/φοιτητές λόγω συγκεκριμένων οδηγιών του καθηγητή, δεν είναι απαραιτήτως και δομικά σημαντικές (Alexander, Jetton, Kulikowich, & Woehler, 1994).

Ένα ακόμα σημείο που θα πρέπει να ερευνηθεί στην αναζήτηση νέων προσεγγίσεων για την κατανόηση ενός κειμένου είναι ότι υπάρχει μία σημαντική διαφορά σχετικά με την κατανόηση μιας έννοιας και της πίστης στην έννοια αυτή (Chinn, & Samarapungavan, 2001; Samarapungavan, Vosniadou & Brewer 1996)

Οι Chinn και Samarapungavan (2001) στη μελέτη τους εξετάζουν τις αντιλήψεις που έχουν μικροί μαθητές σχετικά με την ύπαρξη και τη μορφή των ατόμων. Και διαπίστωσαν ότι, ενώ οι μαθητές απαντούν σωστά και σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο σε ερωτήσεις σχετικά με τη μορφή και την οργάνωση των ατόμων, σε διαφορετικού τύπου ερωτήσεις διατυπώνουν αντιρρήσεις σχετικά με την ύπαρξή τους. Οι Samarapungavan,Vosniadou και Brewer (1992) μελέτησαν τις αντιλήψεις παιδιών σχετικά με το σχήμα της Γης και διαπίστωσαν ότι, ενώ οι μαθητές απαντούν σωστά ότι το σχήμα της γης είναι σφαιρικό, διατυπώνουν εναλλακτικές απόψεις, όταν καλούνται να σχεδιάσουν ή να κατασκευάσουν ένα μοντέλο της Γης.

Πολλοί ερευνητές μελετούν τον τρόπο που η προϋπάρχουσα γνώση επηρεάζει τον τρόπο που ένα πρόσωπο κατανοεί και ανακαλεί ένα κείμενο. Σχετικές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορα κείμενα όπως σε ιατρικά κείμενα σχετικά με τη γρίπη (Mannes, & Kintch 1987), σε κείμενα σχετικά με το ποδόσφαιρο (Perfetti, 1985) καθώς και σε κείμενα σχετικά με βακτήρια (Scardamalia, 1985). Οι Jetton και Alexander (2000) ο Alexander (1996) και ο Stanovich (1984), επίσης συμφωνούν ότι ο παράγοντας που ασκεί τη μεγαλύτερη επιρροή σε αυτά που οι σπουδαστές καταλαβαίνουν και θυμούνται από ένα κείμενο είναι η γνώση που ήδη κατέχουν. Η

προϋπάρχουσα γνώση βοηθά τη σχηματοποίηση της αναπαράστασης που δημιουργούν οι αναγνώστες για το περιεχόμενο του κειμένου (Pichert, & Anderson, 1977). Η προϋπάρχουσα γνώση επηρεάζει το ενδιαφέρον που έχουν οι αναγνώστες για το κείμενο (Garner, et. al, 1991), την προσοχή που δείχνουν για τον εντοπισμό πληροφοριών μέσα από αυτό (Reynolds, & Shirey, 1988) καθώς επίσης και την κρίση τους για τη σπουδαιότητα του κειμένου (Alexander et. al., 1994). Η προϋπάρχουσα γνώση επιδρά σε όλες αυτές τις ψυχολογικές διεργασίες και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την οργάνωση του γνωστικού μοντέλου που δημιουργείται από την ανάγνωση ενός κειμένου (Vosniadou, 1994) .

3.4 Σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου

Οι θεωρίες κατανόησης κειμένου οι οποίες προσπαθούν να προχωρήσουν πέρα από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά και τη δομή ενός κειμένου, μελετούν την αλληλεπίδραση του κειμένου με τον αναγνώστη και με το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον της διδασκαλίας. Νεότερες έρευνες δείχνουν ότι η κατανόηση ενός κειμένου είναι μια σύνθετη διαδικασία στην οποία εμπλέκονται τρεις κυρίως παράγοντες (Snow, 2002; Kintsch, 1988; 1998) ο αναγνώστης, το κείμενο και η δραστηριότητα μέσα από την οποία επιδιώκεται η κατανόηση.

1. **Ο αναγνώστης**

   Τα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός αναγνώστη που επιδρούν στην κατανόηση ενός κειμένου κατά την ανάγνωση είναι :

   - ***Γνωστικές ικανότητες***. Περιλαμβάνουν την ικανότητα συγκέντρωσης και προσοχής, την ικανοποιητική χρήση της μνήμης, την αναλυτική και κριτική ικανότητα, τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων κ.λπ.).
   - ***Εμπειρία και γνώση***. Περιλαμβάνουν τη γνώση του κατάλληλου λεξιλογίου καθώς και τη γνώση της ευρύτερης περιοχής του θέματος ενώ η εμπειρία περιλαμβάνει τη χρήση συγκεκριμένων στρατηγικών κατανόησης

και έχει προκύψει μετά από μακροχρόνια ενασχόληση με την εξαγωγή εννοιών από κείμενα.

- Τα εσωτερικά και εξωτερικά κίνητρα***. Περιλαμβάνουν το σκοπό για τον οποίο επιδιώκεται η κατανόηση κειμένου. Τα κίνητρα αυτά μπορεί να είναι εσωτερικά, εξωτερικά ή ένας συνδυασμός και των δύο περιπτώσεων. Τα κίνητρα για την κατανόηση μπορεί να είναι η επιδοκιμασία, η επίτευξη στόχων, το ενδιαφέρον για το περιεχόμενο του κειμένου, η αυτό-ικανοποίηση κ.λπ.***

2. Το κείμενο

Από τις πρώτες έρευνες κατανόησης κειμένου έχει αποδειχθεί ότι τα χαρακτηριστικά του κειμένου έχουν μεγάλη επίδραση στην κατανόηση του από τους αναγνώστες. Σήμερα είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο αναγνώστης κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης ενός κειμένου οικοδομεί νοητικές αναπαραστάσεις του κειμένου οι οποίες παίζουν ένα σπουδαίο ρόλο στην κατανόηση του. Τα χαρακτηριστικά του κειμένου μπορούν να διευκολύνουν την οικοδόμηση αυτών των αναπαραστάσεων. Οι περισσότεροι ερευνητές (Grasser, Millis, & Zwaan, 1997; Kintsch, 1998; 2004; Denhiere & Baudet, 1992) αναφέρουν τρεις διαφορετικές αναπαραστάσεις του κειμένου:

1) Επιφανειακός κώδικας. Η ακριβής διατύπωση των λέξεων και η γραμματική των προτάσεων.
2) Η αναπαράσταση κειμένου. Η αναπαράσταση αυτή περιλαμβάνει την έννοια των προτάσεων που αναφέρονται ρητά στο κείμενο.
3) Νοητικό μοντέλο ή μοντέλο κατάστασης. Η αναπαράσταση αυτή περιλαμβάνει τις έννοιες ή τον μικρόκοσμο που αναφέρεται το κείμενο. Για την κατασκευή αυτή της αναπαράστασης ο αναγνώστης πρέπει να χρησιμοποιήσει στοιχεία από την προϋπάρχουσα γνώση του. Τα στοιχεία αυτής της αναπαράστασης υπερβαίνουν το αυτούσιο κείμενο.

Η χρήση υπολογιστών έχει διευρύνει τον ορισμό του κειμένου και σήμερα ο ορισμός περιλαμβάνει και το ηλεκτρονικό κείμενο, το οποίο πέρα από τα χαρακτηριστικά που έχει μια έντυπη μορφή κειμένου, μπορεί να περιλαμβάνει υπερσυνδέσμους και πολυμέσα. Η κατανόηση ενός ηλεκτρονικού κειμένου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητας της μη γραμμικής ανάγνωσης του. Η ύπαρξη υπερσυνδέσμων προσφέρει τη δυνατότητα

υποστήριξης σύνθετων κειμένων μέσω παραπομπής σε ορισμούς, σε μεταφράσεις δύσκολων λέξεων καθώς και σε εναλλακτικές παρουσιάσεις σύνθετων προτάσεων.

3. Η δραστηριότητα μέσα από την οποία επιδιώκεται η κατανόηση.

Η ανάγνωση κειμένου έχει πάντα κάποια αιτία ή γίνεται για κάποιο σκοπό. Η δραστηριότητα εμπλέκεται σε αυτήν τη διάσταση της ανάγνωσης. Μια δραστηριότητα που περιλαμβάνει ανάγνωση ενός κειμένου, περιλαμβάνει επίσης έναν ή περισσότερους στόχους, οδηγίες για την επεξεργασία του κειμένου καθώς και μερικά συγκεκριμένα αποτελέσματα.. (Alexander, Jetton, Kulikowich, & Woehler, 1994; Jetton, & Alexander, 1997; Schellings, & Van Hout-Wolters, 1994; 1995; Van Hout-Wolters, 1990a; 1990b; 1997; Broekkamp et. al 2002; 2004) Πριν από την ανάγνωση, ο αναγνώστης έχει έναν σκοπό, που μπορεί να έχει επιβληθεί εξωτερικά (συμμετοχή σε δραστηριότητα μιας τάξης) είτε εσωτερικά (π.χ επιθυμία απόκτησης ορισμένων πληροφοριών). Ο σκοπός μπορεί να επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων στους οποίους συμπεριλαμβάνεται το ενδιαφέρον και η προϋπάρχουσα γνώση του αναγνώστη. Ο αρχικός σκοπός αναλύεται συνήθως σε ένα σύνολο από στόχους. Οι στόχοι αυτοί είναι δυνατόν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Αυτό είναι δυνατόν να συμβεί, όταν οι πληροφορίες που περιέχονται στο κείμενο δημιουργούν νέα δεδομένα τα οποία δείχνουν ότι οι αρχικοί στόχοι είναι ελλιπείς και χρειάζονται αναθεώρηση.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η όλη διαδικασία της κατανόησης κατά την ανάγνωση ενός κειμένου πραγματοποιείται πάντα στα πλαίσια ενός συγκεκριμένου *κοινωνικο-πολιτιστικού (socialcultural)* περιβάλλοντος το οποίο αλληλεπιδρά και με τους τρεις παράγοντες της κατανόησης (Goatley, Brock, & Raphael, 1995).

Η οικονομική κατάσταση, το φύλο, η εθνικότητα και η εκπαίδευση, που έχει δεχθεί ο αναγνώστης, είναι βασικοί παράγοντες για την κατανόηση ενός κειμένου. Επίσης τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, οι εμπειρίες και οι ικανότητες του αναγνώστη, τα χαρακτηριστικά του διαθέσιμου κειμένου και οι δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται οι αναγνώστες, επηρεάζονται και σε μερικές περιπτώσεις καθορίζονται καταλυτικά από το υπάρχον κοινωνικοπολιτιστικό πλαίσιο.

3.4.1 Το μοντέλο των Kintsch και van Dijk

Το μοντέλο αυτό παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1978 (Kinsch & van Dijk, 1978) και βελτιώθηκε το 1983 (van Dijk & Kintsch, 1983). Σκοπός του μοντέλου είναι να προσομοιώσει τις νοητικές διεργασίες που περιλαμβάνει η δόμηση της νοητικής αναπαράστασης ενός κείμενου κατά την ανάγνωση και κατανόησή του. Το μοντέλο αποτελείται από μια διαδικασία ανάλυσης του κειμένου από κάτω προς τα επάνω, η οποία αρχικά αναπαριστά κατάλληλα τα σχετικά στοιχεία του κειμένου και παράλληλα με ένα σύστημα ολοκλήρωσης ενισχύει τα κατάλληλα στοιχεία και αποδυναμώνει ή απορρίπτει τα ακατάλληλα. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή μιας δομής που αντιπροσωπεύει την έννοια του κειμένου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία του. Η δομή που σχηματίζει ο αναγνώστης κατά την ανάγνωση ενός κειμένου βασίζεται σε τρία επίπεδα αναπαράστασης τα οποία είναι:

1. επιφανειακός κώδικας (surface code)
2. μοντέλο κειμένου (textbase model)
3. μοντέλο κατάστασης (situation model)

Ο **επιφανειακός κώδικας** διατηρεί την έννοια και την αναπαράσταση όλων των λέξεων και προτάσεων του κειμένου ακριβώς όπως αναφέρονται σε αυτό. Είναι η απλούστερη μορφή αναπαράστασης του κειμένου.

Το **μοντέλο κειμένου** περιλαμβάνει τις πληροφορίες που εκφράζονται άμεσα από το κείμενο. Διατηρεί την έννοια των προτάσεων του κειμένου και είναι δομημένο και οργανωμένο σύμφωνα με τον τρόπο που ο συγγραφέας έχει οργανώσει το υλικό. Στη μορφή αυτή διατηρείται η έννοια του κειμένου αλλά όχι στη μορφή του επιφανειακού κώδικα αλλά σε μια πιο αφαιρετική μορφή

Το μοντέλο χρησιμοποιεί δύο βασικές μονάδες ανάλυσης το *όρισμα* (argument) που αποτελεί την αναπαράσταση της έννοιας μιας λέξης και την *πρόταση* (proposition) η οποία αποτελεί τη μικρότερη μονάδα έννοιας στην οποία μπορούμε να αποδώσουμε μια αληθή τιμή. Σαν *πρόταση* εννοείται μια αναπαράσταση σε δομή κατηγορήματος – ορίσματος η οποία αντιπροσωπεύει μια φράση ή μια πρόταση του κειμένου. Το κείμενο διαμορφώνεται σε δύο κύρια επίπεδα τη μικρο-δομή και τη μακρο-δομή:

1) Μικρο-δομή

Αποτελεί μια τοπική δομή στην οποία αντιπροσωπεύονται οι έννοιες των λέξεων και των προτάσεων του κειμένου. Η πλήρης δόμηση του μοντέλου, που βασίζεται στο κείμενο, περιλαμβάνει την εξαγωγή των σημαντικών πληροφοριών του κειμένου. Η εξαγωγή αυτή γίνεται με τη μορφή ενός συνδεμένου δικτύου *προτάσεων*. Παραδείγματα των προτάσεων είναι:

The cam is between the cylinder and the spring

[BETWEEN (cam, cylinder, spring)],

*The singer repaired the compute*r

[repair(singer,computer)]

and *if the cam rotates, the spring contracts*

[IF(rotate (cam), (contract (spring))].

Αυτή η αναπαράσταση ονομάζεται *προτασιακή* αναπαράσταση και είναι μια απαραίτητη ενδιάμεση μορφή αναπαράστασης του νοητικού μοντέλου του κειμένου. Υποστηρίζεται ότι τέτοιες προτασιακές αναπαραστάσεις δημιουργούνται όχι μόνο για την κατανόηση του κειμένου αλλά και κατά την παραγωγή του (Levelt, 1989, S. 73). Οι προτάσεις που παράγονται συνδέονται μεταξύ τους εννοιολογικά και αποτελούν ένα δίκτυο. Η διαδικασία μετασχηματισμού του κειμένου σε προτασιακή αναπαράσταση και στη συνέχεια σε ένα συνδεδεμένο δίκτυο περιλαμβάνει συγκεκριμένες δραστηριότητες εξαγωγής συμπεράσματος. Για παράδειγμα οι αναφορικές αντωνυμίες πρέπει να καθοριστούν, οι συνώνυμοι όροι να ταυτοποιηθούν και τα κενά στην συνεκτικότητα του δικτύου να γεφυρωθούν με την εξαγωγή συμπερασμάτων. Αυτή είναι η ελάχιστη επεξεργασία που πρέπει να κάνει ένας αναγνώστης για να κατανοήσει το κείμενο.

2) **Μακρο- δομή**

Αποτελεί το επίπεδο όπου ο αναγνώστης σχηματίζει μια τροποποιημένη μορφή της μικρο-δομής η οποία αποτελεί μια σφαιρική προτασιακή αναπαράσταση και αντιπροσωπεύει το νόημα του κειμένου.

Ο Kintch και van Dijk (1978; 1983) υποστηρίζουν ότι οι *προτάσεις* που εξάγονται από ένα κείμενο εισέρχονται σε έναν καταχωρητή της βραχύχρονης μνήμης με περιορισμένη χωρητικότητα. Επιπρόσθετες *προτάσεις* σχηματίζονται με διαδικασίες συμπερασμών καθώς και με τη γεφύρωση συμπερασμών (bridging inferences) και προστίθενται σε αυτές που σχηματίστηκαν κατευθείαν από το κείμενο. Επίσης

διαγράφονται προτάσεις από τον καταχωρητή μνήμης. Αυτές που παραμένουν είναι εκείνες που είναι κεντρικές για την κατανόηση του κειμένου ή έχουν εισαχθεί πρόσφατα.

Η δημιουργία της μακρο-δομής επιτυγχάνεται με την εφαρμογή ορισμένων γλωσσικών λειτουργιών που ονομάζονται μακρο-κανόνες.

Υπάρχουν τρεις κύριοι μακρο-κανόνες:

- **Διαγραφή** (deletion): κάθε *πρόταση* που δε σχετίζεται με τις υπόλοιπες προτάσεις ή δε χρειάζεται για την ερμηνεία μίας πρόσφατης πρότασης διαγράφεται
- **Γενίκευση (generalization)**: μια ακολουθία από *προτάσεις* μπορεί να αντικατασταθεί από μια πιο γενική πρόταση.
- **Δόμηση (construction)**: μια ακολουθία *προτάσεων* μπορεί να αντικατασταθεί από μια μόνο πρόταση η οποία αποτελεί το συμπέρασμα αυτών των προτάσεων.

Το αποτέλεσμα αυτών των μακρο-κανόνων είναι μία τοπικά και ολικά καλά δομημένη αναπαράσταση του κειμένου με τη μορφή ενός προτασιακού δικτύου. Αυτή η αναπαράσταση είναι κατάλληλη για τη διεξαγωγή πολλών δραστηριοτήτων. Οι αναγνώστες με βάση το μοντέλο κειμένου μπορούν να ανταπεξέλθουν σε ένα πλήθος δοκιμασιών κατανόησης του κειμένου, όπως να επιβεβαιώσουν ισχυρισμούς που περιέχονται στο κείμενο, να απαντήσουν σε ερωτήσεις γύρω από το περιεχόμενο του κειμένου, να ανακαλέσουν το κείμενο και να κάνουν μια περίληψή του.

Φυσικά, είναι απαραίτητο ο αναγνώστης να διαθέτει ένα επαρκές πλήθος γνώσεων για τη δόμηση του μοντέλου που βασίζεται στο κείμενο. Η γνώση αυτή περιλαμβάνει τη γνώση του κατάλληλου λεξιλογίου που απαιτείται για την κατανόηση των λέξεων αλλά και μια γενικότερη γνώση γύρω από το θέμα που διαπραγματεύεται το κείμενο (γνώση πλαισίου).

Το μοντέλο κατάστασης

Η κατανόηση του κειμένου στο επίπεδο του μοντέλου που βασίζεται στο κείμενο δεν εξασφαλίζει ότι ο αναγνώστης το έχει κατανοήσει σε ένα βαθύτερο επίπεδο. Ειδικά στην περίπτωση των επιστημονικών κειμένων η κατανόησή τους προχωρά πέρα από την ικανότητα της αναπαραγωγής του κειμένου. Συνήθως σε αυτά τα

κείμενα ο αναγνώστης πρέπει να εξαγάγει πληροφορίες οι οποίες δεν αναφέρονται ρητά στο κείμενο αλλά πρέπει να συνδυαστούν από γνώσεις που ο αναγνώστης έχει σχετικά με την περιοχή του θέματος που διαπραγματεύεται το κείμενο. Επιπλέον απαιτητικά κείμενα, όπως τα επιστημονικά κείμενα, συνήθως απαιτούν ένα σημαντικό πλήθος ενεργών διαδικασιών εξαγωγής συμπερασμάτων για τη σύνδεση των εννοιών του κειμένου με την προϋπάρχουσα γνώση του αναγνώστη. Το αποτέλεσμα αυτών των συμπερασμών είναι το **μοντέλο κατάστασης** (situation model) το οποίο είναι μίγμα δομών που προέρχονται άμεσα από το μοντέλο κειμένου και δομών που προέρχονται από την προϋπάρχουσα γνώση του αναγνώστη. Η ακριβής δομή αυτού του μίγματος εξαρτάται από πολυάριθμους παράγοντες, οι οποίοι ερευνώνται από τη σχετική βιβλιογραφία στην ψυχολογία της κατανόησης κειμένων (Zwaan, & Radvansky, 1998). Το μοντέλο κατάστασης περιλαμβάνει μικρόκοσμους που έχουν δημιουργηθεί από τα περιεχόμενα του κειμένου. Οι μικρόκοσμοι αυτοί περιλαμβάνουν πληροφορίες για τους χαρακτήρες, τα αντικείμενα, τις χωρικές τιμές των παραμέτρων, τα γεγονότα, τις ενέργειες, κ.λπ. Προκειμένου να δημιουργήσουν το μοντέλο κατάστασης, οι αναγνώστες πολλές φορές υπερβαίνουν τις πληροφορίες του κειμένου και δημιουργούν τις δικές τους ερμηνείες ανάλογα με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τις επιθυμίες τους. Για ένα κείμενο, που αναφέρεται στη λειτουργία μιας συσκευής, το μοντέλο κατάστασης περιλαμβάνει τα μηχανικά ή ηλεκτρονικά συστατικά της συσκευής, που είναι τοποθετημένα (χωροθετική τοποθέτηση), την αιτιακή σειρά των γεγονότων που πραγματοποιούνται καθώς η συσκευή λειτουργεί, τη λειτουργία της συσκευής και τη λειτουργία των συστατικών μερών της.

Η ενσωμάτωση των πληροφοριών που προέρχονται από την προϋπάρχουσα γνώση, προκαλεί συχνά την αναδιοργάνωση της δομής του μοντέλου κειμένου ανάλογα με το περιεχόμενο του κειμένου που πρέπει να κατανοηθεί. Η προκύπτουσα νοητική αναπαράσταση επιτρέπει μια βαθύτερη κατανόηση του κειμένου η οποία δεν αποτελεί πλέον ένα μεμονωμένο αντικείμενο της μνήμης εργασίας αλλά είναι συνδεμένη με τις γνώσεις που βρίσκονται στη μακρόχρονη μνήμη του αναγνώστη. Σε αυτήν την περίπτωση οι πληροφορίες του κειμένου συνδέονται με σχέσεις αλληλεπίδρασης, με στοιχεία που βρίσκονται στη μακρόχρονη μνήμη του αναγνώστη και μπορούν να συμπληρωθούν ή να διευκρινιστούν από αυτά. Για το λόγο αυτό οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νέα περιβάλλοντα και σε λύσεις μη γνωστών προβλημάτων. (Kinstch, 1994)

Η ανάκληση του κειμένου εξαρτάται και από τη μικρο-δομή και τη μακρο-δομή. *Προτάσεις* που βρίσκονται σε ανώτερο επίπεδο ή είναι πιο κεντρικές ανακαλούνται ευκολότερα από προτάσεις που βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο επειδή διατηρούνται για περισσότερο χρόνο στον καταχωρητή μνήμης και είναι πιο πιθανό να συμπεριληφθούν στη μακρο-δομή (Kintsch et.al., 1975)

Σε έρευνα των Kintsch και Keenan (1973) επιβεβαιώνεται η σημασία του σχηματισμού των *προτάσεων*. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν κείμενα τα οποία περιείχαν τον ίδιο αριθμό λέξεων αλλά διαφορετικό αριθμό προτάσεων και διαπίστωσαν ότι ο χρόνος ανάγνωσης του κειμένου αυξάνεται περίπου ένα δευτερόλεπτο (1 sec) για κάθε επιπλέον πρόταση.

Οι Ratcliff και McKoon (1978) με έρευνά τους επιβεβαιώνουν τον σχηματισμό προτάσεων. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν προτάσεις όπως " The mausoleum that enschined the Czar overlooked the square" (Το μαυσωλείο που προφύλασσε τον Τσάρο, δέσποζε του τετραγώνου). Τα υποκείμενα της έρευνας υποβλήθηκαν σε τεστ αναγνώρισης, όπου έπρεπε να αποφασίσουν αν μια λέξη είχε παρουσιαστεί ή όχι στο κείμενο που διάβασαν. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι λέξεις όπως το "square", του παραδείγματος που χρησιμοποιήθηκε, αναγνωρίζεται γρηγορότερα όταν η προηγούμενη λέξη του τεστ είναι από την ίδια *πρόταση* (π.χ το mausoleum) παρά όταν ήταν από άλλη πρόταση ακόμα και αν αυτή βρίσκεται πλησιέστερα μέσα στην πρόταση του κείμενου (π.χ η λέξη Czar).

Οι mcKoon και Ratcliff (1980) στην έρευνά τους παρουσιάζουν στους συμμετέχοντες μια παράγραφο κειμένου. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν ένα τεστ μνημονικής αναγνώρισης, όπου οι συμμετέχοντες έπρεπε να αποφασίσουν αν οι ιδέες που αναφέρονται σε διάφορες προτάσεις που τους παρουσίασαν περιέχονται και στην παράγραφο του κειμένου που διάβασαν. Οι ερευνητές διαπιστώνουν ότι ο χρόνος ανταπόκρισης σε αυτό το έργο μνημονικής αναγνώρισης, επιταχύνεται, όταν σε μια πρόταση είχε προηγηθεί μια άλλη πρόταση από την ίδια παράγραφο. Αυτό το φαινόμενο επιτάχυνσης είναι πιο έντονο, όταν οι δύο προτάσεις είναι πλησιέστερα μέσα στο προτασιακό δίκτυο της μικρο-δομής παρά όταν οι προτάσεις ήταν πλησιέστερα μέσα στο κείμενο της παραγράφου. Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί μια ένδειξη για την ύπαρξη της μικρο-δομής.

Ο Kintsch (1974) διαχωρίζει τις επιδράσεις της μικρο-δομής και της μακρο-δομής ενός κειμένου στη μνήμη μέσα από μια έρευνα που διεξήγαγε. Στην έρευνα αυτή οι συμμετέχοντες πρέπει να αποφασίσουν αν ένα σύνολο από ρητά ή έμμεσα

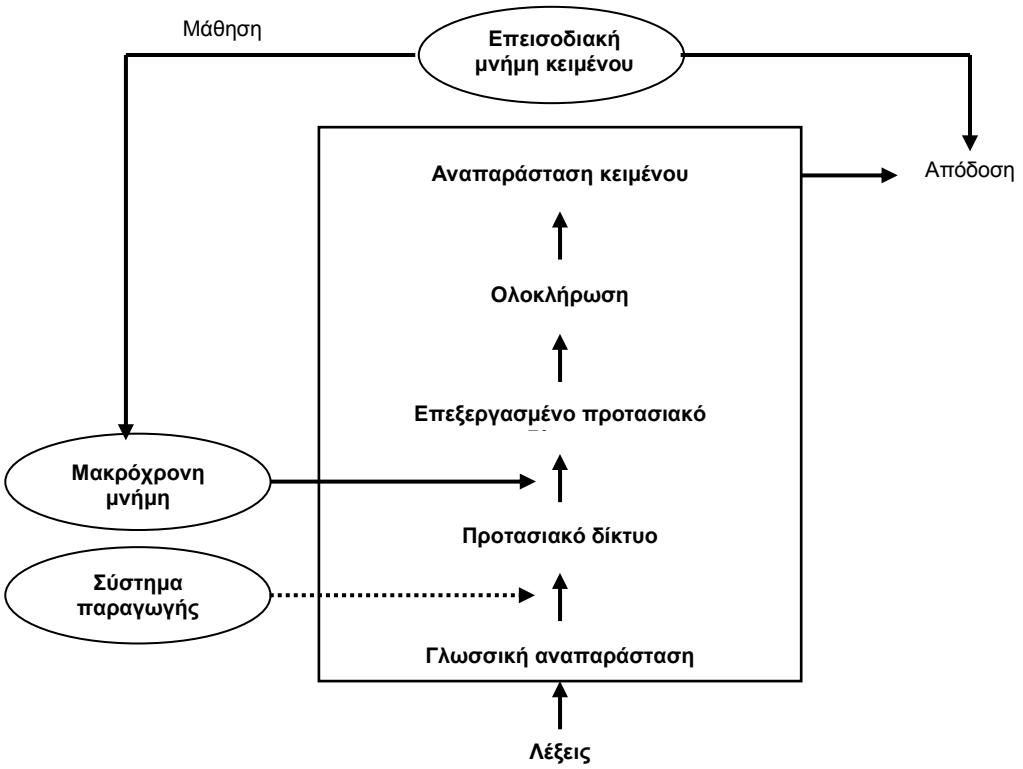
συμπεράσματα είναι συμβατά με το περιεχόμενο ενός κειμένου. Χρησιμοποιήθηκαν δύο ομάδες υποκειμένων. Οι συμμετέχοντες στην πρώτη ομάδα απαντούν αμέσως μετά την ανάγνωση του κειμένου, ενώ οι συμμετέχοντες στη δεύτερη ομάδα εκτέλεσε το έργο 15 λεπτά μετά την ανάγνωση του κειμένου. Στο άμεσο τεστ οι ρητές προτάσεις επιβεβαιώνονται γρηγορότερα από τις έμμεσες αλλά δεν υπάρχει καμία διαφορά μεταξύ των δύο τύπων προτάσεων στο τεστ που έγινε μετά από 15 λεπτά. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής επιβεβαιώνουν το σχηματισμό δύο διαφορετικών αναπαραστάσεων, γιατί σύμφωνα με τη θεωρία, οι ρητές προτάσεις αντιπροσωπεύονται καλύτερα σε σχέση με τις έμμεσες στη μικρο-δομή, ενώ και οι δύο αντιπροσωπεύονται εξ ίσου καλά στην μακρο-δομή. Οι πληροφορίες της μικρο-δομής είναι διαθέσιμες σε συντομότερο χρονικό διάστημα από τις πληροφορίες της μακρο-δομής, η οποία απαιτεί ένα χρόνο για την κατασκευή της.

Κριτικές που δέχεται το μοντέλο των Kinsch και van Dijk επικεντρώνονται κυρίως στο ότι δεν διευκρινίζεται ο τρόπος σχηματισμού των προτάσεων, ο τρόπος δημιουργίας προτάσεων που γεφυρώνουν συμπερασμούς καθώς και ο τρόπος που η διαγραμματική γνώση αλληλεπιδρά με το κείμενο.

3.4.2 Το μοντέλο Δόμησης - Ολοκλήρωσης του Kinsch

Ο Kintsch (1988; 1992; 1994; 2002) παρουσίασε μια τροποποίηση του παλαιότερου μοντέλου του το οποίο ονόμασε μοντέλο **Δόμησης –Ολοκλήρωσης** (Construction – Interaction model (CI)). Το μοντέλο αυτό διατηρεί τη βασική δομή των αναπαραστάσεων του μοντέλο Kintsch – van Dijk αλλα παρέχει περισσότερες πληροφορίες γύρω από τον τρόπο σχηματισμού των συμπερασμών και τον τρόπο που η αποθηκευμένη γνώση αλληλεπδρά με το κείμενο για τη δημιουργία της μακρο-δομής.

Η βασική δομή του μοντέλου Δόμησης – Ολοκλήρωσης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Το Μοντέλο Δόμησης – Ολοκλήρωσης του Kintsch

Σύμφωνα με το μοντέλο του Kintsch κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατανόησης ενός κειμένου εκτελούνται οι παρακάτω διεργασίες:

- Οι προτάσεις του κειμένου μετασχηματίζονται σε μια αναπαράσταση με δομή κατηγορούμενο- όρισμα και αντιπροσωπεύουν την έννοια του κειμένου.
- Αυτές οι προτάσεις εισέρχονται σε ένα βραχύχρονο καταχωρητή μνήμης με τη μορφή ενός προτασιακού δικτύου.
- Κάθε αναπαράσταση πρότασης που έχει σχηματιστεί από το κείμενο ανακαλεί ορισμένες συσχετιζόμενες προτάσεις από τη μακρόχρονη μνήμη, είτε δημιουργεί προτάσεις συμπερασμού.
- Οι αναπαραστάσεις των προτάσεων που έχουν δημιουργηθεί από το κείμενο μαζί με εκείνες που έχουν ανακληθεί από τη μακρόχρονη μνήμη, δημιουργούν ένα αναπτυσσόμενο προτασιακό δίκτυο. Αυτό το δίκτυο συνήθως περιλαμβάνει πολλές προτάσεις που δεν σχετίζονται μεταξύ τους.
- Μια διαδικασία εξαπλούμενης ενεργοποίησης (spreading activation) χρησιμοποιείται για την επιλογή των προτάσεων που θα αποτελέσουν την αναπαράσταση του κειμένου. Ομάδες από αλληλοσυνδεόμενες προτάσεις ισχυροποιούνται και έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να συμπεριληφθούν στην

τελική αναπαράσταση του κειμένου ενώ μη σχετικές προτάσεις είναι πιθανόν να απορριφθούν. "Πράγματα που έχουν συνάφεια γίνονται ισχυρότερα και πράγματα που δεν έχουν, πεθαίνουν ένα-ένα" (Kintsch, 1994, p. 732). Αυτή είναι η διαδικασία της Ολοκλήρωσης.

Ένα από τα ιδιαιτέρα χαρακτηριστικά αυτού του μοντέλου είναι η υπόθεση ότι η διαδικασία που περιλαμβάνει η δόμηση του συσχετιζόμενου δικτύου δεν είναι ικανοποιητική, όταν στο δίκτυο έχουν συμπεριληφθεί πολλές μη σχετικές προτάσεις. Αυτή είναι μια προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω σύμφωνα με την οποία το προτασιακό δίκτυο σχηματίζεται χωρίς να λαμβάνει υπόψιν του το πλαίσιο που παρέχεται από το θέμα του συνολικού κειμένου.

Ο Kintsch (1988) δημιουργεί ορισμένα προγράμματα προσομοίωσης τμημάτων του μοντέλου με τη βοήθεια υπολογιστή. Επίσης σε μια άλλη εργασία του (Kintsch et. al, 1990) ελέγχει την υπόθεση ότι η επεξεργασία ενός κειμένου παράγει τρία επίπεδα αναπαράστασης (επιφανειακός κώδικας, μοντέλο κειμένου, μοντέλο κατάστασης). Στους συμμετέχοντες δόθηκε μια σύντομη περιγραφή ενός πολύ κοινού θέματος όπως η επίσκεψη σε ένα κινηματογράφο και ελέγχθηκε η δυνατότητα αναγνώρισης λέξεων και τμημάτων του κειμένου αμέσως μετά την ανάγνωση και σε χρονικά διαστήματα που κυμαίνονται μέχρι και 4 ημέρες. Τα κύρια ευρήματα δείχνουν ότι οι λειτουργίες, για να ξεχάσει κανείς τις τρεις αναπαραστάσεις του κειμένου (επιφανειακός κώδικας, μοντέλο κειμένου, μοντέλο κατάστασης), έχουν ουσιαστικές διαφορές. Υπάρχει μια ραγδαία και πλήρης διαδικασία κατά την οποία κανείς ξεχνά την αναπαράσταση του επιφανειακού κώδικα, ενώ οι πληροφορίες του μοντέλου κατάστασης φαίνεται να διατηρούνται στη μνήμη για το διάστημα των 4 ημερών. Οι πληροφορίες του μοντέλου κειμένου (προτασιακή αναπαράσταση) ξεχνιούνται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με το μοντέλο του Kintch κατά το οποίο η πληρέστερη αναπαράσταση, που είναι το μοντέλο κατάστασης, θα έχει την καλύτερη ανάκληση ενώ το απλούστερο μοντέλο του επιφανειακού κώδικα θα ξεχαστεί γρήγορα.

Ο Zwaan (1994) ελέγχει την ψυχολογική εγκυρότητα ορισμένων από τα επίπεδα αναπαράστασης. Ο Zwaan υποστηρίζει ότι ο σκοπός του αναγνώστη επηρεάζει το βαθμό με τον οποίο δομούνται τα διαφορετικά επίπεδα αναπαράστασης. Ένας αναγνώστης, που διαβάζει ένα τμήμα μυθιστορήματος, είναι πιθανόν να εστιάσει την προσοχή τους στο ίδιο το κείμενο (λέξεις που χρησιμοποιούνται, μορφή γραψίματος)

και έτσι να σχηματίσει μια ισχυρή αναπαράστασης επιφανειακού κώδικα. Αντίθετα, ένας αναγνώστης που διαβάζει ένα άρθρο εφημερίδας, μπορεί να εστιάσει την προσοχή του στην ενημέρωση της αναπαράστασης που έχει για την κατάσταση του πραγματικού κόσμου και έτσι να σχηματίσει μια ισχυρή αναπαράσταση του μοντέλου κατάστασης. Για την έρευνά του ο Zwan (1994) χρησιμοποιεί δύο ειδών κείμενα. Το πρώτο περιέχει λογοτεχνικά αποσπάσματα και το δεύτερο αποσπάσματα ειδήσεων. Τα συμπεράσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις του. Η ανάκληση στοιχείων είναι καλύτερη σε επίπεδο επιφανειακού κώδικα για τα λογοτεχνικά κείμενα, ενώ αντίθετα η ανάκληση σε επίπεδο μοντέλου κατάστασης είναι καλύτερη για τα αποσπάσματα ειδήσεων.

Ο Kintsch (2002) ισχυρίζεται ότι παρόλο που αναφέρεται σε δύο μοντέλα κατανόησης (μοντέλο κειμένου και μοντέλο κατάστασης) στην πραγματικότητα ο αναγνώστης οικοδομεί μια μόνο νοητική αναπαράσταση αλλά για τις ανάγκες της ανάλυσης είναι ευκολότερο να γίνεται διάκριση μεταξύ δομών που σχηματίζονται απευθείας από το κείμενο και άλλων οι οποίες είναι περισσότερο αποτέλεσμα λογικής ανάλυσης.

Ένας αριθμός από έρευνες έχει ακολουθήσει αυτό το δρόμο εμφανίζοντας διαφοροποιημένα τα δύο αυτά επίπεδα αναπαράστασης. Οι έρευνες αυτές αφορούν την κατανόηση κειμένων που περιγράφουν την πλοήγηση μιας διαδρομής (Perrig & Kintsch, 1985), ένα έργο προγραμματισμού υπολογιστή (Schmalhofer, & Glavanov, 1986) και αιτιολόγησης συμπερασμού (Mannes, & Kintch, 1987).

Ακόμα ένα άλλο επίπεδο αναπαράστασης των επιστημονικών κειμένων, σχετικής με το πρότυπο κατάστασης αλλά ελαφρώς διαφορετικής από αυτό, έχει προταθεί για τα επιστημονικά προβλήματα (Nathan, Kinstch, & Young, 1992). Οι καλοί αναγνώστες όταν διαβάζουν ένα κείμενο που αναφέρεται σε ένα πρόβλημα, δημιουργούν ένα επίπεδο αναπαράστασης αποκαλούμενο *πρότυπο προβλήματος,* που οικοδομείται λαμβάνοντας υπόψη τις τυπικές (μαθηματικές) σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των στοιχείων που περιγράφονται στην εκφώνηση του προβλήματος. Για την οικοδόμηση αυτής της αναπαράστασης ο αναγνώστης χρειάζεται όχι μόνο μια γενική γνώση γύρω από το θέμα του προβλήματος, για την οικοδόμηση ενός μοντέλου κατάστασης, αλλά και την επιστημονική και μαθηματική γνώση γύρω από τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών που περιλαμβάνονται στην εκφώνηση του προβλήματος

Επίσης σύμφωνα με τον Graesser et. al. (1997), υπάρχουν δύο ακόμα επίπεδα αναπαράστασης του κειμένου σε σχέση με αυτά που δέχεται ο Kintsch (1988). Τα επιπλέον επίπεδα είναι:

Το **είδος κειμένου**. Το επίπεδο αυτό αναφέρεται στη φύση του κειμένου. Η αναπαράσταση διαφέρει ανάλογα με το ακριβές είδος του κειμένου. Τα είδη ενός κειμένου μπορεί να είναι αφηγηματικά, περιγραφικά, σατιρικά, εκθέσεις ή να προσπαθούν να πείσουν για κάτι τον αναγνώστη κ.λπ.

Το **επίπεδο επικοινωνίας**. Το επίπεδο αυτό αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ο συγγραφέας του κειμένου προσπαθεί να επικοινωνήσει με τον αναγνώστη.

3.4.3 Το μοντέλο ευρετηρίου γεγονότων (event-indexing).

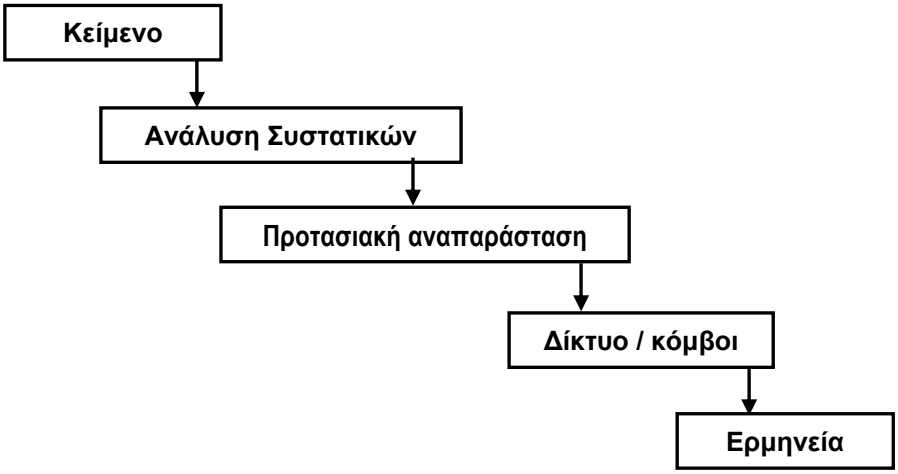
Το μοντέλο δόμησης - ολοκλήρωσης δεν καθορίζει τις διαδικασίες που περιλαμβάνονται στην κατασκευή του μοντέλου κατάστασης. Οι Zwaan, Langston και Graesser (1995) πρότειναν το μοντέλο ευρετηρίου γεγονότων, για να συμπληρώσουν αυτήν την παράλειψη. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό το οποίο βελτιώθηκε από τους Zwaan και Radvansky (1998), οι αναγνώστες παρακολουθούν ταυτόχρονα πέντε ευρετήρια γεγονότων κατά την ανάγνωση μιας ιστορίας.

1. **Ο πρωταγωνιστής** (protagonist): Ο κύριος χαρακτήρας του παρόντος γεγονότος συγκρινόμενος με το προηγούμενο γεγονός.
2. **Χρονικότητα** (temporality): Η συσχέτιση μεταξύ των χρονικών στιγμών που διαδραματίζονται το παρόν γεγονός και τα προηγούμενα.
3. **Αιτιότητα** (causality): Οι αιτιακές συσχετίσεις μεταξύ των γεγονότων.
4. **Χωρικότητα** (spartiality): Οι συσχετίσεις μεταξύ των χωρικών διευθετήσεων του τρέχοντος γεγονότος σε σχέση με τα προηγούμενα γεγονότα.
5. **Προθετικότητα** (intentionality): Οι συσχετίσεις μεταξύ των σκοπών που έχουν οι χαρακτήρες και του παρόντος γεγονότος.

Το κύριο χαρακτηριστικό του μοντέλου ευρετηρίου γεγονότων είναι η πρόβλεψη ότι διακοπές και κενά σε κάποιο από αυτά τα ευρετήρια (π.χ μια αλλαγή θέσεων – χωρικών διευθετήσεων) δημιουργεί δυσκολίες στη δημιουργία του μοντέλου κατάστασης.

3.4.4 Παραδείγματα εφαρμογής του μοντέλου του Kintsch.

Σχηματικά το μοντέλο του Kintsch περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:



Παράδειγμα δημιουργίας προτασιακής αναπαράστασης προτάσεων του κειμένου σε μορφή Κατηγόρημα – Ορίσματα (Kintsch, 1998)

Κείμενο: "*John left early. That shocked everyone.*"

Προτασιακή αναπαράσταση:

P1: LEAVE[JOHN]

P2: EARLY[P1]

P3: SHOCK[P2, EVERYONE]

Παράδειγμα δημιουργίας ενός δικτύου και εφαρμογή μακρο-κανόνων
(Garrod et. al., 1994; Kintsch, 1998, p. 149)

Κείμενο:

"*Flying to America.* ***Jane*** *wasn´t enjoying the flight at all. The dry air in the plane made* ***her*** *really thirsty. Just as* ***she*** *was about to call* ***her****, she noticed* ***the stewardess*** *coming down the aisle with the drink trolley.*

Συνέχεια 1: Right away ***she ordered*** *a large glass of Coke.*"

Συνέχεια2: Right away ***she poured*** *a large glass of Coke.*"

Αυτό που μας ενδιαφέρει στο ανωτέρω παράδειγμα είναι το πώς οι αναγνώστες θα μεταφράσουν το "she" στις δύο προτάσεις – Θα το μεταφράσουν σαν Jane ή σαν stewardess.

Κατασκευή αναπαράστασης προτάσεων:

Plane

Flight

In-Plane

Is[Jane, J]

Is[Stewardess, S]

Not-enjoy[J, Fligt]

Make-thirst[air, J]

See[J, S]

Call[J, S]

Come[S, aisle, drink-t]

Πιθανές αναπαραστάσεις προτάσεων συνέχειας που πρέπει να ελεγχθούν:

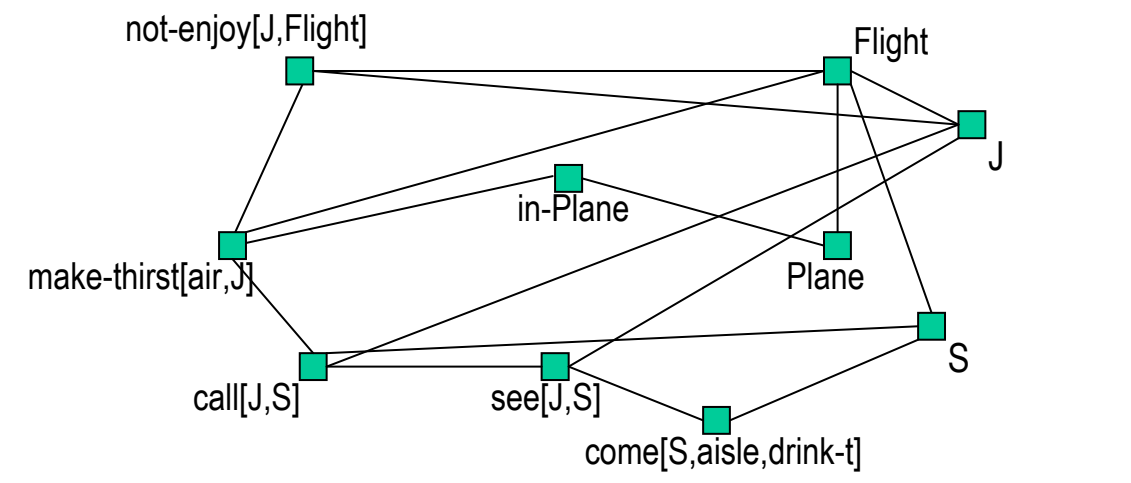
order[**J**, coke] ; order[**S**, coke];

pour[**J**, coke]; pour[**S**, coke];

Το κείμενο αναπαρίσταται με ένα συσχετισμένο δίκτυο του οποίου οι κόμβοι είναι έννοιες ή προτάσεις.

<u>Κατασκευαστικό στάδιο 1:</u>

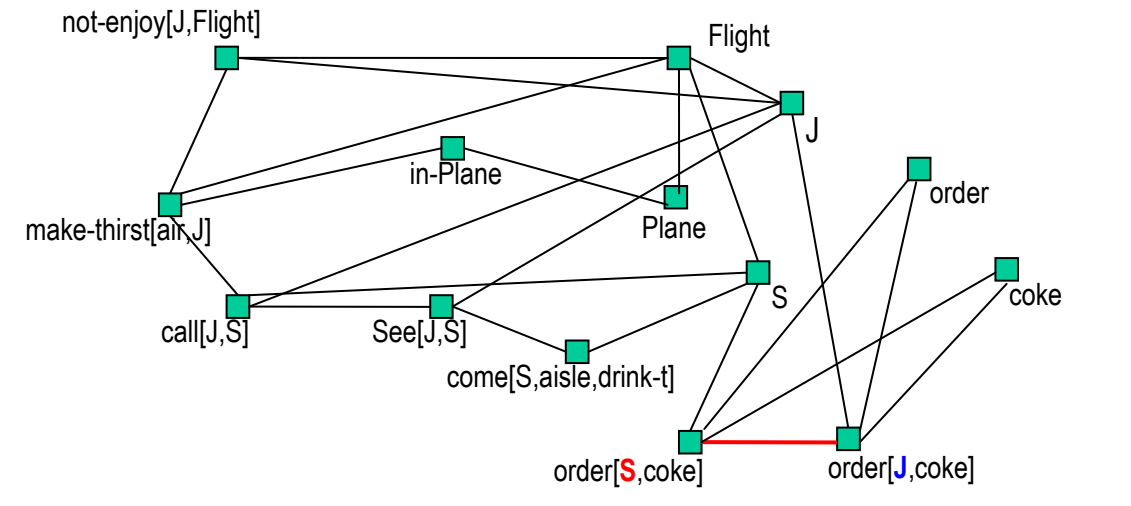
Δημιουργία ενός δικτύου με ενεργούς κόμβους, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν την επεξεργασία των προτάσεων (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3. Η αρχική δημιουργία του δικτύου προτάσεων

Κατασκευαστικό στάδιο 2:

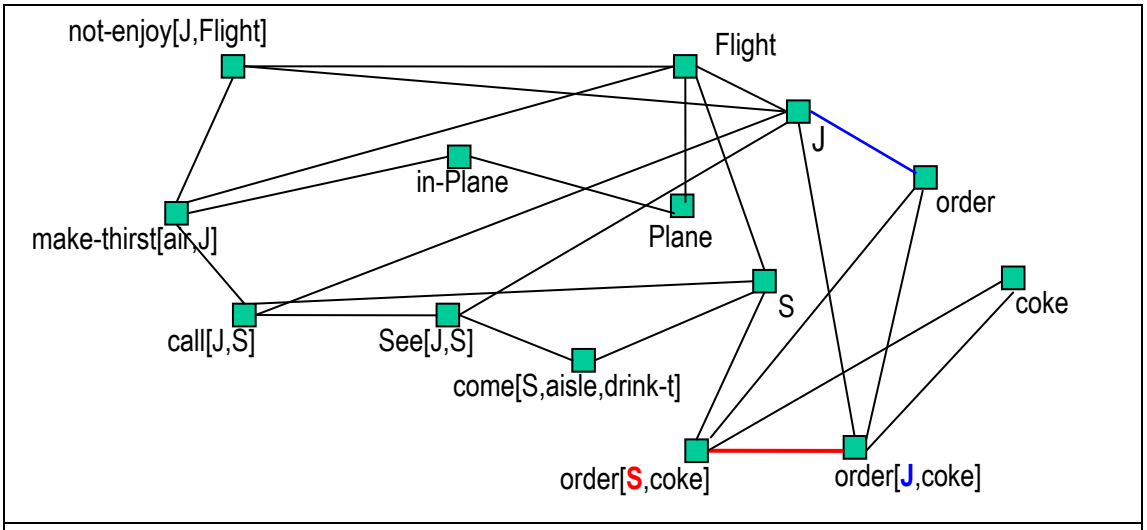
Ενσωμάτωση νέων προτάσεων στο υπάρχον δίκτυο (Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Επέκταση του δικτύου

Κατασκευαστικό στάδιο 3 (a):

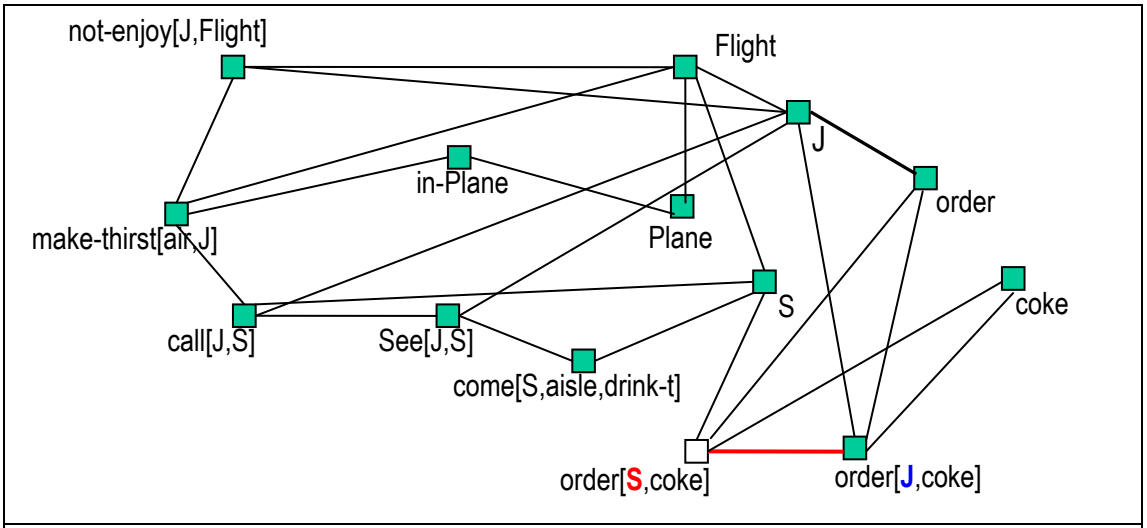
Σύνδεση των νέων προτάσεων (ή εισαγωγή νέων κόμβων) με βάση την προϋπάρχουσα γνώση (Σχήμα 3.5).



Σχήμα 3.5: Σύνδεση κόμβων

<u>Κατασκευαστικό στάδιο 3 (b):</u>

Μέσω της διαδικασίας της διάχυσης ενεργοποίησης (spreading activation) μετά από ένα αριθμό κύκλων επεξεργασίας οι συνδέσεις των κόμβων ισχυροποιούνται ή αποδυναμώνονται (Σχήμα 3.6).

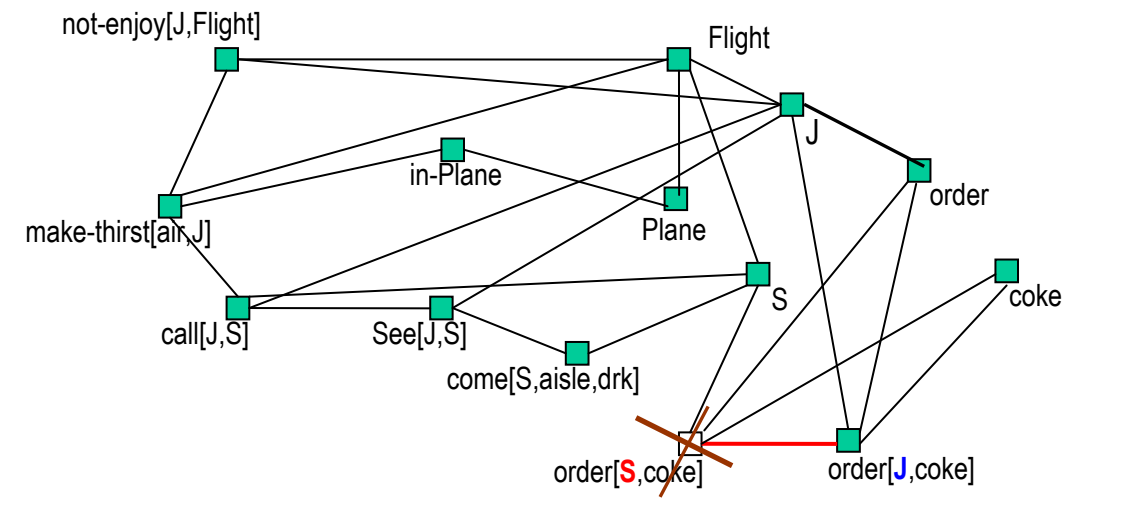


Σχήμα 3.6: Σύνδεση κόμβων

Στάδιο ενσωμάτωσης

<u>Στάδιο ενσωμάτωσης 1:</u>

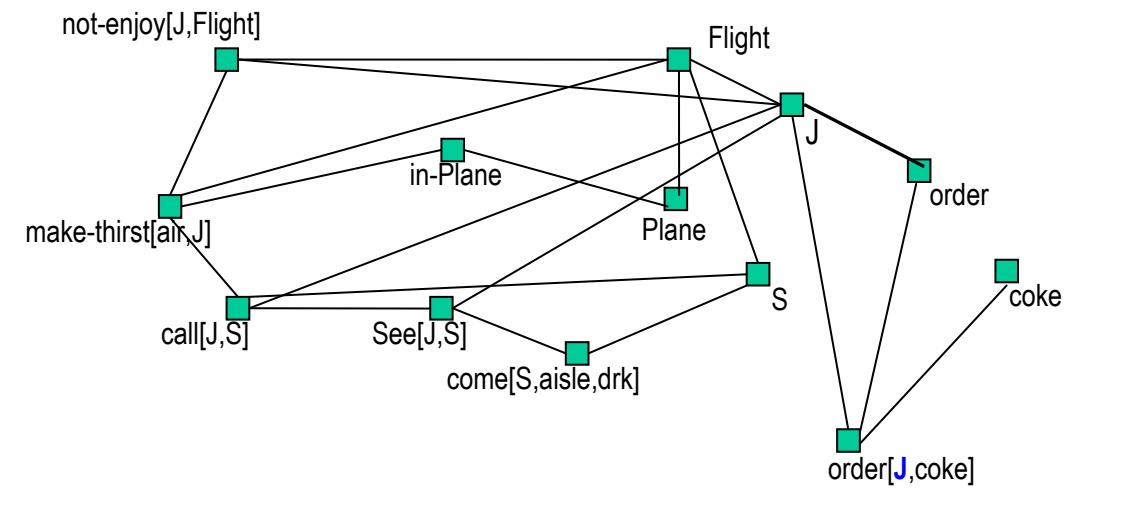
Κατά τη διαδικασία αυτού του σταδίου οι κόμβοι με χαμηλή ενεργοποίηση καθώς και οι συνδέσεις τους απομακρύνονται από το δίκτυο (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Σύνδεση κόμβων

<u>Στάδιο ενσωμάτωσης 2.</u>

Το δίκτυο που παραμένει αποτελεί μια ερμηνεία του κειμένου. Ταυτόχρονα αποτελεί το αρχικό δίκτυο για την κατασκευή ερμηνείας για τις προτάσεις του θα ακολουθήσουν (Σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8: Απομάκρυνση κόμβων και συνδέσεων.

3.5 Το μοντέλο κατανόησης κειμένου των Denhiere & Baudet

Στο μοντέλο κατανόησης κειμένου των Denhiere & Baudet υποστηρίζεται ότι πρωταρχικό ρόλο στις αναπαραστάσεις που οικοδομούν οι μαθητές/φοιτητές κατά τη ανάγνωση και κατανόηση κειμένου διαδραματίζει η κατανόηση των γνωστικών κατηγοριών: **κατάσταση**, **γεγονός** και **πράξη** (Denhiere, & Baudet, 1992).

- Η κατηγορία **κατάσταση** περιγράφει την έλλειψη δράσης και την μη ύπαρξη αλλαγής στο χρόνο.
- Η κατηγορία **γεγονός** αναφέρεται σε αλλαγή που προκύπτει χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, π.χ αλλαγή που προκαλείται από τυχαίους παράγοντες ή από μη ανθρώπινη ενέργεια π.χ από κάποια μηχανή.
- Η κατηγορία **πράξη** αναφέρεται σε αλλαγή που προέρχεται από ανθρώπινη παρέμβαση.

Οι Denhiere & Baudet διατυπώνουν την άποψη ότι δεν αρκεί η ανάλυση του κειμένου σε αυτές τις εννοιολογικές κατηγορίες, ώστε να εξεταστεί η αναπαράσταση του κειμένου που οικοδομούν οι αναγνώστες – εκπαιδευόμενοι. Θα πρέπει να εξεταστεί η οργάνωση και η δόμηση της γνωστικής αναπαράστασης σε μικρο-επίπεδο και μακρο-επίπεδο.

Η αναπαράσταση σε μικρο επίπεδο ονομάζεται μικροδομή και κατασκευάζεται σταδιακά από τον αναγνώστη του κειμένου. Η αναπαράσταση αυτή περιέχει τις καταστάσεις, τα γεγονότα και τις σύνθετες δράσεις του κόσμου που αναπαρίσταται από το κείμενο καθώς επίσης και τις χρονικές και αιτιακές σχέσεις που συνδέουν τις δομές αυτές.

Η αναπαράσταση σε μακρο-επίπεδο ονομάζεται μακροδομή και γίνεται με μια αναδόμηση της μικροδομής και την κατασκευή μιας ιεραρχικής δομής ανάλογα με τον τύπο του συστήματος που αναφέρεται στο κείμενο. Ο τύπος του συστήματος καθορίζεται από το άτομο που διαβάζει το κείμενο με βάση την επιστημονική περιοχή στην οποία αναφέρεται το κείμενο. Ένα σύστημα μπορεί να είναι σχεσιακής κατάστασης, μετασχηματιστικό σύστημα ή τελεολογικό σύστημα.

- Το σύστημα σχεσιακής κατάστασης αναπαριστά σύνθετες στατικές καταστάσεις. στις οποίες βρίσκονται άτομα ή αντικείμενα ενός πιθανού κόσμου που περιγράφει

το κείμενο. Η ιεραρχία αυτού του συστήματος καθορίζεται από μερωνυμικές σχέσεις (σχέσεις συνόλου – μέρους).

- Το μετασχηματιστικό σύστημα αναπαριστά σύνθετα γεγονότα που ορίζονται ως ακολουθίες τροποποιήσεων των στατικών καταστάσεων. Ένα μετασχηματιστικό σύστημα είναι αιτιοκρατικό αν το σύνολο των αναπαραστάσεων των αλλαγών καθορίζονται αιτιοκρατικά. Είναι δε χρονικό αν οι αναπαραστάσεις των τροποποιήσεων συνδέονται μονάχα με χρονικές σχέσεις. Η ιεραρχία αυτού του συστήματος καθορίζεται από μερωνυμικές σχέσεις συνόλου και μέρους ανάμεσα σε γεγονότα και μακρο-γεγονότα.
- Το τελεολογικό σύστημα αναπαριστά τις δομές και τις συμπεριφορές οργανισμών που ορίζονται σα σύνολα λειτουργικών ενοτήτων που βρίσκονται σε αλληλοσυσχετισμό μεταξύ τους. Το σύστημα αυτό είναι σύστημα πρόθεσης, αν οι λειτουργικές μονάδες που το αποτελούν είναι ανθρώπινα ή κατ΄ επέκταση ζώα τα οποία είναι προικισμένα με προθετικότητα, ή είναι ένα λειτουργικό σύστημα, αν οι λειτουργικές μονάδες αφορούν κάποιο τεχνικό σύστημα. Η ιεραρχική δομή ενός τελεολογικού συστήματος ορίζεται από σχέσεις μερωνυμικές και σχέσεις υπό συνθήκη οργανωμένες σε ένα δέντρο σκοπού και υποσκοπών ή σε ένα δέντρο προθέσεων.

Ο φορμαλισμός ενός τεχνικού αντικειμένου με όρους λειτουργικού συστήματος επιτρέπει μια περιγραφή του αντικειμένου σε δύο επίπεδα, της νοητικής του αναπαράστασης καθώς και του κειμένου το οποίο αναφέρεται σε αυτό. Ένα άτομο, που θέλει να εξηγήσει τη λειτουργία ενός συστήματος, οφείλει να κατασκευάσει μια αναπαράσταση της "φυσικής ροής των πραγμάτων", όπου το κάθε καινούργιο γεγονός να εξηγείται αιτιολογικά από τις συνθήκες των γεγονότων που ήδη έχουν συμβεί. Η ανάλυση σε λειτουργικό σύστημα ενός τεχνικού αντικειμένου έχει τρεις όψεις: τη σχεσιακή κατάσταση, την όψη του μετασχηματισμού και την τελεολογική. Ειδικότερα το κείμενο που θα χρησιμοποιηθεί παρέχει περιγραφές της μικροδομής της αναπαράστασης η οποία περιλαμβάνει:

- Περιγραφή των μονάδων που συνθέτουν το σύστημα με όρους σχεσιακής κατάστασης και μετασχηματισμού των καταστάσεων.
- Περιγραφή των αιτιοκρατικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των μονάδων.

Επίσης ως προς τη μακροδομή:

- Τελεολογική περιγραφή του συστήματος μέσω ενός δέντρου στόχων/υποστόχων

Οι Denhiere και Baudet (1992) παρουσιάζουν ένα φορμαλισμό με όρους λειτουργικού συστήματος του συστήματος εκκίνηση του αυτοκινήτου (Jhean-Larose, 1991). Οι Denhiere και Baudet, (1992) διεξάγουν μια έρευνα για τον έλεγχο αυτού του φορμαλισμού με όρους λειτουργικού συστήματος σε σπουδαστές της τεχνικής σχολής CAP ειδικότητας μηχανικού αυτοκινήτων. Το δείγμα που χρησιμοποιείται αποτελείται από τρεις ομάδες μαθητών ηλικίας 18 χρονών διαφορετικού επιπέδου γνώσεων σε σχέση με τη μηχανική του αυτοκινήτου. Οι ομάδες διδάχτηκαν με τον παραδοσιακό τρόπο και τους χορηγηθήκαν αντίστοιχα κείμενα. Για τη μελέτη της αναπαράστασης των μαθητών και το βαθμό ανάκλησης των πληροφοριών οι ερευνητές χρησιμοποιούν τέσσερις σειρές από διαφορετικού τύπου καθώς και διαφορετικές μεθόδους εξέτασης. Για την έρευνα της δυνατότητας ανάκλησης πληροφοριών από τη μνήμη χρησιμοποιείται η ελεύθερη συνέντευξη. Για μια πιο καθοδηγούμενη εξέταση επιλέγεται η χρήση ερωτηματολογίων. Για κάθε κατάσταση γεγονός ή πράξη γίνονται ερωτήματα με δύο διαφορετικούς τρόπους:

- Γιατί (έρευνα των σκοπών, των κινήτρων)
- Πώς (έρευνα των μέσων, τι προηγήθηκε)

Επίσης ζητείται η συμπλήρωση κενών σε τριάδες γεγονότων στις οποίες υπάρχουν τα δύο γεγονότα και ζητείται το τρίτο (για παράδειγμα υπάρχει το αρχικό και το τελικό γεγονός και ο μαθητής πρέπει να συμπληρώσει το ενδιάμεσο).

Επίσης για τη διαπίστωση αναγνώρισης των γεγονότων καθώς και των σχέσεων αιτιότητας που τα συνδέουν χρησιμοποιούνται ερωτηματολόγια πολλαπλών επιλογών.

Οι υποθέσεις που θέλει να ελέγξει η έρευνα είναι:

Η απόκτηση γνώσεων για ένα λειτουργικό σύστημα εξαρτάται από την κατασκευή της αναπαράστασης του συστήματος, η οποία αναπαράσταση είναι αντίστοιχη με την περιγραφή που δίνουμε για το λειτουργικό σύστημα.

Η ομάδα με το καλό επίπεδο γνώσεων (G1) θα σχηματίσει μια καλή αναπαράσταση του λειτουργικού συστήματος οργανωμένη σε υποσυστήματα. Η ομάδα με τις λιγότερες γνώσεις (G3) δε θα σχηματίσει αναπαράσταση του λειτουργικού συστήματος. Η ομάδα με το μεσαίο επίπεδο γνώσεων (G2), είτε δε θα σχηματίσει οργανωμένη αναπαράσταση του λειτουργικού συστήματος, αλλά θα

γνωρίζει περισσότερα στοιχεία του από την ομάδα G3, είτε θα σχηματίσει μια αναπαράσταση του λειτουργικού συστήματος αλλά λιγότερο οργανωμένη από αυτήν που θα σχηματίσει η ομάδα G1.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η ομάδα με το καλύτερο επίπεδο γνώσεων (G1) κατασκευάζει μια οργανωμένη αναπαράσταση σε λειτουργικό σύστημα και λειτουργικά υποσυστήματα.. Η ομάδα με το μεσαίο επίπεδο γνώσεων (G2), αν και είχε την ίδια διδασκαλία με την προηγούμενη κατασκευάζει μια αναπαράσταση οργανωμένη σε λειτουργικό σύστημα αλλά όχι σε υποσυστήματα.. Η αναπαράστασή που δημιούργησε η ομάδα G2 διαφέρει από την αντίστοιχη της ομάδα G1 όχι μόνο στην ύπαρξη μικρότερου αριθμού μονάδων αλλά και στη δόμηση των μονάδων σε ένα σύστημα. Η δόμηση αυτή είτε δεν περιέχει υποσυστήματα, είτε ο διαχωρισμός σε υποσυστήματα δεν αντιστοιχεί στο πραγματικό σύστημα. Η ομάδα με το χαμηλότερη επίπεδο γνώσεων (G3) απέτυχε να σχηματίσει μια αναπαράσταση οργανωμένη σε λειτουργικό σύστημα. Οι απαντήσεις των μελών της δείχνουν ότι δε διαχωρίζουν το σύστημα εκκίνησης από άλλα συστήματα που αποτελούν ένα αυτοκίνητο. Ιδιαιτέρα οι απαντήσεις της ομάδας G3 εμπλέκουν στο σύστημα εκκίνησης στοιχεία από τα γειτονικά συστήματα του αυτοκινήτου, όπως το μοτέρ εσωτερικής καύσης, το ηλεκτρικό σύστημα φώτων καθώς και το σύστημα τροφοδοσίας.

Γενικότερα αποτελέσματα που παρατηρούνται είναι :

- *Αποτέλεσμα της απόστασης από το σύστημα ή από το υποσύστημα.* Στις απαντήσεις των μαθητών ο αριθμός των εισαγόμενων στοιχείων (άτομα, γεγονότα ή σχέσεις), που ανήκουν σε άλλα υποσυστήματα απ'αυτό που εξετάζεται, είναι αντιστρόφως ανάλογος με την απόσταση που έχουν τα υποσυστήματα από το εξεταζόμενο υποσύστημα.
- *Αποτέλεσμα των συνόρων των υποσυστημάτων.* Παρατηρείται καλύτερη αναγνώριση και ευκολότερη πρόσβαση στο αρχικό και το τελικό γεγονός ενός υποσυστήματος σε σχέση με τα ενδιάμεσα γεγονότα. Αυτή η παρατήρηση είναι συμβατή με την υπόθεση ότι η αναπαράσταση των μαθητών οργανώνεται σε ένα τελεολογικό σύστημα.
- *Αποτέλεσμα της λειτουργίας του γεγονότος μέσα στο σύστημα.* Το γεγονός του κύριου στόχου μπορεί να ανακληθεί πιο εύκολα και να είναι περισσότερο

κατανοητό από ένα γεγονός ενός υποστόχου. Ενώ το γεγονός ενός υποστόχου, είναι πιο διαθέσιμο από ένα απλό γεγονός.

3.5.1 Η ανάλυση σε λειτουργικό σύστημα και η δημιουργία σχετικού κειμένου.

Ο φορμαλισμός της αναπαράστασης ενός τεχνικού αντικειμένου σε λειτουργικό σύστημα επιτρέπει μια διπλή περιγραφή της δομής και λειτουργίας του αντικειμένου σε επίπεδο μικρο-δομής και μακρο-δομής. Σε επίπεδο μικρο-δομής η περιγραφή καθορίζει τις καταστάσεις των ατόμων που αποτελούν το σύστημα με μια περιγραφή της οντότητας καθώς και την αρχική τιμή της. Επίσης καθορίζει τους μετασχηματισμούς των καταστάσεων (γεγονότα και πράξεις) τόσο ως προς την χρονική αλληλουχία τους όσο και ως προς την αιτιακή (σχέσεις αιτίου αποτελέσματος) αλληλουχία τους. Σε επίπεδο μάκρο-δομής η περιγραφή καθορίζει μια ιεραρχική δομή των υποσυστημάτων με βάση τους σκοπούς – υποσκοπούς του συστήματος, είτε με βάση μερονυμικές σχέσεις.

Ο Jhean-Larose (1991) χρησιμοποιεί την ανάλυση των οντοτήτων των Denhiere και Baude για το σύστημα εκκίνησης του αυτοκινήτου και μελετά την κατανόηση δύο διαφορετικών τύπων κειμένου που περιγράφουν το σύστημα εκκίνησης του αυτοκινήτου από μαθητές τεχνικής σχολής. Το δείγμα μαθητών που χρησιμοποιείται, αποτελείται από δύο ομάδες των 36 ατόμων. Οι δύο ομάδες διαχωρίζονται με βάση τις τεχνικές γνώσεις τους με χρήση ερωτηματολογίου. Ο ερευνητής δημιουργεί δύο διαφορετικά κείμενα παρουσιάζοντας τις ίδιες καταστάσεις, γεγονότα και πράξεις του συστήματος εκκίνησης του αυτοκινήτου. Τα κείμενα όμως διαφέρουν ως προς την συνοχή και την ανάλυση τους. Το πρώτο κείμενο παρουσιάζει μια αιτιακή συνοχή και χρησιμοποιεί συνδέσμους που εκφράζουν πρόθεση, ενώ το δεύτερο κείμενο παρουσιάζει μια τελεολογική συνοχή και χρησιμοποιεί συνδέσμους που εκφράζουν σχέσεις σκοπού.

Τα συμπεράσματα της έρευνας διαπιστώνουν ότι το κείμενο που αναφέρεται στην αιτιακή σύνδεση των μονάδων βοηθά περισσότερο τους μαθητές στην κατανόηση του κειμένου. Επιπλέον το κείμενο αυτό βοηθά περισσότερο τους μαθητές στην κατανόηση της τελεολογικής δομής του συστήματος από το κείμενο που αναφέρεται σύνδεση των μονάδων με σχέσεις σκοπού.

3.6 Δημιουργία κειμένου σχετικού με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης

Η διδασκαλία του γνωστικού αντικειμένου της οργάνωσης και της λειτουργίας της κρυφής μνήμης των υπολογιστών στους φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών γίνεται στα πλαίσια του μαθήματος "Αρχιτεκτονική Υπολογιστών". Στους φοιτητές που παρακολουθούν το μάθημα δίδονται σημειώσεις οι οποίες έχουν γραφεί με βάση τα βιβλία των J. Hennesy & D. Paterson "Computer Architecture a Quantitative Approach" και "Computer Organization & Design The Hardware/Software Interface". Διαπιστώνεται ότι ορισμένες από τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης οφείλονται στη δομή του κειμένου που χρησιμοποιούν (Grigoriadou & Kanidis, 2001).

Συγκεκριμένα οι δυσκολίες των φοιτητών που είναι σχετικές με:

1. Το διαχωρισμό των λειτουργιών της κρυφής μνήμης μεταξύ τους, καθώς και τον διαχωρισμό των χρονικών και αιτιακών σχέσεων που τις συνδέουν σε σχέση με τις λειτουργίες του επεξεργαστή (ανάγνωση / εγγραφή)
2. Την περιγραφή της λειτουργίας της τοποθέτησης την οποία ταυτίζουν με τη μέθοδο αντιστοίχησης διευθύνσεων η οποία αποτελεί τμήμα άλλης λειτουργίας (λειτουργία εντοπισμού).
3. Τη συσχέτιση της διεύθυνσης λέξης που περιέχεται σε ένα μπλοκ με τη διεύθυνση του ίδιου του μπλοκ στην κύρια ή την κρυφή μνήμη, με αποτέλεσμα κατά την επίλυση προβλημάτων να εφαρμόζουν την ίδια στρατηγική, είτε το μέγεθος του μπλοκ είναι ένα ή περισσότερα bytes.

Για την αναδιοργάνωση του κειμένου που αναφέρεται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης χρησιμοποιούνται κυρίως οι θεωρίες κατανόησης κειμένων των Denhiere & Baudet, λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη θεωρία του Kintsch (όπως αναπτύσσονται στις ενότητες 3.4, 3.5 του παρόντος κεφαλαίου) καθώς και οι δυσκολίες που παρουσιάζουν οι φοιτητές (βλέπε κεφάλαιο 2). Η βασική δομή των σημειώσεων ακολουθεί τη δομή δύο επιπέδων της μικροδομής και της μακροδομής.

Πέρα από τη διαμόρφωση του περιεχομένου η δομή του κειμένου εμπλουτίζεται και επισημαίνεται με παραγράφους, τίτλους, επικεφαλίδες, τονισμένους χαρακτήρες και άλλα παραγλωσσολογικά στοιχεία

3.6.1 Μικροδομή

Στο επίπεδο μικροδομής, (Denhiere & Baudet,1992) **π**εριγράφουμε τις μονάδες που αποτελούν το σύστημα, την αιτία που ενεργοποιεί την κρυφή μνήμη καθώς και τις λειτουργίες που επιτελεί η κρυφή μνήμη σύμφωνα με τις γνωστικές κατηγορίες πράξη, γεγονός, κατάσταση (Denhiere & Baudet, 1992):

- Το σύστημα περιέχει τρεις μονάδες, τον επεξεργαστή, την κρυφή μνήμη και την κύρια μνήμη.
- Η εκτέλεση μιας εντολής ανάγνωσης ή εγγραφής από τον επεξεργαστή είναι η αιτία που ενεργοποιεί τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.
- Η λειτουργία της κρυφής μνήμης δεν προϋποθέτει τη συμμετοχή του ανθρώπου - χρήστη. Επομένως από την περιγραφή των λειτουργιών απουσιάζει η γνωστική κατηγορία της **πράξης.**
- Όταν ενεργοποιηθεί η κρυφή μνήμη πραγματοποιείται μια ακολουθία από λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Κάθε λειτουργία καθώς και τα βήματα εκτέλεσής της αντιστοιχεί στη γνωστική κατηγορία του **γεγονότος**. Περιγράφουμε την ακολουθία των γεγονότων ανάλογα με την εντολή του επεξεργαστή (ανάγνωση ή εγγραφή) και αναφέρουμε τις χρονικές και αιτιακές σχέσεις που τα συνδέουν.
    - Το αποτέλεσμα μιας λειτουργίας της κρυφής μνήμης αποτελεί την αιτία για την ενεργοποίηση μιας άλλης λειτουργίας (π.χ η αποτυχία εντοπισμού προκαλεί τη λειτουργία της τοποθέτησης).
    - Περιγράφουμε τα βήματα εκτέλεσης κάθε λειτουργίας της κρυφής μνήμης καθώς επίσης και τις χρονικές και αιτιακές σχέσεις που τα συνδέουν.
- Το περιεχόμενο της κρυφής μνήμης πριν και μετά την εκτέλεση μιας εντολής του επεξεργαστή καθώς και πριν και μετά την εκτέλεση μιας λειτουργίας, αντιστοιχεί στη γνωστική κατηγορία της **κατάστασης**.

3.6.2 Μακροδομή

Στο επίπεδο Μακροδομής, περιγράφουμε τον κύριο σκοπό της κρυφής μνήμης, ο οποίος είναι η **αύξηση της ταχύτητας επικοινωνίας του επεξεργαστή με την κύρια μνήμη, η εξυπηρέτηση των αιτήσεων του επεξεργαστή από την κρυφή μνήμη με μικρή αύξηση του κόστους.** Για να επιτευχθεί η αύξηση της ταχύτητας, θα ήταν δυνατό να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της κύριας μνήμης προηγμένα κυκλώματα τα οποία όμως έχουν υψηλό κόστος. Συνεπώς η λύση αυτή δεν είναι επιθυμητή. Η κρυφή μνήμη είναι μια οικονομική λύση στην επιθυμία των προγραμματιστών να έχουν διαθέσιμα απεριόριστα ποσά γρήγορης μνήμης. Η επιθυμία να παραμείνει το κόστος σε χαμηλά επίπεδα οδηγεί στην τοποθέτηση, μεταξύ του επεξεργαστή και της κύριας μνήμης, μιας μικρής αλλά γρήγορης μνήμης η οποία ονομάζεται *κρυφή μνήμη*. Η κρυφή μνήμη αξιοποιεί την αρχή της τοπικότητας της αναφοράς και επιτυγχάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό από τις αιτήσεις του επεξεργαστή για ανάγνωση ή εγγραφή σε διευθύνσεις της κύριας μνήμης να εξυπηρετούνται από αυτή και όχι από την πιο αργή κύρια μνήμη.

Ο ανωτέρω σκοπός υλοποίησης της κρυφής μνήμης μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις υποσκοπούς (σχήμα 3.9):

- **Αύξηση ταχύτητας επικοινωνίας επεξεργαστή κύριας μνήμης**
- **Εξυπηρέτηση αιτήσεων επεξεργαστή – κύριας μνήμης**
- **Χαμηλό κόστος**

Η αύξηση ταχύτητας επικοινωνίας επεξεργαστή- κύριας μνήμης οδηγεί στον υποσκοπό :

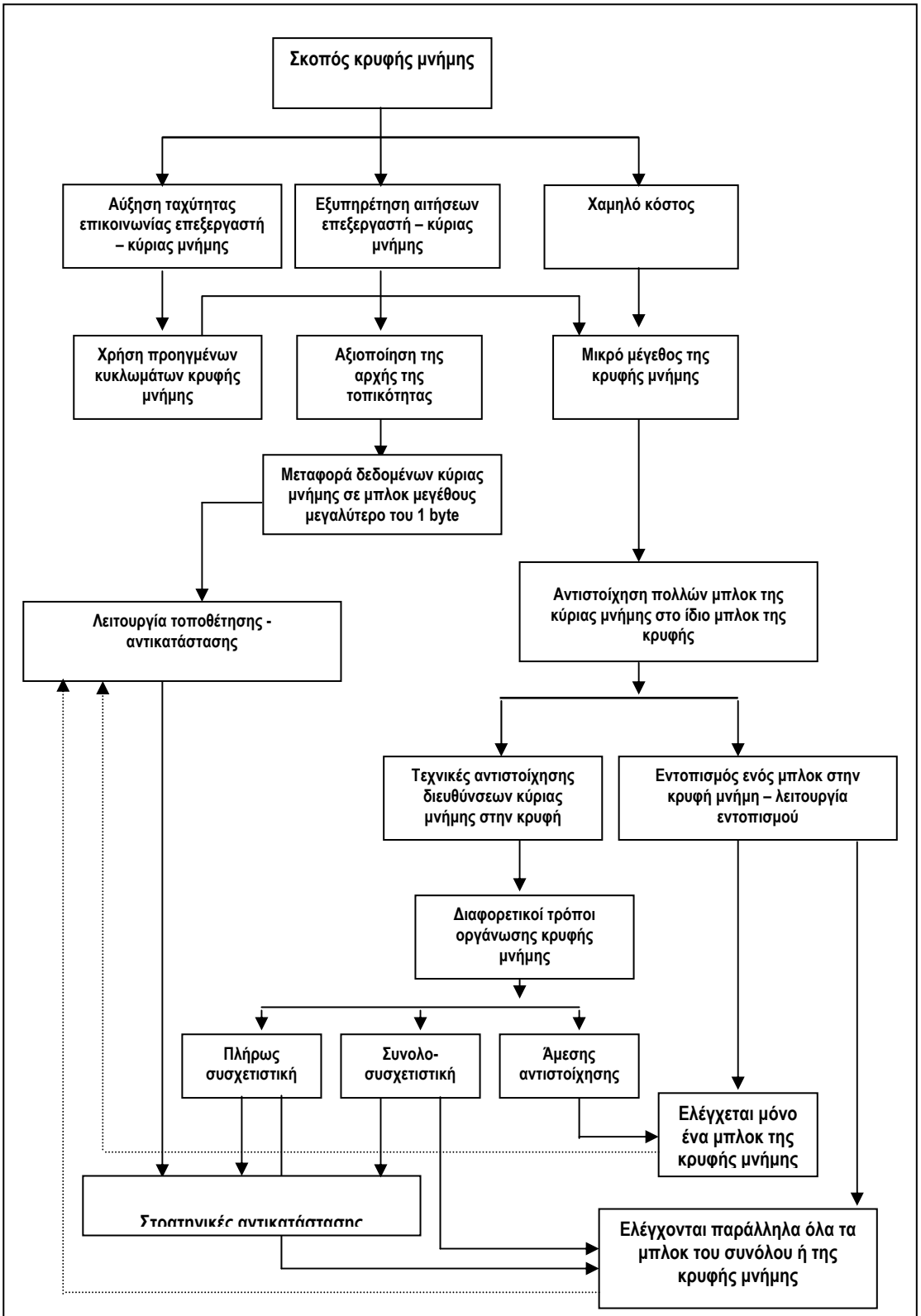
- **Χρήση προηγμένων κυκλωμάτων κρυφής μνήμης.** Η κρυφή μνήμη για την επίτευξη υψηλής ταχύτητας κατασκευάζεται με προηγμένα κυκλώματα υψηλού κόστους.

Ενώ η εξυπηρέτηση των αιτήσεων του επεξεργαστή προς την κύρια μνήμη (ανάγνωση /εγγραφή) οδηγεί στον υποσκοπό:.

- **Αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας.**

  Τα δεδομένα μεταφέρονται μεταξύ κύριας και κρυφής μνήμης κατά μπλοκ. Η αξιοποίηση της αρχής τοπικότητας οδηγεί στη μεταφορά δεδομένων με μέγεθος μπλοκ μεγαλύτερο από ένα byte. Όταν ο επεξεργαστής αναφερθεί σε μια διεύθυνση κύριας μνήμης, μαζί με την ζητούμενη διεύθυνση μεταφέρονται στην κρυφή μνήμη τα περιεχόμενα των γειτονικών διευθύνσεων που περιέχονται στο

μπλοκ. Με τον τρόπο αυτό η επόμενη αίτηση του επεξεργαστή είναι πολύ πιθανό να εξυπηρετηθεί άμεσα από την κρυφή μνήμη.



Σχήμα 2.9. Το δέντρο σκοπών – υποσκοπών που περιγράφει τις αρχές σχεδίασης και τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης

Η επίτευξη χαμηλού κόστους σε συνδυασμό με τη χρήση ακριβών προηγμένων κυκλωμάτων οδηγεί στον υποσκοπό:

- **Μικρό μέγεθος της κρυφής μνήμης σε σχέση με την κύρια μνήμη.**

  Η διαφορά μεγέθους μεταξύ κύριας και κρυφής μνήμης οδηγεί στους παρακάτω υποσκοπούς:

  - **Αντιστοίχηση πολλών μπλοκ της κύριας μνήμης στο ίδιο μπλοκ της κρυφής.** Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αντικατάσταση ενός μπλοκ της κρυφής μνήμης (λειτουργία αντικατάστασης) ή στους παρακάτω δύο υποσκοπούς.
    - **Τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων κύριας μνήμης στην κρυφή**. Σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν πολλά μπλοκ της κύριας μνήμης. Συνεπώς θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός αντιστοίχησης διευθύνσεων ο οποίος θα καθορίζει τη θέση που θα τοποθετηθεί ένα μπλοκ της κύριας μνήμης, όταν μεταφερθεί στην κρυφή μνήμη. *Αυτό οδηγεί στους τρεις διαφορετικούς τρόπους οργάνωσης της κρυφής μνήμης και στις αντίστοιχες τεχνικές αντιστοίχησης*

    - **Εντοπισμός ενός μπλοκ στην κρυφή μνήμη.** Πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός ικανός να ελέγχει αν στην κρυφή μνήμη περιέχεται ένα συγκεκριμένο μπλοκ της κύριας μνήμης. *Αυτό οδηγεί στην προσθήκη ενός πεδίου ετικέτας στη διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης καθώς και του ψηφίου εγκυρότητας.*
  - Όταν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης, η λειτουργία εντοπισμού οδηγεί στον έλεγχο μόνο ενός συγκεκριμένου μπλοκ της κρυφής μνήμης.
  - Όταν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική ή πλήρως συσχετιστική τότε η λειτουργία εντοπισμού οδηγεί στον παράλληλο έλεγχο όλων των μπλοκ του συνόλου (στην περίπτωση που ή κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική) ή όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης (στην περίπτωση που η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική).

Όταν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική ή συνολοσυσχετιστική, τότε κατά τη λειτουργία αντικατάστασης οδηγούμεθα στην ύπαρξη στρατηγικής μέσω της οποίας θα επιλέγεται το μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να αντικατασταθεί.

3.7 Αποσπάσματα διαμόρφωσης κειμένου

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται ενδεικτικά αποσπάσματα από το αρχικό κείμενο καθώς και τη μορφή που έχει μετά τη διαμόρφωσή του. Το διαμορφωμένο κείμενο παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεκτικότητα και με σαφή αναφορά στις αιτιακές και χρονικές σχέσεις που συνδέουν τις καταστάσεις και τις ακολουθίες των γεγονότων στις διάφορες λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

3.7.1 Περιγραφή του αρχικού κειμένου

Στο βιβλίο των Hennessy και Patterson (1996), καθώς και στο αρχικό κείμενο, η εισαγωγή στις βασικές λειτουργίες της κρυφής μνήμης γίνεται μέσα από τέσσερα ερωτήματα σχετικά με τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Τα ερωτήματα αυτά είναι:

1. Που μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη; – ***τοποθέτηση μπλοκ***
2. Πως βρίσκεται αν ένα μπλοκ υπάρχει στην κρυφή μνήμη; –***εντοπισμός μπλοκ***
3. Ποιο μπλοκ θα πρέπει να αντικατασταθεί σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης; – ***αντικατάσταση μπλοκ***
4. Τι συμβαίνει στην περίπτωση εγγραφής; – ***στρατηγική εγγραφής.***

Στη συνέχεια η παρουσίαση των λειτουργιών της κρυφής μνήμης γίνεται μέσα από την απάντηση αυτών των ερωτημάτων.

Αναλυτικότερα στο πρώτο ερώτημα το αρχικό κείμενο αναφέρει:

Πού μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη;

Ο περιορισμός σχετικά με τη θέση που μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ δημιουργεί τρεις κατηγορίες οργάνωσης της κρυφής μνήμης:

Αν κάθε μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί μόνο σε ένα συγκεκριμένο μέρος της κρυφής μνήμης, τότε η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης. Η αντιστοίχηση συνήθως γίνεται με τον τύπο

Διεύθυνση μπλοκ κρυφής μνήμης ={Διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης} MOD {Αριθμός των μπλοκ στην κρυφή μνήμη}

Αν ένα μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε μέσα στην κρυφή μνήμη τότε η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική.

Αν ένα μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα περιορισμένο αριθμό θέσεων στην κρυφή μνήμη, τότε η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική. Ένα σύνολο είναι μια ομάδα από μπλοκ στην κρυφή μνήμη. Ένα μπλοκ πρώτα αντιστοιχίζεται σε κάποιο σύνολο και έπειτα μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ μέσα σε αυτό το σύνολο. Το σύνολο συνήθως υπολογίζεται από τον τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = {Διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης} MOD {Αριθμός των συνόλων στην κρυφή μνήμη}

Σημείωση: Το κείμενο συνοδεύεται από σχετικό παράδειγμα με σχήμα.

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι:

- Κάτω από τον τίτλο "Πού μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη" παρουσιάζονται οι τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων οι οποίες αποτελούν τμήμα της λειτουργίας εντοπισμού. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε σχέση με την αντικατάσταση μιας λειτουργίας με μία άλλη ή με τμήμα άλλης λειτουργίας (αντικατάσταση της λειτουργίας της τοποθέτησης με τις τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων), οφείλεται σε αυτή τη δομή κειμένου.
- Οι τύποι που χρησιμοποιούνται αναφέρονται σε διευθύνσεις μπλοκ της κύριας μνήμης και όχι σε διευθύνσεις λέξεων κύριας μνήμης. Επιπλέον ένας αριθμός παραδειγμάτων που χρησιμοποιείται από τους Patterson & Hennessy ιδιαίτερα στο βιβλίο Computer Organization & Design the Hardware/Software Interface, χρησιμοποιεί μπλοκ με μέγεθος ίσο με μια λέξη με αποτέλεσμα να ταυτίζεται η διεύθυνση μπλοκ με τη διεύθυνση λέξης. Το γεγονός αυτό προκαλεί δυσκολίες στους φοιτητές, όταν αντιμετωπίζουν μπλοκ που περιέχουν ένα αριθμό λέξεων.
- Παρουσιάζεται μόνο η αντιστοίχηση μπλοκ της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής και δίνονται οι αντίστοιχοι τύποι αντιστοίχησης. Στο κείμενο δεν περιγράφεται η αντιστοίχηση μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής και ούτε ο τρόπος με τον οποίο ο υπολογιστής εκτελεί την αντιστοίχηση αυτή (διαδικασία τμηματοποίησης). Στο αρχικό κείμενο οι διαδικασίες αυτές περιγράφονται μέσα από ένα παράδειγμα του υπολογιστή Aplha AXP 21064 μετά την περιγραφή των βασικών λειτουργιών της κρυφής μνήμης.

Σχετικά με το δεύτερο ερώτημα " Πώς εντοπίζεται ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη; –εντοπισμός μπλοκ" το αρχικό κείμενο αναφέρει:

Πώς βρίσκεται αν ένα μπλοκ υπάρχει στην κρυφή μνήμη;

Η κρυφή μνήμη έχει ένα **πεδίο ετικέτας** (tag field) σε κάθε μπλοκ που περιέχει. Το πεδίο αυτό καθορίζει τη διεύθυνση του μπλοκ. Η ετικέτα κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης που μπορεί να περιέχει τη ζητούμενη πληροφορία ελέγχεται, για να διαπιστωθεί αν ταιριάζει με τη διεύθυνση του μπλοκ από την ΚΜΕ. Κατά κανόνα, όλες οι δυνατές ετικέτες ελέγχονται παράλληλα, διότι η ταχύτητα είναι ένας κρίσιμος παράγοντας.
Θα πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος για να ελέγξουμε ότι το μπλοκ της κρυφής μνήμης περιέχει έγκυρες πληροφορίες. Η πιο κοινή διαδικασία είναι να προσθέσουμε ένα ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) στην ετικέτα, για να σημειώσουμε ότι αυτή η εγγραφή περιέχει ή όχι μια έγκυρη διεύθυνση. Αν το ψηφίο δεν έχει τεθεί δεν μπορεί να υπάρξει ταύτιση με αυτή την ετικέτα.

Πριν επεξεργαστούμε την επόμενη ερώτηση θα πρέπει να επεξηγήσουμε τη συσχέτιση μιας διεύθυνσης από την ΚΜΕ με την κρυφή μνήμη. Το σχήμα 2 δείχνει τον τρόπο με τον οποίο χωρίζεται σε τμήματα μια διεύθυνση. Η πρώτη διαίρεση γίνεται μεταξύ της διεύθυνσης του μπλοκ και της μετατόπισης. Το τμήμα της διεύθυνσης διαιρείται εκ νέου στο πεδίο ετικέτας (tag field) και στο πεδίο του δείκτη (index field).

Τμήμα Διεύθυνσης		Μετατόπιση
Ετικέτα	Δείκτης	

Σχήμα 2: *Τα τρία τμήματα μιας διεύθυνσης σε μια συνολοσυσχετιστική ή άμεσης αντιστοίχησης κρυφή μνήμη. Το πεδίο ετικέτας χρησιμοποιείται για τον έλεγχο όλων των μπλοκ του συνόλου και το πεδίο δείκτη χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου. Η μετατόπιση είναι η διεύθυνση των ζητούμενων δεδομένων μέσα στο μπλοκ…*

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι δεν περιγράφονται τα βήματα εκτέλεσης της λειτουργίας εντοπισμού με χρονικές και αιτιακές συσχετίσεις.

Ενώ παρουσιάζονται τα τμήματα που μπορεί να διαχωριστεί μια διεύθυνση κύριας μνήμης, δεν είναι σαφής η χρήση κάθε τμήματος. Η χρήση αυτή διευκρινίζεται στο παράδειγμα του υπολογιστή Aplha AXP 21064 που υπάρχει μετά την περιγραφή των βασικών λειτουργιών της κρυφής μνήμης.

Δεν διευκρινίζονται οι όροι "έγκυρες πληροφορίες" και "έγκυρη διεύθυνση" με αποτέλεσμα οι όροι αυτοί να χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές χωρίς να αντιλαμβάνονται την πραγματική σημασία τους η οποία είναι ότι: "έγκυρες χαρακτηρίζονται οι διευθύνσεις ή οι πληροφορίες που ανήκουν στο τρέχον πρόγραμμα που εκτελείται"

Δεν διευκρινίζεται ότι στην περίπτωση που η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι συνολοσυσχετιστική το ψηφίο εγκυρότητας και η ετικέτα τίθεται για κάθε μπλοκ του συνόλου ξεχωριστά και όχι στο σύνολο.

Σχετικά με το τρίτο ερώτημα " Ποιο μπλοκ θα αντικατασταθεί σε μια αποτυχία κρυφής μνήμης;- αντικατάσταση μπλοκ " το αρχικό κείμενο αναφέρει:

Ποιο μπλοκ θα πρέπει να αντικατασταθεί σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης;
Όταν παρουσιαστεί μια αποτυχία της κρυφής μνήμης, ο ελεγκτής της κρυφής μνήμης θα πρέπει να επιλέξει ένα από τα μπλοκ της κρυφής μνήμης για να αντικατασταθεί από τα ζητούμενα δεδομένα. Ένα πλεονέκτημα της τοποθέτησης σε κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης είναι ότι οι επιλογές του υλικού απλοποιούνται – στην

πραγματικότητα είναι τόσο απλή που δεν υπάρχει άλλη επιλογή-. Μόνο ένα μπλοκ ελέγχεται για επιτυχία και μόνο αυτό το μπλοκ μπορεί να αντικατασταθεί. Με την τοποθέτηση σε πλήρως συσχετιστική κρυφή μνήμη ή σε συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη υπάρχουν περισσότερα μπλοκ που μπορούν να επιλεγούν στην περίπτωση μιας αποτυχίας. Υπάρχουν δύο κύριες στρατηγικές που εφαρμόζονται για την επιλογή του μπλοκ που θα αντικατασταθεί.
Τυχαία (Random): …
Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιημένο (*LRU - Least Recently Used*) : …

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι η αποτυχία της κρυφής μνήμης συνδέεται με τη λειτουργία αντικατάστασης, αυτό όμως δεν είναι ακριβές γιατί η αποτυχία της κρυφής μνήμης μπορεί να οδηγήσει στην τοποθέτηση ενός μπλοκ. Η λειτουργία που θα εκτελεστεί μετά από μια αποτυχία της κρυφής μνήμης εξαρτάται από το λόγο της αποτυχίας (Το ψηφίο εγκυρότητας δεν έχει τεθεί (V=0) ή δεν υπάρχει ταύτιση των πεδίων ετικέτας μπλοκ και διεύθυνσης κύριας μνήμης), καθώς και από την οργάνωση και κατάσταση της κρυφής μνήμης .

Το κείμενο δε διευκρινίζει το λόγο της αποτυχίας που οδηγεί στη λειτουργία αντικατάστασης καθώς και την κατάσταση της κρυφής μνήμης συνθήκες που είναι απαραίτητες για να πραγματοποιηθεί η λειτουργία αντικατάστασης .

Επιπλέον δεν περιγράφονται τα βήματα εκτέλεσης των λειτουργιών τοποθέτησης – αντικατάστασης με χρονικές και αιτιακές συσχετίσεις.

Σχετικά με το τέταρτο ερώτημα " Τι συμβαίνει κατά την εγγραφή ενός μπλοκ στην κρυφή μνήμη; – στρατηγική εγγραφής " το αρχικό κείμενο αναφέρει:

Τι συμβαίνει στην περίπτωση εγγραφής;

Οι αναγνώσεις κυριαρχούν στις προσβάσεις της κρυφής μνήμης. Όλες οι προσβάσεις σε εντολές ενός προγράμματος είναι αναγνώσεις και οι περισσότερες εντολές δεν προκαλούν μια εγγραφή στη μνήμη. Θέλοντας να κάνουμε την πιο κοινή λειτουργία γρήγορη, δηλαδή να βελτιστοποιήσουμε την κρυφή μνήμη για αναγνώσεις, ειδικότερα επειδή παραδοσιακά οι επεξεργαστές περιμένουν για την ολοκλήρωση μιας ανάγνωσης αλλά δεν χρειάζεται να περιμένουν για τις εγγραφές.
Ευτυχώς η βελτίωση της πλέον κοινής λειτουργίας είναι και η ευκολότερη για να γίνει γρήγορη. Τα περιεχόμενα του μπλοκ μπορούν να διαβαστούν την ίδια στιγμή που διαβάζεται και συγκρίνεται το πεδίο της ετικέτας. Έτσι η ανάγνωση του μπλοκ αρχίζει μόλις η διεύθυνσή του γίνει διαθέσιμη. Αν η ανάγνωση είναι επιτυχία, το ζητούμενο τμήμα του μπλοκ μεταβιβάζεται στην ΚΜΕ αμέσως. Αν υπάρξει αποτυχία, δεν υπάρχει όφελος αλλά ούτε και ζημιά, απλά αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί.

Αυτό όμως δεν ισχύει για τις εγγραφές. Η τροποποίηση ενός μπλοκ δεν μπορεί να

αρχίσει μέχρι να ελεγχθεί η ετικέτα και να διαπιστωθεί ότι για τη ζητούμενη διεύθυνση υπάρχει επιτυχία της κρυφής μνήμης. Επειδή ο έλεγχος της ετικέτας δεν μπορεί να συμβεί παράλληλα, οι εγγραφές συνήθως χρειάζονται περισσότερο χρόνο από τις αναγνώσεις. Μια άλλη δυσκολία είναι ότι ο επεξεργαστής καθορίζει το μέγεθος της εγγραφής, συνήθως μεταξύ 1 και 8 bytes. Κατά την εγγραφή μόνο ένα τμήμα του μπλοκ πρέπει να τροποποιηθεί, σε αντίθεση η ανάγνωση μπορεί να δεχθεί περισσότερα bytes από τα αναγκαία χωρίς κίνδυνο.
Οι τεχνικές εγγραφής συχνά διαφοροποιούν τη σχεδίαση της κρυφής μνήμης.
Υπάρχουν δύο περιπτώσεις σε μια εγγραφή στην κρυφή μνήμη:
Διεγγραφή ή διαμέσου αποθήκευση (Write through or store through). Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ στο κατώτερο επίπεδο μνήμης.
Επανεγγραφή ή επαναποθήκευση, (Write back). Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί.
……

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι ενώ αναφέρεται η λειτουργία που θα πραγματοποιηθεί μετά από μια επιτυχία της κρυφής μνήμης (λειτουργία της εγγραφής), δεν αναφέρεται ότι σε περίπτωση αποτυχίας θα πρέπει να πρέπει πρώτα να πραγματοποιηθεί η λειτουργία της τοποθέτησης/αντικατάστασης και στη συνέχεια η λειτουργία της εγγραφής. Το γεγονός αυτό προκαλεί τη δυσκολία που παρουσιάζουν οι φοιτητές, οι οποίοι θεωρούν ότι σε περίπτωση αποτυχίας μπορεί να γίνει άμεση εγγραφή στην κρυφή μνήμη χωρίς να προηγηθεί η λειτουργία τοποθέτησης/αντικατάστασης.

3.7.2 Το διαμορφωμένο κείμενο

Στο διαμορφωμένο κείμενο γίνεται αρχικά μια αναφορά στο θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας της κρυφής μνήμης στο οποίο περιλαμβάνεται η αρχή της τοπικότητας της αναφοράς καθώς και η αξιοποίηση της από την κρυφή μνήμη. Επίσης αναφέρεται η θέση καθώς και τα επίπεδα της κρυφής μνήμης. Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης περιγράφονται ανάλογα με την αίτηση (ανάγνωση ή εγγραφή) του επεξεργαστή σε μια θέση της κύριας μνήμης και παρουσιάζεται η χρονική και αιτιακή σχέση των γεγονότων. Η παρουσίαση των τεχνικών αντιστοίχησης γίνεται ξεχωριστά και πριν από την αναλυτική παρουσίαση των λειτουργιών της κρυφής μνήμης. Επίσης με σκοπό να παρουσιαστεί η "φυσική ροή των πραγμάτων", πρώτα περιγράφεται η λειτουργία εντοπισμού και στη συνέχεια η λειτουργία τοποθέτησης.

Ειδικότερα για την αίτηση του επεξεργαστή για εγγραφή σε μια θέση της κύριας μνήμης το διαμορφωμένο κείμενο αναφέρει.

Αίτηση του επεξεργαστή για εγγραφή σε μια θέση κύριας μνήμης

Όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί εγγραφή σε μια θέση της κύριας μνήμης, τότε ακολουθείται μια διαδικασία αντίστοιχη με τη διαδικασία της ανάγνωσης. Δηλαδή η αίτηση κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** η οποία ελέγχει αν το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης έχει μεταφερθεί σε αντίστοιχη θέση της κρυφής μνήμης. Αν υπάρξει επιτυχία της κρυφής μνήμης, γίνεται απευθείας η εγγραφή στη θέση αυτή (**λειτουργία εγγραφής**). Αν υπάρξει αποτυχία της κρυφής μνήμης, τότε αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης,** η οποία θα μεταφέρει το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση καθώς και γειτονικές διευθύνσεις με αυτήν, σε αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο. Είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να πρέπει να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται ήδη στην κρυφή μνήμη (**λειτουργία αντικατάστασης)**. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η **λειτουργία εγγραφής**.

Στο κείμενο αυτό παρατηρούμε ότι η λειτουργία εγγραφής της κρυφής μνήμης συσχετίζεται άμεσα με την εντολή εγγραφής του επεξεργαστή. Επίσης η λειτουργία εγγραφής συσχετίζεται με τις λειτουργίες εντοπισμού, τοποθέτησης και αντικατάστασης με αιτιακές και χρονικές συσχετίσεις

Στο διαμορφωμένο κείμενο η λειτουργία του εντοπισμού περιγράφεται με το παρακάτω κείμενο:

Η λειτουργία του εντοπισμού

Η λειτουργία του εντοπισμού, όπως έχει αναφερθεί, αρχίζει, όταν ο επεξεργαστής εκτελεί εντολή που απαιτεί πρόσβαση στο περιεχόμενο μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Η αίτηση αυτή μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Τα βήματα του εντοπισμού είναι:

1. ***Τμηματοποίηση***
   Η ζητούμενη διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται στα παρακάτω τμήματα αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο της διεύθυνσης:
   i. Το τμήμα **μετατόπισης** (offset) το οποίο χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση επιτυχίας για την επιλογή του περιεχομένου της αντίστοιχης διεύθυνσης μέσα από το μπλοκ π.χ για την επιλογή του $5^{ου}$ byte μέσα από ένα μπλοκ με μέγεθος 8 byte. Ο αριθμός των ψηφίων που αποτελούν αυτό το πεδίο εξαρτάται από το μέγεθος του μπλοκ.

Υπόλοιπο τμήμα Διεύθυνσης	*Μετατόπιση*

Το υπόλοιπο τμήμα της διεύθυνσης ανάλογα με το είδος της κρυφής μνήμης μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα, το τμήμα **ετικέτας** (tag) και το τμήμα του **δείκτη** (index).

Ετικέτα	*Δείκτης*	*Μετατόπιση*

ii. Το τμήμα **δείκτη** χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να ελεγχθεί. Το μέγεθος του πεδίου αυτού εξαρτάται από τον αριθμό των συνόλων/μπλοκ της κρυφής μνήμης.

iii. Τα υπόλοιπα πλέον σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης αποτελούν το τμήμα ετικέτας.

2. ***Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ***

   Από το πεδίο δείκτη επιλέγεται το σύνολο ή το μπλοκ της κρυφής μνήμης.

3. ***Σύγκριση***

Για το συγκεκριμένο μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης ελέγχεται αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1).

Επίσης το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης συγκρίνεται με το αντίστοιχο τμήμα ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης για να διαπιστωθεί αν είναι ίσα. Ειδικότερα για τα διάφορα είδη οργάνωσης κρυφής μνήμης ισχύει:

- Κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης: Ο έλεγχος της ετικέτας γίνεται μόνο στο μπλοκ που έχει επιλεγεί.
- Κρυφή μνήμη ***πλήρως συσχετιστική***: Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Κρυφή μνήμη ***συνολο-συσχετιστική***:. Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ του συνόλου που έχει επιλεγεί.

Αποτέλεσμα εντοπισμού

Αν για το μπλοκ (ή για κάποιο από τα μπλοκ του συνόλου) που επιλέγεται, βρεθεί ότι η ετικέτα του είναι ίση με το πεδίο ετικέτας που προκύπτει από την τμηματοποίηση της ζητούμενης διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το ψηφίο εγκυρότητάς του μπλοκ είναι ίσο με ένα (V=1) τότε έχουμε **επιτυχία** της κρυφής μνήμης, διαφορετικά αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0) ή τα πεδία ετικέτας διαφέρουν τότε έχουμε **αποτυχία** της κρυφής μνήμης.

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **ανάγνωση** τότε η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αρχίζει η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.**

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **εγγραφή** θα πρέπει να ολοκληρωθεί η λειτουργία εντοπισμού και μόνο αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι

επιτυχία, πραγματοποιείται η λειτουργία εγγραφής. Διαφορετικά πραγματοποιείται η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.** Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η εγγραφή να καθυστέρει περισσότερο από την ανάγνωση.

Επίσης στο διαμορφωμένο κείμενο η λειτουργία της τοποθέτησης περιγράφεται ως εξής:

Η λειτουργία τοποθέτησης μετά από μια εντολή ανάγνωσης του επεξεργαστή

Η λειτουργία της τοποθέτησης αρχίζει, όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του εντοπισμού είναι αποτυχία της κρυφής μνήμης, η οποία οφείλεται στο ότι το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ που εξετάζεται δεν έχει τεθεί (V=0).
Η λειτουργία της τοποθέτησης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

- Το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση κύριας μνήμης μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη και ταυτόχρονα το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης)**.
- Ταυτόχρονα ενημερώνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το αντίστοιχο πεδίο του μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρεται, καθώς και η τιμή του ψηφίου εγκυρότητας γίνεται ίση με ένα (V=1).

Σημείωση: Σε ορισμένους επεξεργαστές η λειτουργία της ανάγνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από την κρυφή μνήμη. Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση πρώτα τοποθετείται στην κρυφή μνήμη και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η λειτουργία εντοπισμού η οποία έχει σαν αποτέλεσμα επιτυχία και κρυφής μνήμης και πραγματοποιείται η λειτουργία της ανάγνωσης .

3.7.3 Χρήση επιπλέον παραδειγμάτων.

Για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών το διαμορφωμένο κείμενο εμπλουτίστηκε με επιπλέον παραδείγματα τα οποία περιγράφονται στη συνέχεια:

Παραδείγματα

Θεωρούμε ότι έχουμε έναν υπολογιστή που διαθέτει:

- Κύρια μνήμη με μέγεθος 32 bytes
- Κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 bytes
- Το μπλοκ της έχει μέγεθος 1 byte

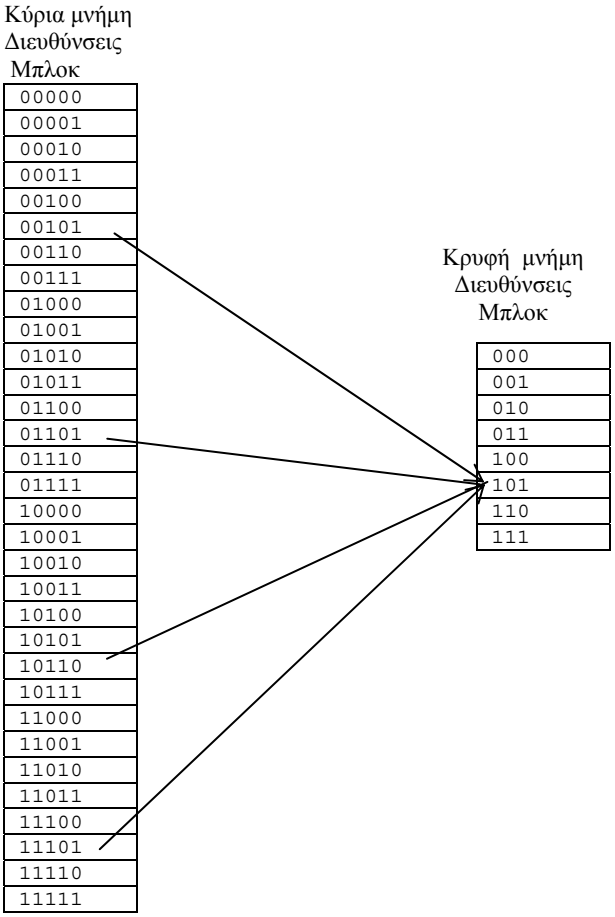
Εξετάζουμε τις τεχνικές αντιστοίχησης για το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5.

Κρυφή μνήμη <u>Άμεσης αντιστοίχησης</u>

Το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 (001012) θα αντιστοιχηθεί στο μπλοκ της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 5 γιατί 5 MOD 8 = 5 (101).

Στο ίδιο μπλοκ όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 13 (011012), 21 (101012), 29 (111012) δεδομένου ότι 13 MOD 8 = 5, 21 MOD 8 = 5 και 29 MOD 8 = 5.

Ένα ερώτημα που δημιουργείται άμεσα είναι πόσα μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης: Η απάντηση βρίσκεται στη διαίρεση του αριθμού των μπλοκ της κύρια μνήμης με τον αριθμό των μπλοκ της κρυφής μνήμης. Δηλαδή 32/8 = 4.



Πώς όμως ο υπολογιστής θα υπολογίσει από τη διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής που θα πρέπει να γίνει η αντιστοίχηση; Η διαίρεση με τη χρήση του MOD είναι βολική για δεκαδικούς αριθμούς αλλά όχι για δυαδικούς.

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 101_2 του μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα τρία λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (00**101**, 01**101**, 10**101**, 11**101)** τα οποία μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό. Δηλαδή στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα τρία λιγότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης ενός μπλοκ της κύριας μνήμης καθορίζουν τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής στο οποίο μπορεί να αντιστοιχηθεί. Τα ψηφιά αυτά αποτελούν το πεδίο **Δείκτη** της διεύθυνσης.

Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι επειδή σε κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν πολλά μπλοκ της κύριας, η κρυφή μνήμη πρέπει να έχει την ικανότητα να διαπιστώσει ποιο από τα μπλοκ της κύριας έχει αντιστοιχηθεί. Το πρόβλημα λύνεται με την ύπαρξη ενός πεδίου ετικέτας στη διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα δύο περισσότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης του μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί.

Σημείωση: *Στην περίπτωση που το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι μεγαλύτερο από ένα byte, τότε το πεδίο του δείκτη δεν υπολογίζεται από τα λιγότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης. Περισσότερα για τον υπολογισμό του πεδίου δείκτη θα αναφερθούν στην παράγραφο για την τμηματοποίηση της διεύθυνσης.*

Κρυφή μνήμη <u>Πλήρως Συσχετιστική</u> (fully associative)

Σε αυτό το είδος κρυφής μνήμης σε κάθε μπλοκ που περιέχει, μπορούν να αντιστοιχηθούν όλα τα μπλοκ της κύριας μνήμης.

Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική 2- δρόμων</u>

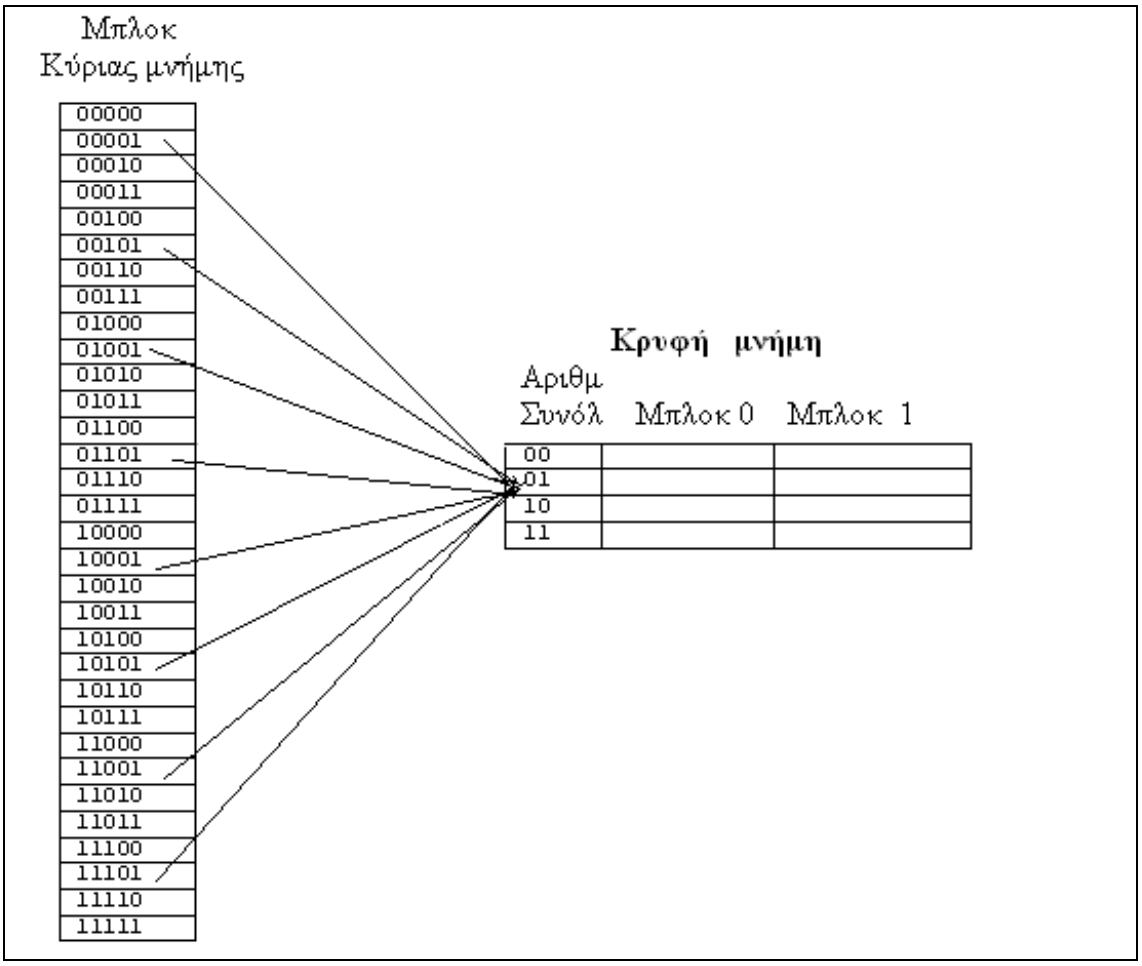
Η συνολο-συσχετιστική κρυφή μνήμη 2 δρόμων είναι οργανωμένη σε σύνολα και το κάθε σύνολο περιέχει δύο μπλοκ.

Συνεπώς στην κρυφή μνήμη του παραδείγματός μας υπάρχουν 8/2 = 4 σύνολα .

Το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 (00101_2) θα αντιστοιχηθεί στο σύνολο της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 5 MOD 4 = 1 (01). Μέσα στο σύνολο αυτό μπορεί να αντιστοιχηθεί σε οποιοδήποτε από τα δύο μπλοκ που διαθέτει το σύνολο.

Στο ίδιο σύνολο όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 1 (00001), 9 (01001), 13 (01101), 17 (10001), 21 (10101), 25 (11001) και 29 (11101) δεδομένου ότι το υπόλοιπο των αριθμών 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, και 29 με το 4 μας δίνει 1.

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 01 του συνόλου της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα δύο λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (000**01**, 001**01**, 010**01**, 011**01**, 100**01**, 101**01**, 110**01**, 111**01**) που μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό το σύνολο. Τα δύο αυτά ψηφία αποτελούν το πεδίο του δείκτη. Τα τρία περισσότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί και αποτελούν το πεδίο ετικέτας.


Μπλοκ
Κύριας μνήμης
00000
00001
00010
00011
00100
00101
00110
00111
01000
01001
01010
01011
01100
01101
01110
01111
10000
10001
10010
10011
10100
10101
10110
10111
11000
11001
11010
11011
11100
11101
11110
11111
Κρυφή μνήμη
Αριθμ
Συνόλ
Μπλοκ 0
Μπλοκ 1
00
01
10
11

3.8 Έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εξέταση της επίδρασης δύο διαφορετικών κειμένων στις αντιλήψεις των φοιτητών για την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Τα δύο κείμενα διαφέρουν ουσιαστικά ως προς τη δομή τους. Το πρώτο κείμενο είναι ένα επεξηγηματικό κείμενο. Το δεύτερο κείμενο βασίζεται στο πρώτο αλλά για την διαμόρφωσή του έχουν χρησιμοποιηθεί σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου καθώς και οι αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών.

Η κύρια υπόθεση της έρευνας είναι:

- Το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών θα βοηθήσει περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης, σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο.

3.8.1 Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 80 φοιτητές από το τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών το δεύτερο εξάμηνο του 2004. Όλοι οι φοιτητές παρακολουθούσαν το μάθημα Αρχιτεκτονική Υπολογιστών ΙΙ και είχαν παρακολουθήσει με επιτυχία το μάθημα Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι. Για τον έλεγχο της επίδρασης των δύο ειδών κειμένου οι φοιτητές χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες των 40 ατόμων.

Υλικό

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά είδη κειμένων. Και τα δυο είδη κειμένου αναφέρονται στην οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Το πρώτο κείμενο (κείμενο Α) βασίζεται σε μετάφραση των αντιστοίχων κεφαλαίων δύο πολύ γνωστών βιβλίων Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών (Hennessy & Patterson, 1996; Patterson & Hennessy, 1999) τα οποία χρησιμοποιούνται σα βιβλία αναφοράς σε πολλά Πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο. Το δεύτερο κείμενο (κείμενο Β) αποτελεί

μια αναδιαμόρφωση του κειμένου Α. Για τη διαμόρφωση του κειμένου αυτού χρησιμοποιήθηκαν οι θεωρίες κατανόησης κειμένου του Kintsch (1998) και των Denhiere & Baudet (1992) καθώς και οι αντιλήψεις/ δυσκολίες των φοιτητών όπως έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο 1. Το κείμενο Β δεν περιέχει απλά περισσότερες πληροφορίες από το κείμενο Α αλλά έχει τελείως διαφορετική οργάνωση και δομή από αυτό. Το κείμενο Β παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεκτικότητα από το κείμενο Α και παρουσιάζει αναλυτικά τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ των λειτουργιών της κρυφής μνήμης αλλά και μεταξύ των διαδοχικών σταδίων κάθε λειτουργίας. Επιπλέον το νέο κείμενο εμπλουτίστηκε με επιπλέον παραδείγματα. Οι ακριβείς αλλαγές που έγιναν στο κείμενο Β περιγράφονται αναλυτικά στην παράγραφο 3.6 και 3.7.

Το κείμενο Α έχει μέγεθος 10 σελίδων Α4 και περιέχει 3.690 λέξεις. Το κείμενο Β έχει μέγεθος 13,5 σελίδες Α4 και περιέχει 4.181 λέξεις ενώ το κείμενο Γ έχει μέγεθος 14,5 σελίδες Α4 και περιέχει 4.604 λέξεις. Παρατηρούμε ότι οι αλλαγές και οι επεκτάσεις στη δομή του κειμένου Β οδήγησαν σε μια σημαντική αύξηση του μεγέθους του σε σελίδες κατά 35 % σε σχέση με το κείμενο Α, παράλληλα όμως διαπιστώνεται ότι η μεγάλη αύξηση του μεγέθους οφείλεται σε σχήματα και εικόνες αφού η αύξηση του αριθμού των λέξεων είναι μόνο 13,3 %. Επιπλέον θεωρήσαμε αναγκαίο στο κείμενο Β να περιλάβουμε εισαγωγικές έννοιες για την κρυφή μνήμη (όπως η θέση της σε σχέση με τον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη) που δεν καλύπτονται από το κείμενο Α. Τα δύο κείμενα παρουσιάζονται στα παραρτήματα της παρούσας διατριβής.

Η σχεδίαση των ερωτήσεων-ασκήσεων της έρευνας

Η σχεδίαση των ερωτήσεων-ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα περιγράφεται στον πίνακα 3.12.

Πίνακας 3.12.
Οι ερωτήσεις –ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα .

Θέμα 1

Οι ερωτήσεις του θέματος έχουν σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές έχουν κατανοήσει το γενικότερο πλαίσιο λειτουργίας της κρυφής μνήμης μέσα σε ένα υπολογιστή.

Εκφώνηση:

Α1 Είναι απαραίτητη η ύπαρξη της κρυφής μνήμης σε έναν υπολογιστή; ή θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένας υπολογιστής ο οποίος να λειτουργεί (έστω και μη αποδοτικά) χωρίς κρυφή μνήμη; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Α2 Ποιος είναι ο ρόλος της κρυφής μνήμης στην διαδικασία εκτέλεσης ενός προγράμματος.

Α3 Να περιγράψετε τις αιτίες που προκαλούν την εμπλοκή της κρυφής μνήμης στη διαδικασία εκτέλεσης ενός προγράμματος.

Θέμα 2.

Ερωτήματα σχετικά με την αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας της αναφοράς από την κρυφή μνήμη. Σκοπός των ερωτήσεων είναι να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές αναγνωρίζουν ότι η αξιοποίηση της τοπικότητας της αναφοράς από την κρυφή μνήμη στηρίζεται στη σειριακότητα που παρουσιάζει η αποθήκευση και η εκτέλεση εντολών των προγραμμάτων και επιτυγχάνεται μέσω του μηχανισμού μεταφοράς δεδομένων σε μπλοκ τα οποία έχουν μέγεθος πάνω από 1 byte.

Εκφώνηση:

Β1 Στα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται κατά τη διδασκαλία των εννοιών της κρυφής μνήμης, συχνά, για λόγους απλοποίησης, χρησιμοποιείται κρυφή μνήμη με μέγεθος μπλοκ 1 byte. Εξηγήστε το λόγο που η χρήση μιας τέτοιας κρυφής μνήμης δεν θα βελτίωνε την απόδοση του συστήματος.

Β2 Αν τα δεδομένα και οι εντολές ενός προγράμματος έχουν τοποθετηθεί σε τυχαίες θέσεις τη κύρια μνήμης τι επίπτωση θα είχαμε στην λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Θέμα 3

Ερώτημα σχετικό με την πλήρη περιγραφή της λειτουργίας εντοπισμού με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές περιγράφουν σωστά τις συνθήκες που οδηγούν σε μια επιτυχία ή αποτυχία της κρυφής μνήμης. Επίσης οι φοιτητές θα πρέπει να προβλέπουν την λειτουργία που ακολουθεί μετά από μια επιτυχία/αποτυχία κρυφής μνήμης.

Εκφώνηση:

Ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή ανάγνωσης από μια θέση της κύριας μνήμης. Περιγράψτε αναλυτικά τη λειτουργία και τις προϋποθέσεις που οδηγούν

- σε επιτυχία της κρυφής μνήμης.
- σε αποτυχία της κρυφής μνήμης

Ποια λειτουργία της κρυφής μνήμης θα εκτελεστεί μετά από την επιτυχία ή την αποτυχία της κρυφής μνήμης.

Θέμα 4

Ερωτήματα σχετικά με τη διαδοχική εκτέλεση λειτουργιών στην κρυφή μνήμη με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράψουν την οργάνωση, την κατάσταση και τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης που οδηγούν σε συγκεκριμένα γεγονότα της κρυφής μνήμης.

Εκφώνηση:

Μια κρυφή μνήμη έχει μέγεθος 8 μπλοκ. Να περιγράψετε την οργάνωση και την κατάσταση της κρυφής μνήμης, που δημιουργούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις έτσι ώστε η αναφορά του επεξεργαστή για ανάγνωση από μια διεύθυνση του μπλοκ μηδέν (0) της κύριας μνήμης έχει σα συνέπεια:

α) Την τοποθέτηση του μπλοκ μηδέν (0) στο μπλοκ ένα (1) της κρυφής μνήμης
β) Η τοποθέτηση του μπλοκ μηδέν (0) της κύριας μνήμης προκαλεί την αντικατάσταση του μπλοκ μηδέν (0) της κρυφής μνήμης

Θέμα 5

Ερώτημα σχετικό με την αναγνώρισης της κατάστασης της κρυφής μνήμης πριν και μετά από την εκτέλεση μιας εντολής καθώς και τον προσδιορισμό των ενδιάμεσων σταδίων.

Εκφώνηση:

Δίδονται τρία διαδοχικά στιγμιότυπα λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης:

1° : Κατά τη λειτουργία του εντοπισμού ελέγχεται το μπλοκ της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 100_2

2°:

3° : Αρχίζει η λειτουργία αντικατάστασης

(i). Να αναφέρατε τις προϋποθέσεις για να ξεκινήσει το 1° στιγμιότυπο.
(ii). Να συμπληρώστε το 2° στιγμιότυπο αιτιολογώντας την απάντησή σας.
(iii). Να περιγράψτε την κατάσταση της κρυφής μνήμης πριν από το 1ο στιγμιότυπο.
(iv). Να περιγράψτε την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το 3° στιγμιότυπο.

Βαθμολόγηση

Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε την επίδραση των δυο ειδών κειμένου στις αντιλήψεις των φοιτητών αποφασίστηκε η απόδοση βαθμολογίας στις ερωτήσεις-ασκήσεις. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Διαπιστώθηκε μια πολύ υψηλή ταύτιση των δύο βαθμολογητών (95%). Στα σημεία όπου υπήρξε διαφωνία βαθμολόγησης έγινε συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών μέχρι να ευρεθεί μια κοινά αποδεκτή βαθμολογία. Ειδικότερα η βαθμολογία των ερωτήσεων - ασκήσεων έγινε με τον παρακάτω τρόπο:

Θέμα 1.

Στο θέμα 1 οι ερωτήσεις Α1, Α2 και Α3 βαθμολογήθηκαν καθεμία στην κλίμακα 0-3 μονάδες. Τρεις μονάδες δίνονται, όταν ο φοιτητής απαντήσει σωστά και αιτιολογήσει πλήρως την απάντησή του. Δύο μονάδες δίνονται, όταν η απάντηση είναι σωστή

αλλά δεν είναι επαρκώς αιτιολογημένη. Μια μονάδα δίνεται όταν η απάντηση είναι σωστή αλλά χωρίς αιτιολόγηση. Τέλος μηδέν δίνεται, σε όλες τα ερωτήσεις-ασκήσεις όταν ο φοιτητής δεν έχει απαντήσει καθόλου στην ερώτηση ή έχει απαντήσει τελείως λανθασμένα. Οι σωστές και ολοκληρωμένες απαντήσεις για τις δύο ερωτήσεις του θέματος είναι:

Ερώτηση Α1: Η ύπαρξη της κρυφής μνήμης δεν είναι απαραίτητη για τη λειτουργία ενός υπολογιστή. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι πρώτοι υπολογιστές δε διέθεταν κρυφή μνήμη. Συνεπώς θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένας υπολογιστής χωρίς κρυφή μνήμη. Αν αγνοηθεί το κόστος και δημιουργηθεί μια κύρια μνήμη που λειτουργεί με την ταχύτητα της κρυφής μνήμης, τότε ο υπολογιστής αυτός θα λειτουργεί αποτελεσματικά χωρίς να χρειάζεται η ύπαρξη της κρυφής μνήμης. Η κρυφή μνήμη είναι ένας οικονομικός τρόπος έτσι ώστε το σύστημα αποθήκευσης κρυφής – κύριας μνήμης να λειτουργεί με ταχύτητα παραπλήσια με κείνη που διαθέτει η κρυφή και να έχει χωρητικότητα όση και η κύρια μνήμη.

Ερώτηση Α2: Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι ο μεγαλύτερος χρόνος στην εκτέλεση των προγραμμάτων καταναλώνεται για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ επεξεργαστή και κύριας μνήμης. Ο κύριος ρόλος της κρυφής μνήμης είναι η αύξηση της ταχύτητας επικοινωνίας μεταξύ επεξεργαστή και κύριας μνήμης. Η αύξηση αυτή επιτυγχάνεται αφενός με τη χρήση προηγμένων κυκλωμάτων που εξασφαλίζουν υψηλές συχνότητες λειτουργίας και αφετέρου με την αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας.

Η αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας στηρίζεται στη σειριακότητα που παρουσιάζει η αποθήκευση και η εκτέλεση εντολών των προγραμμάτων και επιτυγχάνεται με τη μεταφορά μπλοκ εντολών και δεδομένων από την κύρια μνήμη στην κρυφή μετά από μια εντολή ανάγνωσης ή εγγραφής του επεξεργαστή. Η επόμενη εντολή του επεξεργαστή βάσει της αρχής της τοπικότητας είναι πολύ πιθανόν να εξυπηρετηθεί από τη γρήγορη κρυφή μνήμη και όχι από την πιο αργή κύρια μνήμη. Με τον τρόπο αυτό αυξάνει η απόδοση του συστήματος.

Ερώτηση Α3: Όταν ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή η οποία απαιτεί την ανάγνωση ή την εγγραφή δεδομένων από/σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης, τότε ενεργοποιείται η κρυφή μνήμη με σκοπό την ταχύτερη διεκπεραίωση αυτής της λειτουργίας.

Θέμα 2.

Στο θέμα 2 οι ερωτήσεις Β1 και Β2 βαθμολογήθηκαν καθεμία στην κλίμακα 0-3 μονάδες. Τρεις μονάδες δίνονται, όταν ο φοιτητής αιτιολογεί πλήρως την απάντησή του. Δύο μονάδες δίνονται, όταν σε μια ερώτηση η απάντηση δεν είναι πλήρης. Μια μονάδα δίνεται, όταν η απάντηση έχει σημαντικές ελλείψεις αλλά περιέχει ορισμένα μεμονωμένα σωστά στοιχεία. Οι σωστές και ολοκληρωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις του θέματος 2 είναι:

Ερώτηση Β1: Αν το μπλοκ της κρυφής μνήμης έχει μέγεθος ένα byte, τότε δε λειτουργεί η αρχή της τοπικότητας της αναφοράς και συγκεκριμένα η αρχή τοπικότητας χώρου. Γιατί, αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση κύριας μνήμης τότε η αναφορά του επεξεργαστή σε γειτονικές διευθύνσεις δεν θα εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη (αφού δεν έχουν μεταφερθεί στην κρυφή) αλλά θα χρειαστεί εκ νέου μεταφορά της διεύθυνσης αυτής στην κρυφή μνήμη. Δηλαδή ο αριθμός των αποτυχιών της κρυφής μνήμης θα είναι μεγάλος και θα υπήρχε μια διαρκής μετακίνηση μπλοκ από την κύρια στην κρυφή μνήμη. Συνεπώς δεν θα υπήρχε καμία βελτίωση στην απόδοση του συστήματος.

Ερώτηση Β2: Αν τα δεδομένα και οι εντολές ενός προγράμματος έχουν τοποθετηθεί σε τυχαίες θέσεις της κύριας μνήμης, τότε δε λειτουργεί η αρχή της τοπικότητας της αναφοράς και συγκεκριμένα η αρχή τοπικότητας χώρου η οποία αναφέρει: "*Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα σε γειτονικές διευθύνσεις*". Η αρχή της τοπικότητας στηρίζεται στη σειριακότητα που παρουσιάζει η αποθήκευση και η εκτέλεση εντολών των προγραμμάτων Στην περίπτωση που οι εντολές και τα δεδομένα ενός προγράμματος έχουν τοποθετηθεί σε τυχαίες θέσεις της κύριας μνήμης ακυρώνεται η σειριακότητα αποθήκευσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η σειριακή εκτέλεση εντολών αν μην οδηγεί σε γειτονικές διευθύνσεις μνήμης και τα ζητούμενα δεδομένα και εντολές να μην θα εντοπίζονται στα μπλοκ της κρυφής μνήμης που έχουν μεταφέρει οι προηγούμενες εντολές από την κύρια μνήμη. Δηλαδή ο αριθμός των αποτυχιών της κρυφής μνήμης θα είναι μεγάλος και θα υπάρχει μια διαρκής μετακίνηση μπλοκ από την κύρια στην κρυφή μνήμη. Συνεπώς δεν θα υπάρχει καμία βελτίωση στην απόδοση του συστήματος.

Θέμα3.

Στο θέμα αυτό κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε στην κλίμακα 0-3 μονάδες. Οι τρεις μονάδες δίνονται για την πλήρη περιγραφή της λειτουργίας εντοπισμού, των ενδιάμεσων σταδίων και για τις προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν για να υπάρξει επιτυχία ή αποτυχία της κρυφής μνήμης καθώς και για την περιγραφή της λειτουργίας που θα ακολουθήσει σε κάθε περίπτωση. Δύο μονάδες δίνονται, όταν κάποιο από τα ανωτέρω στοιχεία λείπει ή έχει περιγραφεί λανθασμένα, για παράδειγμα όταν δεν περιγραφούν όλα τα στάδια της λειτουργίας εντοπισμού ή δεν καθοριστούν με ακρίβεια οι συνθήκες που οδηγούν στην επιτυχία /αποτυχία της κρυφής μνήμης. Μια μονάδα δίνεται, όταν η απάντηση έχει σημαντικές ελλείψεις, για παράδειγμα όταν περιγραφούν τα στάδια της λειτουργίας εντοπισμού χωρίς να καθοριστούν οι συνθήκες που οδηγούν στην επιτυχία/αποτυχία της κρυφής μνήμης. Οι σωστές και πλήρεις απαντήσεις στα ερωτήματα του θέματος 3 είναι:

Ερώτηση α). Όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή ανάγνωσης από μια θέση της κύριας μνήμης, η αίτηση ανάγνωσης κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αρχίζει η λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης με σκοπό να διαπιστωθεί αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση έχει μεταφερθεί και βρίσκεται στην κρυφή μνήμη. Τα βήματα της λειτουργίας εντοπισμού είναι τρία και περιλαμβάνουν:

1) την τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης

Κατά την τμηματοποίηση η διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται σε τμήματα αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο της διεύθυνσης. Τα τμήματα αυτά είναι το πεδίο *μετατόπισης*, το πεδίο *ετικέτας* και το πεδίο του *δείκτη*.

2) την επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να ελεγχθεί

Το πεδίο του δείκτη χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου (ή του μπλοκ) της κρυφής μνήμης που περιέχει τα μπλοκ που πρέπει να ελεγχθούν. Αν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης το πεδίο δείκτη προσδιορίζει ένα και μοναδικό μπλοκ στην κρυφή μνήμη. Αν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυχετιστική, το πεδίο δείκτη προσδιορίζει ένα σύνολο της κρυφής μνήμης. Αν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική, τότε ελέγχεται όλη η κρυφή μνήμη.

3) έλεγχος του ψηφίου εγκυρότητας και σύγκριση των πεδίων ετικέτας.

Για τα συγκεκριμένα μπλοκ ελέγχεται το ψηφίο εγκυρότητας (valid bit) και η ετικέτα τους. Η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αγνοούνται οι

τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αρχίζει η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.**

Αναλυτικότερα αν το ψηφίο εγκυρότητας δεν έχει τεθεί (V=0) τότε το μπλοκ δεν ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα (ανήκει σε παλαιότερο πρόγραμμα ή είναι κενό) συνεπώς υπάρχει αποτυχία κρυφής μνήμης και ένα μπλοκ δεδομένων από την κύρια μνήμη που περιέχει τα περιεχόμενα της ζητούμενης διεύθυνσης θα πρέπει να μεταφερθεί στην κρυφή μνήμη (λειτουργία τοποθέτησης).

Αν το ψηφίο εγκυρότητας ενός μπλοκ έχει τεθεί (V=1), τότε το συγκεκριμένο μπλοκ ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα και συγκρίνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης με το πεδίο ετικέτας της ζητούμενης διεύθυνσης. Στην περίπτωση αυτή:

(α) αν τα δύο πεδία έχουν την ίδια τιμή, υπάρχει *επιτυχία* της κρυφής μνήμης και ο επεξεργαστής διαβάζει τα ζητούμενα δεδομένα από την κρυφή μνήμη, ενώ

(β) αν τα δύο πεδία δεν έχουν την ίδια τιμή, υπάρχει *αποτυχία* κρυφής μνήμης και ένα μπλοκ δεδομένων από την κύρια μνήμη που περιέχει τα περιεχόμενα της ζητούμενης διεύθυνσης θα πρέπει να μεταφερθεί στην κρυφή μνήμη και πιθανά να αντικαταστήσει το τρέχον μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Συνεπώς η λειτουργία που θα εκτελεστεί μετά από μια επιτυχία της κρυφής μνήμης είναι η ανάγνωση. Μετά από μια αποτυχία της κρυφής μνήμης η λειτουργία που θα εκτελεστεί εξαρτάται από το λόγο της αποτυχίας καθώς και από την οργάνωση της κρυφής μνήμης. Αναλυτικότερα:

- Αν η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφείλεται στο ψηφίο εγκυρότητας, τότε ανεξάρτητα από την οργάνωση της κρυφής μνήμης, θα εκτελεστεί η λειτουργία της τοποθέτησης.
- Αν η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφείλεται στο πεδίο ετικέτας, τότε θα εκτελεστεί η λειτουργία της τοποθέτησης αλλά το μπλοκ της κύριας μνήμης που θα μεταφερθεί στην κρυφή είναι πιθανόν να αντικαταστήσει ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης (λειτουργία αντικατάστασης).
    - Αν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης, τότε η λειτουργία αντικατάστασης θα αντικαταστήσει το μπλοκ που έχει καθοριστεί από τη λειτουργία εντοπισμού.
    - Αν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική, τότε η λειτουργία αντικατάστασης θα πραγματοποιηθεί μόνο αν όλα τα μπλοκ του συνόλου

που έχει καθοριστεί από τη λειτουργία εντοπισμού ανήκουν στο τρέχον πρόγραμμα (V=1).

- Αν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική, η λειτουργία αντικατάστασης θα πραγματοποιηθεί μόνο, αν όλα τα μπλοκ της κρυφής μνήμης ανήκουν στο τρέχον πρόγραμμα (V=1).

Θέμα 4.

Στο θέμα αυτό κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε στην κλίμακα 0-3 μονάδες. Οι τρεις μονάδες στην πρώτη ερώτηση δίνονται, όταν ο φοιτητής αναφέρει σωστά την οργάνωση και την κατάσταση της κρυφής μνήμης που οδηγεί στα αναφερόμενα γεγονότα και αιτιολογήσει το λόγο που αποκλείονται οι άλλες περιπτώσεις οργάνωσης και κατάστασης. Δύο μονάδες δίνονται, όταν η περιγραφή δεν είναι πλήρης, αν για παράδειγμα δεν δικαιολογηθεί γιατί αποκλείονται οι άλλες περιπτώσεις οργάνωσης και κατάστασης. Μια μονάδα δίνεται, όταν η απάντηση περιέχει σημαντικές ελλείψεις όπως για παράδειγμα δεν περιγραφεί πλήρως η οργάνωση ή η κατάσταση της κρυφής μνήμης. Οι σωστές και πλήρεις απαντήσεις στα ερωτήματα του θέματος 3 είναι:

Ερώτηση α)

Οργάνωση της κρυφής μνήμης: Για να τοποθετηθεί το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης στο μπλοκ ένα της κρυφής μνήμης θα πρέπει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι συνολοσυσχετιστική ή πλήρως συσχετιστική. Η περίπτωση η κρυφή μνήμη να είναι άμεσης αντιστοίχησης αποκλείεται, γιατί στην οργάνωση αυτή το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης τοποθετείται πάντοτε στο μπλοκ μηδέν της κρυφής (0 mod 8 = 0).

Κατάσταση της κρυφής μνήμης: Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι πλήρως συσχετιστική, το μπλοκ μηδέν πρέπει να περιέχει ήδη ένα μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=1), ενώ το μπλοκ ένα δεν περιέχει μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=0). Το περιεχόμενο των άλλων μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι άγνωστο, αφού δεν συνάγεται από τα δεδομένα του θέματος. Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι συνολοσυσχετιστική, το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης αντιστοιχείται στο σύνολο μηδέν της κρυφής μνήμης. Στο σύνολο μηδέν της κρυφής μνήμης το μπλοκ μηδέν περιέχει ήδη ένα μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=1),

ενώ το μπλοκ ένα δεν περιέχει μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=0). Το περιεχόμενο των άλλων μπλοκ του συνόλου μηδέν ή των άλλων συνόλων της κρυφής μνήμης είναι άγνωστο, αφού δεν συνάγεται από τα δεδομένα του θέματος.

Ερώτηση β).

Οργάνωση της κρυφής μνήμης: Η τοποθέτηση του μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης για να προκαλέσει την αντικατάσταση του μπλοκ μηδέν της κρυφής μνήμης σημαίνει ότι το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης αντιστοιχήθηκε στο μπλοκ μηδέν της κρυφής μνήμης. Το γεγονός αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε όλες τις οργανώσεις της κρυφής μνήμης. Ειδικότερα, αν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης, τότε το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης αντιστοιχείται πάντοτε στο μπλοκ μηδέν της κρυφής (0 mod 8 = 0). Αν η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική, το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης αντιστοιχείται πάντοτε στο σύνολο μηδέν της κρυφής μνήμης και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις κατάστασης της κρυφής μνήμης (θα επεξηγηθούν στο τμήμα κατάστασης), μπορεί να αντιστοιχηθεί στο μπλοκ μηδέν του συνόλου μηδέν. Αν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική, το μπλοκ μηδέν της κύριας μνήμης κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις κατάστασης της κρυφής μνήμης μπορεί να αντιστοιχηθεί στο μπλοκ μηδέν της κρυφής μνήμης.

Κατάσταση της κρυφής μνήμης. Στην περίπτωση της κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχισης θα πρέπει το μπλοκ μηδέν να περιέχει ήδη ένα μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=1), ενώ το περιεχόμενο των άλλων μπλοκ δεν είναι γνωστό από τα δεδομένα του θέματος. Στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης θα πρέπει όλα τα μπλοκ του πρώτου συνόλου να περιέχουν μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=1) και ο αλγόριθμος αντικατάστασης να υποδείξει το μπλοκ μηδέν του συνόλου. Αν κάποιο από τα μπλοκ του πρώτου συνόλου δεν περιείχε δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος, θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί η λειτουργία της τοποθέτησης και όχι της αντικατάστασης. Στην περίπτωση της πλήρως συνολοσυσχετιστικής μνήμης θα πρέπει όλα τα μπλοκ του πρώτου συνόλου να περιέχουν μπλοκ του τρέχοντος προγράμματος (V=1) και ο αλγόριθμος αντικατάστασης να υποδείξει το μπλοκ μηδέν της κρυφής μνήμης. Αν κάποιο από τα μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν περιείχε δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος, θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί η λειτουργία της τοποθέτησης και όχι της αντικατάστασης

Θέμα 5

Το θέμα βαθμολογήθηκε με κλίμακα 0-6 μονάδες. Οι μονάδες κατανέμονται κατά 1,5 μονάδα σε κάθε υποερώτημα (i), (ii), (iii), (iv). Σε κάθε υποερώτημα δίνονται 1,5 μονάδες, όταν η απάντηση είναι πλήρης. Στο υποερώτημα (i) θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο επεξεργαστής έχει κάνει αναφορά για ανάγνωση ή έγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης η οποία αντιστοιχείται στο μπλοκ με διεύθυνση 100_2 της κρυφής μνήμης και ξεκινά η λειτουργία του εντοπισμού που αναφέρει το πρώτο στιγμιότυπο. Στο υποερώτημα (ii) θα πρέπει να αναφερθεί ότι το δεύτερο στιγμιότυπο είναι η εμφάνιση αποτυχίας της κρυφής μνήμης. Αυτό συμπεραίνεται από το τρίτο στιγμιότυπο γιατί, αν υπήρχε επιτυχία της κρυφής μνήμης, θα ακολουθούσε η λειτουργία της ανάγνωσης ή της εγγραφής (ανάλογα με την εντολή του επεξεργαστή) και όχι η λειτουργία της αντικατάστασης που αναφέρει το τρίτο στιγμιότυπο. Επιπλέον η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφείλεται στο ότι η σύγκριση των δύο πεδίων ετικέτας (της διεύθυνσης κύρια μνήμης και του μπλοκ της κρυφής) δείχνει ότι αυτά δεν ταυτίζονται. Ο συμπέρασμα αυτό συνάγεται γιατί αν η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφειλόταν στο ψηφίο εγκυρότητας (V=0), τότε θα ακολουθούσε η λειτουργία της τοποθέτησης και όχι της αντικατάστασης. Στο υποερώτημα (iii) θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην κρυφή μνήμη το μπλοκ με διεύθυνση 100_2 περιέχει δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος (V=1). Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται από το πρώτο και το τρίτο στιγμιότυπο. Το περιεχόμενο των άλλων μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν είναι γνωστό, αφού δεν προκύπτει από τα δεδομένα του θέματος. Στο υποερώτημα (iv) θα πρέπει να αναφερθεί ότι η νέα κατάσταση της κρυφής μνήμης περιέχει στο μπλοκ με διεύθυνση 100_2 το νέο μπλοκ δεδομένων το οποίο περιέχει τα περιεχόμενα της διεύθυνσης στην οποία έχει αναφερθεί ο επεξεργαστής. Στο μπλοκ με διεύθυνση 100_2 έχει ενημερωθεί το πεδίο ετικέτας και το ψηφίο εγκυρότητας παραμένει ένα (V=1). Μια μονάδα δίνεται σε κάθε υποερώτημα, όταν η απάντηση περιέχει τα βασικά στοιχεία που έχουν περιγραφεί ανωτέρω αλλά δεν είναι πλήρης . Μισή μονάδα δίνεται, όταν περιέχει μόνο ένα από τα ζητούμενα στοιχεία. Οι μονάδες των υποερωτημάτων αθροίζονται και γίνεται στρογγυλοποίηση προς την πλησιέστερη μονάδα έτσι ώστε ο τελικός βαθμός να είναι ακέραιος.

Διαδικασία

Η έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του μαθήματος Αρχιτεκτονική Υπολογιστών ΙΙ μετά τη διδασκαλία των ενοτήτων που αναφέρονται στην οργάνωση

και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Η διδασκαλία έγινε με βάση το κείμενο Α με χρήση επιπλέον παραδειγμάτων και οι φοιτητές μπορούσαν να κρατούν σημειώσεις. Στο επόμενο μάθημα τα δύο κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα μαζί με τα θέματα της εξέτασης, μοιράστηκαν στους φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα, με τυχαίο τρόπο. Ζητήθηκε από τους φοιτητές να διαβάσουν το κείμενο που τους είχε δοθεί και να απαντήσουν στις ερωτήσεις – ασκήσεις των θεμάτων. Για την συμπλήρωση των απαντήσεων οι φοιτητές μπορούσαν να συμβουλεύονται τα κείμενα που τους είχαν δοθεί. Η διάρκεια συμπλήρωσης του φύλου ερωτήσεων-ασκήσεων ήταν τρεις ώρες και έγινε με την επίβλεψη του ερευνητή. Σε τυχόν διευκρινιστικές ερωτήσεις των φοιτητών, ο ερευνητής τους παρέπεμπε στο κείμενο που τούς είχε δοθεί.

Πίνακας 3.13.

Μέσος όρος και τυπική απόκλιση ανά θέμα και ανά είδος κειμένου

Θέματα	**Κείμενο Α**	**Κείμενο Β**
Θέμα 1^{ο} (0-9)	ΜΟ=6,0 SD=1,5	7,1 SD=1,0
Θέμα 2^{ο} (0-6)	ΜΟ=3,3 SD=1,4	ΜΟ=4,7 SD=1,3
Θέμα 3^{ο} (0-6)	ΜΟ=2,9 SD=1,4	ΜΟ=5,2 SD=1,0
Θέμα 4^{ο} (0-6)	ΜΟ=3,8 SD=1,3	ΜΟ=4,5 SD=1,0
Θέμα 5^{ο} (0-6)	ΜΟ=3,1 SD=1,5	ΜΟ=4,8 SD=1,3
Γενικός ΜΟ (0-36)	18,9	26,2

3.8.2 Αποτελέσματα

Στον πίνακα 3.13 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση όλων των θεμάτων ανά είδος κειμένου.

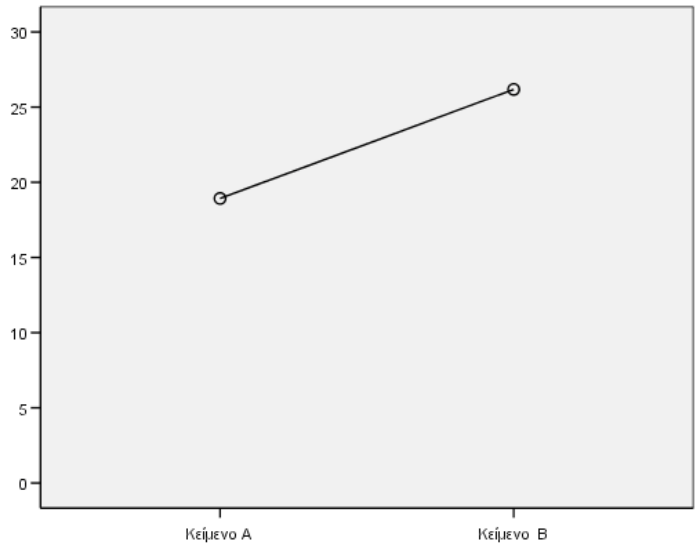
Αναλυτικά ανά ερώτηση θέματος οι μέσοι όροι παρουσιάζονται στον πίνακα 3.14.

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος One way ANOVA συνολικά και κατά ερώτηση. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης για τις

συνολικές επιδόσεις των φοιτητών στα δύο κείμενα, δείχνουν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά F(1,79)=167,154, p<0,001. Συνεπώς επιβεβαιώνεται η υπόθεση ότι το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών θα βοηθήσει περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης, σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο (Σχήμα 3.15)

Πίνακας 3.14
Μέσος όρος ανά ερώτηση θέματος και ανά είδος κειμένου

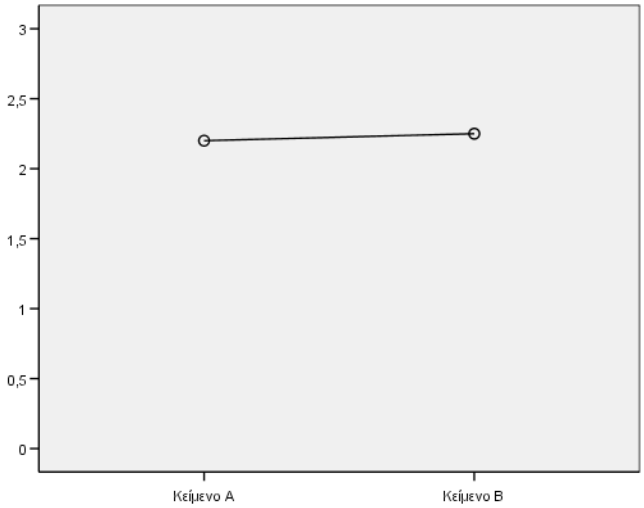
Θέματα	**Ερωτήσεις**	**Κείμενο Α**	**Κείμενο Β**
Θέμα 1ο	Α1 (0-3μ)	ΜΟ=2,2	ΜΟ=2,3
	Α2 (0-3μ)	ΜΟ=2,5	ΜΟ=2,3
	Α3 (0-3μ)	ΜΟ=1,3	ΜΟ=2,6
Θέμα 2ο	Β1 (0-3μ)	ΜΟ=1,2	ΜΟ=2,5
	Β2 (0-3μ)	ΜΟ=2,1	ΜΟ=2,1
Θέμα 3ο	Α (0-3μ)	ΜΟ=1,5	ΜΟ=2,7
	Β (0-3μ)	ΜΟ=1,4	ΜΟ=2,6
Θέμα 4ο	Α (0-3μ)	ΜΟ=1,9	ΜΟ=2,2
	Β (0-3μ)	ΜΟ=1,9	ΜΟ=2,2
Θέμα 5	(i) & (ii) (0-3μ)	ΜΟ=1,5	ΜΟ=2,5
	(iii) & (iv) (0-3μ)	ΜΟ=1,6	ΜΟ=2,3



Σχήμα 3.15: Οι επιδόσεις των φοιτητών στα δύο είδη κειμένου

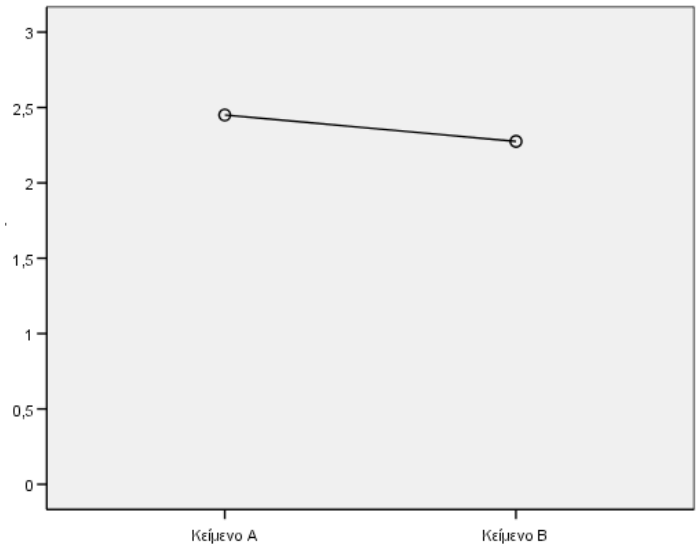
Ενδιαφέροντα συμπεράσματα βγαίνουν, αν μελετηθούν οι επιδόσεις των φοιτητών που διάβασαν τα δύο διαφορετικά είδη κειμένου ανά ερώτηση.

Για την ερώτηση Α1 του πρώτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, F(1,79)=0,098, n.s. (Βλέπε σχήμα 3.16). Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο ότι η απάντηση της ερώτησης Α1 δεν συνάγεται άμεσα από κανένα από τα δύο κείμενα αλλά αποτελεί μια γενικότερη γνώση γύρω από τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.



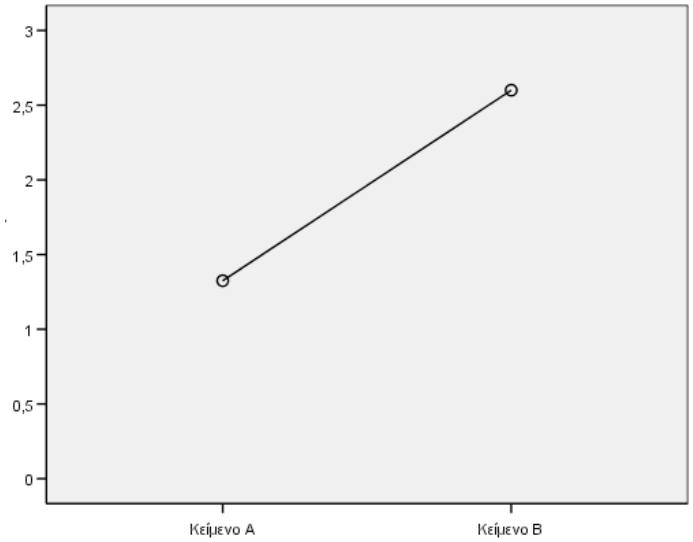
Σχήμα 3.16: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Α1 του πρώτου θέματος

Για την ερώτηση Α2 του πρώτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, F(1,79)=1,410, n.s. (Βλέπε σχήμα 3.17). Μάλιστα παρατηρείται ότι οι φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Α είχαν, κατά μέσο όρο, λίγο καλύτερη επίδοση από τους φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Β. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο ότι η απάντηση της ερώτησης Α2, ενώ δεν αναφέρεται ακριβώς στα κείμενα, συνάγεται άμεσα και από τα δύο κείμενα και οι μικρές διαφορές που παρατηρήθηκαν οφείλονται πιθανόν σε προσωπικές διαφορές μεταξύ των φοιτητών.
Η μικρή διαφορά υπέρ των φοιτητών που διάβασαν το κείμενο Α πέρα από προσωπικές διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των φοιτητών, πιθανά οφείλεται στο μικρότερο μέγεθος του κειμένου Α σε σχέση με το κείμενο Β.



Σχήμα 3.17: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Α2 του πρώτου θέματος

Για την ερώτηση Α3 του πρώτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=50,342$, $p<0,001$ (Σχήμα 3.18). Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο ότι η σχετική πληροφορία δεν υπάρχει στο κείμενο Α και οι φοιτητές πρέπει να συμπεράνουν την απάντηση, ενώ στο κείμενο Β αναφέρεται "Η κρυφή μνήμη ενεργοποιείται όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί πρόσβαση στην κύρια μνήμη".

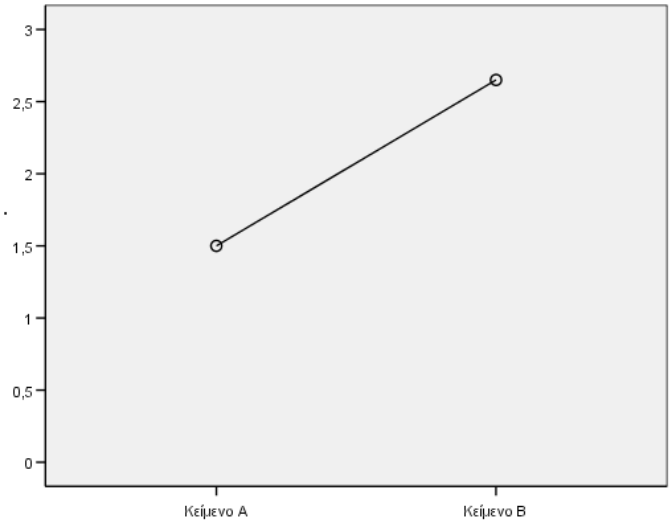


Σχήμα 3.18: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Α3 του πρώτου θέματος

Συνεπώς ενώ για τους φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Α η ερώτηση ήταν γνωστικού επιπέδου κατανόησης, για τους φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Β η

ερώτηση ήταν γνωστικού επιπέδου αναζήτησης – ανάκλησης της συγκεκριμένης πρότασης.

Για την ερώτηση Β1 του δεύτερου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=50,997$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.19. Επίσης για την ερώτηση Β2 του δεύτερου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=0,62$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.20.



Σχήμα 3.19: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Β1 του δεύτερου θέματος

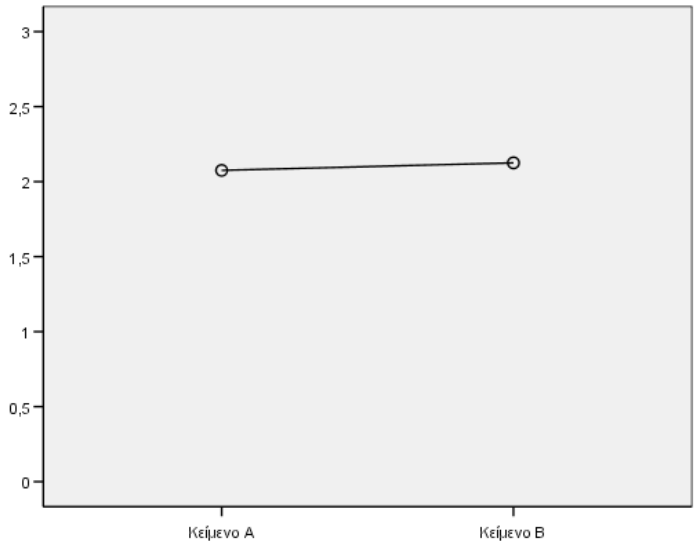
Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται:

Στο κείμενο Α η αναγκαιότητα το μπλοκ της κρυφής μνήμης να έχει μέγεθος πάνω από ένα byte συνάγεται από την παράγραφο που αναφέρεται στην αρχή της τοπικότητας της αναφοράς. Το συγκεκριμένο απόσπασμα του κειμένου Α αναφέρει:

> Η λειτουργία της κρυφής μνήμης αξιοποιεί την αρχή της τοπικότητας διότι, όταν γίνει αναφορά για ανάγνωση ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης και τα περιεχόμενα αυτής της θέσης δεν υπάρχουν στην κρυφή μνήμη, τότε στην κρυφή μνήμη δεν μεταφέρεται μόνο η το περιεχόμενο αυτής της διεύθυνσης αυτής αλλά ένα σύνολο δεδομένων που περιέχονται σε γειτονικές διευθύνσεις. Με τον τρόπο αυτό η επόμενη αναφορά σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης είναι πολύ πιθανόν λόγω της αρχής της τοπικότητας να εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη η οποία είναι πολύ ταχύτερη από την κύρια μνήμη

Στο κείμενο Β περιλαμβάνεται όλο το ανωτέρω απόσπασμα αλλά επιπλέον στο τέλος της σχετικής παραγράφου υπάρχει η επισήμανση "***Λόγω της αρχής της τοπικότητας, εάν το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν αποτελείται από αρκετά bytes, τότε είναι σαν να μην υπάρχει κρυφή μνήμη*** ". Η επισήμανση αυτή βοηθά τον φοιτητή να αντιληφθεί ότι η αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.

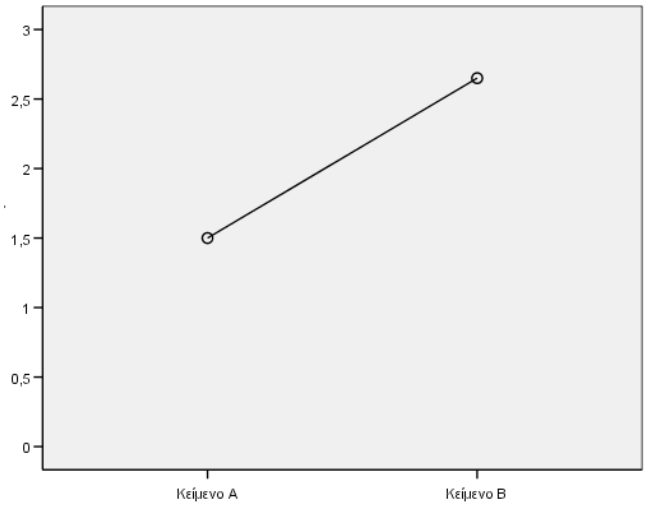
Παρατηρούμε ότι παρόλο που για τις δύο ομάδες φοιτητών οι δύο ερωτήσεις είναι γνωστικού επιπέδου κατανόησης, η προσθήκη μιας επιπλέον πρότασης αυξημένης προειδοποίησης προκάλεσε τη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στις απαντήσεις των φοιτητών που διάβασαν το κείμενο Β.



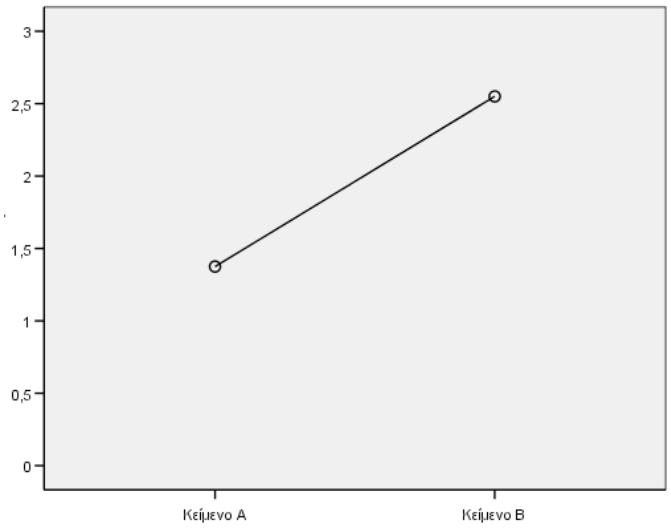
Σχήμα 3.20: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Β2 του δεύτερου θέματος

Για την ερώτηση α) του τρίτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=70,897$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.21. Όμοια για την ερώτηση β) του τρίτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=64,727$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.23. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο ότι το κείμενο Β παρουσιάζονται αναλυτικά οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης καθώς, οι συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την έναρξη της λειτουργίας καθώς και το αποτέλεσμα της λειτουργίας. Η αναλυτική παρουσίαση των βημάτων υλοποίησης

κάθε λειτουργίας και η αιτιατή σύνδεση τους οδηγεί τους φοιτητές στην ανάπτυξη επαρκών μοντέλων λειτουργίας της κρυφής μνήμης.



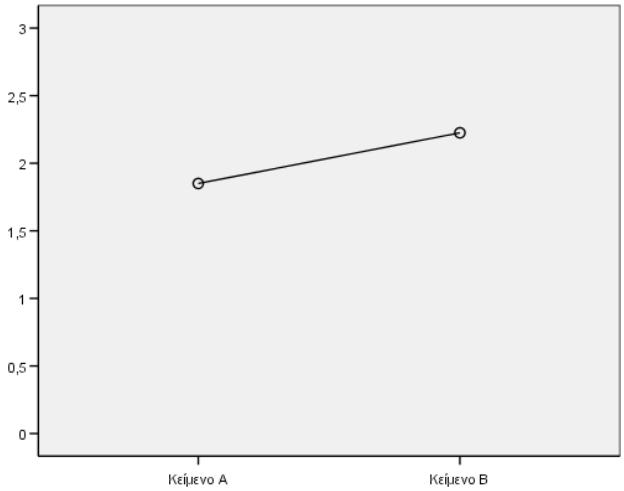
Σχήμα 3.21: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Α του τρίτου θέματος



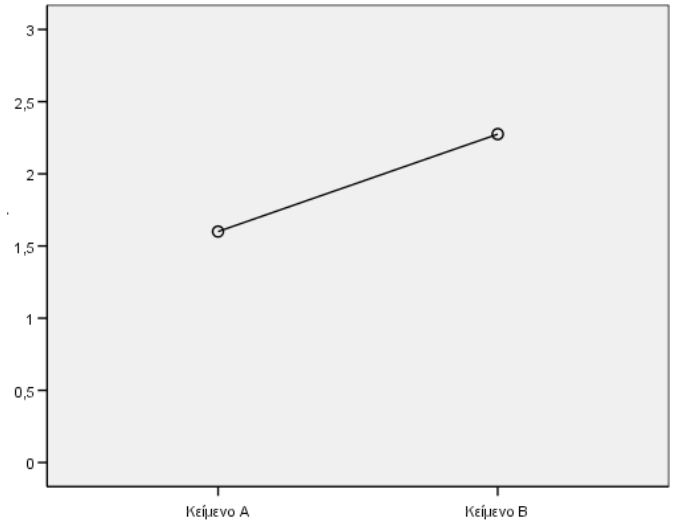
Σχήμα 3.22: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Β του τρίτου θέματος

Για την ερώτηση α) του τέταρτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, F(1,79)=3,912, n.s. Βλέπε σχήμα 3.23. Όμοια για την ερώτηση β) του δεύτερου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, F(1,79)=3,258, n. s. Βλέπε σχήμα 3.24. Τα αποτελέσματα αυτά οφείλονται πιθανώς στο ότι η δραστηριότητα που έπρεπε να αναπτύξουν οι φοιτητές για την απάντηση των ερωτήσεων είναι κριτικής μορφής, δεν περιγράφεται σε κανένα από τα δύο

κείμενα και οι φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Α μπόρεσαν να ανταποκριθούν σε ικανοποιητικό βαθμό στις απαιτήσεις του θέματος.

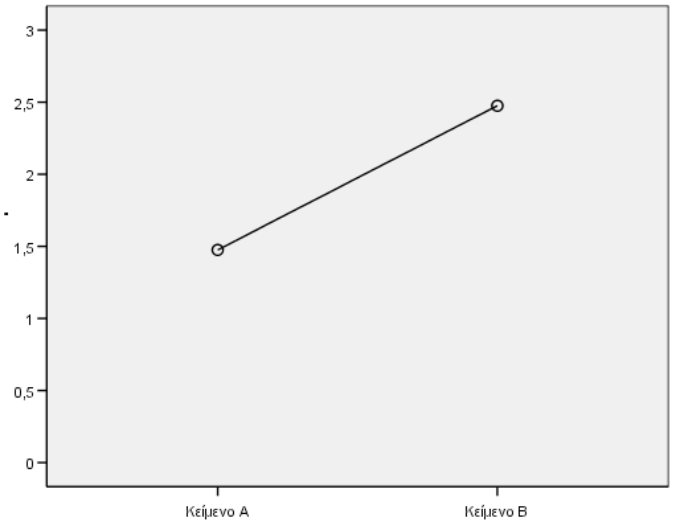


Σχήμα 3.23: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Α του τέταρτου θέματος

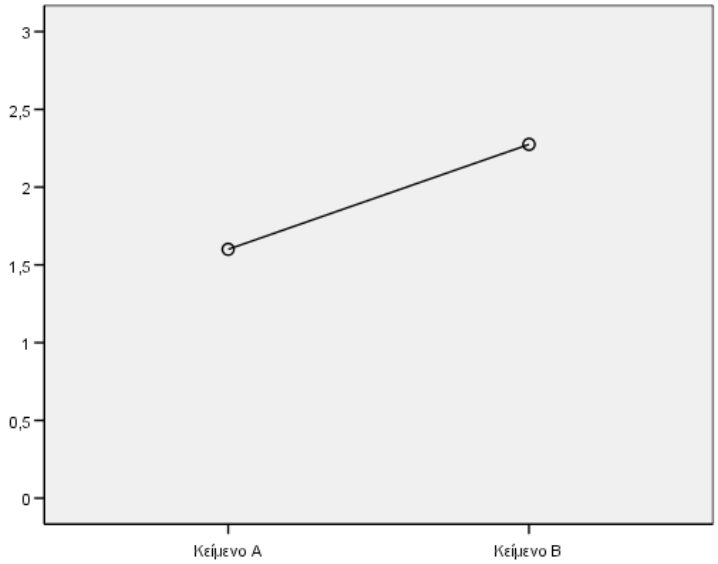


Σχήμα 3.24: Οι επιδόσεις των φοιτητών στην ερώτηση Β του τέταρτου θέματος

Για τις ερωτήσεις i) ii) του πέμπτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=35,495$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.25. Για τις ερωτήσεις iii) vi) του πέμπτου θέματος η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των φοιτητών που διάβασαν τα δύο είδη κειμένου, $F(1,79)=17,096$, $p<0,001$. Βλέπε σχήμα 3.26.



Σχήμα 3.25: Οι επιδόσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις (i) και (ii) του πέμπτου θέματος



Σχήμα 3.26: Οι επιδόσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις (iii) και (iv) του πέμπτου θέματος

Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο ότι το κείμενο Β παρουσιάζει αναλυτικά τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης καθώς, τις συνθήκες που πρέπει να ισχύουν για την έναρξη της λειτουργίας, τα στάδια που ακολουθεί, καθώς και το αποτέλεσμα της λειτουργίας. Η αναλυτική παρουσίαση των βημάτων υλοποίησης κάθε λειτουργίας και η αιτιατή σύνδεση τους οδηγεί τους φοιτητές στην ανάπτυξη επαρκών μοντέλων λειτουργίας της κρυφής μνήμης. Σαν αποτέλεσμα αυτών οι φοιτητές που διάβασαν το κείμενο Β είχαν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις στο προσδιορισμό της αρχικής κατάστασης, των ενδιάμεσων σταδίων υλοποίησης και του αποτελέσματος της εντολής ανάγνωσης που απαιτεί η απάντηση του θέματος.

3.8.3 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι το κείμενο που δημιουργήθηκε σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες των φοιτητών (κείμενο Β) βοηθά περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και την λειτουργία της κρυφής μνήμης, σε σχέση με το αρχικό επεξηγηματικό κείμενο που βασίζεται στα βιβλία των Hennessy & Patterson (κείμενο Α).

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της έρευνας, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια σημαντική διαφορά στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών μέσα από μια αναδιοργάνωση των τμημάτων κειμένων ακολουθώντας την μεθοδολογία που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό δηλαδή :

- ανάλυση των δυσκολιών και των παρανοήσεων που εμφανίζουν οι μαθητές/φοιτητές
- συσχέτιση των δυσκολιών αυτών με τα επιστημονικά κείμενα που χρησιμοποιούν
- αναδιοργάνωση των κειμένων σύμφωνα με θεωρίες κατανόησης κειμένου
- έρευνα για την διαπίστωση της βελτίωσης

Η μεθοδολογία αυτή πρέπει να ακολουθηθεί ιδιαίτερα στα σημεία εκείνα που οι μαθητές/φοιτητές εμφανίζουν δυσκολίες και παρανοήσεις .

Μερικά θέματα που δεν καλύπτει η παρούσα έρευνα και μπορούν να αποτελέσουν νέα ερευνητικά θέματα είναι:

Θα μπορούσε να βελτιωθεί επιπλέον η επίδραση του κειμένου Β στην κατανόηση των εννοιών της κρυφής μνήμης αν στα σημεία που οι φοιτητές εμφανίζουν δυσκολίες, το κείμενο παρουσίαζε τις δυσκολίες αυτές και στις συνέχεια τις ανέτρεπε (ανατρεπτικό κείμενο);.

Αρκεί μόνο η χρήση κειμένων για τη βελτίωση της κατανόησης των εννοιών της κρυφής μνήμης ή η χρήση ενός προγράμματος προσομοίωσης της οργάνωσης και της λειτουργίας της κρυφής μνήμης θα βελτίωνε ακόμα περισσότερο την κατανόηση αυτών των εννοιών.

3.9 Ανατρεπτικό κείμενο και εννοιολογική αλλαγή

Στην παράγραφο 1.4.3 υποστηρίζεται ότι η μάθηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης μπορεί να αντιμετωπιστεί σαν ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής. Πρόσφατα η έρευνα για την εννοιολογική αλλαγή έχει βοηθήσει στην κατανόηση των βασικών προβλημάτων της εννοιολογικής ανάπτυξης των μαθητών. Στις σχετικές έρευνες υπάρχουν περιγραφές της γνώσης που είχαν μαθητές/φοιτητές διαφορετικών ηλικιών σε διαφορετικές επιστημονικές περιοχές πριν και μετά την εννοιολογική αλλαγή. Υπάρχουν, εντούτοις, σχετικά περιορισμένες έρευνες που επικεντρώνονται στη σχεδίαση εκπαιδευτικού υλικού και δραστηριοτήτων που διευκολύνουν την εννοιολογική αλλαγή στα μαθήματα επιστήμης (Hatano & Inagaki, 1997; Vosniadou & Schnotz, 1997; Palmer, 2002).

Όπως έχει αναφερθεί στην παράγραφο 3.1 το κείμενο είναι βασικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη μάθηση επιστημονικών εννοιών. Η παρουσίαση όμως των επιστημονικών εννοιών στα κείμενα που χρησιμοποιούν οι μαθητές/φοιτητές συνήθως δεν λαμβάνει υπόψη της τυχόν δυσκολίες κατανόησης που μπορεί να προκαλέσει η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών/φοιτητών. Οι συγγραφείς υποθέτουν ότι οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών/φοιτητών είναι συμβατές με την τρέχουσα επιστημονική γνώση και προσπαθούν να πετύχουν τον εμπλουτισμό των γνώσεων των μαθητών/φοιτητών (Roth, 1990; Mikkilä & Olkinuora, 1994). Μια επιπλέον δυσκολία που επιδεινώνει την κατάσταση προέρχεται από τους μαθητές/φοιτητές οι οποίοι συνήθως δεν συνειδητοποιούν την ύπαρξη και την επίδραση της προϋπάρχουσας γνώσης τους και τις αντιφάσεις που περιέχει ως προς την επιστημονική γνώση.

Χωρίς ακόμα να έχει απαντηθεί με σαφήνεια ποιος τύπος κειμένου μπορεί να προωθήσει την εννοιολογική αλλαγή σε επιστημονικά θέματα, πολλοί ερευνητές προτείνουν για το σκοπό αυτό το "ανατρεπτικό" κείμενο (refutational text) (Mikkilä-Erdmann, 2001; Palmer, 2002; Diakidoy, Kendeou, & Ioannides, 2003). Σε ένα ανατρεπτικό κείμενο παρουσιάζονται με σαφήνεια οι συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών/φοιτητών και στη συνέχεια ανατρέπονται (αντικρούονται) και

παρουσιάζεται η επιστημονική άποψη. Το ανατρεπτικό κείμενο προκαλεί μια εννοιολογική σύγκρουση με την άμεση αναφορά των παρανοήσεων και επιπλέον αφυπνίζει τους αναγνώστες επισημαίνοντας ότι οι αντιλήψεις τους δεν είναι ακριβείς και έρχονται σε αντίθεση με την επιστημονική άποψη.

Η έρευνα που πραγματοποίησε οι Maria & MacGinitie (1987) αποδεικνύει ότι ένα ανατρεπτικό κείμενο το οποίο αναφέρει με σαφήνεια τις συνήθεις παρανοήσεις και στη συνέχεια τις ανατρέπει άμεσα βοήθησε περισσότερο από ένα επεξηγηματικό κείμενο που απλά παρουσίαζε τις νέες πληροφορίες σε μαθητές πέμπτης και έκτης τάξης.

Οι Alvermann & Hague (1989) εξετάζουν τα αποτελέσματα της ενεργοποίησης της προϋπάρχουσας γνώσης, μέσω ενός ανατρεπτικού κειμένου, στην κατανόηση απλών εννοιών της φυσικής επιστήμης από μαθητές. Η έρευνα αυτή είναι μια πολύ ενδιαφέρουσα συμβολή στην εξέταση του προβλήματος των δυσκολιών που προκαλεί η προϋπάρχουσα γνώση. Η δομή του κειμένου που χρησιμοποιούν επισημαίνει ρητά τις αναντιστοιχίες μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών και των επιστημονικών αντιλήψεων. Το κείμενο που χρησιμοποιούν περιέχει φράσεις όπως: "Εάν σκεφτήκατε ότι η διαδρομή που θα ακολουθήσει το αντικείμενο είναι …., οι ιδέες σας μπορούν να είναι διαφορετικές από αυτό που οι προτείνουν οι νόμοι της φυσικής", "Καθώς διαβάζετε το ακόλουθο κείμενο, δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις ιδέες που παρουσιάζονται σε αυτό οι οποίες μπορεί να είναι διαφορετικές από τις δικές σας". Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι μαθητές ωφελούνται από το κείμενο που επισημαίνει ρητά τις αναντιστοιχίες μεταξύ των αντιλήψεων των αναγνωστών και των επιστημονικών ιδεών. Οι Alvermann και Hague (1989, p. 198) ονομάζουν αυτή τη διαδικασία αναμόρφωσης του κειμένου *αυξημένη ενεργοποίηση* (*augmented activation)*. Δηλαδή το κείμενο περιέχει μια ισχυρή προειδοποίηση για πιθανές ασυμβατότητες μεταξύ των αντιλήψεων του αναγνώστη και των πληροφοριών του παρουσιάζονται στο κείμενο. Οι ερευνητές υποθέτουν ότι, αφού επισημαίνονται ρητά οι ασυμβατότητες, οι αναγνώστες αναγνωρίζουν ότι και οι δικές τους αντιλήψεις είναι παρόμοιες με αυτές που περιγράφονται και έτσι είναι πολύ πιθανό να τροποποιήσουν ή να διορθώσουν τις παρανοήσεις τους. Η υπόθεση αυτή επιβεβαιώνεται από τα συμπεράσματά τους (Alevermann & Hague, 1989).

Η αποτελεσματικότητα του ανατρεπτικού κειμένου σε σχέση με ένα απλό επεξηγηματικό διαπιστώνεται επίσης σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης

(Alvermann, Hynd, & Quian, 1995; Guzzetti, Williams, Skeels, & Wu, 1997; Hynd, 2001) καθώς και σε φοιτητές κολλεγίων (Alvermann & Hague, 1989; Chambers & Andre, 1995; Hynd, Alvermann, & Quian, 1997; Wang & Andre, 1991).

Στο ίδιο συμπέρασμα, δηλαδή ότι οι μαθητές/φοιτητές αλλάζουν ευκολότερα τις αρχικές αντιλήψεις τους μετά την ανάγνωση ενός ανατρεπτικού κειμένου, καταλήγουν και πολλοί άλλοι ερευνητές (Alvermann & Hynd, 1989; Hynd et al., 1994, 1993).

Οι Guzzetti et. al. (1992,1993) πραγματοποιούν μια ανασκόπηση ερευνών κατανόησης νέων εννοιών για να εντοπίσουν το είδος του κειμένου που αποδεδειγμένα διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητα των ανατρεπτικών κειμένων εξαρτάται από την ηλικία των μαθητών. Σε μικρές ηλικίες μαθητών ένα "χαλαρό" περιγραφικό κείμενο που συνδυάζει την περιγραφή με επεξηγηματικές δομές, διευκολύνει περισσότερο τη μάθηση σε σχέση με ένα απλό επεξηγηματικό ή ένα ανατρεπτικό κείμενο. Σε μεγαλύτερες ηλικίες μαθητών/φοιτητών το γενικό συμπεράσματά τους δείχνει ότι ένα ανατρεπτικό κείμενο που προσπαθεί να δημιουργήσει γνωστική σύγκρουση και να εξηγήσει γιατί η προϋπάρχουσα γνώση δεν είναι ακριβής, φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερο από ένα παραδοσιακό επεξηγηματικό κείμενο στη διευκόλυνση της εννοιολογικής αλλαγής (Guzzetti et. al., 1992)

Οι Skopeliti και Vosniadou, (2005) εξετάζουν την επίδραση τριών ανατρεπτικών κειμένων στις απόψεις μαθητών για το σχήμα της γης. Το πρώτο κείμενο αναφέρεται μόνο στην αντίφαση που υπάρχει ανάμεσα στο φαινομενικά επίπεδο σχήμα της γης και στη γνώση ότι η γη είναι σφαιρική. Το δεύτερο κείμενο αναφέρεται επιπλέον στην έννοια της βαρύτητας και διευκρινίζει ότι η βαρύτητα λειτουργεί πάντα προς το κέντρο της γης και όχι "από πάνω προς τα κάτω". Το τρίτο κείμενο εξηγεί επιπλέον ότι η γη είναι ένα ουράνιο σώμα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των άλλων ουρανίων σωμάτων. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η βελτίωση που επιφέρουν και τα τρία ανατρεπτικά κείμενα στην κατανόηση των σχετικών εννοιών από τους μαθητές ήταν στατιστικά σημαντική. Επίσης το κείμενο που παρέχει την επιπλέον πληροφορία ότι η γη είναι ένα ουράνιο σώμα έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα

Για ένα μαθητή η διαδικασία ενημέρωσής του για μια πιθανή αναντιστοιχία μεταξύ των ιδεών του και των επιστημονικών εννοιών που πρόκειται να μάθει μέσω ενός κειμένου θα μπορούσε να είναι ένας ουσιαστικός παράγοντας στην προώθηση της μεταεννοιολογικής επίγνωσης. Η μεταεννοιολογική επίγνωση αναφέρεται στη συνειδητή γνώση που έχει ένα άτομο για τη νοητική του δραστηριότητα. Ένα σημαντικό μέρος της μεταεννοιολογικής επίγνωσης αναφέρεται στην συνειδητοποίηση του μαθητή/φοιτητή ότι οι εξηγήσεις που δίνει για την ερμηνεία φαινομένων μπορούν να αναθεωρηθούν. (Mikkilä, 2001). Οι μαθητές, και ιδιαιτέρα οι νεαροί μαθητές, συχνά δεν έχουν επίγνωση των επεξηγηματικών μοντέλων που χρησιμοποιούν και με ποιο τρόπο αυτά διαφέρουν από τις τρέχουσες επιστημονικές θεωρίες. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντική προϋπόθεση για την εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou & Brewer, 1992; 1994; Vosniadou, 2002).

3.10 Δημιουργία ανατρεπτικού κειμένου για την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Η οργάνωση και η λειτουργία της κρυφής μνήμης είναι ένα σύνολο εννοιών που δεν είναι δυνατό να κατανοηθεί μέσω του εμπλουτισμού της προϋπάρχουσας γνωστικής δομής. Η προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών προέρχεται από έννοιες που περιλαμβάνουν την οργάνωση και τη λειτουργία της κύριας μνήμης και οι έννοιες αυτές είναι ασύμβατες με τις έννοιες της κρυφής μνήμης. Η προϋπάρχουσα γνώση των εννοιών της κύριας μνήμης πρέπει να αναθεωρηθεί, έτσι ώστε να περιλαμβάνει τις κρίσιμες διαφορές που υπάρχουν στις αντίστοιχες έννοιες της κρυφής μνήμης.

Στις παραγράφους 3.6 και 3.7 περιγράφεται η δημιουργία κειμένου σχετικού με την οργάνωση και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Η δημιουργία του κειμένου βασίζεται κυρίως στη θεωρία κατανόησης κειμένου των Denhiere και Baudet (1992) στη θεωρία κατανόησης κειμένου του Kinsch (1998), καθώς και στις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών όπως παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 2.

Για τη διαμόρφωση του ανατρεπτικού κειμένου που ενισχύει την εννοιολογική αλλαγή τροποποιήσαμε το κείμενο της κρυφής μνήμης που δημιουργήσαμε σύμφωνα με την εφαρμογή των θεωριών κατανόησης κειμένου στα σημεία όπου έχει διαπιστωθεί ότι οι φοιτητές παρουσιάζουν δυσκολίες (βλ. Κεφ. 2).

3.10.1 Αποσπάσματα κειμένων

Παρατίθενται ενδεικτικά αποσπάσματα του αρχικού κειμένου (κείμενο Α), το κείμενο που δημιουργήθηκε με βάση τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι φοιτητές (κείμενο Β), καθώς και το κείμενο με τις προσθήκες που το καθιστούν ανατρεπτικό (κείμενο Γ). Τα αποσπάσματα αναφέρονται α) Στην οργάνωση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης, β) στο ρόλο του ψηφίου εγκυρότητας και γ) στην αντιστοίχηση διευθύνσεων.

► Επεξήγηση της οργάνωσης της συνολοσυσχετιστικής μνήμης

Κείμενο Α

Στο κείμενο αυτό η ακριβής οργάνωση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης δεν αναφέρεται σε ξεχωριστή παράγραφο, αλλά μέσα στα πλαίσια απάντησης του ερωτήματος "πού μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη".

Αν ένα μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα περιορισμένο αριθμό θέσεων στην κρυφή μνήμη, τότε η κρυφή μνήμη είναι συνολοσυσχετιστική. Ένα σύνολο είναι μια ομάδα από μπλοκ στην κρυφή μνήμη. Ένα μπλοκ πρώτα αντιστοιχίζεται σε κάποιο σύνολο και έπειτα μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ μέσα σε αυτό το σύνολο. Το σύνολο συνήθως υπολογίζεται από τον τύπο :
Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = {Διεύθυνση μπλοκ} MOD {Αριθμός των συνόλων στην κρυφή μνήμη}

Στη συνέχεια το κείμενο διευκρινίζει ότι " Η κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης είναι απλά μια συνολοσυσχετιστική μνήμη ενός δρόμου και μια πλήρως συσχετιστική μνήμη με m μπλοκ μπορεί να θεωρηθεί σα μια συνολοσυσχετιστική m-δρόμων"

Κείμενο Β

Στο κείμενο αυτό υπάρχει ειδική παράγραφος για κάθε οργάνωση της κρυφής μνήμης. Η αντίστοιχη παράγραφος για την συνολοσυσχετιστική μνήμη αναφέρει:

▪ **Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική</u>** (set-associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης τα μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι οργανωμένα σε σύνολα που το καθένα από αυτά περιέχει δύο ή περισσότερα μπλοκ Ένα μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο της κρυφής μνήμης αλλά στη συνέχεια μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε από τα μπλοκ που περιέχει το σύνολο αυτό. Η διεύθυνση του συγκεκριμένου συνόλου της κρυφής μνήμης υπολογίζεται (όπως και στην άμεση αντιστοίχηση) από την διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός συνόλων κρυφής μνήμης)

Αν υπάρχουν m μπλοκ μέσα σε κάθε σύνολο τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται m-δρόμων συνολοσυσχετιστική, δηλαδή ο αριθμός m των δρόμων δηλώνει τον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο της κρυφής μνήμης

Κείμενο Γ
Στο κείμενο αυτό υπάρχει επίσης ειδική παράγραφος για κάθε οργάνωση της κρυφής μνήμης καθώς και αναφορά σε μια συχνή παρανόηση που έχουν οι φοιτητές σχετικά με την οργάνωση της συνολοσυσχετιστικής μνήμης. Η αντίστοιχη παράγραφος στο κείμενο Γ αναφέρει:

▪ **Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική</u>** (set-associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης τα μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι οργανωμένα σε σύνολα που το καθένα από αυτά περιέχει δύο ή περισσότερα μπλοκ Ένα μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο της κρυφής μνήμης αλλά στη συνέχεια μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε από τα μπλοκ που περιέχει το σύνολο αυτό. Η διεύθυνση του συγκεκριμένου συνόλου της κρυφής μνήμης υπολογίζεται (όπως και στην άμεση αντιστοίχηση) από τη διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός συνόλων κρυφής μνήμης)

Αν υπάρχουν m μπλοκ μέσα σε κάθε σύνολο τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται m-δρόμων συνολοσυσχετιστική, δηλαδή ο αριθμός m των δρόμων δηλώνει τον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο της κρυφής μνήμης. *Μια συχνή παρανόηση που έχουν οι φοιτητές σχετικά με μια συνολοσυσχετιστική μνήμη m – δρόμων είναι ότι ο αριθμός m που δηλώνει τους δρόμους, αναφέρεται στον αριθμό των συνόλων και όχι τον αριθμό των μπλοκ ανά σύνολο. Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι μια πραγματική συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη έχει εκατοντάδες σύνολα αλλά συνήθως είναι δύο ή τεσσάρων δρόμων*

==========

► Ο ρόλος του ψηφίου εγκυρότητας

Κείμενο Α
Στο κείμενο Α ο ρόλος του ψηφίου εγκυρότητας αναφέρεται μέσα από την παρακάτω παράγραφο.

Πως βρίσκεται αν ένα μπλοκ υπάρχει στην κρυφή μνήμη;
…
Θα πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος για να ελέγξουμε ότι το μπλοκ της κρυφής μνήμης περιέχει πληροφορίες του τρέχοντος προγράμματος. Η πιο κοινή διαδικασία είναι να προσθέσουμε ένα ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) στην ετικέτα για να σημειώσουμε ότι αυτό το μπλοκ περιέχει ή όχι το περιεχόμενο μιας διεύθυνσης που ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα. Αν το ψηφίο δεν έχει τεθεί δεν μπορεί να υπάρξει ταύτιση με αυτή την ετικέτα.

Κείμενο Β
Στο κείμενο αυτό ο ρόλος του ψηφίου εγκυρότητας συνδέεται άμεσα με τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης που σχετίζονται με αυτό το ψηφίο. Η αντίστοιχη παράγραφος αναφέρει:

Το ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) ελέγχεται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού και εάν έχει τεθεί (V=1), τότε το μπλοκ αυτό ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα διαφορετικά (V=0) το μπλοκ ανήκει σε προηγούμενο πρόγραμμα. Το ψηφίο αυτό τίθεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης. Κατά την εκκίνηση ενός νέου προγράμματος το ψηφίο εγκυρότητας όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης μηδενίζεται.

Κείμενο Γ

Στο κείμενο αυτό έχουν προστεθεί, σε σχέση με το κείμενο Β, οι συνήθεις αντιλήψεις/ δυσκολίες των φοιτητών σχετικά με το ψηφίο εγκυρότητας:

Το ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) ελέγχεται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού και όταν έχει τεθεί (έχει τιμή 1), τότε το μπλοκ αυτό ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα διαφορετικά (όταν έχει τιμή 0) το μπλοκ ανήκει σε παλαιότερο πρόγραμμα. Το ψηφίο αυτό τίθεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης. Κατά την εκκίνηση ενός νέου προγράμματος το πεδίο εγκυρότητας όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης μηδενίζεται. *Πολλοί φοιτητές έχουν την αντίληψη ότι το ψηφίο εγκυρότητας δείχνει ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα. Ο χαρακτηρισμός αυτός είναι κυκλικός και χρησιμοποιεί το όνομα του ψηφίου για τον ορισμό της λειτουργίας του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογιστής δεν έχει τη δυνατότητα να "κρίνει", αν τα δεδομένα μιας θέσης μνήμης είναι "έγκυρα" ή "μη έγκυρα". Ο τρόπος με τον οποίο ενεργεί ο υπολογιστής είναι η εξέταση του ψηφίου εγκυρότητας και η σύγκριση της ετικέτας της διεύθυνσης μνήμης με την ετικέτα του μπλοκ της κρυφής μνήμης. Αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1) και υπάρχει ταύτιση των δύο πεδίων ετικέτας, τότε υπάρχει επιτυχία κρυφής μνήμης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις υπάρχει αποτυχία κρυφής μνήμης. Αν η αποτυχία οφείλεται στο ότι το ψηφίο εγκυρότητας δεν έχει τεθεί (έχει τιμή 0), το μπλοκ που εξετάζεται δεν ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα και πραγματοποιείται η λειτουργία της τοποθέτησης. Αν η αποτυχία οφείλεται στη σύγκριση των πεδίων ετικέτας, ενώ το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθε,ί τότε εκτελείται η λειτουργία της αντικατάστασης.*

-==========

► Η αντιστοίχηση διευθύνσεων

Κείμενο Α
Στο κείμενο αυτό η αντιστοίχηση διευθύνσεων παρουσιάζεται σε παράγραφο που έχει τον τίτλο: **"Που μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη ".** Η χρήση της λέξης "τοποθέτηση" στον τίτλο της παραγράφου προκαλεί την παρανόηση ότι η λειτουργία της τοποθέτησης είναι οι τεχνικές αντιστοίχησης.

Κείμενο Β
Στο κείμενο αυτό η αντιστοίχηση διευθύνσεων παρουσιάζεται σε ξεχωριστή παράγραφο με τίτλο "**Η αντιστοίχηση ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη"**

Στην παράγραφο αυτή αρχικά επεξηγείται γιατί χρειάζεται η λειτουργία αντιστοίχησης και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τεχνικές αντιστοίχησης ανάλογα με το είδος της κρυφής μνήμης

Η κρυφή μνήμη είναι πολύ μικρότερη από την κύρια επομένως θα πρέπει να υπάρχει ένας αλγόριθμος αντιστοίχησης των διευθύνσεων της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη.

Η μεταφορά δεδομένων από την κύρια μνήμη προς την κρυφή γίνεται σε μπλοκ, συνεπώς η αντιστοίχηση διευθύνσεων της κύριας μνήμης πραγματοποιείται με αλγορίθμους που αντιστοιχούν διευθύνσεις μπλοκ της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Κείμενο Γ

Το κείμενο αυτό βασίζεται στο κείμενο Β και περιέχει στοιχεία από τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι φοιτητές στην έννοια της αντιστοίχησης διευθύνσεων.

Επειδή η κρυφή μνήμη είναι πολύ μικρότερη από την κύρια θα πρέπει να υπάρχει ένας αλγόριθμος αντιστοίχησης των διευθύνσεων της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη.

Η μεταφορά δεδομένων από την κύρια μνήμη προς την κρυφή γίνεται σε μπλοκ, συνεπώς η αντιστοίχηση διευθύνσεων της κύριας μνήμης πραγματοποιείται με αλγορίθμους που αντιστοιχούν διευθύνσεις μπλοκ της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής μνήμης. *Συχνά οι τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων συγχέονται από φοιτητές με τη λειτουργία της τοποθέτησης. Η λειτουργία της τοποθέτησης σκοπό έχει τη μεταφορά ενός μπλοκ δεδομένων από την κύρια μνήμη σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης. Οι τεχνικές αντιστοίχησης αποτελούν τμήμα της λειτουργίας εντοπισμού (πρώτο στάδιο), εξαρτώνται από το είδος της κρυφής μνήμης στην οποία χρησιμοποιούνται κατά την τμηματοποίηση της διεύθυνσης κύριας μνήμης που έχει αναφερθεί ο επεξεργαστής. Η λειτουργία του εντοπισμού χρησιμοποιεί τις τεχνικές αντιστοίχησης για να εντοπίσει ποιο μπλοκ (ή ποιο σύνολο) της κρυφής μνήμης πρέπει να εξεταστεί για να διαπιστωθεί αν τα ζητούμενα δεδομένα έχουν μεταφερθεί στην κρυφή μνήμη. Αν υπάρξει αποτυχία κρυφής μνήμης λόγω του ψηφίου εγκυρότητας, τότε ενεργοποιείται η λειτουργία της τοποθέτησης.*

3.11 Έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση των φοιτητών

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εξέταση της επίδρασης τριών διαφορετικών κειμένων στις αντιλήψεις των φοιτητών για την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης. Και τα τρία κείμενα περιέχουν τις αναγκαίες πληροφορίες για τη μάθηση εννοιών που αναφέρονται στην κρυφή μνήμη αλλά διαφέρουν ουσιαστικά ως προς την οργάνωση τους. Το πρώτο κείμενο είναι ένα επεξηγηματικό κείμενο. Το δεύτερο κείμενο βασίζεται στο πρώτο αλλά για τη διαμόρφωσή του έχουν χρησιμοποιηθεί σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου καθώς και οι αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών. Το τρίτο κείμενο βασίζεται στο δεύτερο αλλά στα σημεία που έχει διαπιστωθεί ότι οι φοιτητές παρουσιάζουν δυσκολίες η δομή του έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε να αποτελεί ανατρεπτικό κείμενο.

Οι υποθέσεις της έρευνας είναι:

- Το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών καθώς και το κείμενο που έχει διαμορφωθεί ως ανατρεπτικό θα βοηθήσουν περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη, σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο.
- Το κείμενο που έχει διαμορφωθεί ως ανατρεπτικό θα βοηθήσει περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη, σε σχέση με το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών.

3.11.1 Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 60 φοιτητές από το τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών και πραγματοποιήθηκε το πρώτο εξάμηνο του 2006. Όλοι οι φοιτητές παρακολουθούσαν το μάθημα Αρχιτεκτονική Υπολογιστών ΙΙ και είχαν παρακολουθήσει με επιτυχία το μάθημα Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι. Για τον έλεγχο της επίδρασης των τριών ειδών κειμένου οι φοιτητές

ανάλογα με το κείμενο που χρησιμοποίησαν δημιούργησαν τρεις ομάδες των 20 ατόμων.

Υλικό

Στην έρευνα χρησιμοποιούνται τρία διαφορετικά είδη κειμένων. Και τα τρία είδη κειμένου αναφέρονται στην οργάνωση και την λειτουργία της κρυφής μνήμης. Το πρώτο κείμενο (κείμενο Α) βασίζεται σε μετάφραση των αντιστοίχων κεφαλαίων των βιβλίων Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών των Hennesy και Patterson (Hennessy & Patterson, 1996; Patterson & Hennessy, 1999). Το δεύτερο κείμενο (κείμενο Β) αποτελεί μια αναδιαμόρφωση του κειμένου Α. Για τη διαμόρφωση του κειμένου αυτού χρησιμοποιήθηκαν κυρίως η θεωρία κατανόησης κειμένου των Denhiere & Baudet (1992), η θεωρία κατανόησης κειμένου του Kintsch (1998) καθώς και οι αντιλήψεις/ δυσκολίες των φοιτητών όπως έχουν περιγραφεί στο κεφάλαιο 1. Το κείμενο Β παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεκτικότητα και παρουσιάζει αναλυτικά τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ των λειτουργιών της κρυφής μνήμης αλλά και μεταξύ των διαδοχικών σταδίων κάθε λειτουργίας. Επιπλέον το νέο κείμενο εμπλουτίστηκε με επιπλέον παραδείγματα. Οι ακριβείς αλλαγές που έγιναν στο κείμενο Β περιγράφονται στις παραγράφους 3.6 και 3.7. Το τρίτο κείμενο (κείμενο Γ) βασίζεται στο κείμενο Β και έχει εμπλουτιστεί με στοιχεία που το καθιστούν ανατρεπτικό κείμενο: Δηλαδή σε επιλεγμένα σημεία του κειμένου παρουσιάζονται οι πλέον κοινές αντιλήψεις/ δυσκολίες των φοιτητών και αμέσως ανατρέπονται με επιχειρήματα και παρουσιάζονται οι επιστημονικές απόψεις.

Το κείμενο Α έχει μέγεθος 10 σελίδων Α4 και περιέχει 3.690 λέξεις. Το κείμενο Β έχει μέγεθος 13,5 σελίδες Α4 και περιέχει 4.181 λέξεις ενώ το κείμενο Γ έχει μέγεθος 14,5 σελίδες Α4 και περιέχει 4.604 λέξεις. Παρατηρούμε ότι οι αλλαγές και οι επεκτάσεις στη δομή του κειμένου Β οδήγησαν σε μια σημαντική αύξηση του μεγέθους του σε σελίδες κατά 35 % σε σχέση με το κείμενο Α, παράλληλα όμως διαπιστώνεται ότι η μεγάλη αύξηση του μεγέθους οφείλεται σε σχήματα και εικόνες αφού η αύξηση του αριθμού των λέξεων είναι μόνο 13,3 %. Επιπλέον θα πρέπει να σημειωθεί ότι το κείμενο Β περιλαμβάνει αρκετές εισαγωγικές έννοιες για την κρυφή μνήμη (όπως η θέση της σε σχέση με τον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη) που δεν καλύπτονται από το κείμενο Α. Το κείμενο Γ παρουσιάζει μια αύξηση 6,9% σε σελίδες σε σχέση με το κείμενο Β ενώ η αύξηση του αριθμού των λέξεων είναι

10,1%. Στο κείμενο Γ παρατηρούμε ότι η προσθήκη κειμένου (και όχι σχημάτων-εικόνων) αύξησε αναλογικά περισσότερο τον αριθμό των λέξεων σε σχέση με την αύξηση των σελίδων. Τα τρία κείμενα περιλαμβάνονται στο παράρτημα της παρούσας διατριβής.

Ερωτήσεις αρχικού και τελικού τεστ (pretest-posttest)

Για την εξέταση της επίδοσης των φοιτητών χρησιμοποιήθηκε ένα αρχικό τεστ και ένα τελικό τεστ. Και στα δύο τεστ χρησιμοποιήθηκε το ίδιο φύλλο ερωτήσεων/ασκήσεων. Το φύλλο ερωτήσεων/ασκήσεων περιλαμβάνει τέσσερα θέματα ανοιχτού τύπου τα οποία περιέχουν ερωτήσεις/ ασκήσεις οι οποίες ελέγχουν ικανότητα ανάκλησης, ικανότητα σε επίπεδο εφαρμογής, ελέγχου και κρίσης, καθώς και ικανότητες σε επίπεδο δημιουργίας (Mayer, 2002) καθώς και παραγωγικές ερωτήσεις (Vosniadou, 1994) που απαιτούν από τον φοιτητή να λύσει ένα πρόβλημα κατασκευάζοντας ένα νοητικό μοντέλο της κρυφής μνήμης.

Η σχεδίαση του φύλλου ερωτήσεων-ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκε περιγράφεται στον πίνακα 3.27.

Πίνακας 3.27.
Οι ερωτήσεις – ασκήσεις που χρησιμοποιούνται στην έρευνα

Θέμα 1
Οι ερωτήσεις του θέματος έχουν σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράφουν σωστά τις συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια και το αποτέλεσμα μιας λειτουργίας της κρυφής μνήμης.

Εκφώνηση:
A1 Περιγράψτε αναλυτικά τη λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης.
A2 Περιγράψτε αναλυτικά τη λειτουργία εγγραφής της κρυφής μνήμης

Θέμα 2
Ερώτημα σχετικό με την πλήρη περιγραφή της λειτουργίας τοποθέτησης μετά από μια εντολή ανάγνωσης ή εγγραφής του επεξεργαστή με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές περιγράφουν σωστά τα ενδιάμεσα στάδια εκτέλεσης της εντολής και διακρίνουν τις διαφορές που πραγματοποιούνται όταν διαφοροποιείται η εντολή του επεξεργαστή.

Εκφώνηση:
Περιγράψτε τις συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια εκτέλεσης και το αποτέλεσμα της λειτουργίας τοποθέτησης της κρυφής μνήμης κατά την εντολή ανάγνωσης του επεξεργαστή από μια θέση της κύριας μνήμης. Ποιες

διαφοροποιήσεις υπάρχουν, όταν ο επεξεργαστής αντί για εντολή ανάγνωσης εκτελέσει μια εντολή εγγραφής;

Θέμα 3

Ερώτημα σχετικό με τις προϋποθέσεις έναρξης μιας ακολουθίας στιγμιότυπων της κρυφής μνήμη, την συμπλήρωση ενδιάμεσων στιγμιότυπων καθώς και την περιγραφή της κατάστασης της κρυφής μνήμης πριν και μετά από την εκτέλεση των στιγμοιοτύπων. Σκοπός του ερωτήματος είναι οι φοιτητές να μπορούν να διακρίνουν και να αιτιολογούν τις αιτιακές σχέσεις που συνδέουν τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης καθώς και την επίδρασή τους στην κατάσταση της κρυφής μνήμης

Εκφώνηση:

Δίδονται τρία διαδοχικά στιγμιότυπα λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης:

1° : Κατά τη λειτουργία του εντοπισμού ελέγχεται το μπλοκ της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 100_2

2°: . . . . . .

3° : Αρχίζει η λειτουργία τοποθέτησης και αντικατάστασης

(v). Να αναφέρατε τις προϋποθέσεις για να ξεκινήσει το 1° στιγμιότυπο.

(vi). Να συμπληρώστε το 2ο στιγμιότυπο αιτιολογώντας την απάντησή σας.

(vii). Να περιγράψτε την κατάσταση της κρυφής μνήμης πριν από το 1ο στιγμιότυπο.

(viii). Να περιγράψτε την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το 3ο στιγμιότυπο.

Θέμα 4

Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης με μέγεθος μπλοκ μεγαλύτερο από 1 byte με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράψουν την ακολουθία των λειτουργιών, τις αιτιακές σχέσεις που τις συνδέουν καθώς και την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε λειτουργία.

Εκφώνηση:

Υποθέστε ότι έχουμε μια κύρια μνήμη με μέγεθος 128 bytes και μια κρυφή μνήμη με μέγεθος 32 bytes. Κάθε μπλοκ έχει μέγεθος 4 bytes. Η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης. Αρχικά η κρυφή μνήμη είναι κενή και στη συνέχεια ο επεξεργαστής κάνει διαδοχικές αιτήσεις ανάγνωσης στις διευθύνσεις της κύριας μνήμης 14, 20, 18, 8, 9. Για καθεμία από αυτές τις διευθύνσεις συμπληρώστε τα αντίστοιχα πεδία στην κρυφή μνήμη του σχήματος που ακολουθεί γράψτε αναλυτικά τις συνθήκες έναρξης, τα στάδια εκτέλεσης κάθε λειτουργίας, όπως εκτελούνται από τον υπολογιστή, καθώς και τα αποτελέσματα που έχουν οι λειτουργίες που εκτελεί η κρυφή μνήμη (εντοπισμός, τοποθέτηση, αντικατάσταση). Στη συνέχεια σχεδιάστε την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το τέλος κάθε αίτησης ανάγνωσης .

Βαθμολόγηση

Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε την επίδραση των τριών ειδών κειμένου στις αντιλήψεις των φοιτητών αποφασίστηκε η απόδοση βαθμολογίας στις ερωτήσεις-ασκήσεις. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Διαπιστώθηκε μια πολύ υψηλή ταύτιση των δύο βαθμολογητών (93,3%). Στα σημεία όπου υπήρξε διαφωνία βαθμολόγησης έγινε συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών μέχρι να ευρεθεί μια κοινά αποδεκτή βαθμολογία. Ειδικότερα η βαθμολογία των ερωτήσεων- ασκήσεων έγινε με τον παρακάτω τρόπο:

Οι ερωτήσεις Α1 και Α2 του πρώτου θέματος βαθμολογήθηκαν καθεμία στην κλίμακα 0-3 μονάδες. Τρεις μονάδες δίνονται, όταν ο φοιτητής περιγράψει αναλυτικά α) τις συνθήκες έναρξης της λειτουργίας, β) τα ενδιάμεσα στάδια της και γ) το αποτέλεσμά της. Δύο μονάδες δίνονται όταν σε ένα από τα ανωτέρω η απάντηση δεν είναι πλήρης ή δεν έχει δοθεί. Μια μονάδα δίνεται όταν η απάντηση έχει σημαντικές ελλείψεις αλλά περιέχει ορισμένα μεμονωμένα σωστά στοιχεία ακόμα και όταν αυτά δεν συνδέονται μεταξύ τους. Τέλος μηδέν, σε όλες τα ερωτήσεις-ασκήσεις, δίνεται, όταν ο φοιτητής δεν έχει απαντήσει καθόλου στην ερώτηση ή έχει απαντήσει τελείως λανθασμένα. Οι σωστές και ολοκληρωμένες απαντήσεις των ερωτήσεων είναι:

Ερώτηση Α1. Η λειτουργία του εντοπισμού, αρχίζει όταν ο επεξεργαστής εκτελεί εντολή που απαιτεί πρόσβαση στο περιεχόμενο μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Η αίτηση αυτή κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αυτόματα αρχίζει η λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του υλοποιείται σε τρία βήματα τα οποία είναι

(α) Τμηματοποίηση: Η ζητούμενη διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται στα τμήματα μετατόπισης, δείκτη και ετικέτας αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο της διεύθυνσης.

(β) Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ που καθορίζει το πεδίο δείκτη

(γ) Σύγκριση: Για το συγκεκριμένο μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης ελέγχεται αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1).

Επίσης το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης συγκρίνεται με το αντίστοιχο τμήμα ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης για να διαπιστωθεί αν είναι ίσα.

Αποτέλεσμα εντοπισμού
Αν για το μπλοκ (ή για κάποιο από τα μπλοκ του συνόλου) που επιλέγεται, βρεθεί ότι η ετικέτα του είναι ίση με το πεδίο ετικέτας που προκύπτει από την τμηματοποίηση της ζητούμενης διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το ψηφίο εγκυρότητάς του μπλοκ είναι ίσο με ένα (V=1), τότε έχουμε **επιτυχία** της κρυφής μνήμης, διαφορετικά αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0) ή τα πεδία ετικέτας διαφέρουν, τότε έχουμε **αποτυχία** της κρυφής μνήμης.
Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά *ανάγνωση* ***τότε η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αρχίζει η λειτουργία της*** *τοποθέτησης ή αντικατάστασης.*
Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **εγγραφή** θα πρέπει να ολοκληρωθεί η λειτουργία εντοπισμού και μόνο αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία πραγματοποιείται η λειτουργία εγγραφής διαφορετικά πραγματοποιείται η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.** Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η εγγραφή να καθυστέρει περισσότερο από την ανάγνωση.

Ερώτηση Α2. Όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί εγγραφή σε μια θέση της κύριας μνήμης, τότε ακολουθείται μια διαδικασία αντίστοιχη με τη διαδικασία της ανάγνωσης. Δηλαδή η αίτηση κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** η οποία ελέγχει αν το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης έχει μεταφερθεί σε αντίστοιχη θέση της κρυφής μνήμης. Αν υπάρξει επιτυχία της κρυφής μνήμης, γίνεται απευθείας η εγγραφή στη θέση αυτή (**λειτουργία εγγραφής**). Αν υπάρξει αποτυχία της κρυφής μνήμης τότε αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης,** η οποία θα μεταφέρει το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση καθώς και γειτονικές διευθύνσεις με αυτήν, σε αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο. Είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να πρέπει να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται ήδη στην κρυφή μνήμη (**λειτουργία αντικατάστασης)**. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η **λειτουργία εγγραφής**.

Η λειτουργία εγγραφής ενημερώνει το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ της κρυφής μνήμης καθώς και το πεδίο ετικέτας του μπλοκ.

- ***Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία,*** τότε μόνο μπορεί να τροποποιηθεί το μπλοκ. Ο έλεγχος της ετικέτας ή του ψηφίου εγκυρότητας V, δεν γίνεται παράλληλα, έτσι η λειτουργία της εγγραφής είναι πιο χρονοβόρα από τη λειτουργία ανάγνωσης. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε δύο τεχνικές εγγραφής σε περίπτωση επιτυχίας κρυφής μνήμης:

0. **Διεγγραφή *(write throught)***: Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ της κύριας μνήμης.
1. **Επανεγγραφή *(write back)***: Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται

στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί. Η τροποποίηση του μπλοκ συνοδεύεται με την ενημέρωση ενός ψηφίου ενημέρωσης, που καλείται dirty bit (D=1). Αν η ένδειξη είναι clear bit (D=0), δηλώνει ότι το μπλοκ είναι "καθαρό", δηλαδή δεν τροποποιήθηκε στην κρυφή μνήμη, οπότε δε χρειάζεται να επανεγγραφεί.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία** τότε έχουμε δύο εναλλακτικές επιλογές (τεχνικές εγγραφής):

0. ***Ανάθεση εγγραφής:*** το μπλοκ μεταφέρεται από την κύρια μνήμη στην κρυφή (λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης) και στη συνέχεια ακολουθούν οι ενέργειες της επιτυχίας εγγραφής (διεγγραφή ή επανεγγραφή).

Ανάθεση μη εγγραφής: το μπλοκ τροποποιείται <u>μόνο</u> στην κύρια μνήμη και όχι στην κρυφή.

Θέμα 2

Το δεύτερο θέμα βαθμολογήθηκε στην κλίμακα 0-6 μονάδες. Οι τρεις μονάδες δίνονται για την πλήρη περιγραφή της λειτουργίας τοποθέτησης κατά την εκτέλεση μιας εντολής του επεξεργαστή για ανάγνωση. Οι υπόλοιπες τρεις μονάδες δίνονται στη περιγραφή της λειτουργίας τοποθέτησης μετά από μια εντολή του επεξεργαστή για εγγραφή. Τα κριτήρια απόδοσης των μονάδων στο τμήμα αυτό είναι παρόμοια με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στα θέματα Α1 και Α2. Τρεις μονάδες δίνονται, αν ο φοιτητής περιγράψει ότι κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας εντολής εγγραφής, αρχικά πρέπει να εκτελεστεί η λειτουργία του εντοπισμού και σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης που οφείλεται στο ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ εκτελείται η λειτουργία της τοποθέτησης. Δύο μονάδες δίνονται, αν περιγράψει απλά την εντολή τοποθέτησης χωρίς να αναφέρει τη λειτουργία του εντοπισμού και μια μονάδα, αν αναφέρει ορισμένα μόνο στάδια της εντολής τοποθέτησης. Η σωστή και ολοκληρωμένη απάντηση στο θέμα αυτό είναι:

Η λειτουργία της τοποθέτησης αρχίζει, όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του εντοπισμού είναι αποτυχία της κρυφής μνήμης η οποία οφείλεται στο ότι το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ που εξετάζεται δεν έχει τεθεί (V=0).
Η λειτουργία της τοποθέτησης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

- Το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση κύριας μνήμης μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη και ταυτόχρονα το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης**).
- Ταυτόχρονα ενημερώνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το αντίστοιχο πεδίο του μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρεται, καθώς και η τιμή του ψηφίου εγκυρότητας γίνεται ίση με ένα (V=1).

Τα βήματα της λειτουργίας τοποθέτησης δεν διαφοροποιούνται στην περίπτωση που ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή που απαιτεί εγγραφή δεδομένων σε μια θέση κύριας μνήμης.

Θέμα 3

Το θέμα βαθμολογήθηκε με κλίμακα 0-6 μονάδες. Οι μονάδες κατανέμονται κατά 1,5 μονάδα σε κάθε υποερώτημα (i), (ii), (iii), (iv). Σε κάθε υποερώτημα δίνονται 1,5 μονάδες, όταν η απάντηση είναι πλήρης. Οι σωστές και πλήρεις απαντήσεις είναι:

Στο υποερώτημα (i) θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο επεξεργαστής έχει κάνει αναφορά για ανάγνωση ή έγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης η οποία αντιστοιχείται στο μπλοκ με διεύθυνση 1002 της κρυφής μνήμης και ξεκινά η λειτουργία του εντοπισμού που αναφέρει το πρώτο στιγμιότυπο.

Στο υποερώτημα (ii) θα πρέπει να αναφερθεί ότι το δεύτερο στιγμιότυπο είναι η εμφάνιση αποτυχίας της κρυφής μνήμης. Αυτό συμπεραίνεται από το τρίτο στιγμιότυπο γιατί, αν υπήρχε επιτυχία της κρυφής μνήμης θα ακολουθούσε η λειτουργία της ανάγνωσης ή της εγγραφής (ανάλογα με την εντολή του επεξεργαστή) και όχι η λειτουργία της αντικατάστασης που αναφέρει το τρίτο στιγμιότυπο. Επιπλέον η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφείλεται στο ότι η σύγκριση των δύο πεδίων ετικέτας (της διεύθυνσης κύρια μνήμης και του μπλοκ της κρυφής) δείχνει ότι αυτά δεν ταυτίζονται. Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται γιατί αν η αποτυχία της κρυφής μνήμης οφειλόταν στο ψηφίο εγκυρότητας (V=0), τότε θα ακολουθούσε η λειτουργία της τοποθέτησης και όχι της αντικατάστασης.

Στο υποερώτημα (iii) θα πρέπει να αναφερθεί ότι στην κρυφή μνήμη το μπλοκ με διεύθυνση 1002 περιέχει δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος (V=1). Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται από το πρώτο και το τρίτο στιγμιότυπο. Το περιεχόμενο των άλλων μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν είναι γνωστό, αφού δεν προκύπτει από τα δεδομένα του θέματος.

Στο υποερώτημα (iv) θα πρέπει να αναφερθεί ότι η νέα κατάσταση της κρυφής μνήμης περιέχει στο μπλοκ με διεύθυνση 1002 το νέο μπλοκ δεδομένων το οποίο περιέχει τα περιεχόμενα της διεύθυνσης στην οποία έχει αναφερθεί ο επεξεργαστής. Στο μπλοκ με διεύθυνση 1002 έχει ενημερωθεί το πεδίο ετικέτας και το ψηφίο εγκυρότητας παραμένει ένα (V=1). Μια μονάδα δίνεται σε κάθε υποερώτημα, όταν η απάντηση περιέχει τα βασικά στοιχεία που έχουν περιγραφεί ανωτέρω αλλά δεν είναι

πλήρης. Μισή μονάδα δίνεται, όταν περιέχει μόνο ένα από τα ζητούμενα στοιχεία. Οι μονάδες των υποερωτημάτων αθροίζονται και γίνεται στρογγυλοποίηση προς την πλησιέστερη μονάδα έτσι ώστε ο τελικός βαθμός να είναι ακέραιος.

Θέμα 4.

Η τέταρτο θέμα βαθμολογήθηκε με κλίμακα 0-6 μονάδες. Μια μονάδα δίνεται για κάθε ολοκληρωμένη απάντηση των λειτουργιών που διεξάγονται και του αποτελέσματος που επιφέρουν για κάθε αναφορά του επεξεργαστή σε μια θέση κύριας μνήμης. Μια επιπλέον μονάδα δίνεται, αν ο φοιτητής σχεδιάσει σωστά την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε αναφορά του επεξεργαστή.

Διαδικασία

Η έρευνα έγινε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του μαθήματος Αρχιτεκτονική Υπολογιστών. Αρχικά δόθηκε στους φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα το αρχικό τεστ. Ο χρόνος που είχαν στην διάθεσή τους οι φοιτητές για να απαντήσουν ήταν 2 ώρες. Στη συνέχεια σε τρία επόμενα μαθήματα έγινε διδασκαλία του κεφαλαίου που αναφέρεται στην οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης με βάση το κείμενο Α και οι φοιτητές μπορούσαν να κρατούν σημειώσεις. Στο τέταρτο μάθημα τα τρία κείμενα που δημιουργήθηκαν μοιράστηκαν στους φοιτητές με τυχαίο τρόπο μαζί με το τελικό τεστ. Για την συμπλήρωση των απαντήσεων οι φοιτητές μπορούσαν να συμβουλεύονται τις σημειώσεις που τους έχουν δοθεί. Η διάρκεια συμπλήρωσης του φύλλου ερωτήσεων-ασκήσεων δεν ήταν καθορισμένη αλλά οι φοιτητές χρειάστηκαν περίπου 2 ώρες για την απάντησή τους. Σε τυχόν διευκρινιστικές ερωτήσεις των φοιτητών ο ερευνητής απαντούσε με βάση το κείμενο Α ή τους παρέπεμπε στο κείμενο που τούς είχε δοθεί.

Για τον έλεγχο της διαφοράς στην επίδοση των φοιτητών έγινε διαχωρισμός των φοιτητών και στο προ-τεστ σε τρεις αντίστοιχες ομάδες των 20 ατόμων .

3.11.2 Αποτελέσματα

- **Έλεγχος προϋπάρχουσας γνώσης με το αρχικό τεστ.**

Μεταξύ των τριών ομάδων των φοιτητών που συμμετείχαν στο αρχικό τεστ και για κάθε μια ερώτηση ξεχωριστά, έγινε ένα t-test και τα αποτελέσματά του έδειξαν

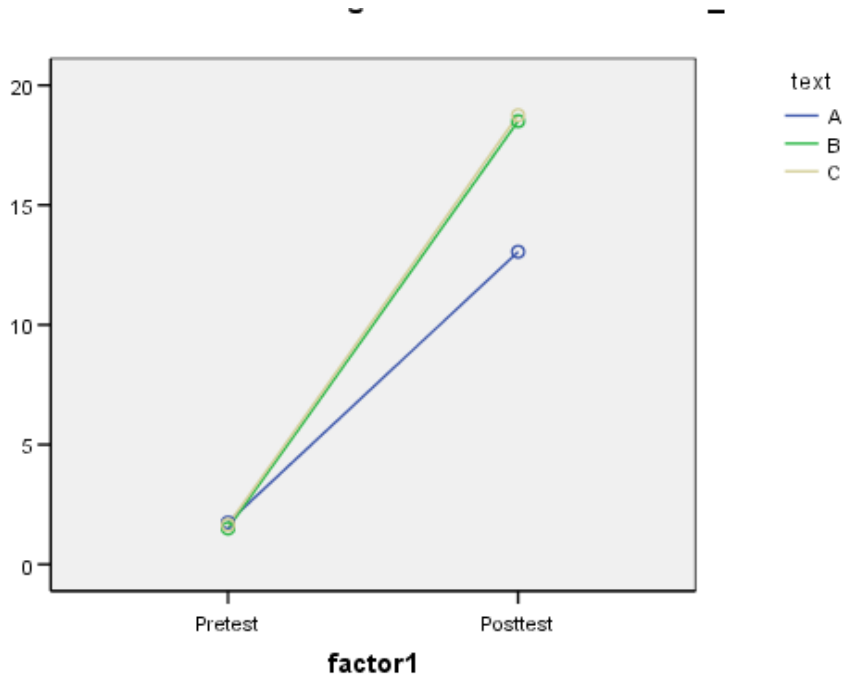
ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών.

- **Συγκρίσεις αποτελεσμάτων**

Στον πίνακα 3.28 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση όλων των ερωτήσεων ανά είδος κειμένου.

Μεταξύ των τριών ειδών κειμένου έγινε ανάλυση one way Anova . Η στατιστική ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά των τριών ειδών κειμένου μεταξύ της επίδοσης των φοιτητών στο αρχικό και το τελικό τεστ (factor1). Συγκεκριμένα $F(1,57)=1227,650$, $p<0,001$. Επίσης η στατιστική ανάλυση δείχνει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αρχικού και τελικού τεστ για κάθε είδος κειμένου (factor1 *text) $F(2,57)=19,697$, $p<0,001$.

Πίνακας 3.28

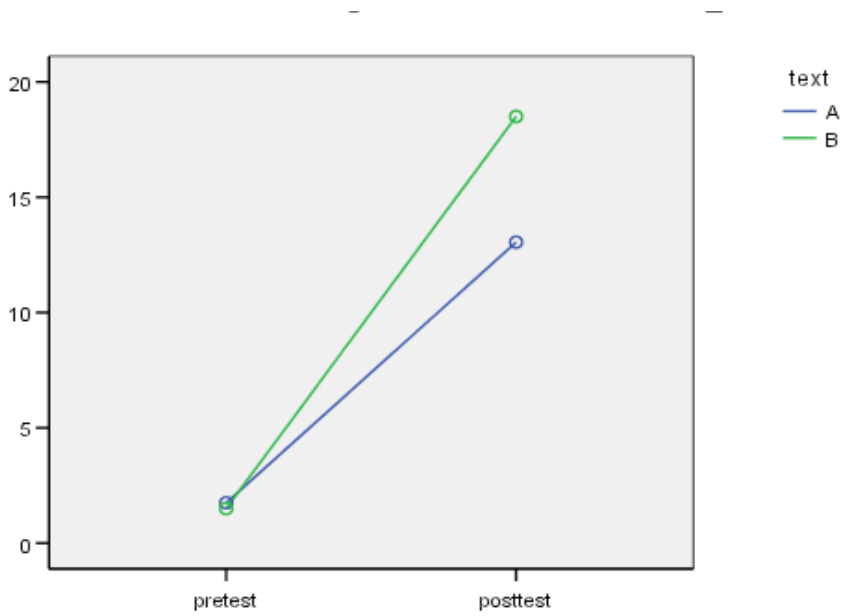


Σχήμα 3.28: Η επίδοση των φοιτητών στο αρχικό και τελικό έλεγχο στα τρία είδη κειμένου (Α,Β,Γ)

Μέσος όρος και τυπική απόκλιση ανά ερώτηση και ανά είδος κειμένου

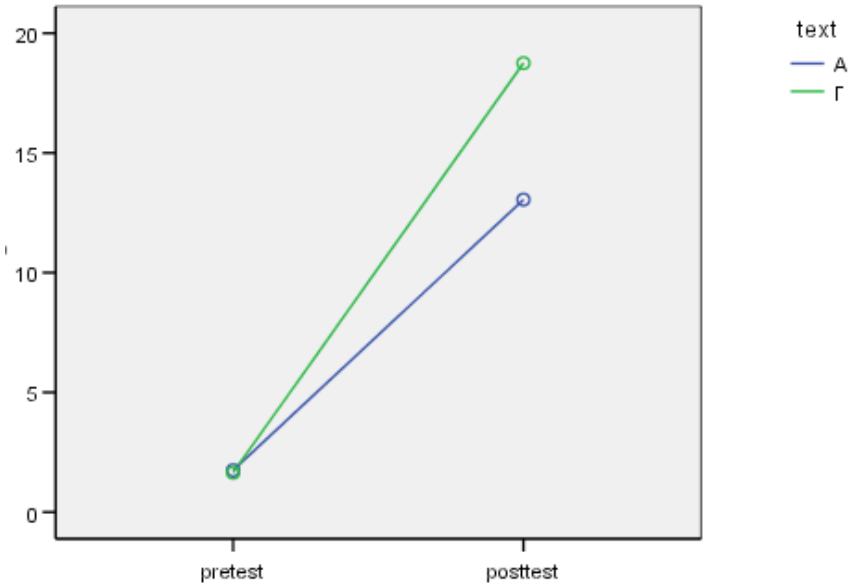
Ερώτηση	Κείμενο Α		Κείμενο Β		Κείμενο Γ	
	pre	post	pre	post	Pre	Post
Θέμα 1 Α1 και Α2	M=0,8 SD=0,9	M=3,4 SD=1,0	M=0,8 SD=0,9	M=4,8 SD=1,1	M=0,7 SD=0,9	M=5,0 SD=1,1
Θέμα 2	M=0,5 SD=0,8	M=3,5 SD=1,1	M=0,3 SD=0,6	M=4,8 SD=1,1	M=0,5 SD=0,9	M=4,7 SD=1,0
Θέμα 3 Γ1 και Γ2	M=0,5 SD=0,7	M=3,3 SD=1,3	M=0,4 SD=0,6	M=4,5 SD=1,3	M=0,5 SD=0,8	M=4,7 SD=1,3
Θέμα 4	M=0,1 SD=0,2	M=2,9 SD=1,1	M=0,1 SD=0,2	M=4,4 SD=1,4	M=0,0 SD=0,0	M=4,4 SD=1,4
Γενικός ΜΟ	M=1,75	M=13,05	M=1,50	M=18,50	M=1,65	M=18,65

Αναλυτικά η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αρχικού και τελικού τεστ για το κείμενο Α και το κείμενο Β, $F(1,38)= 419,427$, $p<0.001$. Βλέπε σχήμα 3.29.



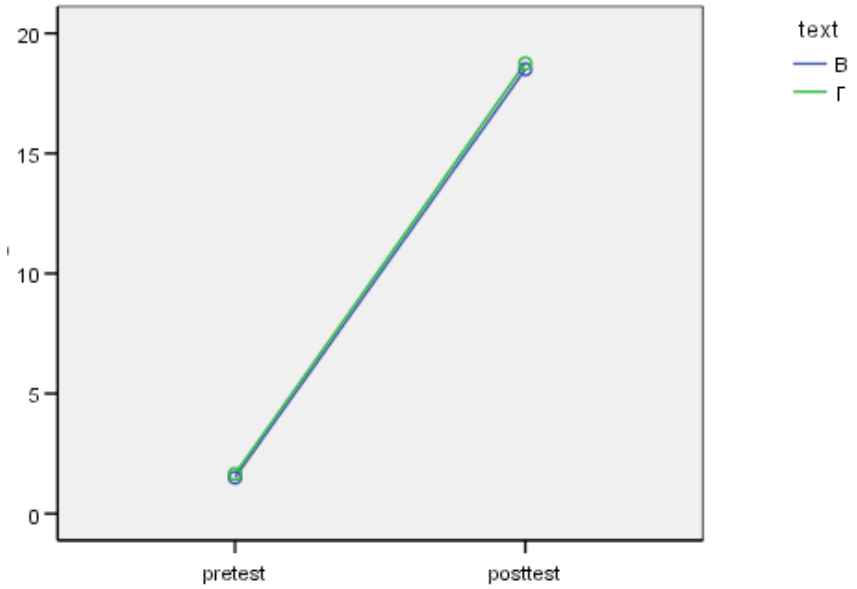
Σχήμα 3.29: Η επίδοση των φοιτητών στο αρχικό και τελικό έλεγχο στα κείμενα Α και Β

Όμοια η ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αρχικού και τελικού τεστ για το κείμενο Α και το κείμενο Γ, $F(1,38)= 464,335$, $p<0.001$ (Βλέπε σχήμα 3.30).



Σχήμα 3.30: Η επίδοση των φοιτητών στο αρχικό και τελικό έλεγχο στά κείμενα Α και Β

Αντίθετα η ανάλυση δείχνει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των αρχικού και τελικού τεστ για το κείμενο Β και το κείμενο Γ, F(1,38)= 0,08, n.s. (Βλέπε σχήμα 3.31).



Σχήμα 3.31: Η επίδοση των φοιτητών μεταξύ αρχικού και τελικού τεστ στά κείμενα Β και Γ

3.11.3 Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαιώνουν την πρώτη υπόθεση της έρευνας ότι το κείμενο που δημιουργήθηκε σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και

λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες των φοιτητών (κείμενο Β), καθώς και το ανατρεπτικό κείμενο (κείμενο Γ) θα βοηθήσουν περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και την λειτουργία της κρυφής μνήμης σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο (κείμενο Α).

Η δεύτερη υπόθεση της έρευνας ότι το ανατρεπτικό κείμενο θα βοηθήσει περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη, σε σχέση με το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών δεν επιβεβαιώθηκε καθώς οι διαφορές που παρουσίασαν οι δύο αντίστοιχες ομάδες των φοιτητών που χρησιμοποίησαν τα δύο είδη κειμένου δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Κεφάλαιο 4

Σχεδίαση και αξιοποίηση αλληλεπιδραστικού εκπαιδευτικού προγράμματος προσομοίωσης

4.1 Προγράμματα προσομοίωσης με χρήση υπολογιστή

Η προσομοίωση ορίζεται ως "η *διαδικασία σχεδίασης του μοντέλου ενός πραγματικού συστήματος και η πραγματοποιήσει πειραμάτων με αυτό το μοντέλο με σκοπό την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος ή/και την αξιολόγηση των διάφορων στρατηγικών για την λειτουργία του συστήματος"*(Shannon, 1975).

Κατά συνέπεια είναι σημαντικό ότι το μοντέλο σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η συμπεριφορά του να μιμείται την συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος σε γεγονότα σου συμβαίνουν στη διάρκεια της λειτουργίας του. Οι όροι *μοντέλο* και *σύστημα* είναι βασικά συστατικά του ορισμού της προσομοίωσής. Με το όρο *μοντέλο* εννοείται μια αναπαράσταση μιας ομάδας αντικειμένων ή ιδεών με κάποια μορφή διαφορετική από αυτή που έχει η πραγματική ομάδα. Με τον όρο *σύστημα* εννοείται μια ομάδα ή μια συλλογή από αλληλοσυσχετιζόμενα στοιχεία που συνεργάζονται για την ολοκλήρωση ενός συγκεκριμένου σκοπού.

Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης με τη χρήση υπολογιστή είναι ένα πρόγραμμα που αναπαριστά μια ρεαλιστική κατάσταση του πραγματικού κόσμου και απαιτεί ενεργή συμμετοχή από τον χρήστη με τη χρήση ερωτήσεων, αποφάσεων και ενεργειών. Επιπλέον παρέχει μια ευκαιρία για την απόκτηση ικανοτήτων, την αποδοχή νέων εννοιών και την απασχόληση με την επίλυση προβλημάτων. (Gorrell, Cuevas, & Downing, 1988; Strickland, & Poe, 1989). Δηλαδή σα προσομοίωση με τη χρήση υπολογιστή δε θεωρούμε μόνο ένα πρόγραμμα που επιτρέπει την αναπαράσταση της λειτουργίας ενός πραγματικού συστήματος, αλλά και τη δυνατότητα πειραματικής χρήσης του για τη μελέτη ενός ή περισσοτέρων προβλημάτων καθώς και για την πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς του πραγματικού συστήματος.

4.1.1 Πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων

Η προσομοίωση με τη χρήση υπολογιστή έχει διάφορα πλεονεκτήματα σε σχέση με τα μαθηματικά μοντέλα για τη μελέτη ενός συστήματος. Μια προσομοίωση είναι πολύ ποιο εύκολο να κατανοηθεί σε σχέση με ένα μαθηματικό μοντέλα. Επιπλέον, μια προσομοίωση μπορεί να είναι ποιο αξιόπιστη επειδή η συμπεριφορά της είναι άμεσα συγκρίσιμη με αυτήν του πραγματικού συστήματος.

Γενικότερα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή είναι:

- Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης μπορεί να επαναληφθεί άμεσα, πολλές φορές και παρέχει στο χρήση άμεση ανατροφοδότηση χωρίς τη φροντίδα για τον κατάλληλο χώρο, χρόνο και τα έξοδα που έχει η χρήση του πραγματικού συστήματος.
- Η προσομοίωση μέσω υπολογιστή επιτρέπει τον καλύτερο χειρισμό του χρόνου εφόσον με αυτή μπορούν τα αναπαρασταθούν καταστάσεις οι οποίες συμβαίνουν σπάνια ή συμβαίνουν τόσο γρήγορα που δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν.
- Μια προσομοίωση μέσω υπολογιστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πειραματική χρήση του συστήματος, την εξέταση νέων διαδικασιών και αποφάσεων χωρίς να αναστατωθούν ή να διακοπούν οι τρέχουσες διαδικασίες στο πραγματικό σύστημα
- Η προσομοίωση μέσω υπολογιστή μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τους παράγοντες που δυσχεραίνουν τη ροή των εργασιών (bottlenecks) και να ελέγξει παραμέτρους που επιτρέπουν την αύξηση της ροής καθώς και να προσδιορίσουμε παραμέτρους που είναι κρίσιμες για την απόδοση του συστήματος
- Επιτρέπουν τον πειραματισμό με νέες και μη κοινές καταστάσεις του συστήματος και την εξερεύνηση καταστάσεων "Εάν … τότε …"
- Οι προσομοιώσεις που βασίζονται σε υπολογιστή μπορούν να αντικαταστήσουν τα πειράματα που χρησιμοποιούν επικίνδυνα υλικά, να μειώσουν το κόστος των πειραμάτων, να παρουσιάσουν μια απλουστευμένη έκδοση της πραγματικότητας με την επικέντρωση στα σημαντικότερα στοιχεία του συστήματος, να αντικαταστήσουν πειράματα στα οποία οι ενέργειες εμφανίζονται πάρα πολύ γρήγορα ή πάρα πολύ αργά και να επιτρέψουν στους σπουδαστές να συλλέξουν γρήγορα ένα πλήθος στοιχείων έτσι ώστε να ελέγξουν τις υποθέσεις τους και να

κατανοήσουν τους μηχανισμούς και την αιτίες των διαδοχικών καταστάσεων που παρουσιάζονται.

- Οι προσομοιώσεις που βασίζονται σε υπολογιστή είναι αποτελεσματικές, αποδοτικές, έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης κινήτρων, εξυπηρετούν την ανάγκη για εξατομικευμένη μάθηση, και αυξάνουν την μετάδοση της μάθησης με τη διδασκαλία σύνθετων εργασιών σε ένα πραγματικό περιβάλλον (Reigeluth, & Schwartz, 1989) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την απόδοση της διδασκαλίας στην τάξη. (Strickland, & Poe, 1989).

4.1.2 Μειονεκτήματα των προσομοιώσεων

- Η διαμόρφωση του προγράμματος προσομοίωσης απαιτεί ειδική εκπαίδευση και προσοχή . Συνεπώς το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ικανότητα του σχεδιαστή.
- Η συγκέντρωση αξιόπιστων δεδομένων εισόδου για την λειτουργίας της προσομοίωσης μπορεί να χρονοβόρα και μερικές φορές τα δεδομένα εισόδου δεν είναι τα πλέον κατάλληλα. Η καλή λειτουργία της προσομοίωσης δεν μπορεί να αντισταθμίσει την είσοδο ανεπαρκών, ακατάλληλων στοιχείων ή λανθασμένων αποφάσεων (Shannon, 1998).

4.2 Η χρήση των προσομοιώσεων μέσω υπολογιστή στη μάθηση εννοιών

Η εισαγωγή των υπολογιστών στην εκπαιδευτική διαδικασία επέτρεψε την ανάπτυξη ενός πλήθους προγραμμάτων προσομοίωσης σχεδόν για κάθε εκπαιδευτικό αντικείμενο αλλά ιδιαίτερα στις θετικές επιστήμες. Η αποδοτικότητα των προγραμμάτων προσομοίωσης στηρίζεται στις ακόλουθες παιδαγωγικές αρχές μάθησης (Βοσνιάδου, 2001)

- **Ενεργή συμμετοχή**. Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης βοηθά τους εκπαιδευομένους να είναι ενεργοί στην διαδικασία μάθησης και να θέτουν στόχους αξιοποιώντας τη φυσική τους διάθεση για διερεύνηση, για κατανόηση νέων πραγμάτων και για μάθηση. (Βοσνιάδου, 2001; Scardamalia, & Bereiter, 1991; Elmore, Peterson, & McCarthy, 1996)
- **Χρήση δραστηριοτήτων που έχουν νόημα**: Η χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης διευκολύνει την ένταξη των δραστηριοτήτων μέσα σε κάποιο

αυθεντικό πλαίσιο που αναπαριστά η προσομοίωση. (Βοσνιάδου, 2001; Brown, Collins, & Duguid, 1989).

- **Αναδόμηση της προϋπάρχουσας γνώσης**: Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης μπορεί να δημιουργήσει τις κατάλληλες συνθήκες μέσα στις οποίες οι εναλλακτικές πεποιθήσεις και εξηγήσεις να μπορούν να εξωτερικευτούν και να εκφραστούν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όταν δίνονται στους εκπαιδευομένους δραστηριότητες και πειράματα που έχουν τη δυνατότητα να τους δείξουν ότι κάποιες από τις ιδέες τους μπορεί να είναι λάθος. Επίσης οι δυνατότητες του προγράμματος προσομοίωσης σε συνδυασμό με τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες θα πρέπει να δημιουργούν συνθήκες μέσα στις οποίες οι εναλλακτικές πεποιθήσεις και εξηγήσεις να μπορούν να εξωτερικευτούν και να εκφραστούν. (Βοσνιάδου, 2001; Carretero, & Voss, 1994); Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Schnotz, Vosniadou, & Carretero, 1999; Vosniadou, & Brewer, 1992)
- **Κατανόηση και όχι απομνημόνευση:** Στόχος των εκπαιδευτών που χρησιμοποιούν ένα πρόγραμμα προσομοίωσης είναι η κατανόηση των αρχών και των διαδικασιών της πραγματικής κατάστασης που προσομοιώνεται. Μέσω του προγράμματος προσομοίωσης ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να σκεφτούν τι κάνουν, να το διευκρινίσουν, να δουν πως εφαρμόζονται οι διαδικασίες σε πολλές περιπτώσεις να εντοπίσουν ομοιότητες και διαφορές να συγκρίνουν να αντιπαραβάλουν και να δημιουργούν αναλογίες. (Halpern, 1992; Resnick, & Klopfer, 1989; Perkins, 1992).
- **Ανάπτυξη της αυτορρύθμισης και του αναστοχασμού:** Μέσω του χειρισμού του προγράμματος προσομοίωσης ο εκπαιδευόμενος αποκτά την ικανότητα να παρακολουθεί τη δική του μάθηση να κατανοεί πότε κάνει λάθη και να ξέρεις πώς να τα διορθώνει. Μέσω της αυτορρύθμισης και του αναστοχασμού ο εκπαιδευόμενος αναπτύσσει ειδικές στρατηγικές που τον βοηθούν να αξιολογεί τη μάθησή του, να ελέγχει την κατανόηση του και να διορθώνει τα λάθη που πραγματοποιεί. Επίσης τον βοηθούν να ελέγχει τον τρόπο σκέψης του (Γιατί κάνω αυτό που κάνω; Πόσο καλά το κάνω; Τι απομένει να κάνω; κλπ.). (Βοσνιάδου, 2001; Brown, 1975; Boekaerts, Pintrich, & Zeidner, 2000; Marton, & Booth, 1997)

Επίσης η εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων με χρήση υπολογιστών μπορεί να εξηγηθεί χρησιμοποιώντας τη θεωρία διπλής-κωδικοποίησης του Paivio (Eysenck & Keane, 2000), η οποία υποστηρίζει ότι οι εκπαιδευόμενοι καταχωρούν τις πληροφορίες που δέχονται στη λειτουργική μνήμη τους είτε σαν λεκτικές είτε σαν οπτικές (εικονογραφικές) νοητικές αναπαραστάσεις. Η εκπαιδευτική ανωτερότητα των εικόνων πέρα από τις λέξεις βρίσκεται στην υπόθεση ότι ενώ οι λέξεις κωδικοποιούνται προφορικά, οι εικόνες κωδικοποιούνται και οπτικά και προφορικά. Κατά συνέπεια υπάρχει καλύτερη ανάκληση των εικόνων επειδή κωδικοποιούνται με διπλό τρόπο. Ακόμα και αν μια από τις νοητικές αναπαραστάσεις χαθεί η άλλη είναι ακόμα διαθέσιμη.

Οι Hurwitz, Abegg και Garik (1999) ερεύνησαν τον τρόπο με τον οποίο μια διδασκαλία η οποία χρησιμοποιεί αλληλεπιδραστικές προσομοιώσεις με χρήση υπολογιστών αλλάζει την κατανόηση των σπουδαστών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην χημεία και ιδιαίτερα στη δομή των ατόμων. Οι ερευνητές συνέκριναν την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας πχ. Παράδοση – εργαστήριο με την μέθοδο της ανακάλυψης με χρήση ενός προγράμματος προσομοίωσης και επιλεγμένων δραστηριοτήτων. Διαπίστωσαν βελτίωση της μάθησης των μαθητών καθώς και αύξηση της αντίληψης για την πραγματική δομή των ατόμων. Παράλληλα διαπίστωσαν διαπίστωσαν δυσκολίες στο χειρισμό των μοντέλων των ατόμων μέσα από το πρόγραμμα προσομοίωσης..

Οι Jimoyiannis, Mikropoulos και Ravanis (2000) ερεύνησαν την επίδραση των προγραμμάτων προσομοίωσης στις αντιλήψεις των σπουδαστών γύρω από τις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Εντόπισαν ότι οι σπουδαστές έχουν συγκεκριμένες δυσκολίες και παρανοήσεις γύρω από τις έννοιες της θέσης, της ταχύτητας, τη στιγμιαία μέση ταχύτητα και την επιτάχυνση. Στη συνέχεια αξιολόγησαν τη χρήση συγκεκριμένων προσομοιώσεων που δημιούργησαν με το πρόγραμμα Interactive Physics, στην κατανόηση απλών φαινομένων κινηματικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα προγράμματα προσομοίωσης μπορούν να βοηθήσουν τους σπουδαστές στην οικοδόμηση επιστημονικών αντιλήψεων γύρω από αυτές τις έννοιες της κινηματικής.

Όμοια οι Jimoyiannis και Komis (2001) μελέτησαν δύο ομάδες μαθητών 15-16 ετών (Ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα) για να καθοριστεί ο ρόλος των προσομοιώσεων στην ανάπτυξη της λειτουργικής κατανόησης στις έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης στις βολές. Και στις δύο ομάδες έγινε παραδοσιακή διδασκαλία

αυτών των εννοιών στην τάξη. Η πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε επιπλέον το πρόγραμμα Interactive Physics στο εργαστήριο. Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές που εργάστηκαν με το πρόγραμμα προσομοίωσης επέτυχαν πολύ καλύτερα αποτελέσματα στις εργασίες που τους δόθηκαν. Τα συμπεράσματα αυτά συμφωνούν με παλαιότερες έρευνες γύρω από τη βελτίωσης της απόδοσης των σπουδαστών που χρησιμοποιούσαν προγράμματα προσομοίωσης (Fortnet, Shar, & Mayer, 1986; Collet & Shiffler, 1985).

Οι DeNardo και Pyzdrowski (1994) μελέτησαν τη χρήση τριών προγραμμάτων προσομοίωσης πάνω στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών και την επίδραση που είχαν στην κατανόηση των σπουδαστών. Το πρώτο πρόγραμμα ήταν ένα απλοποιημένο αλληλεπιδραστικό πρόγραμμα προσομοίωσης το οποίο μπορούσε να δεχθεί προγράμματα γραμμένα από τους σπουδαστές και να τα εκτελέσει. Το δεύτερο πρόγραμμα προσομοίωνε τη ροή των δεδομένων στο επίπεδο μηχανής και το τρίτο προσομοίωνε την σειρά εκτέλεσης των εντολών ενός προγράμματος. Η αξιολόγηση έγινε σε τρεις ομάδες μαθητών ανάλογα με τις επιδόσεις τους στο σχολείο – χαμηλής - μέσης και υψηλής απόδοσης. Το συμπεράσματα τους έδειξαν ότι χρήση των προγραμμάτων προσομοίωσης ωφέλησε τους μαθητές και ειδικότερα εκείνους που συμμετείχαν στις ομάδες μέσης και χαμηλής απόδοσης. Το κέρδος για την ομάδα υψηλής απόδοσης δεν ήταν σημαντικό γιατί οι μαθητές αυτή ξεκινούσαν "από ψηλά" και έτσι είχαν περιορισμένη δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης. και εξομοίωσε τις επιδόσεις των τριών ομάδων σπουδαστών

Οι Yehezkel, Yurcik και Pearson (2001) χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα προσομοίωσης EasyCPU για την διδασκαλία της αρχιτεκτονικής υπολογιστών. Το EasyCPU (Easycpu, 2001) είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης το οποίο μπορεί να εκτελεστεί σε προσωπικούς υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Windows. Το πρόγραμμα αυτό προσομοιώνει την λειτουργία ενός απλοποιημένου επεξεργαστή τύπου Intel 80X86 και παρέχει στους σπουδαστές τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάπτυξη μικρών προγραμμάτων σε γλώσσα Assembly. Το πρόγραμμα αυτό έχει αναπτυχθεί ειδικά για εκπαιδευτικούς σκοπούς στα πλαίσια ενός εισαγωγικού μαθήματος στην αρχιτεκτονική των υπολογιστών και στη γλώσσα Assembly. Το πρόγραμμα αυτό από το 1995 που χρησιμοποιείται έχει δοκιμαστεί σε πάνω από 2000 τελειόφοιτους σπουδαστές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι σπουδαστές που χρησιμοποίησαν το περιβάλλον του EasyCPU πέτυχαν καλύτερους βαθμούς σε εξετάσεις εργαστηρίου σε σχέση με τους

βαθμούς που πέτυχαν σπουδαστές που χρησιμοποιούσαν το πρόγραμμα Turbo Assembler.

Οι Yehezkel, Yurcik και Pearson (2001) μελέτησαν επίσης την επίδραση που έχει σε σπουδαστές η χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Little Man Computer (LMC, 2001). Το πρόγραμμα αυτό παρέχει μια οπτικοποίηση όλων των τμημάτων ενός υπολογιστή κατά την διάρκεια ανάκλησης και εκτέλεσης εντολών. Διαπίστωσαν ότι το περιβάλλον του LMC παρέχει σπουδαστές χωρίς υπερβολική βοήθεια τη δυνατότητα να εξετάσουν τις βασικές αρχές της αρχιτεκτονικής Von Neumann.

4.3 Προγράμματα προσομοίωσης για την διδασκαλία της εσωτερικής δομής και λειτουργίας των υπολογιστών

Μετά από έρευνα στο Internet και στη διαθέσιμη βιογραφία εντοπίστηκαν πολλά προγράμματα προσομοίωσης που σχετίζονται με την εσωτερική δομή και λειτουργία των υπολογιστών. Τα προγράμματα που βρέθηκαν έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιέχει προγράμματα προσομοίωσης που απευθύνονται σε φοιτητές που είναι αρχάριοι και για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με τον τρόπο που λειτουργεί ο υπολογιστής. Τα προγράμματα αυτά είναι σχετικά απλά στη δομή και τη χρήση τους, παρουσιάζουν απλοποιημένη τη λειτουργία των εσωτερικών μονάδων του συστήματος που προσομοιώνουν. Το μειονέκτημα που έχουν είναι ότι δεν καλύπτουν πλήρως την λειτουργία του συστήματος που προσομοιώνουν. Για παράδειγμα ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ενός επεξεργαστή δεν διαθέτει ένα πλήρες σύνολο εντολών αλλά μόνο ορισμένες βασικές εντολές.

Προγράμματα προσομοίωσης που απευθύνονται σε αρχάριους χρήστες	
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Η Αναλυτική Μηχανή του Babbage http://www.fourmilab.ch/babbage/applet.html (John Walker/Fourmilab Switzerland)	Πρόγραμμα με τη μορφή ενός Java applet που προσομοιώνει έναν από τους πρώτους μηχανικούς υπολογιστές που ήθελε να δημιουργήσει ο Charles Babbage με όνομα Αναλυτική Μηχανή. Η προσομοίωση είναι σε επίπεδο γλώσσας μηχανής.
CASLE (Compiler/Architecture Simulation for Learning and Experience) http://shay.ecn.purdue.edu/~casle/ (Purdue University)	Με χρήση γλώσσας HTML και CGI scripts το πρόγραμμα αυτό προσομοιώνει τις διαδικασίες μεταγλώττισης. Η είσοδος των δεδομένων γίνεται σε γλώσσα C η οποία μετατρέπεται σε γλώσσα μηχανής. Το πρόγραμμα εμφανίζει το περιεχόμενο της μνήμης καθώς και των καταχωρητών.

CPU/Disk Subsystem http://www.cis.ufl.edu/~fishwick/CPUDisk/ (Paul Fishwick/U Florida)	Μια web-based προσομοίωση της επικοινωνίας ενός επεξεργαστή με σκληρούς δίσκους μέσω ενός δικτύου υπολογιστών. Στο δίκτυο αυτό η εξυπηρετητής αντιπροσωπεύει τον επεξεργαστή και άλλοι υπολογιστές τους δίσκους του υπολογιστή.
CPU SIM http://www.cs.colby.edu/~djskrien/ (Dale Skrien/Colby College)	Προσομοίωση λειτουργίας ενός επεξεργαστή τύπου Macintosh (MC680X0 ή PowerPC).
CPU Simulator applet http://www.cs.gordon.edu/courses/cs111/module6/cpusim/cpusim.html (Irvin Levy/Gordon College)	Πρόγραμμα προσομοίωσης που παρουσιάζει με οπτικό τρόπο τα σήματα μεταξύ των βασικών συστατικών ενός υπολογιστή. Είναι δυνατή η αναπαράσταση σε συμβολικό και σε δυαδικό σύστημα.
EasyCPU http://www.cteh.ac.il/departments/education/cpu.html (Cecile Yehezkel/Weizman Institute of Science)	Προσομοίωση σε λειτουργικό σύστημα Windows της λειτουργίας ενός επεξεργαστή με ένα απλοποιημένο συνόλου εντολών του επεξεργαστή Intel 80X86.
Little Man Computer www.acs.ilstu.edu/faculty/javila/lmc/ (Bill Yurcik and Larry Brumbaugh/Illinois State U.)	Προσομοίωση του υπολογιστή Little Man Computer του Madnick που αναπτύχθηκε στο MIT (1965). Δέχεται κώδικα assembly και επιτρέπει τη επίδειξη της εκτέλεσής του βήμα προς βήμα εμφανίζοντας τα περιεχόμενα της μνήμης και των καταχωρητών.
Simple Computer http://beachstudios.com/sc/ (Beach Studios) (Saddleback College και Cal State Fullerton)	Προσομοίωση που βασίζεται σε Javascript της γλώσσας μηχανής και του συσσωρευτή ενός απλού υπολογιστή. Στο πρόγραμμα εμφανίζονται τα περιεχόμενα του συσσωρευτή του καταχωρητή εντολών (IR - Instruction Register), του απαριθμητή εντολών (Program Counter) και της μνήμης.
CPU Simulator for Windows http://www.spasoft.co.uk/cpusim.html (SPA Corp.)	Προσομοίωση σε περιβάλλον Windows ενός επεξεργαστή που βασίζεται σε συσσωρευτή σε επίπεδο εντολών. Στο πρόγραμμα εμφανίζονται τα περιεχόμενα του συσσωρευτή του καταχωρητή εντολών (IR - Instruction Register), του απαριθμητή εντολών (Program Counter) και οι διευθύνσεις της μνήμης.

Πίνακας 4.1 : Απλά προγράμματα προσομοίωσης

Η δεύτερη ομάδα προγραμμάτων προσομοίωσης απευθύνεται σε περισσότερο έμπειρους χρήστες και χρησιμοποιούνται για την διδασκαλία δύο γενικών θεμάτων που σχετίζονται με τις λειτουργίες ενός επεξεργαστή:

- Την αρχιτεκτονική του συνόλου εντολών (Instruction Set Architecture) όπως εμφανίζεται από την πλευρά του προγραμματιστή και
- Την μικροαρχιτεκτονική (microarchitecture).

Τα προγράμματα εμφανίζουν το περιεχόμενο της μνήμης, το περιεχόμενο των καταχωρητών, του καταχωρητή εντολών (IR) και του μετρητή προγράμματος (PC) σε

κάθε εκτέλεση εντολής. Τα προγράμματα αυτά προσομοιώνουν περισσότερα ρεαλιστικά τους επεξεργαστές και το σύνολο εντολών που χρησιμοποιούν είναι περισσότερο πλήρες από το αντίστοιχο που χρησιμοποιούσε η πρώτη κατηγορία προγραμμάτων προσομοίωσης. Η δεύτερη ομάδα προγραμμάτων προσομοίωσης μπορεί να διαχωριστεί σε ***Προγράμματα Προσομοίωσης σε επίπεδο συνόλου εντολών (Instruction-level Simulators)*** καθώς και σε ***Προγράμματα προσομοίωσης Μικρο-αρχιτεκτονικής (Microarchitecture)***

Προγράμματα Προσομοίωσης σε επίπεδο συνόλου εντολών (Instruction-level Simulators)	
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**
LC2 Simulator http://www.mhhe.com/patt/	Το πρόγραμμα LC2 αποτελεί μια προσομοίωση η οποία συνοδεύει το βιβλίο των Patt και Patel (2000) Introduction to Computer Systems. Υπάρχουν διαθέσιμες εκδόσεις του προγράμματος για τα λειτουργικά συστήματα UNIX και Windows ενώ επιπρόσθετα υπάρχει στο Internet και το εγχειρίδιο χρήσης του προσομοιωτή.
SPIM http://www.cs.wisc.edu/~larus/spim.html (James Larus/U Wisconsin-Microsoft Research)	Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης για τη γλώσσα assembly του επεξεργαστή MIPS (R2000/R3000). Το πρόγραμμα έχει μια πολύ απλή διεπαφή χρήστη τύπου γραμμής εντολών καθώς και ένα γραφικό περιβάλλον τύπου windows. Υπάρχουν διαθέσιμες εκδόσεις για λειτουργικά UNIX, LINUX, MS/DOS, και Windows. Χρησιμοποιείται συνήθως μαζί με το βιβλίο των Patterson and Hennessy (2000).
SPIMSAL www.cs.wisc.edu/~larus/spim.html (James Larus/U Wisconsin-Microsoft Research)	Το SPIMSAL είναι μια παλιότερη έκδοση του SPIM το οποίο τρέχει κάτω από Windows 3.1 και σε υπολογιστές Macintoshs. Η ιστοσελίδα SPIM έχει ένα σύνδεσμο στο αρχείο zip SPIMSAL. Το πρόγραμμα Spimsal είναι μια προηγμένη προσομοίωση γλώσσας assembly του επεξεργαστή MIPS (R2000/R3000) η οποία περιλαμβάνει εντολές από μνήμη σε μνήμη (memory-to-memory).
THRSim11 http://www.hc11.demon.nl/thrsim11/thrsim11.htm (Harry Broeders/Rijswijk Inst. of Technology)	Μια προσομοίωση σε επίπεδο συνόλου εντολών του μικροεπεξεργαστή Motorola 68HC11A8. Το πρόγραμμα εμφανίζει όλους τους καταχωρητές, τη μνήμη και τις θύρες (ports). Το πρόγραμμα τρέχει σε περιβάλλον Windows και διαθέτει γραφικό περιβάλλον.

Microprocessor Simulator http://www.softwareforeducation.com/simulator.htm (Software for Education)	Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης του συνόλου εντολών για τον επεξεργαστή Intel 8086. Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας απλών προγραμμάτων σε γλώσσα assembly. Κατά την εκτέλεση αυτών των προγραμμάτων εμφανίζονται όλες οι ενημερώσεις που γίνονται στους καταχωρητές, ο δείκτης εντολών και το περιεχόμενο της κύριας μνήμης.

Πίνακας 4.2 : Προγράμματα προσομοίωσης σε επίπεδο συνόλου εντολών

Προγράμματα προσομοίωσης Μικρο-αρχιτεκτονικής (Microarchitecture)	
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**
Mic-1 Simulator http://www.ontko.com/mic1/ (Ray Ontko και Dan Stone με συμβουλές του Andrew S. Tanenbaum)	Το Mic1 είναι ένα πρόγραμμα που υλοποιεί την μικροαρχιτεκτονική Mic-1 η οποία περιγράφεται στο 4° κεφάλαιο του βιβλίου του Tanenbaum *Structured Computer Organization, Fourth Edition* (Prentice-Hall, 1998) (1998). Υπάρχουν εκδόσεις για τα λειτουργικά συστήματα Unix και Windows καθώς και πλήρες εγχειρίδιο χρήσης.
Micro Architecture http://www.kagi.com/fab/msim.html (Fabrizio Oddone) (used at Earlham College)	Το πρόγραμμα MicroArchitecture προσομοιώνει ένα μικροπρογραμματιζόμενο επεξεργαστή παρόμοιο με αυτόν που χρησιμοποιεί Tanenbaum (1999). Το πρόγραμμα τρέχει σε υπολογιστές Apple Macintosh με λειτουργικό System 7.
MIPSim http://mouse.vlsivie.tuwien.ac.at/lehre/rechnerarchitekturen/download/Simulatoren/ (Institut fuer Technische Informatik)	Ένα απλό πρόγραμμα προσομοίωσης για επεξεργαστή που χρησιμοποιεί την τεχνική της σωλήνωσης βασισμένος στο βιβλίο των Hennessy and Patterson, Computer Architecture (1996). Οδηγίες εγκατάστασης στο αρχείο MIPSim.txt. Τα σχόλια είναι σε Γερμανική γλώσσα.

Πίνακας 4.3: Προγράμματα προσομοίωσης Μικρο-αρχιτεκτονικής

Η Τρίτη κατηγορία προγραμμάτων προσομοίωσης της των λειτουργιών ενός επεξεργαστή προσομοιώνουν με ακρίβεια τις λειτουργίες ενός πραγματικού επεξεργαστή, έτσι είναι περισσότερο πολύπλοκοι από αυτούς της δεύτερης κατηγορίας και παρουσιάζουν πολυπλοκότητα παρόμοια με αυτή που έχουν οι πραγματικοί επεξεργαστές. Ασχολούνται με θέματα αιχμής όπως ή εκτέλεση εντολών μέσω σωλήνωσης και η παραλληλία σε επίπεδο εντολών.

Προηγμένοι Προσομοιωτές Μικροαρχιτεκτονικής	
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Προηγμένοι Προσομοιωτές Μικροαρχιτεκτονικής DLXsim www.mkp.com/books_catalog/ca/hp2e_res.htm (DLX Processor από το βιβλίο Computer Architecture των Hennessy and Patterson (1996))	Το πρόγραμμα αποτελεί ένα μη γραφικό προσομοιωτή σωλήνωσης του συνόλου εντολών του DLX που χρησιμοποιείται στο βιβλίο Computer Architecture των Hennessy and Patterson (1996). Το πρόγραμμα δέχεται κώδικα σε γλώσσα assembly και προσομοιώνει την εκτέλεσή του σε ένα υπολογιστή DLX.
DLXview http://yara.ecn.purdue.edu/~teamaaa/dlxview/ (Purdue)	Ένα τροποποιημένο πρόγραμμα προσομοίωσης με περισσότερες δυνατότητες από το DLXsim το οποίο διαθέτει ένα γραφικό διαδραστικό περιβάλλον. Περιλαμβάνει επιπρόσθετα πρωτόκολλα χρονοπρογραμματισμού και χρονισμού για μια ρεαλιστική αναπαράσταση καθώς και αξιολόγηση απόδοσης.
RSIM http://www-ece.rice.edu/~rsim/ (Rice)	Το πρόγραμμα προσομοίωσης RSIM παρουσιάζει δύο σύγχρονα θέματα αρχιτεκτονικής. Επεξεργαστές που υλοποιούν παραλληλισμό σε επίπεδο εντολής (Instruction Level Parallelism) και πολυεπεξεργαστές που χρησιμοποιούν διαμοιραζόμενη μνήμη. Το RSIM προσομοιώνει πολύ σύγχρονους επεξεργαστές τύπου ILP και SMP χρησιμοποιώντας ένα πολύ λεπτομερές και ακριβές πρόγραμμα προσομοίωσης. Το πρόγραμμα εκτελείται σε περιβάλλον Unix.
SimOS http://simos.stanford.edu/ (Stanford)	Το SimOS προσομοιώνει τη λειτουργία του επεξεργαστή της κρυφής μνήμης, αρτηρίες μνήμης, συσκευές δίσκων, θύρες δικτύου καθώς και άλλες συσκευές. Υπάρχουν εκδόσεις για όλα τα λειτουργικά συστήματα.
SimpleScalar http://www.simplescalar.org/ (Todd Austin, Wisconsin)	Το πρόγραμμα SimpleScalar περιέχει ένα σύνολο εργαλείων μεταγλωτιστής, συνδέτης προσομοιωτής και ένα εργαλείο οπτικοποίησης. Το πρόγραμμα προσομοίωσης ποικίλει από έναν υψηλού επιπέδου προσομοίωση μέχρι μια λεπτομερή αναπαράσταση της μνήμης cache. Το πρόγραμμα εκτελείται σε περιβάλλον Unix.

Πίνακας 4.4 : Προηγμένα προγράμματα προσομοίωσης

4.4 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης

Με σκοπό να καθορίσουμε τις σχεδιαστικές αρχές ενός προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης πραγματοποιήσαμε αναζήτηση και αξιολόγηση σχετικών προγραμμάτων. Τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση και αξιολόγησή τους είναι:

- Η δυνατότητα χρήσης πραγματικών μεγεθών (κύριας μνήμης, κρυφής μνήμης, μέγεθος μπλοκ) καθώς και η δυνατότητα παραμετροποίησης των σχετικών μεγεθών.
- Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης που προσομοιώνονται.
- Να είναι ελεύθερα διαθέσιμο μέσω του Internet
- Να μπορεί να εκτελεστεί μέσω Internet
- Να απευθύνεται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση

Η αναζήτηση στο Internet και τη σχετική βιβλιογραφία εντόπισε τα παρακάτω προγράμματα προσομοίωσης της κρυφής μνήμης (Grigoriadou & Kanidis, 2003):

1) Προγράμματα του Πανεπιστημίου της Αιόβα.
2) Προγράμματα του πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης
3) Ένα Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου.

Επίσης υπάρχουν διαθέσιμα στο Internet αυτόνομα προγράμματα προσομοίωσης της κρυφής μνήμης τα οποία δεν μπορούν να εκτελεστούν από απόσταση μέσω του Internet. Ο χρήστης θα πρέπει να τα εγκαταστήσει στο δικό του υπολογιστή.

Τα προγράμματα αυτά είναι:

CACTI Cache Access, Cycle Time Information model

http://research.compaq.com/wrl/people/jouppi/CACTI.html

Ένα αναλυτικό αυτόνομο πρόγραμμα προσομοίωσης για τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης με μειονέκτημα ότι υποστηρίζει μόνο κρυφή μνήμη τύπου άμεσης αντιστοίχησης και συνολοσυσχετιστική.

Dinero http://www.cs.wisc.edu/~markhill/DineroIV/

Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης σε περιβάλλον Unix με δυνατότητα ορισμού της αρχιτεκτονικής της κρυφής μνήμης, επιλογής πολιτικής αντικατάστασης. Ιδιαίτερα αξιόλογη είναι η δυνατότητα παροχής συγκριτικών στατιστικών στοιχείων.

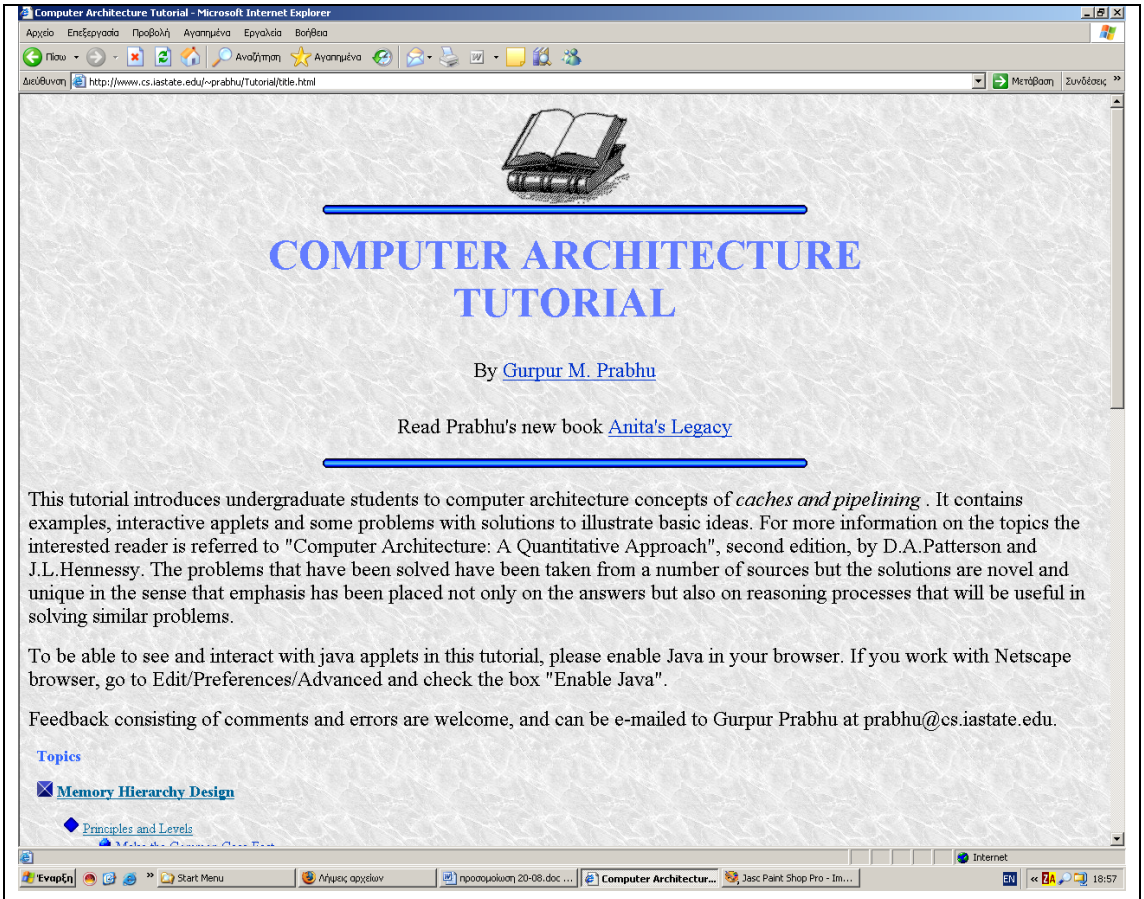
Cache Simulator http://www.ece.gatech.edu/research/labs/reveng/cachesim/
Ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της λειτουργίας της κρυφής μνήμης το οποίο επικεντρώνεται κυρίως στην αποτελεσματικότητα των διαφόρων τύπων οργάνωσης της κρυφής μνήμης

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζονται και αξιολογούνται αναλυτικά τα προγράμματα προσομοίωσης της λειτουργίας της κρυφής μνήμης που υλοποιήθηκαν σε ξένα Πανεπιστήμια, όπως στο Πανεπιστήμιο της Αιόβα, στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης και στο Πανεπιστήμιο του Εδιμβούργου (Grigoriadou & Kanidis, 2003).

4.4.1 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου της Αιόβα

Το τμήμα «Επιστήμης των Υπολογιστών» του Πανεπιστημίου της Αιόβα, υλοποίησε σε περιβάλλον Διαδικτύου εκπαιδευτικό υλικό το οποίο περιέχει κείμενο θεωρίας, παραδείγματα ασκήσεων και προγράμματα προσομοίωσης σε java applet των λειτουργιών της κρυφής μνήμης, και των σωληνώσεων με σκοπό να βοηθηθούν οι φοιτητές του τμήματος στην κατανόηση εννοιών σχετικών με την αρχιτεκτονική των υπολογιστών (σχήμα 4.5). Το εκπαιδευτικό υλικό είναι διαθέσιμο στη σελίδα http://www.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/title.html

Το πρώτο μέρος του υλικού αναφέρεται στην ιεραρχία μνήμης και καλύπτει τις βασικές αρχές που ακολουθεί η λειτουργία όλων των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Σε ορισμένες από τις λειτουργίες αυτές επιπρόσθετα υπάρχουν διαθέσιμα προγράμματα προσομοίωσης με τη μορφή java applets. Τα προγράμματα αυτά παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους



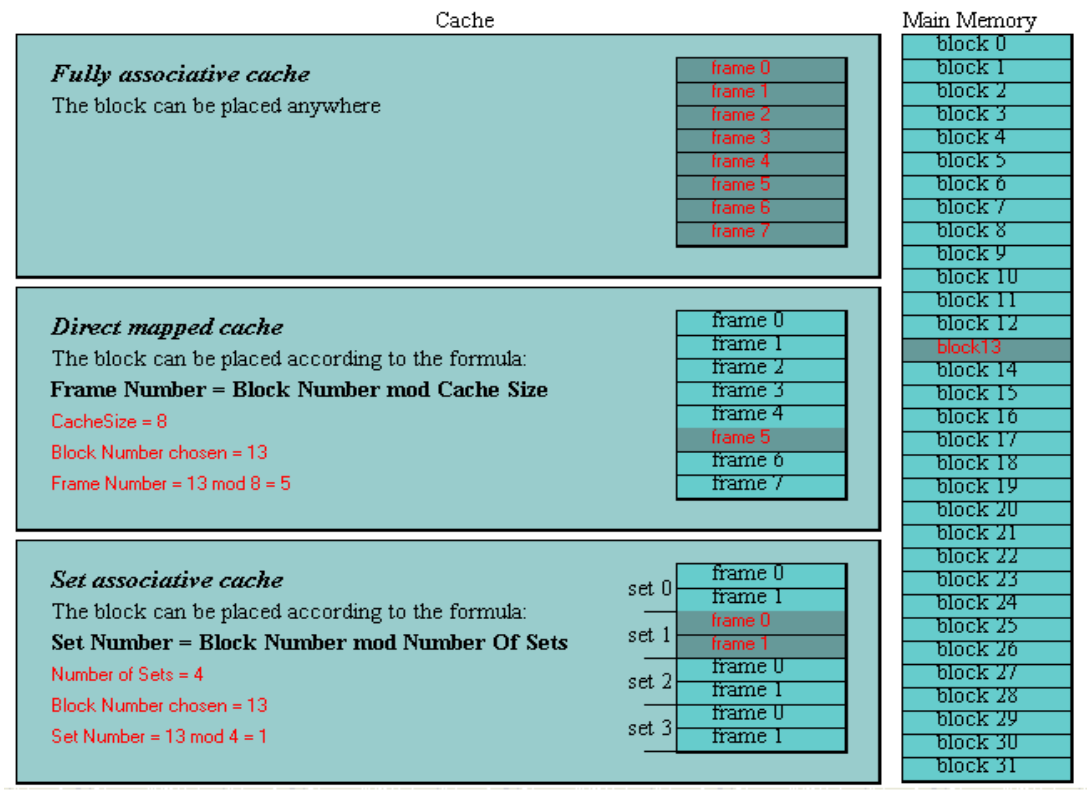
ΣΧΗΜΑ 4.5: Εκπαιδευτικό υλικό του Πανεπιστημίου της Αϊόβα για την αρχιτεκτονική υπολογιστών. Στο υλικό περιλαμβάνονται προγράμματα προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης

1. **Πρόγραμμα αντιστοίχησης διευθύνσεων μπλοκ**:

Στη διεύθυνση http://www.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/CACHE/bl_place_applet.html απεικονίζονται τρεις Κρυφές Μνήμες των 8 μπλοκ η κάθε μια διαφορετικής οργάνωσης και μια κύρια μνήμη των 32 μπλοκ (σχήμα 1.2). Οι τρεις Κρυφές μνήμες είναι τύπου Πλήρως Συσχετιστική, Άμεσης Αντιστοίχησης και Συνολοσυσχετιστική 2 δρόμων. Ο χρήστης έχει δύο δυνατότητες επιλογής:

- Την επιλογή ενός μπλοκ από κάποια αναπαράσταση της κρυφής μνήμης (Πλήρως Συσχετιστική, Άμεση Αντιστοίχησης ή Συνολοσυσχετιστική).
  - Το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη ποια μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν στο επιλεγμένο μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Κάποιο από τα μπλοκ της κύριας μνήμης.

– Το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη σε πιο μπλοκ ή σύνολο της κρυφής μνήμης μπορεί να τοποθετηθεί το μπλοκ της κύριας μνήμης για κάθε μια από τις οργανώσεις της κρυφής μνήμης (σχήμα 4.6).



ΣΧΗΜΑ 4.6: Τοποθέτηση μπλοκ κρυφής μνήμης (των 8 μπλοκ) στο κατάλληλο μπλοκ κύριας μνήμης (των 32 μπλοκ) και αντίστροφα, για κάθε οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Συνολοσυσχετιστική, Πλήρως Συσχετιστική).

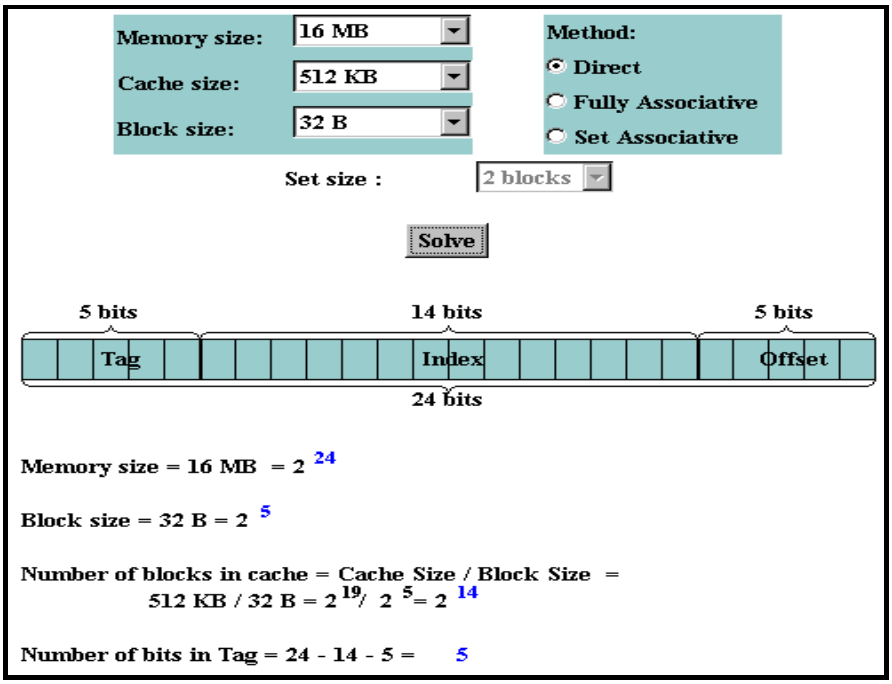
2. **Πρόγραμμα τμηματοποίησης διεύθυνσης κύριας μνήμης**:

Στη διεύθυνση http://www.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/CACHE/bl_ident_applet.html υπάρχει πρόγραμμα προσομοίωσης οποίο υπολογίζει τον αριθμό των ψηφίων που αποτελούν το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας μιας (μη καθοριζόμενης) διεύθυνσης της κύριας μνήμης (σχήμα 4.7). Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης επιλέγει:

- Το μέγεθος της κύριας μνήμης (256KB, 512KB, 1MB, 2MB, 4MB, 8MB ή 16MB).
- Το μέγεθος της κρυφής μνήμης (64KB, 128KB, 256KB ή 512KB).
- Το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης (8B, 16B ή 32B).

- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Πλήρως Συσχετιστική, Συνολοσυσχετιστική 2 / 4 ή 8 δρόμων).

Με τη βοήθεια του προγράμματος προσομοίωσης ο χρήστης μπορεί να πειραματιστεί για διάφορα μεγέθη της κύριας μνήμης, της κρυφής μνήμης και του μπλοκ της κρυφής μνήμης και να δει πως υπολογίζεται το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης.



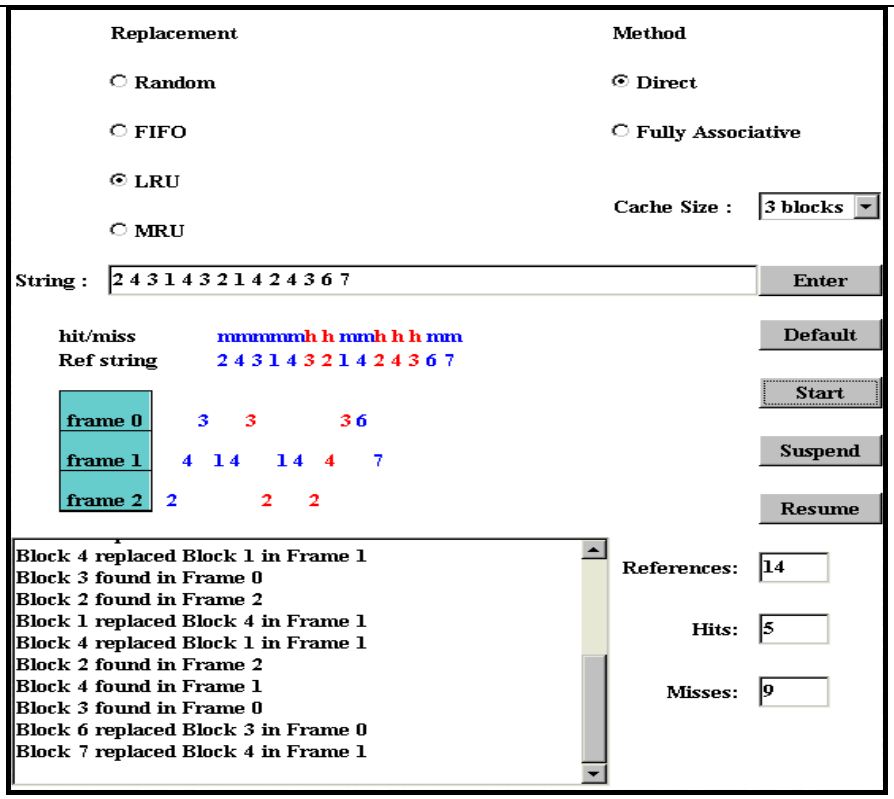
ΣΧΗΜΑ 4.7: Υπολογισμός αριθμού ψηφιών για το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης, ανάλογα με το μέγεθος της κύριας μνήμης, το μέγεθος της κρυφής μνήμης, το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης και την οργάνωση της κρυφής μνήμης που έχει επιλέξει ο χρήστης.

3. **Πρόγραμμα λειτουργίας εντοπισμού**:

Στη διεύθυνση http://www.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/CACHE/bl_replace_applet.html υπάρχει πρόγραμμα το οποίο δέχεται από το χρήστη μια σειρά από διευθύνεις και τις αντιστοιχεί σε μπλοκ της κρυφής μνήμης (σχήμα 4.8). Πιο συγκεκριμένα ο χρήστης επιλέγει:

- Την τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ (Random, FIFO, LRU ή MRU).

- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση ή Πλήρως Συσχετιστική).
- Το μέγεθος της κρυφής μνήμης (3, 4, 5, 6, 7 ή 8 μπλοκ).
- Επίσης, ο χρήστης πληκτρολογεί έναν αριθμό διαδοχικών διευθύνσεων της κύριας μνήμης.



ΣΧΗΜΑ 4.8: Αντιστοίχηση μιας σειράς διευθύνσεων της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής μνήμης και εμφάνιση του αποτελέσματος της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία) για κάθε μια από αυτές. Ο χρήστης επιλέγει την τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ της κρυφής μνήμης, την οργάνωση της κρυφής μνήμης, το μέγεθος της κρυφής μνήμης και πληκτρολογεί μια σειρά από διευθύνσεις της κύριας μνήμης.

Στη συνέχεια, το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη το μπλοκ της κρυφής μνήμης που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις παραπάνω διευθύνσεις και το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία) για κάθε μια από αυτές. Τέλος, υπολογίζεται το πλήθος των Επιτυχιών και Αποτυχιών.

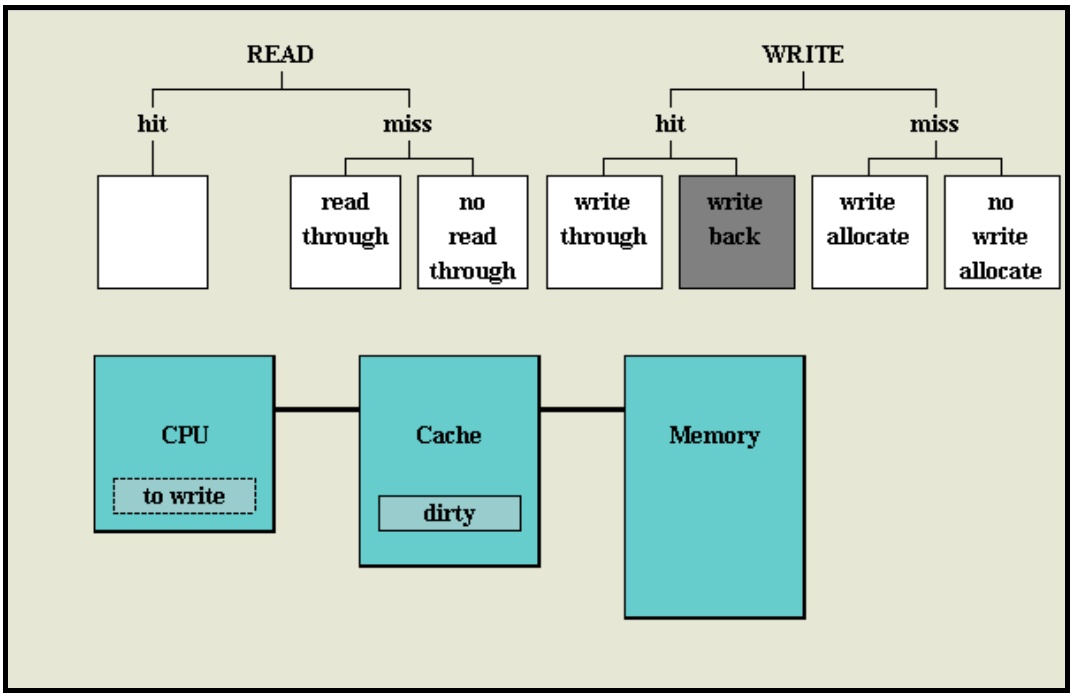
4. **Πρόγραμμα επικοινωνίας Κ.Μ.Ε, κύριας μνήμης και κρυφής μνήμης**:

Στη διεύθυνση http://www.cs.iastate.edu/~prabhu/Tutorial/CACHE/interac.html (σχήμα 4.9) δίδεται πρόγραμμα προσομοίωσης όπου, ο χρήστης επιλέγει:

- Το είδος της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή) που πρόκειται να εκτελέσει η Κ.Μ.Ε.

- Το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία).
- Την τεχνική ανάγνωσης (Read Through, No Read Through) ή εγγραφής (Διεγγραφή, Επανεγγραφή, Ανάκληση Εγγραφής, Μη Ανάκληση Εγγραφής) που χρησιμοποιείται ανάλογα με το τι έχει επιλέξει παραπάνω ο χρήστης.

Κατόπιν, το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη, μέσω γραφικών, κειμένου και κινούμενης εικόνας, την σειρά των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε, στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη.



ΣΧΗΜΑ 4.9: Απεικόνιση μέσω κειμένου και κινούμενης εικόνας της σειράς των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε, στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη, ανάλογα με το είδος της εντολής που πρόκειται να εκτελέσει η Κ.Μ.Ε, το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού και την τεχνική ανάγνωσης ή εγγραφής που χρησιμοποιείται αντίστοιχα

➢ **Παρατηρήσεις επί των προγραμμάτων προσομοίωσης του Πανεπιστημίου της Αϊόβα:**

Μετά από μελέτη των προγραμμάτων του Πανεπιστημίου της Αιόβα διαπιστώθηκαν αναλυτικά τα παρακάτω:

Για το πρώτο πρόγραμμα:

- Ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα τροποποίησης του μεγέθους της κρυφής μνήμης και της κύριας μνήμης, όπως συμβαίνει στο δεύτερο πρόγραμμα προσομοίωσης.
- Δεν υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής του αριθμού των δρόμων της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης του προγράμματος.
- Τα μεγέθη της κύριας μνήμης και της κρυφής μνήμης είναι πολύ μικρά και δεν χρησιμοποιούνται από πραγματικούς υπολογιστές.
- Υποστηρίζει μόνο σταθερά μεγέθη κύριας και κρυφής μνήμης (32 και 8 μπλοκ αντίστοιχα)

Για το δεύτερο πρόγραμμα:

- Το δεύτερο πρόγραμμα εμφανίζει την τμηματοποίηση μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης στα πεδία Μετατόπισης, Δείκτη και Ετικέτας. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πειραματισμού μόνο με τα μεγέθη των πεδίων αυτών αλλά δεν έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια συγκεκριμένη διεύθυνση της κύριας μνήμης και να παρατηρήσει ποια από τα ψηφία της που αποτελούν το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας.

Για το τρίτο πρόγραμμα :

- Αν ο χρήστης επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Άμεσης Αντιστοίχησης η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ παραμένει ενεργοποιημένη. Το γεγονός αυτό μπορεί να γίνει αιτία παρανοήσεων γιατί η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ απαιτείται να προσδιοριστεί μόνο όταν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική ή Πλήρως Συσχετιστική. Πιστεύουμε ότι αν στην περίπτωση αυτή η επιλογή είναι απενεργοποιημένη, το πρόγραμμα θα βοηθήσει τους αρχάριους χρήστες να καταλάβουν ότι δεν εφαρμόζεται κάποια τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ σε κρυφή μνήμη Άμεσης Αντιστοίχησης.
- Ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι συνολοσυσχετιστική αλλά μόνο Άμεσης Αντιστοίχησης ή Πλήρως Συσχετιστική.

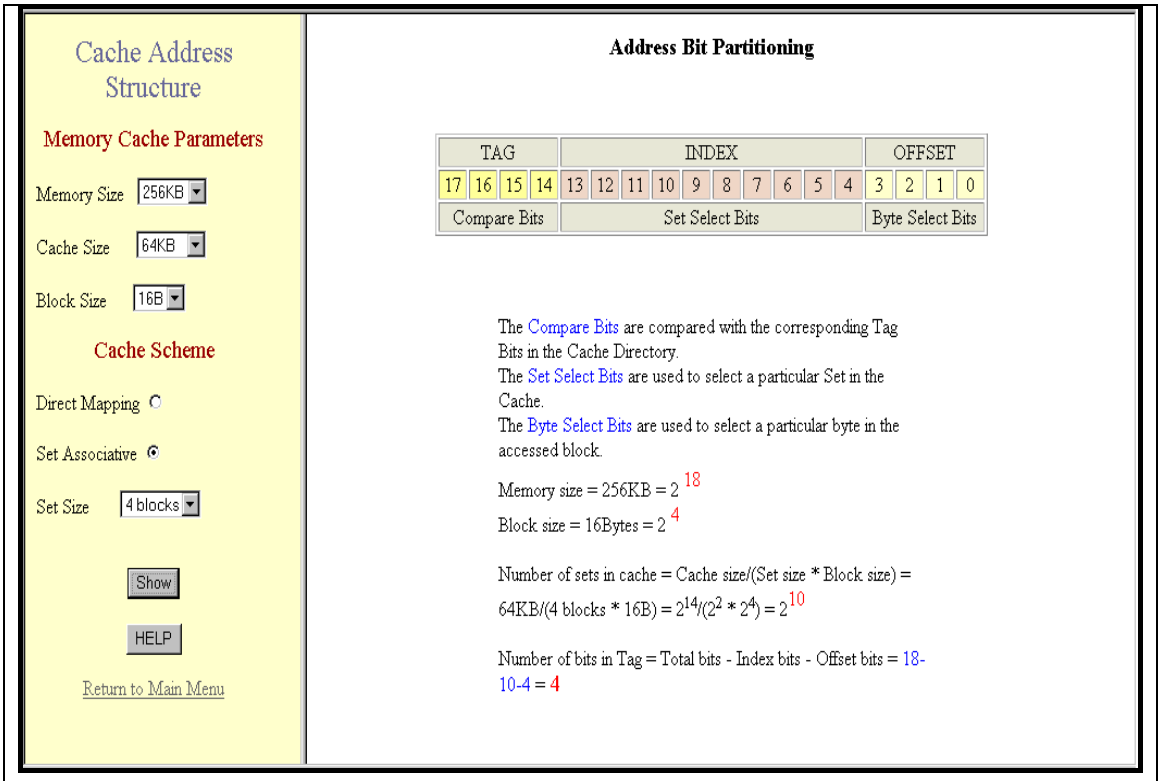
- Αν και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να πληκτρολογήσει μια σειρά από διευθύνσεις της κύριας μνήμης, το πρόγραμμα προσομοίωσης δεν εμφανίζει στην οθόνη αναλυτικά τα βήματα της λειτουργίας του Εντοπισμού (π.χ. τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης στο πεδίο Μετατόπισης, στο πεδίο Δείκτη και στο πεδίο Ετικέτας) και τα βήματα της λειτουργίας της Τοποθέτησης (π.χ. ενημέρωση του πεδίου Ετικέτας και του valid bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης).
- Ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει το είδος της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή) που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. σε κάθε μια από τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης που εισάγει.

Για το τέταρτο πρόγραμμα:

- Το πρόγραμμα παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα να παρακολουθήσει τη σειρά των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε, στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη, χωρίς όμως να υπεισέρχεται σε λεπτομέρειες (η Κ.Μ.Ε., η κρυφή μνήμη και η κύρια μνήμη απεικονίζονται με ορθογώνια πλαίσια). Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης αφού ορίσει το είδος της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή) που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε, το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία) και την τεχνική Ανάγνωσης / Εγγραφής αντίστοιχα, το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη τα βήματα των λειτουργιών που ακολουθούν της λειτουργίας του Εντοπισμού. Στα βήματα αυτά η μονάδα που είναι ενεργή υποδεικνύεται με ένα τρεμόπαιγμα του πλαισίου που την απεικονίζει και η λειτουργία που πραγματοποιεί η συγκεκριμένη μονάδα επεξηγείται μέσω κειμένου. Το πρόγραμμα προσομοίωσης δεν εμφανίζει στην οθόνη την εσωτερική δομή της Κ.Μ.Ε. (π.χ. καταχωρητές επικοινωνίας με τη κύρια μνήμη), της κρυφής μνήμης (π.χ. μπλοκ, σύνολα, κυκλώματα εντοπισμού και επιλογής δεδομένων) και της κύριας μνήμης (διεύθυνση, δεδομένα), τις αρτηρίες επικοινωνίας μεταξύ των μονάδων, και πως εκτελούνται τα βήματα στο εσωτερικό κάθε μονάδας.

4.4.2 Προγράμματα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης

Το τμήμα «Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ» του πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης υλοποίησε σε java applet μια σειρά από προγράμματα προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης. Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των προγραμμάτων είναι ότι διαθέτουν επιλογή «HELP», μέσω της οποίας δίδονται πληροφορίες για τη χρήση του προγράμματος.



ΣΧΗΜΑ 4.10: Υπολογισμός αριθμού ψηφιών για το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης, ανάλογα με το μέγεθος της κύριας μνήμης, το μέγεθος της κρυφής μνήμης, το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης και την οργάνωση της κρυφής μνήμης που έχει επιλέξει ο χρήστης.

1. Πρόγραμμα τμηματοποίησης διεύθυνσης κύριας μνήμης:

Στη διεύθυνση http://www.ecs.umass.edu/ece/koren/ece668/cache/default.htm υπάρχει πρόγραμμα προσομοίωσης (σχήμα 4.10) όπου, ο χρήστης επιλέγει:

- Το μέγεθος της κύριας μνήμης (256KB, 528KB, 1MB, 2MB, 4MB, 8MB, 16MB ή 32 MB).
- Το μέγεθος της κρυφής μνήμης (64KB, 128KB, 256KB ή 512KB).
- Το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης (2B, 4B, 8B, 16B ή 32B).

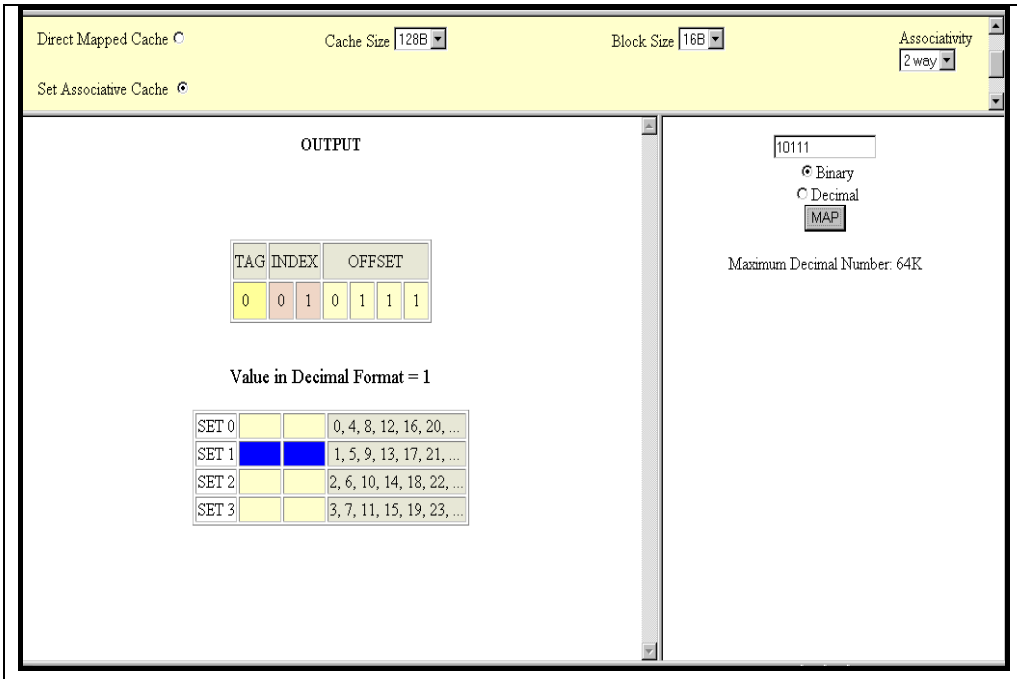
- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεσης Αντιστοίχησης ή Συνολοσυσχετιστική 2 / 4 ή 8 δρόμων).

Στη συνέχεια, το πρόγραμμα υπολογίζει τον αριθμό των ψηφίων που αποτελούν το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας μιας (μη καθοριζόμενης) διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Ταυτόχρονα τοπρόγραμμα εμφανίζει σε μορφή κειμένου επεξηγήσεις σχετικα με το ρόλο των τμημάτων της κύριας μνήμης, καθώς και υπολογισμούς που δείχνουν γιατί έγινε η διάιρεση των τμημάτων με αυτόν τον τρόπο.

Συνεπώς, ο χρήστης μπορεί να εφαρμόσει το παραπάνω πρόγραμμα για διάφορα μεγέθη της κύριας μνήμης, της κρυφής μνήμης και του μπλοκ της κρυφής μνήμης και να δει πως υπολογίζεται το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης.

2. Πρόγραμμα αντιστοίχησης διευθύνσεων

Στη διεύθυνση http://www.ecs.umass.edu/ece/koren/ece668/cache/page3.htm βρίσκεται ένα δεύτερο πρόγραμμα προσομοίωσης (σχήμα 4.11).



ΣΧΗΜΑ 4.11: Επιλογή μεγέθους κρυφής μνήμης, μεγέθους του μπλοκ της κρυφής μνήμης, και οργάνωση της κρυφής μνήμης. Τμηματοποίηση της διεύθυνσης “10111” της κύριας μνήμης στο πεδίο μετατόπισης, το πεδίο δείκτη και το πεδίο ετικέτας, και αντιστοίχηση αυτής στο κατάλληλο μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Στο πρόγραμμα αυτό ο χρήστης επιλέγει:

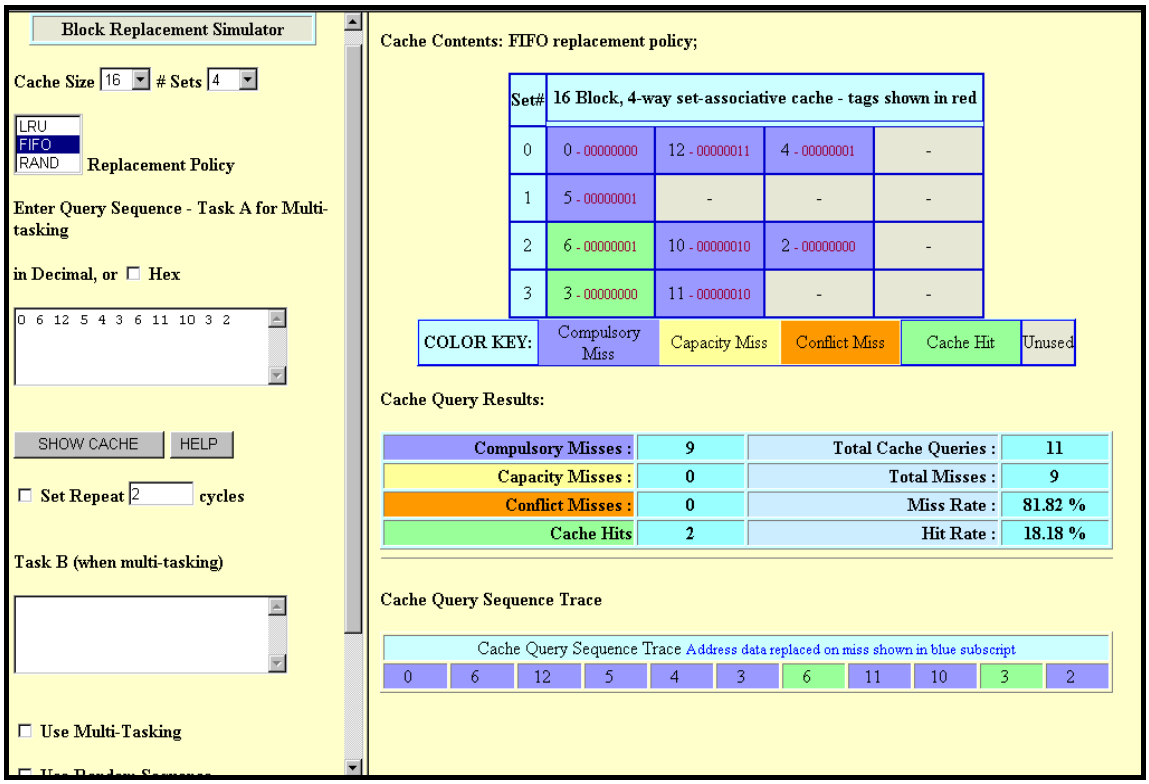
- Το μέγεθος της κρυφής μνήμης (128B, 512B ή 1KB).

- Το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης (2B, 4B, 8B, 16B ή 32B).
- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Συνολοσυσχετιστική 2 / 4 ή 8 δρόμων).
- Επίσης, πληκτρολογεί μια διεύθυνση της κύριας μνήμης (64KB) είτε στο δυαδικό είτε στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης.

Κατόπιν, το πρόγραμμα με την επιλογή του πλήκτρου «MAP» υπολογίζει και εμφανίζει στην οθόνη το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη, το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης καθώς και σε πιο μπλοκ της κρυφής μνήμης αντιστοιχεί η συγκεκριμένη διεύθυνση της κύριας μνήμης.

3. Πρόγραμμα αντικατάστασης μπλοκ:

Στη διεύθυνση http://www.ecs.umass.edu/ece/koren/ece668/cache/frame1.htm βρίσκεται πρόγραμμα προσομοίωσης (σχήμα 4.12 και 4.13)



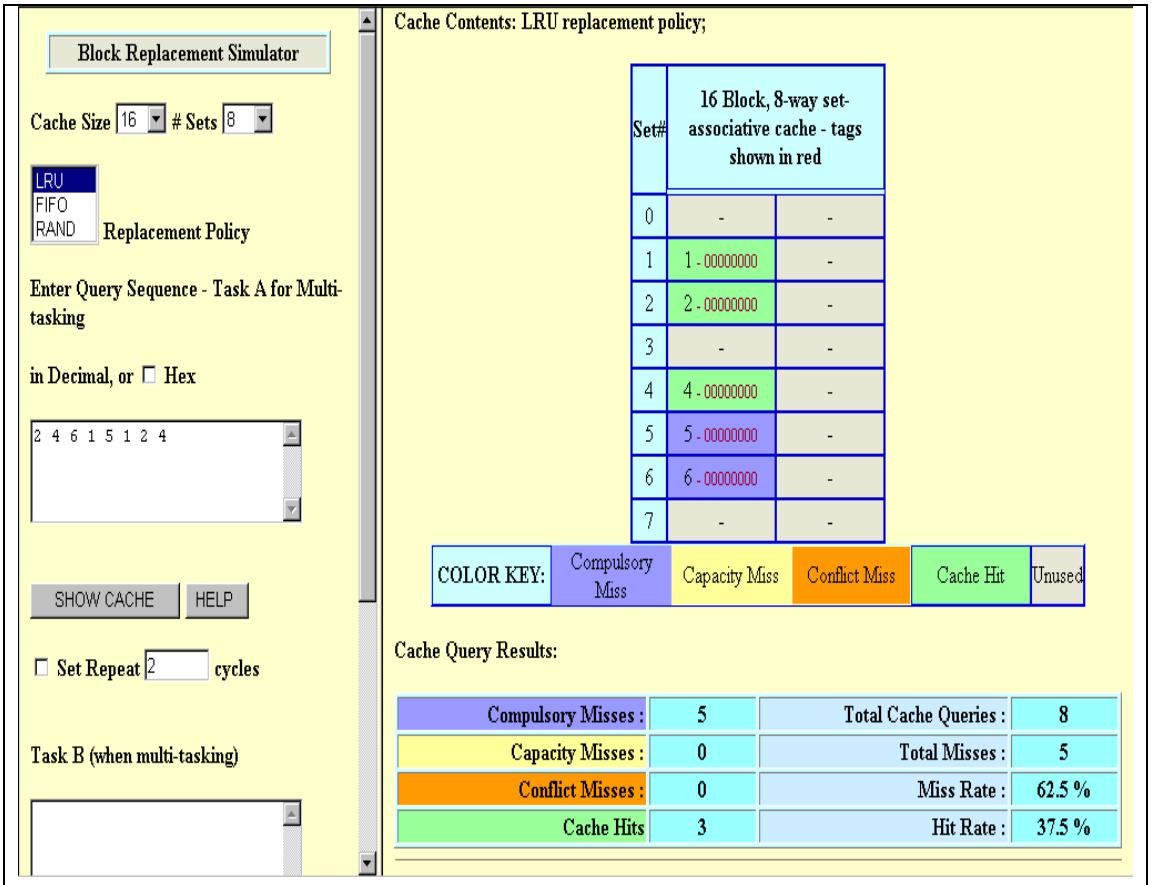
ΣΧΗΜΑ 4.12: Επιλογή μεγέθους της κρυφής μνήμης, αριθμού συνόλων της κρυφής μνήμης και της τεχνικής επιλογής του προς αντικατάστασης μπλοκ. Τοποθέτηση των δεδομένων των διευθύνσεων της κύριας μνήμης, που έχει πληκτρολογήσει ο χρήστης, στο κατάλληλο μπλοκ της κρυφής μνήμης καθώς και εμφάνιση του αποτελέσματος της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία).

Στο πρόγραμμα αυτό ο χρήστης επιλέγει:

- Το μέγεθος σε μπλοκ της κρυφής μνήμης (4, 8, 16, 64, 128 ή 256 μπλοκ).

- Τον αριθμό συνόλων της κρυφής μνήμης (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 ή 256).
- Την τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ (LRU, FIFO ή Random).
- Τη σειρά διευθύνσεων της κύριας μνήμης.

Στη συνέχεια, το πρόγραμμα με την επιλογή "SHOW CACHE" εμφανίζει στην οθόνη το μπλοκ της κρυφής μνήμης στο οποίο αντιστοιχεί κάθε μιας από τις παραπάνω διευθύνσεις καθώς και το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία).



ΣΧΗΜΑ 4.13: Επιλογή μέγεθοyς κρυφής μνήμης = 16 μπλοκ , αριθμός συνόλων κρυφής μνήμης = 8 ώστε η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Συνολοσυσχετιστική 2-δρόμων και τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ = LRU. Τοποθέτηση των δεδομένων των διευθύνσεων της κύριας μνήμης, που έχει πληκτρολογήσει ο χρήστης, στο κατάλληλο μπλοκ της κρυφής μνήμης καθώς και εμφάνιση του αποτελέσματος της λειτουργίας του Εντοπισμού (Επιτυχία / Αποτυχία).

➢ **Παρατηρήσεις επί των προγραμμάτων του Πανεπιστημίου Μασαχουσέτης:**

Το πρώτο πρόγραμμα είναι παρόμοιο με το δεύτερο πρόγραμμα που υλοποιήθηκε από το τμήμα «Επιστήμης των Υπολογιστών» του Πανεπιστημίου της Αιόβα, με τη

διαφορά ότι μπορεί να εφαρμοστεί για περισσότερα μεγέθη της κύριας μνήμης (για 32MB επιπλέον) και του μπλοκ της κρυφής μνήμης (για 2B και 4B επιπλέον). Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζει στην οθόνη το πλήθος των ψηφίων που αποτελούν το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια συγκεκριμένη διεύθυνση της κύριας μνήμης και το πρόγραμμα να εμφανίζει για την διεύθυνση αυτή τα ψηφία της που αποτελούν το πεδίο Μετατόπισης, το πεδίο Δείκτη και το πεδίο Ετικέτας.

Στο δεύτερο πρόγραμμα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει μια διεύθυνση της κύριας μνήμης. Το μέγεθος της κύριας μνήμης είναι σταθερό και ίσο με 64K. Επίσης, αν και ο χρήστης επιλέγει μια διεύθυνση της κύριας μνήμης, το πρόγραμμα προσομοίωσης δεν εμφανίζει στην οθόνη αναλυτικά τα βήματα της λειτουργίας της Τοποθέτησης (π.χ. ενημέρωση του πεδίου Ετικέτας και του valid bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης). Τέλος, ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει το είδος της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή) που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. στη διεύθυνση της κύριας μνήμης.

Στο τρίτο πρόγραμμα ο χρήστης επιλέγει έμμεσα - από τον αριθμό συνόλων της κρυφής μνήμης – την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεσης Αντιστοίχησης ή Πλήρως Συσχετιστική). Πιο συγκεκριμένα, για να έχουμε κρυφή μνήμη Άμεσης Αντιστοίχησης θα πρέπει ο αριθμός των συνόλων της κρυφής μνήμης να είναι ίδιος με τον αριθμό μπλοκ της κρυφής μνήμης, ενώ για να είναι Πλήρως Συσχετιστική θα πρέπει ο αριθμός συνόλων της κρυφής μνήμης να είναι ίσος με 1. Όπως γνωρίζουμε η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ απαιτείται να προσδιοριστεί όταν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική ή Πλήρως Συσχετιστική. Επιπλέον, αν ο χρήστης επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Άμεση Αντιστοίχηση η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ παραμένει ενεργοποιημένη. Πιστεύουμε ότι αν στη περίπτωση αυτή η επιλογή είναι απενεργοποιημένη, το πρόγραμμα θα βοηθήσει τους αρχάριους χρήστες να καταλάβουν ότι δεν εφαρμόζεται κάποια τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ σε κρυφή μνήμη Άμεσης Αντιστοίχησης. Στην περίπτωση όπου ο χρήστης ορίσει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Συνολοσυσχετιστική, παρατηρούμε ότι ο χαρακτηρισμός της οργάνωσης της κρυφής μνήμης είναι λανθασμένος αν ο αριθμός των δρόμων είναι διαφορετικός από τον αριθμό των συνόλων. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης επιλέξει η κρυφή μνήμη να έχει μέγεθος 16 μπλοκ και ο αριθμός συνόλων να είναι 8, ενώ η κρυφή μνήμη είναι Συνολοσυσχετιστική 2-

δρόμων το πρόγραμμα χαρακτηρίζει την κρυφή μνήμη 8-δρόμων (8 Block, 8-way set-associative cache – tags shown in red) (σχήμα 1.8). Το πρόγραμμα δίνει στο χρήση τη δυνατότητα να πληκτρολογεί μια σειρά από διευθύνσεις της κύριας μνήμης, αλλά για τις διευθύνσεις αυτές δεν εμφανίζονται στην οθόνη αναλυτικά τα βήματα της λειτουργίας του Εντοπισμού (π.χ. τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης στο πεδίο Μετατόπισης, στο πεδίο Δείκτη και στο πεδίο Ετικέτας) και τα βήματα της λειτουργίας της Τοποθέτησης (π.χ. ενημέρωση του valid bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης). Τέλος, ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει το είδος της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή) που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. σε κάθε μια από τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης. Θεωρούμε ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα προσομοίωσης είναι κατάλληλο για ποιο προχωρημένους χρήστες,

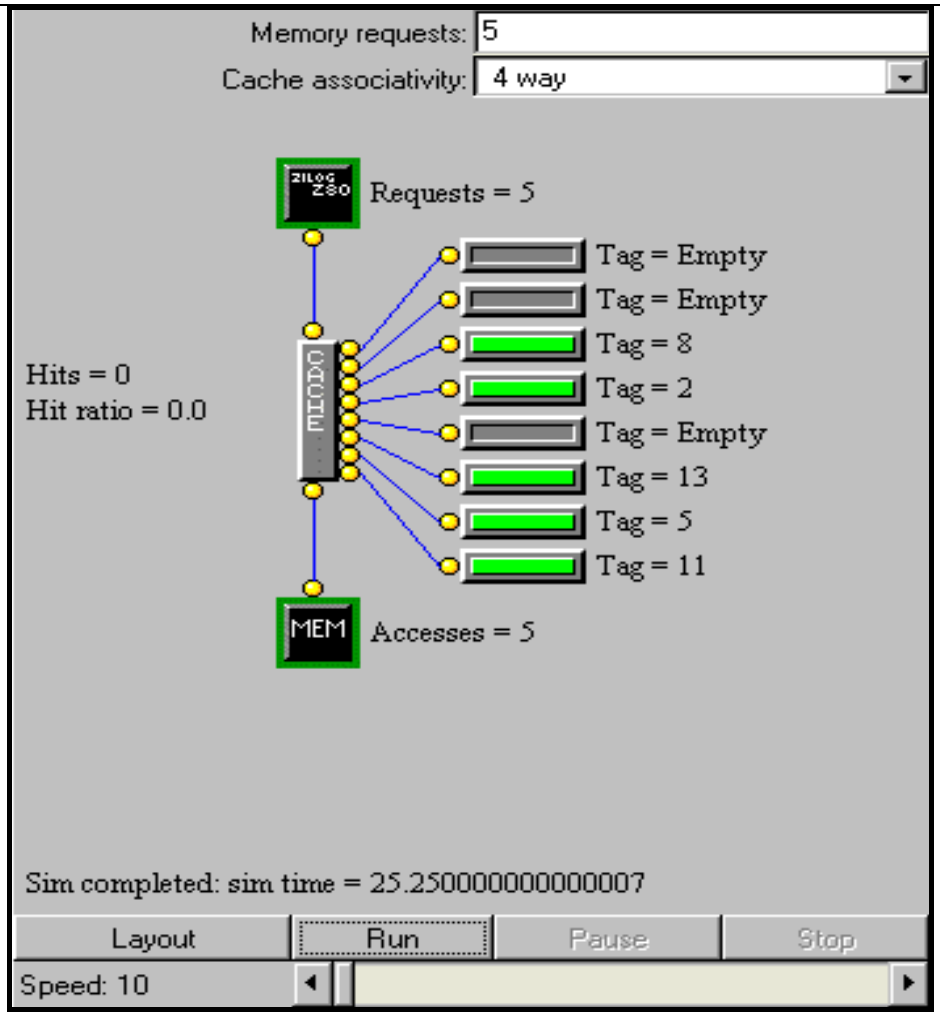
4.4.3 Πρόγραμμα προσομοίωσης Κρυφής Μνήμης του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου

Το ινστιτούτο "Computing Systems Architecture (ICSA) Division of Informatics" του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου, υλοποίησε πρόγραμμα προσομοίωσης σε java applet το οποίο εμφανίζει στην οθόνη μέσω γραφικών και κινούμενης εικόνας τη σειρά των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε, στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη (Σχήμα 1.10).

Το πρόγραμμα συνοδεύεται από κείμενο που επεξηγεί βασικές έννοιες της λειτουργίας της κρυφής μνήμης (π.χ. τεχνικές αντιστοίχησης). Επίσης υπάρχουν οδηγίες για τη χρήση του προγράμματος.

Πιο συγκεκριμένα, στη διεύθυνση http://www.dcs.ed.ac.uk/home/hase/simjava/simjava-1.0/examples/app_cache/index.html, δίδεται πρόγραμμα προσομοίωσης (σχήμα 4.14) όπου, ο χρήστης:

- Επιλέγει την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Πλήρως Συσχετιστική, Συνολοσυσχετιστική 2 ή 4 δρόμων).
- Πληκτρολογεί τον αριθμό των αιτήσεων της Κ.Μ.Ε. για ανάγνωση ή εγγραφή δεδομένων στη κύρια μνήμη.



ΣΧΗΜΑ 4.14: Απεικόνιση μέσω γραφικών και κινούμενης εικόνας της σειράς των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε., στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη, ανάλογα με τον αριθμό των αιτήσεων της Κ.Μ.Ε. για ανάγνωση ή εγγραφή στην κρυφή μνήμη και την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Πλήρως Συσχετιστική, Συνολοσυσχετιστική 2 ή 4 δρόμων).

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι σταθερό (8 μπλοκ) και η επιλογή του μπλοκ που θα αντικατασταθεί γίνεται τυχαία. Το πρόγραμμα επιλέγει τυχαία τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης ανάλογα με τον αριθμό των αιτήσεων που έχει προσδιορίσει ο χρήστης.

Κατόπιν, το πρόγραμμα με την επιλογή του πλήκτρου «Run» εμφανίζει στην οθόνη μέσω γραφικών και κινούμενης εικόνας τη σειρά των βημάτων των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα στην Κ.Μ.Ε, στην κρυφή μνήμη και στην κύρια μνήμη (σχήμα 4.14).

- **Παρατηρήσεις επι του προγράμματος του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου :**

Στο πρόγραμμα η Κ.Μ.Ε, η κύρια μνήμη, η κρυφή μνήμη και τα μπλοκ της κρυφής μνήμης απεικονίζονται με ορθογώνια πλαίσια. Σε κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης, εμφανίζεται η μεταβλητή Tag (Ετικέτα) η οποία αρχικά έχει τιμή "Empty" και στη συνέχεια τίθεται ίση με τη διεύθυνση της κύριας μνήμης, που επιλέχθηκε τυχαία από το πρόγραμμα, και αντιστοιχεί σε αυτό το μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το γεγονός αυτό μπορεί να δημιουργήσει παρανοήσεις στο χρήστη δεδομένου ότι, η Ετικέτα του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν μπορεί να είναι ίση με τη διεύθυνση της κύριας μνήμης. Επίσης, αν ο χρήστης επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Συνολοσυσχετιστική, στο πρόγραμμα δεν είναι εμφανή τα σύνολα της κρυφής μνήμης. Ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης καθώς και το είδος της εντολής (ανάγνωση/εγγραφή) που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. σε κάθε μια από αυτές. Επιπλέον, ο χρήστης δεν μπορεί να επιλέξει η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ να είναι η «Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο» (LRU) ή η «Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω» (FIFO). Τέλος, ο χρήστης δεν μπορεί να εφαρμόσει την προσομοίωση για διαφορετικά μεγέθη της κρυφής και κύριας μνήμης.

Το γεγονός ότι οι επιλογές των παραμέτρων του προγράμματος είναι περιορισμένες, βοηθά στη χρήση του και από αρχάριους χρήστες. Ωστόσο, ο τρόπος που εμφανίζονται στην οθόνη τα βήματα των λειτουργιών της κρυφής μνήμης δεν είναι εύκολα κατανοητός και μπορεί να δημιουργήσει παρανοήσεις ως προς τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.

4.5 Σχεδίαση και υλοποίηση προγράμματος προσομοίωσης Κρυφής μνήμης

Τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην οργάνωση και τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης καθώς και η μελέτη των προγραμμάτων προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης χρησιμοποιήθηκαν για τη σχεδίαση και υλοποίηση ενός προγράμματος προσομοίωσης της λειτουργίας της κρυφής μνήμης στο τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών.

4.5.1 Βασικοί παράμετροι - Στόχοι σχεδίασης προγράμματος προσομοίωσης κρυφής μνήμης

Οι βασικοί παράμετροι σχεδίασης ήταν:

1. **Χρήση πραγματικών δεδομένων**: Το πρόγραμμα προσομοίωσης της λειτουργίας της κρυφής μνήμης πρέπει να χρησιμοποιεί πραγματικά δεδομένα. Για το λόγο αυτό ορίσαμε το μέγεθος της κύριας μνήμης, το μέγεθος της κρυφής μνήμης και το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης να έχουν τιμές παραπλήσιες με αυτές που χρησιμοποιούνται σε πραγματικούς υπολογιστές. Οι τιμές που ορίστηκαν είναι:
   - Το μέγεθος της κύριας μνήμης είναι 1MB.
   - Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι 8KB.
   - Το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 16B ή 32B.
2. **Απεικόνιση εσωτερικών μονάδων ΚΜΕ**: Το πρόγραμμα πρέπει να απεικονίζει τις εσωτερικές μονάδες της Κ.Μ.Ε. (π.χ. καταχωρητές επικοινωνίας με την κύρια μνήμη), της κύριας μνήμης (π.χ. διεύθυνση, δεδομένα) και της κρυφής μνήμης (π.χ. μπλοκ, σύνολα, κυκλώματα εντοπισμού και επιλογής δεδομένων). Επιπλέον να εμφανίζει στην οθόνη τον τρόπο που τα ανωτέρω τμήματα συμμετέχουν στις λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Επίσης, κατά την εμφάνιση στην οθόνη των βημάτων των λειτουργιών της κρυφής μνήμης, η μονάδα που είναι ενεργή να υποδεικνύεται, και η λειτουργία που εκτελείται να επεξηγείται μέσω κειμένου.
3. **Απεικόνιση αρτηριών**: Το πρόγραμμα πρέπει να απεικονίζει τις αρτηρίες δεδομένων, διευθύνσεων και ελέγχου που συνδέουν την Κ.Μ.Ε, την κύρια μνήμη και την κρυφή μνήμη και να φαίνεται στην οθόνη ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται σε τμήματα των 8 bytes και διευθύνσεων σε τμήματα των 20 bits.

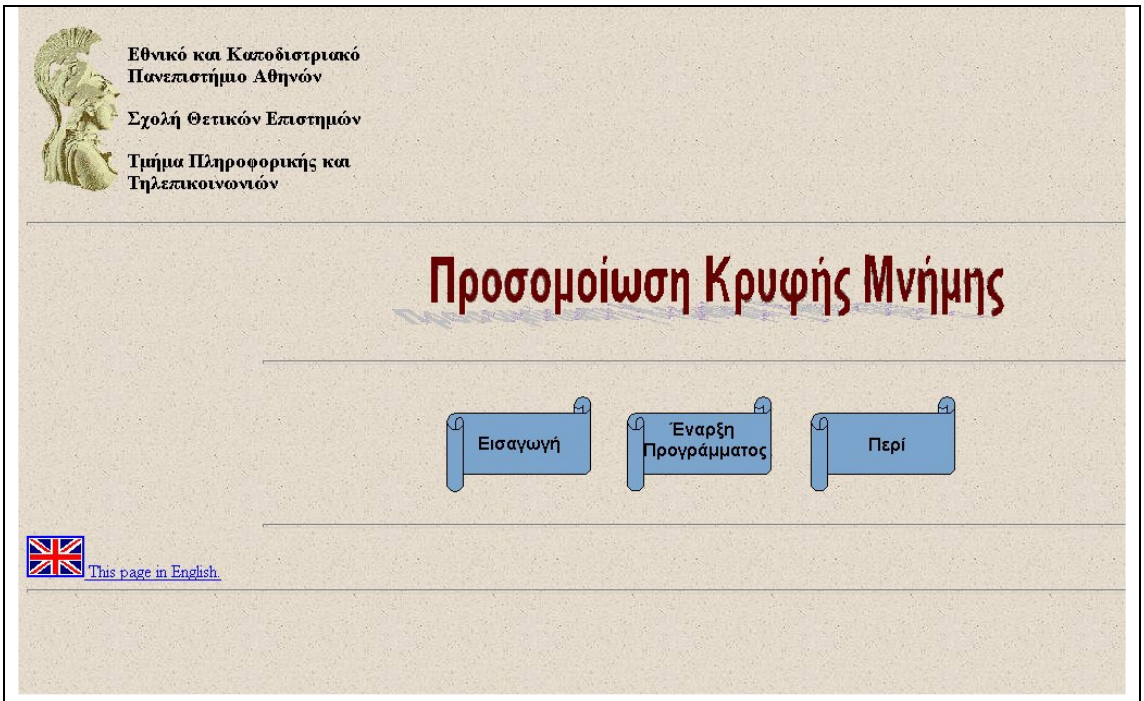
4. **Εμφάνιση των βημάτων όλων των λειτουργιών**: Το πρόγραμμα πρέπει να εμφανίζει στην οθόνη μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων (κείμενο, γραφικά και κινούμενη εικόνα) τα εκτελούμενα βήματα σε σειρά όλων των λειτουργιών (Εντοπισμός, Τοποθέτηση, Αντικατάσταση, Εγγραφή, Ανάγνωση) που πραγματοποιούνται όταν η Κ.Μ.Ε. πρόκειται να διαβάσει δεδομένα από την κύρια μνήμη ή να γράψει δεδομένα στην κύρια μνήμη.
5. **Απεικόνιση της δομής της κρυφής μνήμης**: Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι:
   - Άμεσης Αντιστοίχησης
     - το πρόγραμμα πρέπει να εμφανίζει στην οθόνη τη διεύθυνση μπλοκ της κρυφής μνήμης, καθώς και το πεδίο Ετικέτας, το valid bit, τα δεδομένα ανάλογα με το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης και τα κυκλώματα εντοπισμού του μπλοκ.
   - Συνολοσυσχετιστική,
     - το πρόγραμμα να εμφανίζει στην οθόνη τον αριθμό συνόλου της κρυφής μνήμης, τα μπλοκ που ανήκουν στο σύνολο και για κάθε μπλοκ το πεδίο Ετικέτας, το valid bit, τα δεδομένα ανάλογα με το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης και τα κυκλώματα εντοπισμού. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης επιλέξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης να είναι Συνολοσυσχετιστική 4-δρόμων, στο εσωτερικό της κρυφής μνήμης να εμφανίζονται τέσσερα μπλοκ ανά σύνολο και για κάθε μπλοκ να εμφανίζεται το πεδίο Ετικέτας, το valid bit και τα κυκλώματα εντοπισμού.

4.5.2 Περιγραφή προγράμματος προσομοίωσης κρυφής μνήμης

Αρχικά. όταν ο χρήστης επισκεφθεί τη διεύθυνση http://hermes.di.uoa.gr/simulation.html, εμφανίζεται η αρχική σελίδα του προγράμματος η οποία πέρα από τον τίτλο του προγράμματος διαθέτει ένα βασικό μενού το οποίο περιέχει τις παρακάτω επιλογές (σχήμα 4.15):

- Εισαγωγή: περιλαμβάνει μια γενική περιγραφή του πρόγραμματος προσομοίωσης προκειμένου να διευκολυνθεί ο χρήστης στη μετέπειτα χρήση του.
- Έναρξη προγράμματος : μέσω αυτής της επιλογής ο χρήστης μπορεί να εκκινήσει το πρόγραμμα προσομοίωσης.

- Περί : περιλαμβάνει πληροφορίες για τα άτομα που συμμετείχαν στη σχεδίαση και υλοποίηση του προγράμματος.
- This page in English: εμφάνιση του προγράμματος προσομοίωσης στην Αγγλική γλώσσα.



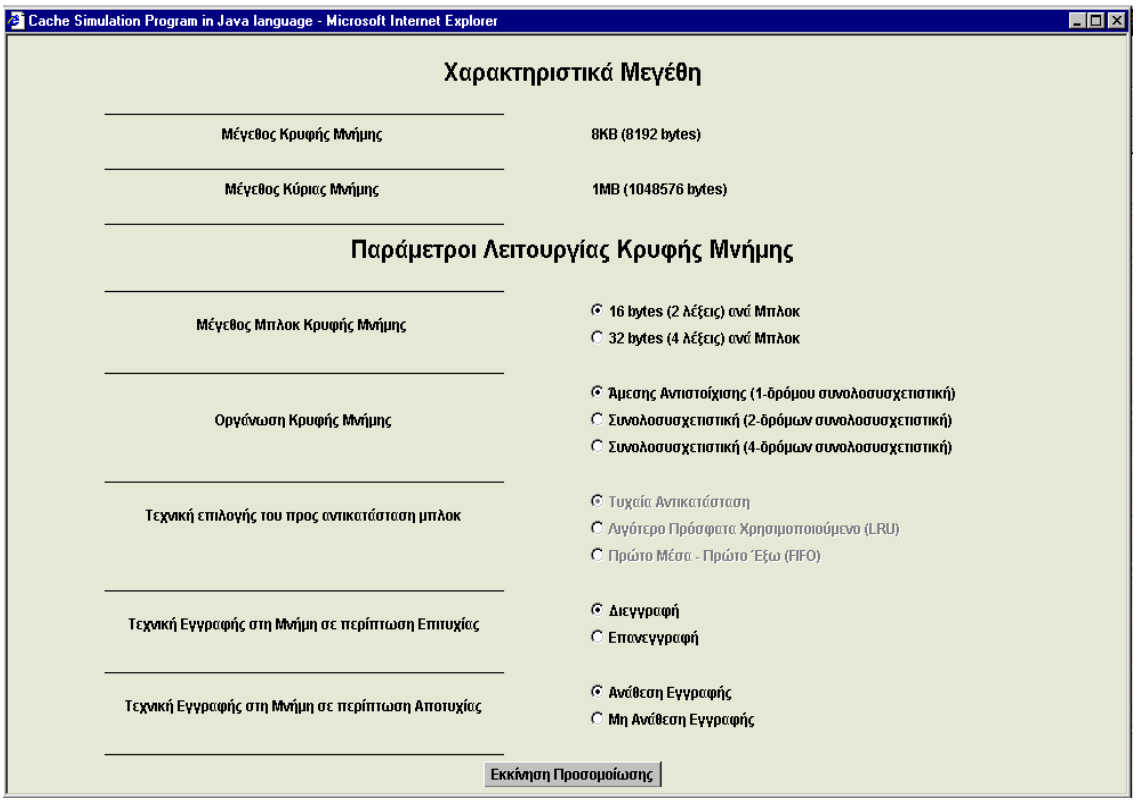
Σχήμα 4.15: Αρχική σελίδα Προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης

Αν ο χρήστης επιλέξει την "Έναρξη Προγράμματος" εμφανίζεται μια αρχική οθόνη μέσω της οποία ο χρήστης μπορεί να διαμορφώσει τις παραμέτρους του προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης το μέγεθος της κύριας μνήμης είναι σταθερό στο 1MB (=1048576 bytes) και το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι 8KB (=8192 bytes). Οι φοιτητές μπορούν να πειραματιστούν με τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης επιλέγοντας (σχήμα 4.16):

- Το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης (16 ή 32 bytes).
- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση ή Συνολοσυσχετιστική 2 ή 4 δρόμων).
- Την τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ (Τυχαία Αντικατάσταση ή Λιγότερο πρόσφατα Χρησιμοποιούμενο ή Πρώτο μέσα - Πρώτο έξω).

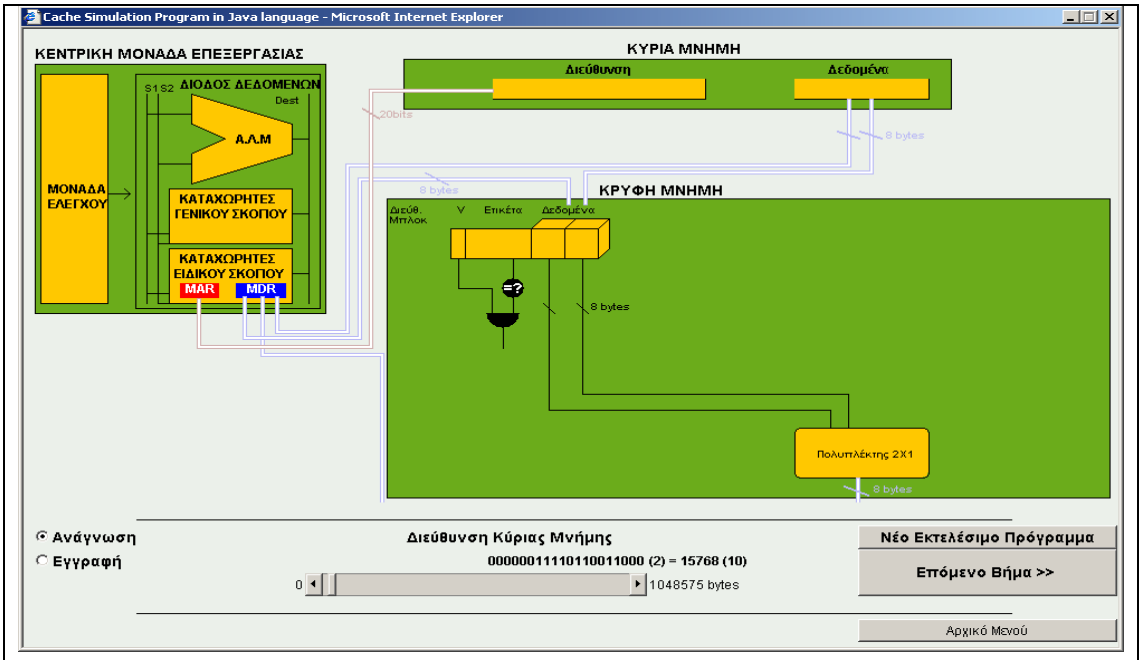
- Την τεχνική εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας (Διεγγραφή ή Επανεγγραφή).
- Την τεχνική εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας (Ανάθεση Εγγραφής ή Μη Ανάθεση Εγγραφής).



Σχήμα 4.16: Αρχικές επιλογές προγράμματος προσομοίωσης κρυφής μνήμης

Αν στη συνέχεια επιλέξουν «Εκκίνηση Προσομοίωσης», εμφανίζεται η βασική οθόνη του προγράμματος μέσω της οποίας οι φοιτητές μπορούν επιπλέον να καθορίσουν (σχήμα 4.17):

- Το είδος της εντολής που θα εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. (ανάγνωση / εγγραφή).
- Τη διεύθυνση της κύριας μνήμης που θα χρησιμοποιηθεί.
- Τον τρόπο λειτουργίας (Επόμενο Βήμα, Επανεκκίνηση, Παύση).
- Την εκκίνηση ενός νέου προγράμματος.



Σχήμα 4.17: Βασική οθόνη προγράμματος προσομοίωσης

Μετά τον καθορισμό των ανωτέρω παραμέτρων, ο χρήστης μπορεί να τρέξει το πρόγραμμα προσομοίωσης επιλέγοντας "Επόμενο Βήμα >>". Το πρόγραμμα παρουσιάζει διαδοχικά, μέσω κειμένου, γραφικών και κινούμενης εικόνας, τα βήματα κάθε λειτουργίας που λαμβάνει χώρα στην κρυφή μνήμη, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις αυτής με την Κ.Μ.Ε. και την κύρια μνήμη (σχήμα 1.15). Ο χρήστης μπορεί να παραμείνει για περισσότερο χρονικό διάστημα από τον αναμενόμενο (αυτόν που έχει οριστεί από το πρόγραμμα), σε κάποιο από τα βήματα επιλέγοντας "Παύση", ενώ επιλέγοντας "Επανεκκίνηση" το πρόγραμμα συνεχίζει με τη παρουσίαση των επόμενων βημάτων που πραγματοποιούνται κατά την εκτέλεση της εντολής (ανάγνωση / εγγραφή).

Ο χρήστης μπορεί να επαναλάβει την παραπάνω διαδικασία για όσες διευθύνσεις της κύριας μνήμης επιθυμεί, καθορίζοντας για κάθε μια από αυτές την εντολή (ανάγνωση / εγγραφή) που πρόκειται να εκτελέσει η Κ.Μ.Ε. Οι διευθύνσεις αυτές θεωρούνται ότι ανήκουν στο ίδιο πρόγραμμα. Αν ο χρήστης επιθυμεί την εκτέλεση ενός νέου προγράμματος (εισαγωγή νέας σειράς διευθύνσεων και εντολών) επιλέγει «Νέο Εκτελέσιμο Πρόγραμμα» και το πρόγραμμα θέτει το valid bit όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης ίσο με 0. Επιπλέον αν η τεχνική εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή, αφού μεταφερθούν τα δεδομένα των μπλοκ της κρυφής μνήμης των οποίων το dirty bit έχει τιμή 1 στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης, το dirty bit τίθεται ίσο με 0.

4.6 Απεικόνιση των λειτουργιών της κρυφής μνήμης στο πρόγραμμα Προσομοίωσης

4.6.1 Εισαγωγή

Η κύρια λειτουργία της κρυφής μνήμης είναι να αντιγράφει ορισμένα από τα περιεχόμενα της κύριας μνήμης και εκμεταλλευόμενη την αρχή της τοπικότητας της αναφοράς και την υψηλή της ταχύτητα, να τα αποδίδει σε μελλοντικές αιτήσεις της Κ.Μ.Ε με μικρές καθυστερήσεις. Η μικρότερη μονάδα πληροφορίας που μπορεί να υπάρξει στην κρυφή μνήμη είναι το μπλοκ της κρυφής μνήμης (δηλαδή μία ενότητα λέξεων). Πιο ειδικά, η κρυφή μνήμη περιέχει αντίγραφα των ιδεατών μπλοκ δεδομένων της κύριας μνήμης. Σα ιδεατό μπλοκ της κύριας μνήμης θεωρούμε ένα σύνολο δεδομένων αντιστοίχου μεγέθους με ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Οι βασικές λειτουργίες της κρυφής μνήμης, κατά την εκτέλεση μιας εντολής (ανάγνωσης / εγγραφής) από την Κ.Μ.Ε. είναι:

- Εντοπισμός: Πως εντοπίζεται ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Αντικατάσταση: Ποιο μπλοκ θα αντικατασταθεί σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης.
- Τοποθέτηση: Πως τοποθετείται ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
- Εγγραφή: Τι συμβαίνει κατά την εγγραφή ενός μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
- Ανάγνωση: Τι συμβαίνει κατά την ανάγνωση ενός μπλοκ της κρυφής μνήμης.

4.6.2 Οι Λειτουργίες της κρυφής μνήμης

Στις επόμενες ενότητες θα περιγραφούν με λεπτομέρειες οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης και θα παρουσιαστεί μέσα από μια σειρά σχημάτων ο τρόπος που οι λειτουργίες αυτές απεικονίζονται από το πρόγραμμα προσομοίωσης της κρυφής μνήμης.

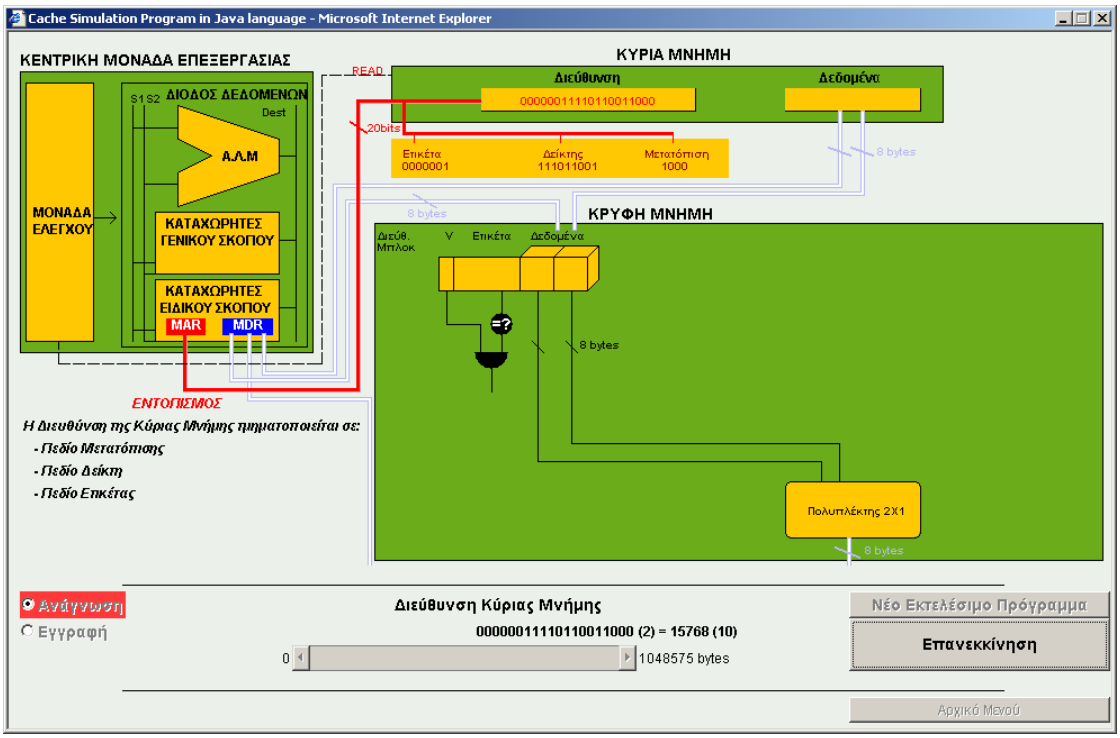
- **Η λειτουργία του Εντοπισμού**

Σε ***κρυφή μνήμη Άμεσης Αντιστοίχησης***, η λειτουργία του Εντοπισμού πραγματοποιείται προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει στην κρυφή μνήμη το μπλοκ που περιέχει τη διεύθυνση της κύριας μνήμης στην οποία αναφέρεται η Κ.Μ.Ε για να εκτελέσει μια εντολή ανάγνωσης ή εγγραφής.

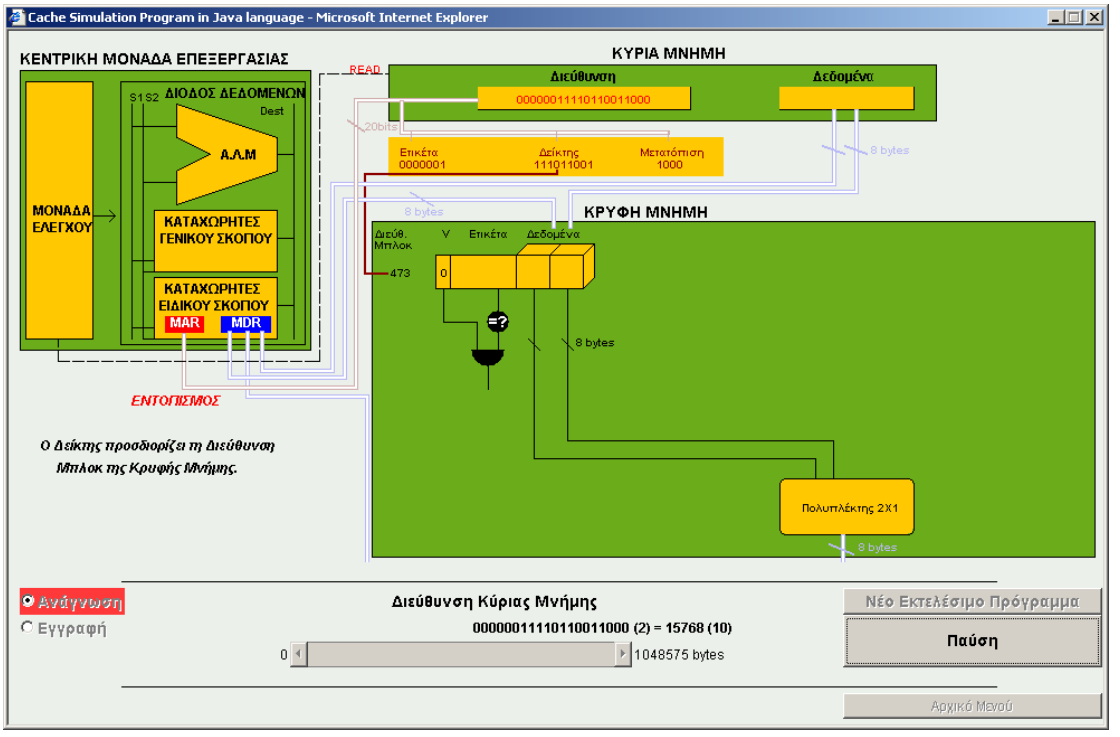
Στη περίπτωση αυτή η λειτουργία του εντοπισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Τμηματοποίηση της διεύθυνσης της κύριας μνήμης, σε πεδίο Μετατόπισης, σε πεδίο Δείκτη και σε πεδίο Ετικέτας.
2. Προσδιορισμός της διεύθυνσης του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το πεδίο Δείκτη.
3. Για την επιτάχυνση της διαδικασίας ταυτόχρονα με τον προσδιορισμό της διεύθυνσης του μπλοκ της κρυφής μνήμης τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση του μπλοκ της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου δεδομένων της κρυφής μνήμης.
4. Σύγκριση του πεδίου Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης με το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης και έλεγχος αν το Valid Bit έχει τιμή 1.
5. Αν το πεδίο Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι ίδιο με το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το Valid Bit έχει τιμή 1 έχουμε *Επιτυχία,* και τα δεδομένα μεταβιβάζονται στην Κ.Μ.Ε διαφορετικά έχουμε *Αποτυχία* και τα δεδομένα που έχουν μεταφερθεί στις γραμμές εξόδου αγνοούνται.

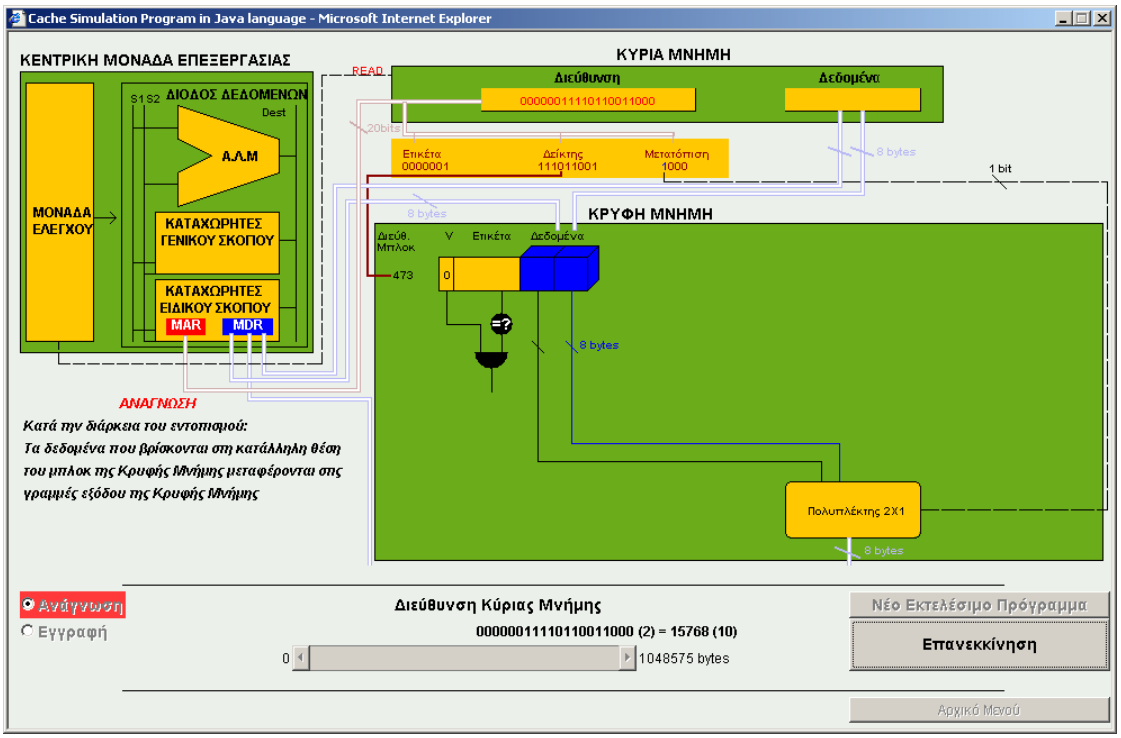
Η σειρά σχημάτων 4.18 που ακολουθεί απεικονίζει τα πέντε διαδοχικά βήματα της λειτουργίας του Εντοπισμού που λαμβάνουν χώρα στη περίπτωση που Εκτελείται μια εντολή ανάγνωσης από τη Κ.Μ.Ε. και η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι τύπου Άμεσης Αντιστοίχησης.



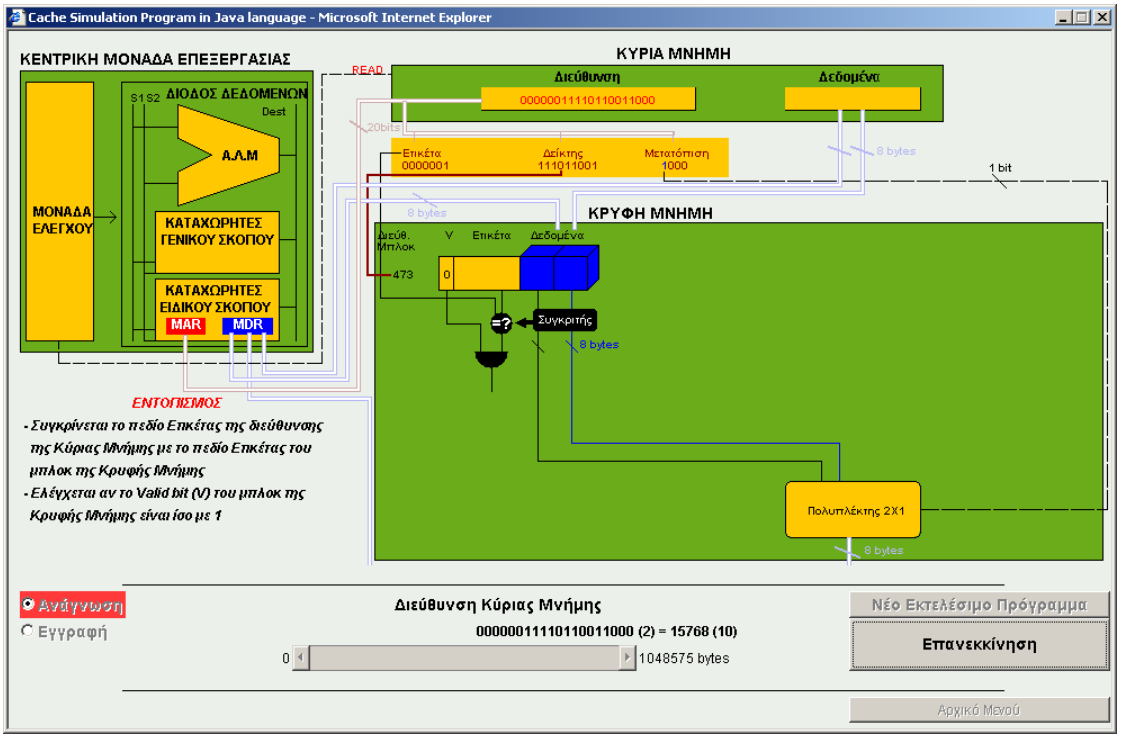
Σχήμα 4.18 α): Λειτουργία Εντοπισμού – 1ο βήμα



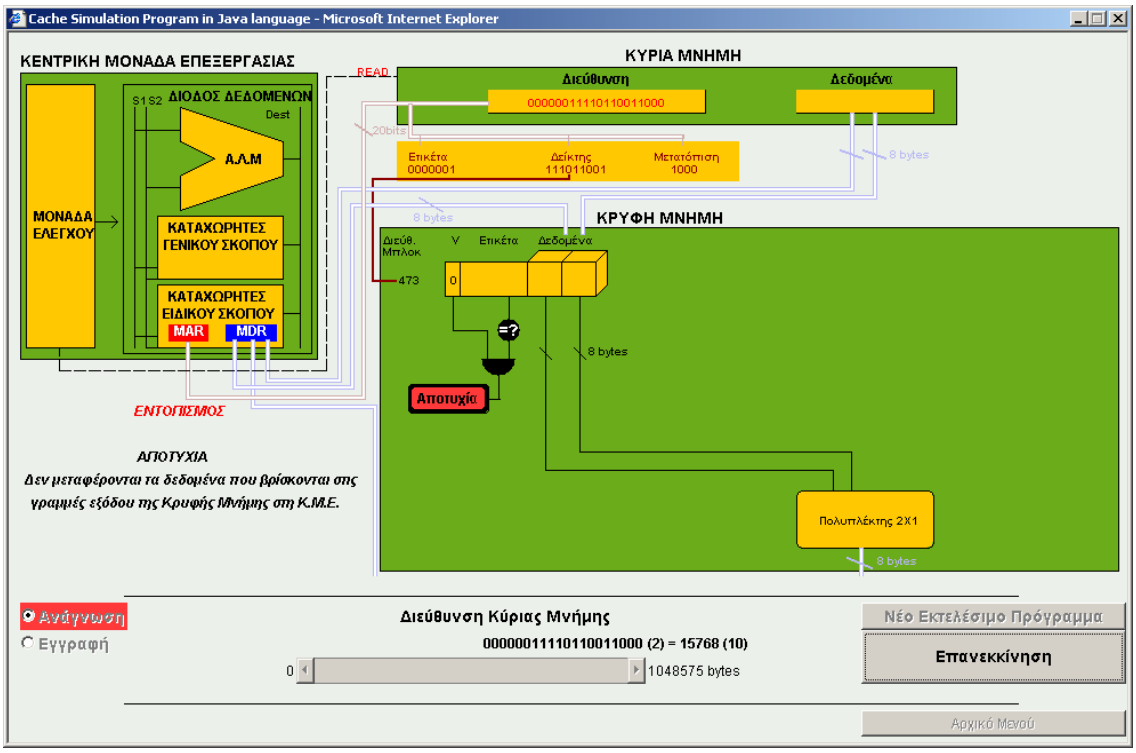
Σχήμα 4.18 β) : Λειτουργία Εντοπισμού – 2ο βήμα



Σχήμα 4.18 γ) : Λειτουργία Εντοπισμού – 3^{ο} βήμα



Σχήμα 4.18 δ) : Λειτουργία Εντοπισμού – 4^{ο} βήμα



Σχήμα 4.18 ε) : Λειτουργία Εντοπισμού – 5^{ο} βήμα

Σε ***κρυφή μνήμη Συνολοσυσχετιστικής Αντιστοίχησης***, η λειτουργία του Εντοπισμού πραγματοποιείται προκειμένου να διαπιστωθεί σε ποιο σύνολο της κρυφής μνήμης και πιο συγκεκριμένα σε ποιο μπλοκ του συνόλου υπάρχουν τα δεδομένα που αντιστοιχούν στη διεύθυνση της κύριας μνήμης που έστειλε η Κ.Μ.Ε.

Στη περίπτωση αυτή, πραγματοποιούνται τα παρακάτω βήματα:

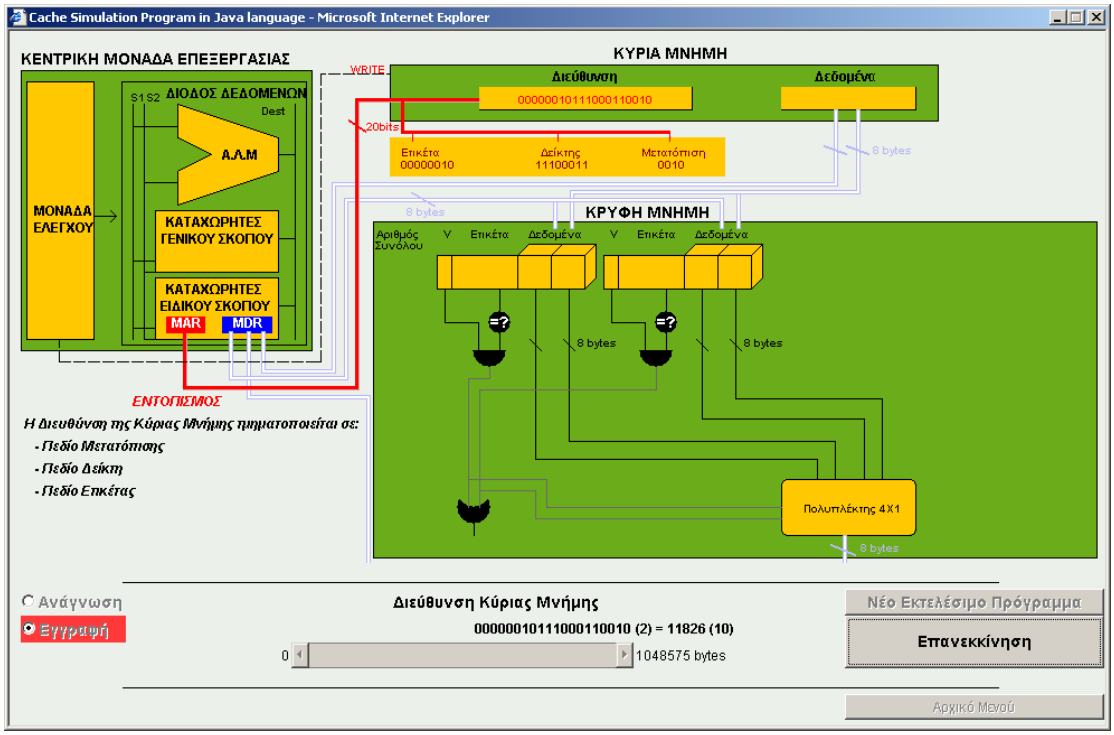
1. Τμηματοποίηση της διεύθυνσης, που έστειλε η Κ.Μ.Ε. στην κρυφή μνήμη, στο πεδίο Μετατόπισης, στο πεδίο Δείκτη και στο πεδίο Ετικέτας.
2. Προσδιορισμός του αριθμού συνόλου της κρυφής μνήμης από το πεδίο Δείκτη.

   Για κάθε μπλοκ του συνόλου πραγματοποιούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω:

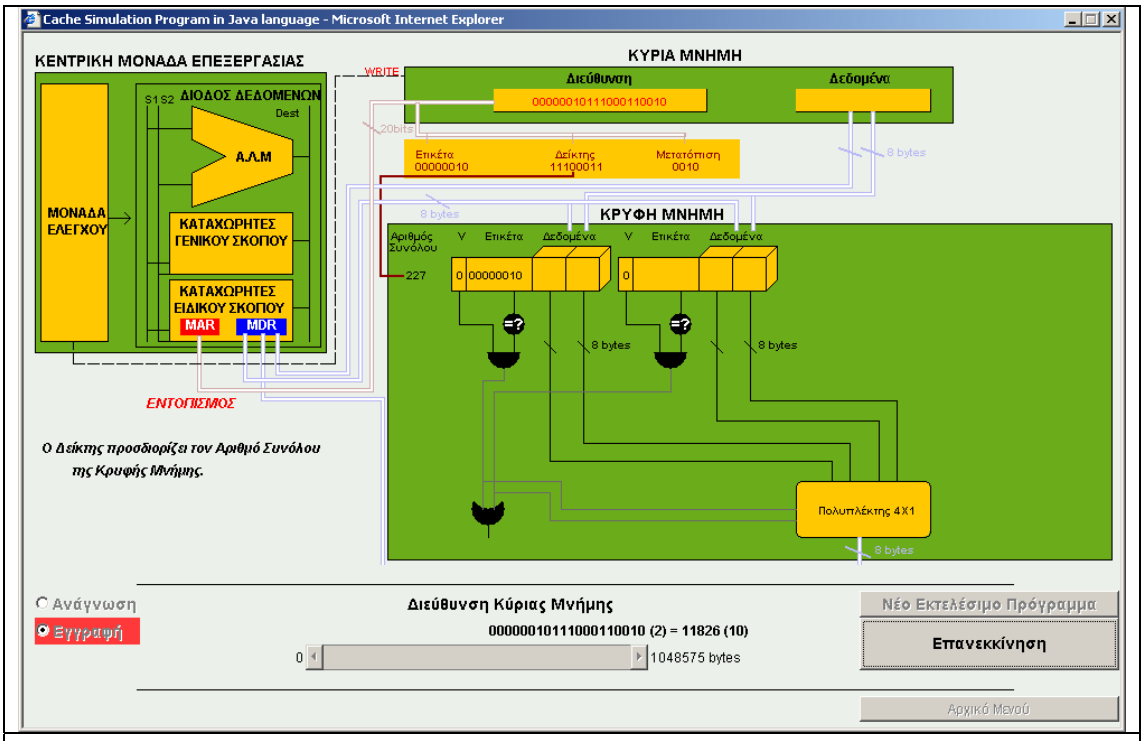
3. Σύγκριση του πεδίου Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης με το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης και έλεγχος αν το Valid Bit έχει τιμή 1.
4. Αν το πεδίο Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι ίδιο με το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το Valid Bit έχει τιμή 1, έχουμε *Επιτυχία* διαφορετικά έχουμε *Αποτυχία*.

Το σχήμα 2.2 απεικονίζει τα διαδοχικά βήματα της λειτουργίας του Εντοπισμού, που λαμβάνουν χώρα στη περίπτωση που:

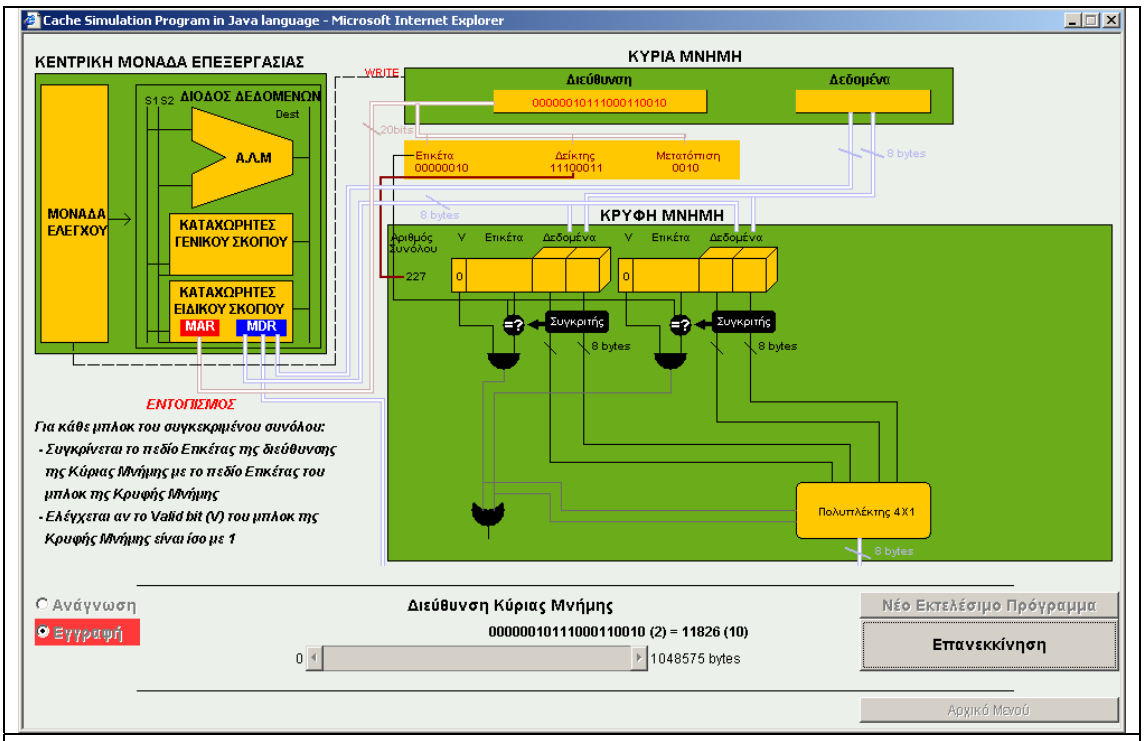
- Το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 16 Bytes
- Η κρυφή μνήμη είναι τύπου Συνολοσυσχετιστικής Αντιστοίχησης 2 δρόμων.
- Εκτελείται μια εντολή εγγραφής από τη Κ.Μ.Ε.



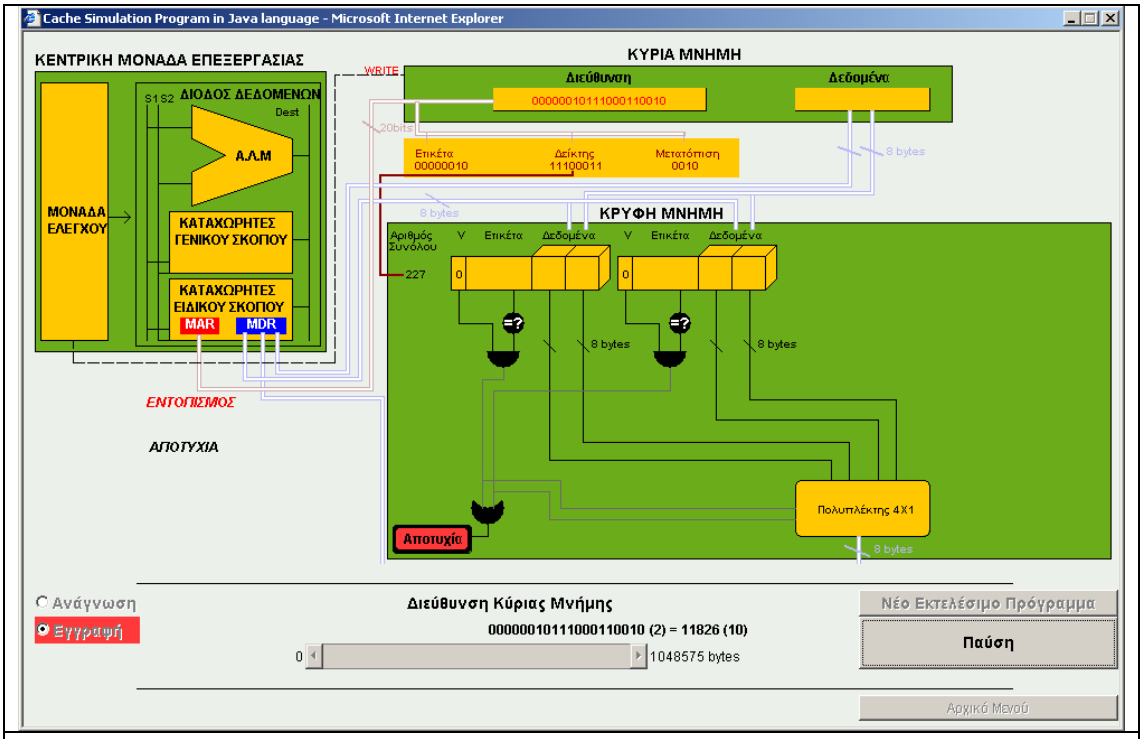
Σχήμα 4.19 α) : Λειτουργία Εντοπισμού – 1ο βήμα



Σχήμα 4.19 β) : Λειτουργία Εντοπισμού – 2ο βήμα



Σχήμα 4.19 γ) : Λειτουργία Εντοπισμού – 3ο βήμα



Σχήμα 4.19 δ) : Λειτουργία Εντοπισμού – 4^{ο} βήμα

➢ Η Λειτουργία Τοποθέτησης

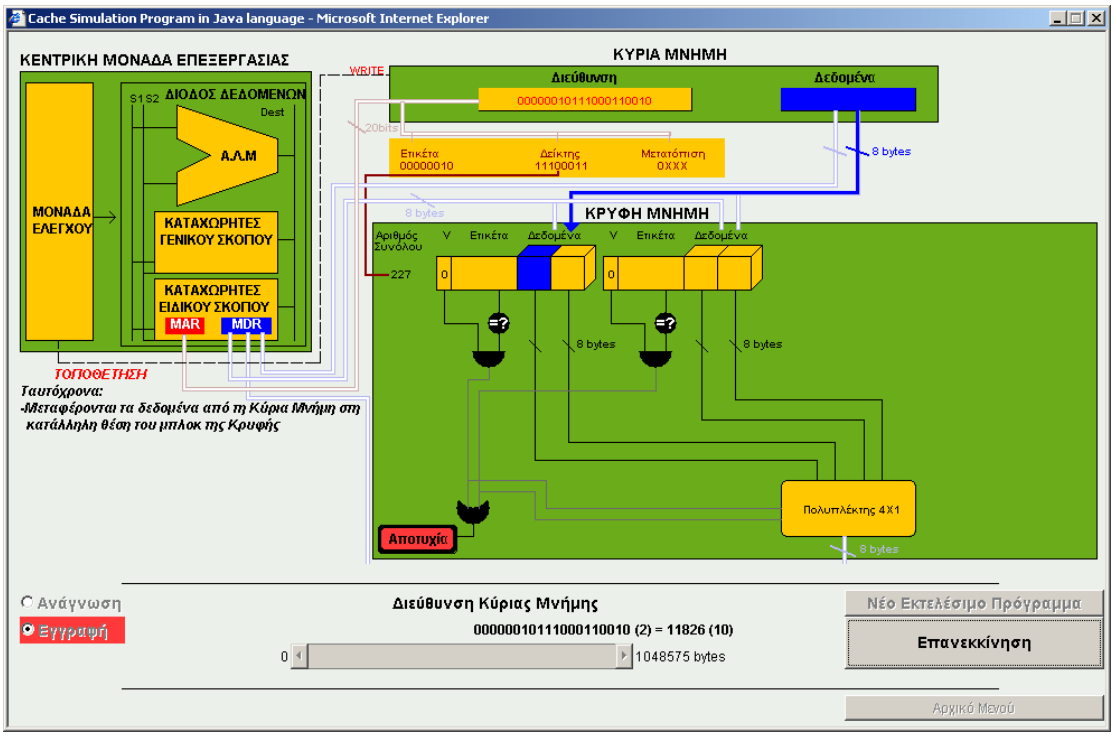
Κατά την εκτέλεση εντολής ανάγνωσης από την Κ.Μ.Ε, η λειτουργία της Τοποθέτησης μπλοκ στη κρυφή μνήμη πραγματοποιείται όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι Αποτυχία η οποία οφείλεται σε ασυμφωνία της τιμής του πεδίου Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης με το πεδίο Ετικέτας των μπλοκ της κρυφής μνήμης ή με την ετικέτα των συνόλων της κρυφής μνήμης και περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα τα οποία λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα:

- Μεταφέρονται τα δεδομένα από τη κύρια μνήμη στη Κ.Μ.Ε. και στη κατάλληλη θέση (που προσδιορίζεται από το πεδίο μετατόπισης) του μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Μεταφέρονται τα δεδομένα των γειτονικών διευθύνσεων της κύριας μνήμης στις υπόλοιπες θέσεις του μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Το πεδίο Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης.
- Το Valid Bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 1.

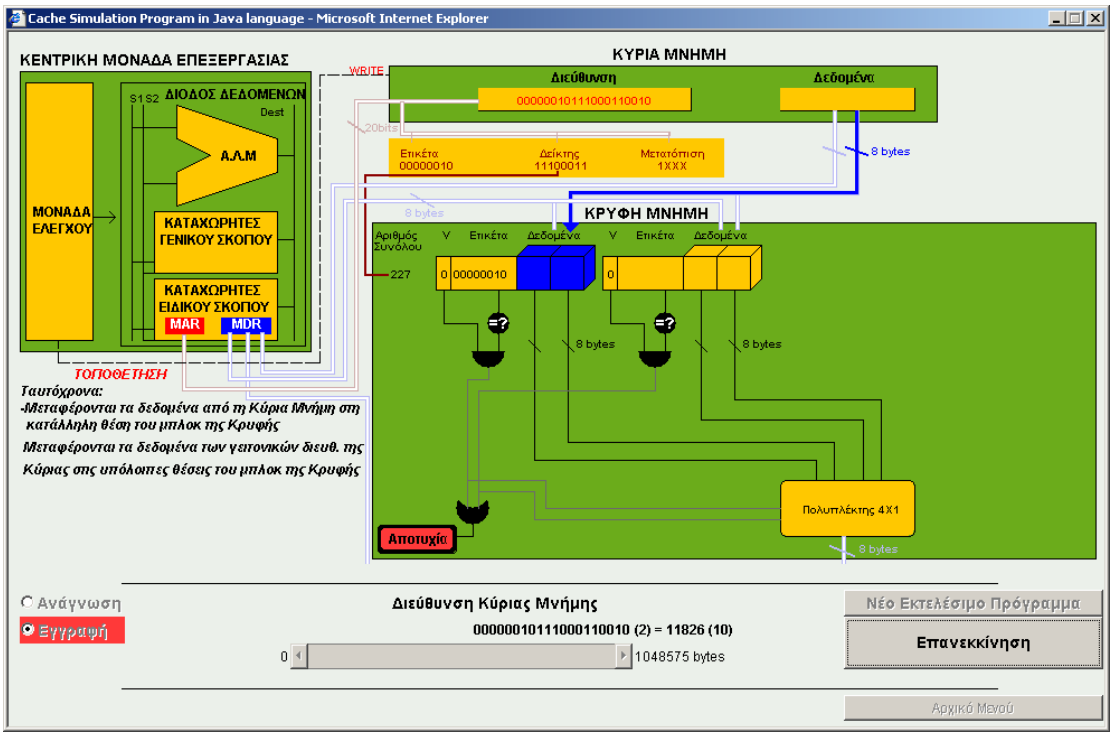
Το σχήμα 2.3 απεικονίζει τα βήματα της λειτουργίας της Τοποθέτησης που πραγματοποιούνται στη περίπτωση που:

- Το μέγεθος της μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 16 Bytes
- Η κρυφή μνήμη είναι τύπου Συνολοσυσχετιστικής αντιστοίχησης 2 δρόμων.
- Εκτελείται μια εντολή εγγραφής από τη Κ.Μ.Ε.

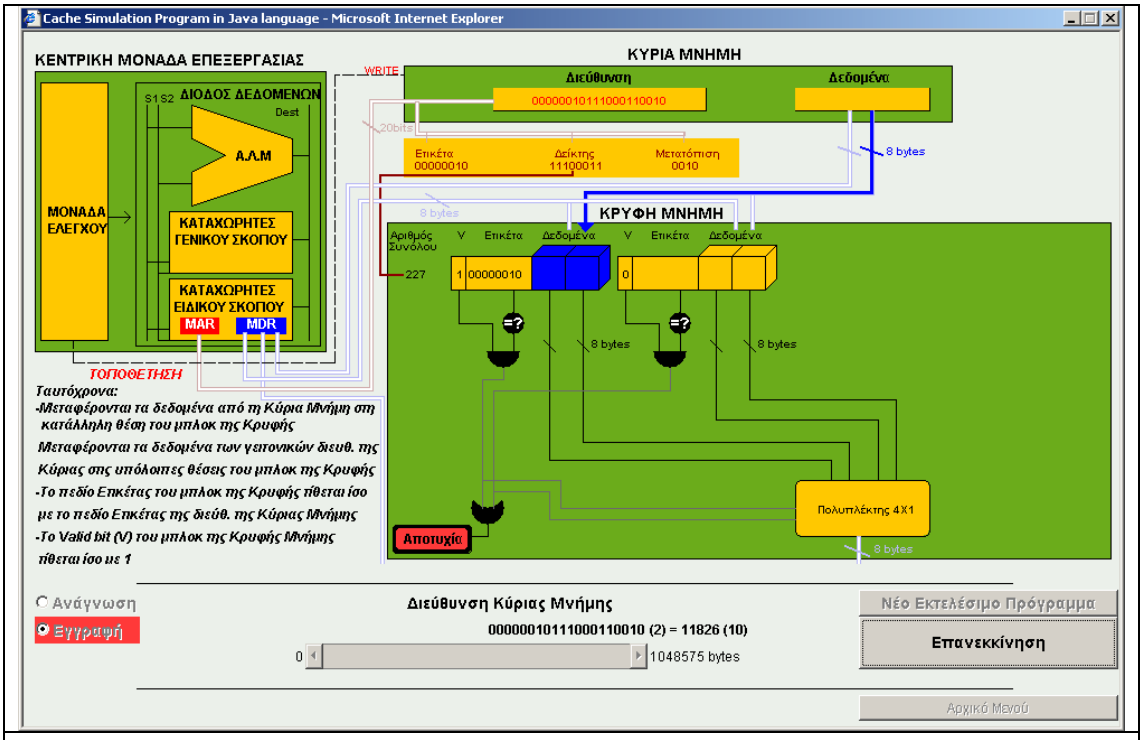
.



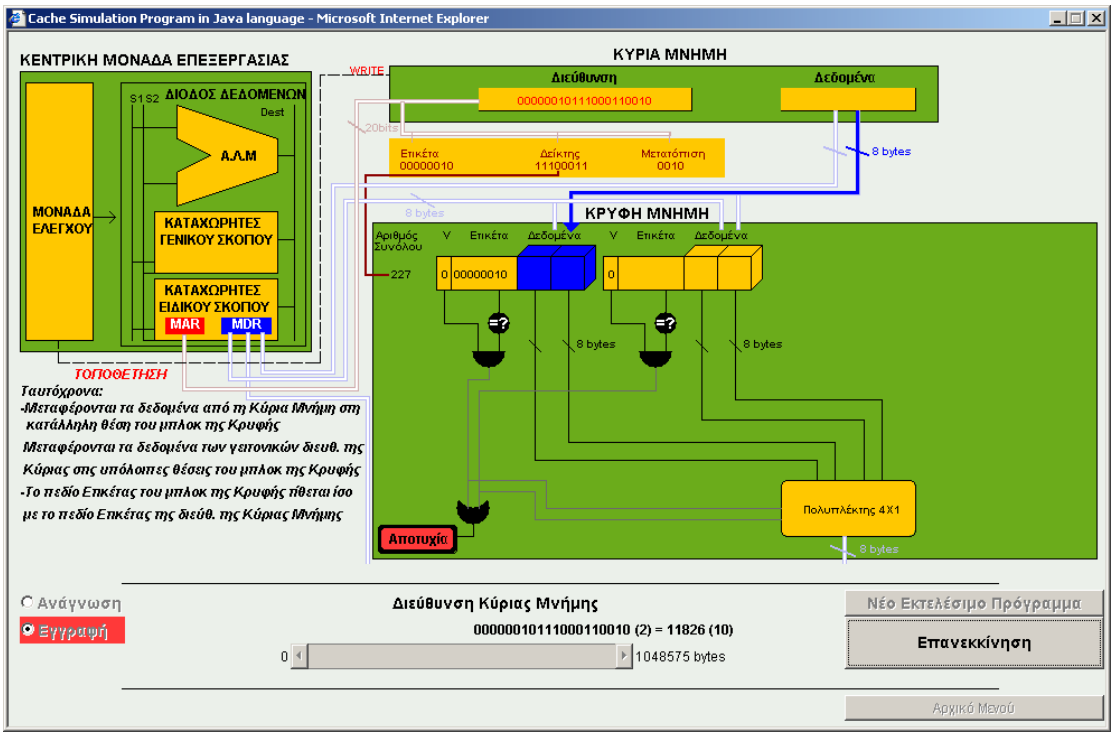
Σχήμα 4.20 α) : Λειτουργία Τοποθέτησης – 1^{ο} βήμα



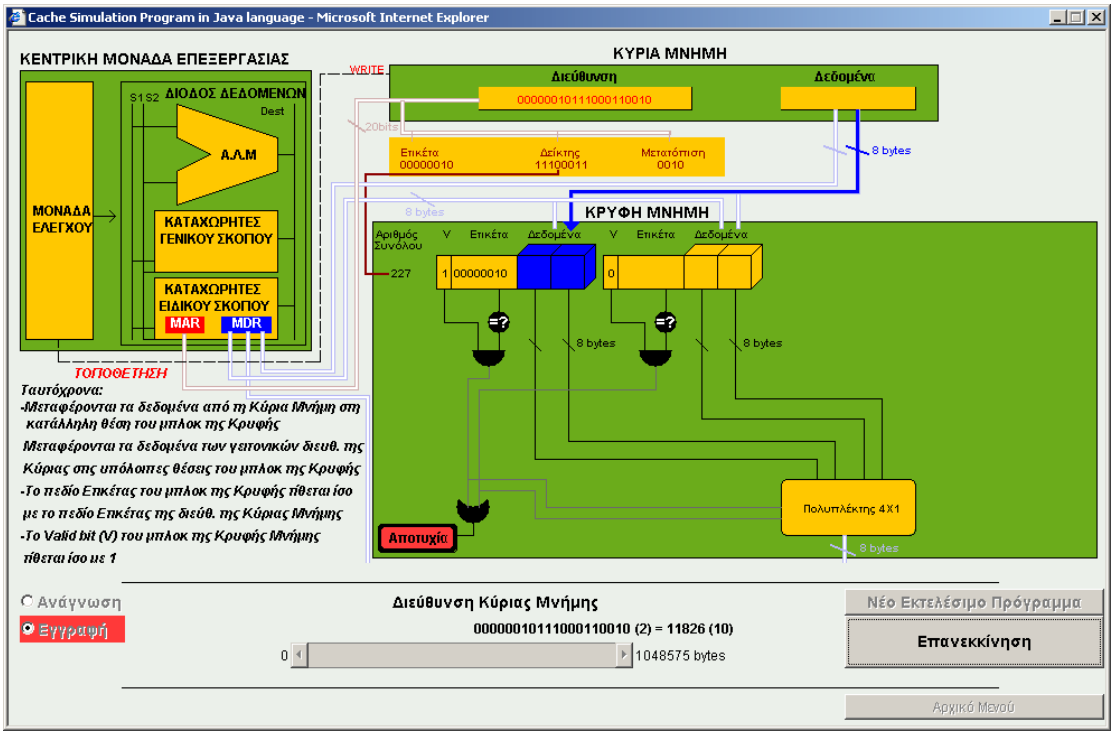
Σχήμα 4.20 β) : Λειτουργία Τοποθέτησης – 2^{ο} βήμα



Σχήμα 4.20 α) : Λειτουργία Τοποθέτησης – 3^{ο} βήμα



Σχήμα 4.20 β) : Λειτουργία Τοποθέτησης – 3^{ο} βήμα



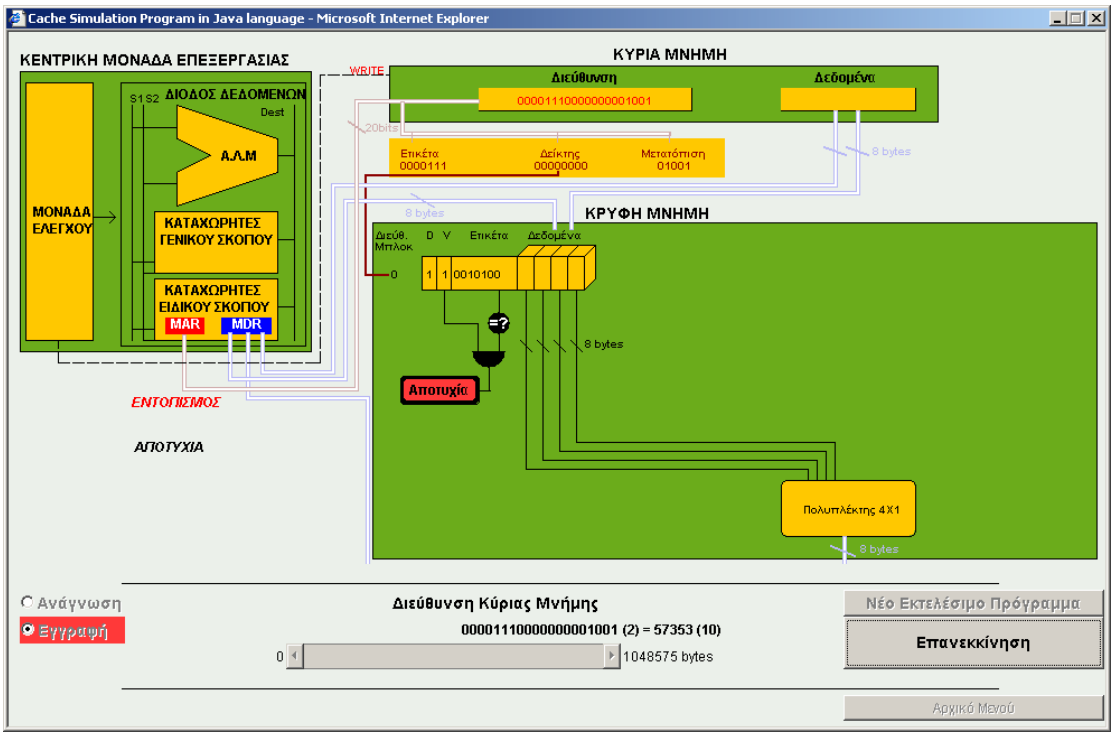
Σχήμα 4.20 δ) : Λειτουργία Τοποθέτησης – 4^{ο} βήμα

- ***Η Λειτουργία Αντικατάστασης***

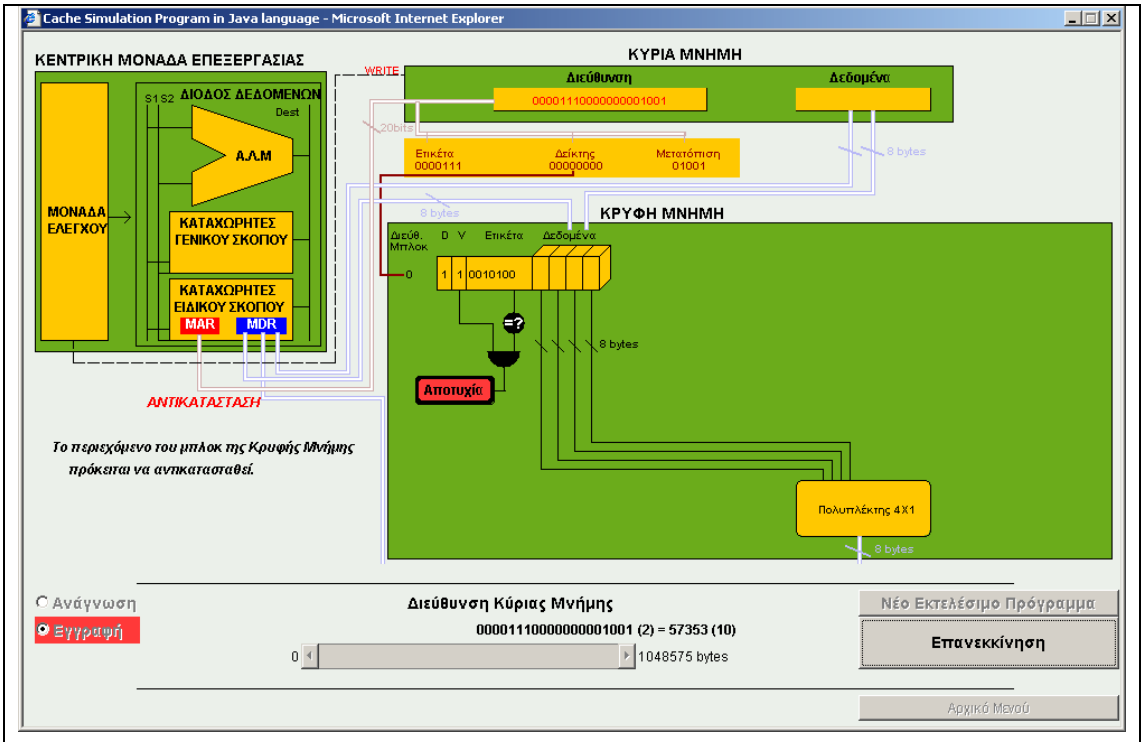
Σε κρυφή μνήμη Άμεσης Αντιστοίχησης, η λειτουργία της Αντικατάστασης πραγματοποιείται όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* και η αποτυχία αυτή οφείλεται στο ότι το valid bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης το οποίο έχει εντοπιστεί έχει τιμή 1, δηλαδή όταν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης υπάρχουν δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος, και το πεδίο Ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι διαφορετικό από το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Στη συνέχεια, εφόσον η τεχνική Εγγραφής σε περίπτωση Επιτυχίας στη κρυφή μνήμη είναι η Διεγγραφή ακολουθεί η λειτουργία της Τοποθέτησης, διαφορετικά, αν η τεχνική Εγγραφής σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή, ελέγχεται η τιμή του dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης και αν αυτό έχει τιμή 1 ενημερώνεται η αντίστοιχη διεύθυνση της κύριας μνήμης και στη συνέχεια ακολουθεί η λειτουργία της Τοποθέτησης.

Η σειρά των σχημάτων 4.21 απεικονίζει τη λειτουργία της Αντικατάστασης στη περίπτωση που:

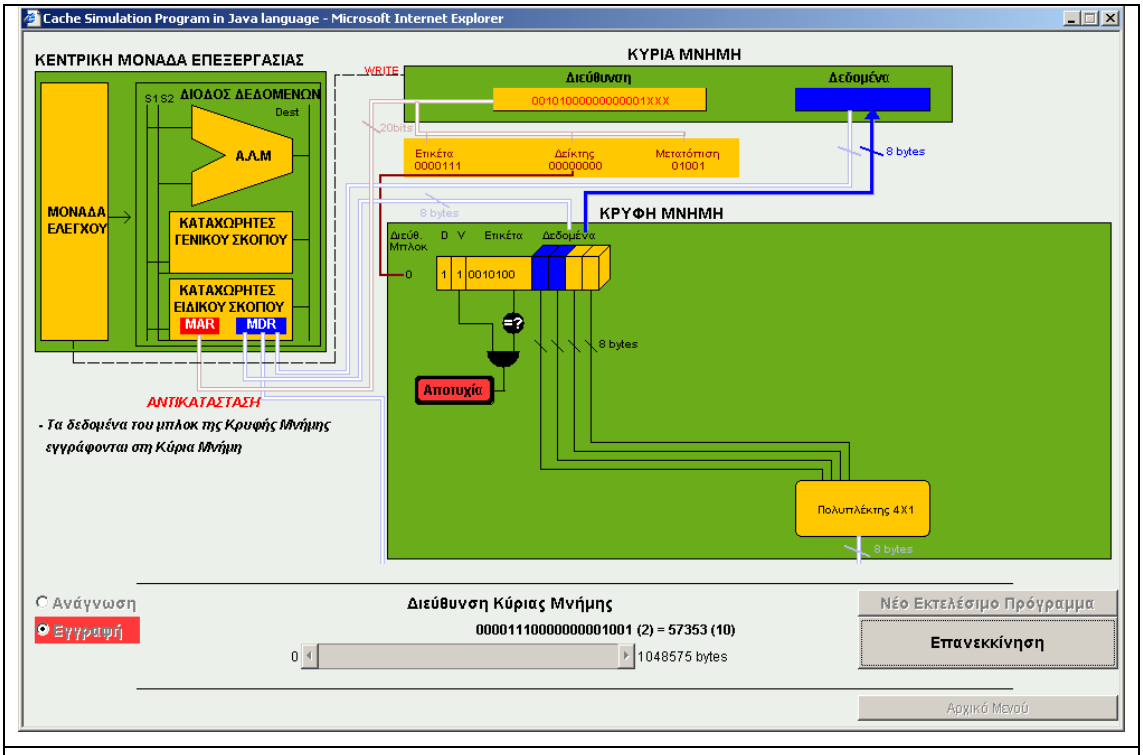
- Η κρυφή μνήμη είναι Άμεσης Αντιστοίχησης.
- Το μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 32 bytes (4 λέξεις).
- Η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή.
- Η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής.



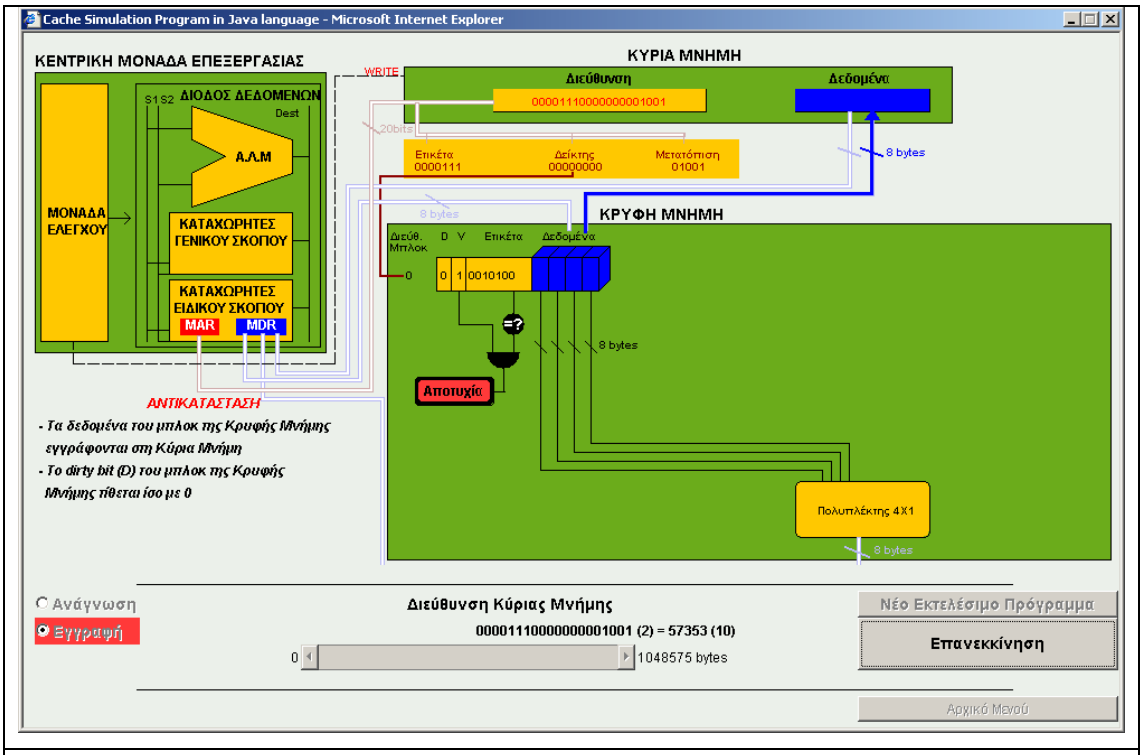
Σχήμα 4.21 α) : Λειτουργία Αντικατάστασης – προϋπόθεση έναρξης



Σχήμα 4.21 β) : Λειτουργία Αντικατάστασης – 1^{ο} βήμα



Σχήμα 4.21 β) : Λειτουργία Αντικατάστασης – 2^{ο} βήμα



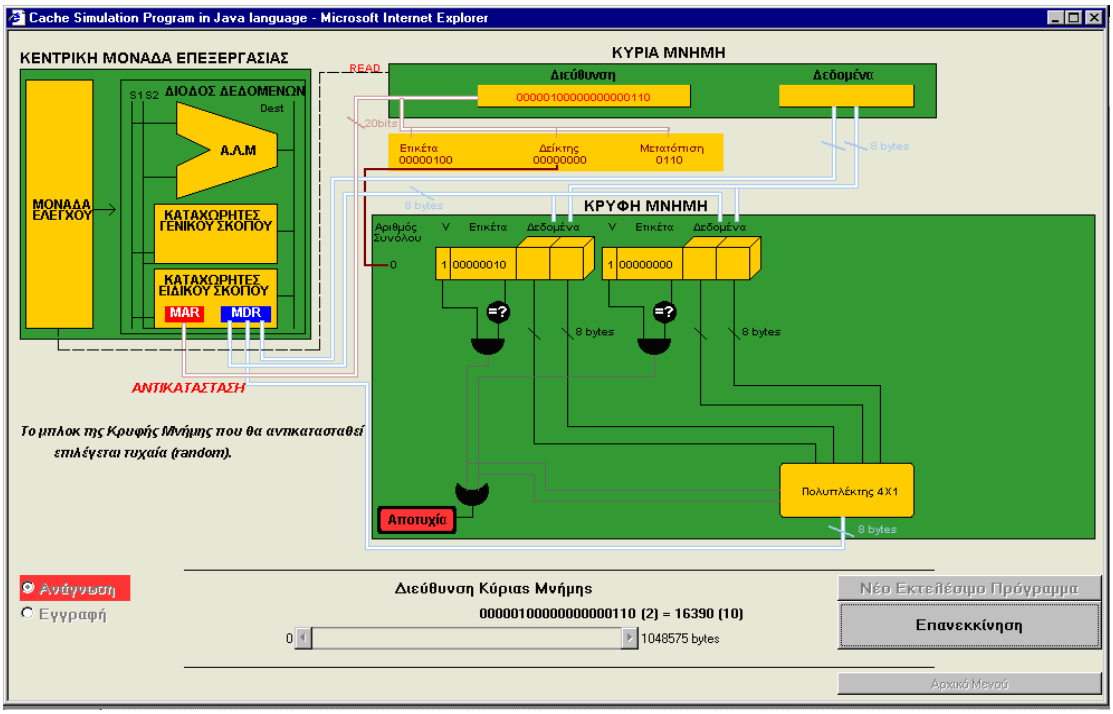
Σχήμα 4.21 β) : Λειτουργία Αντικατάστασης – 3^{ο} βήμα

Σε κρυφή μνήμη Συνολοσυσχετιστικής Αντιστοίχησης, η λειτουργία της Αντικατάστασης πραγματοποιείται όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* και το valid bit κάθε μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης έχει τιμή 1, δηλαδή όταν σε κάθε μπλοκ του συνόλου υπάρχουν δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος και το πεδίο Ετικέτας κάθε μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης είναι διαφορετικό από το πεδίο Ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή του μπλοκ (από το σύνολο) που θα αντικατασταθεί γίνεται με μια από τις παρακάτω τεχνικές:

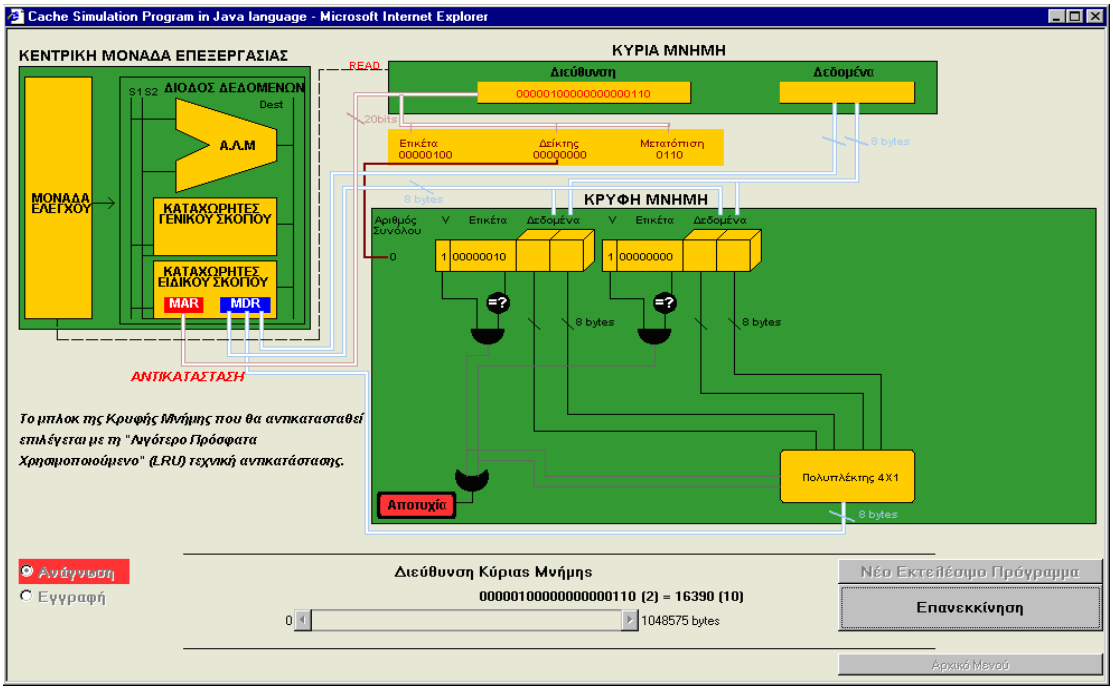
- Τυχαία (Random): Επιλέγεται τυχαία ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
- Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο (LRU-Less Recently Used): Επιλέγεται από τα μπλοκ του συνόλου να αντικατασταθεί εκείνο που δεν έχει προσπελαστεί για ανάγνωση ή εγγραφή κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Πρώτο Μέσα – Πρώτο έξω (FIFO – First In First Out): Η αντικατάσταση γίνεται με βάση το χρόνο παραμονής. Από τα μπλοκ του συνόλου επιλέγεται για αντικατάσταση αυτό που έχει παραμείνει περισσότερο χρόνο στην κρυφή μνήμη. Η τεχνική FIFO αντικαθιστά τα μπλοκ της κρυφής μνήμης ακολουθώντας την τεχνική Round-Robin. Δηλαδή, τα μπλοκ αντικαθίσταται διαδοχικά με τη σειρά σύμφωνα τη φυσική τους θέση.

Μετά την επιλογή του μπλοκ της κρυφής μνήμης το οποίο θα αντικατασταθεί ακολουθεί η λειτουργία της Τοποθέτησης εφόσον η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή. Διαφορετικά αν η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη, σε περίπτωση Επιτυχίας, είναι η Επανεγγραφή ελέγχεται η τιμή του dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης και αν αυτό έχει τιμή 1 τότε ενημερώνεται η αντίστοιχη διεύθυνση της κύριας μνήμης και στη συνέχεια ακολουθεί η λειτουργία της Τοποθέτησης.

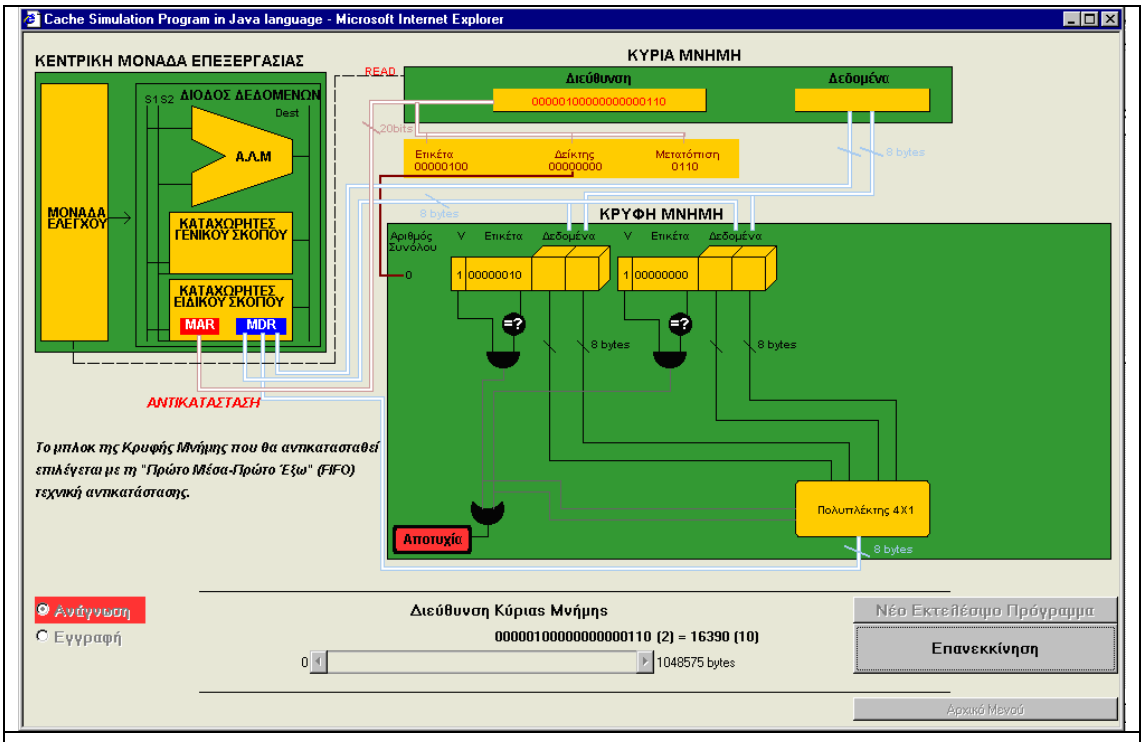
Η σειρά σχημάτων 4.22 απεικονίζει τη λειτουργία της Αντικατάστασης στην περίπτωση που η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική (2-δρόμων) Αντιστοίχηση, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής.



Σχήμα 4.22 α) : Λειτουργία Αντικατάστασης – Τεχνική αντικατάστασης «Τυχαία»



Σχήμα 4.22 : Λειτουργία Αντικατάστασης – Τεχνική αντικατάστασης «Λιγότερο Πρόσφατα Χρησιμοποιούμενο»



Σχήμα 4.22 γ) : Λειτουργία Αντικατάστασης – Τεχνική αντικατάστασης «Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω»

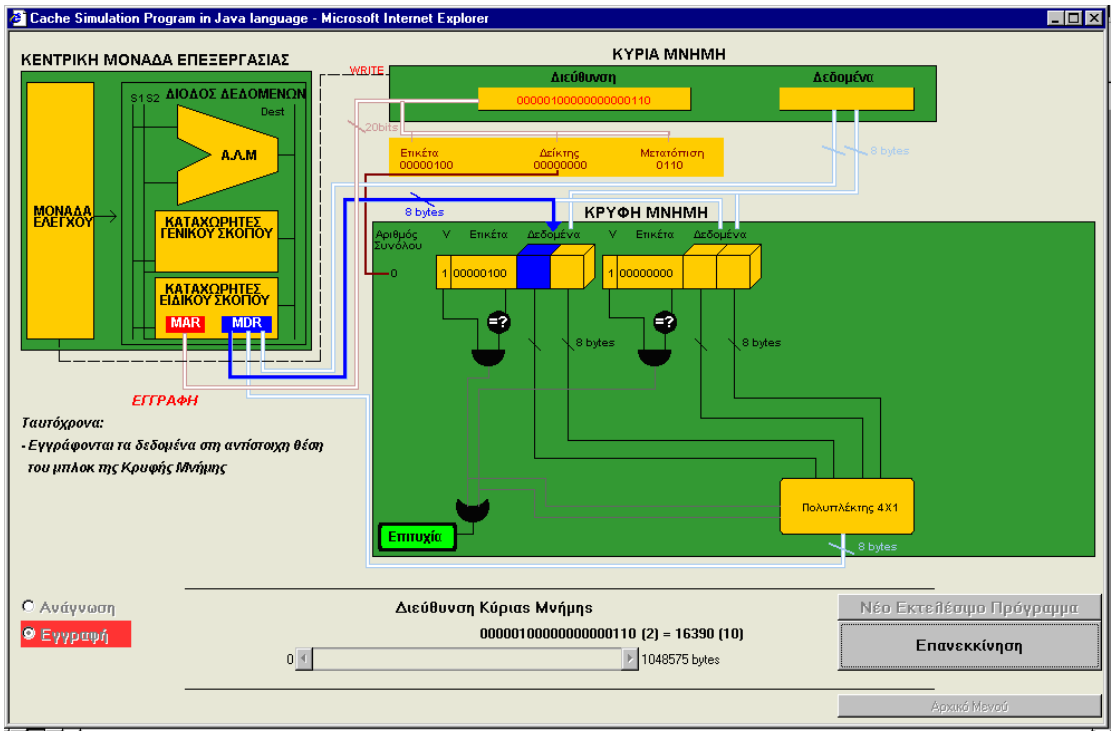
➢ Λειτουργία Εγγραφής

Εάν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι Επιτυχία, τότε μόνο μπορεί να τροποποιηθεί το μπλοκ, και διακρίνουμε δύο τεχνικές Εγγραφής: τη Διεγγραφή (Write Through) και την Επανεγγραφή (Write Back).

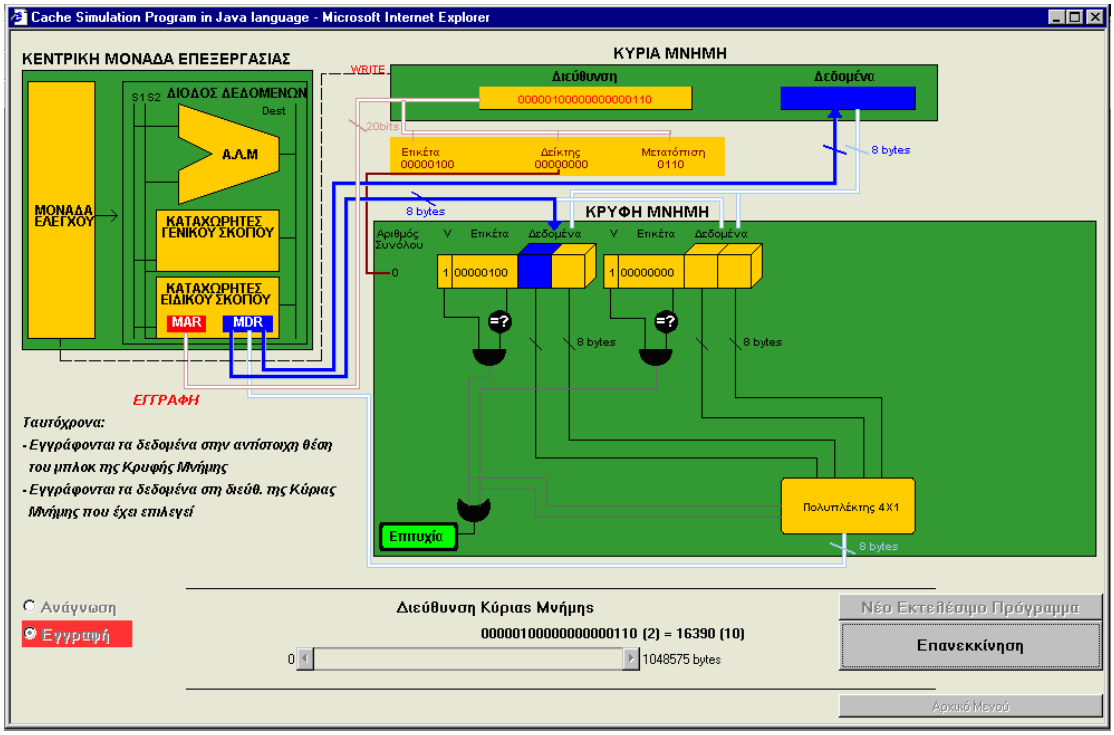
Σύμφωνα με την τεχνική της Διεγγραφής εκτελούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω βήματα:

- Εγγράφονται τα δεδομένα στη κατάλληλη θέση (που προσδιορίζεται από το πεδίο μετατόπισης) του μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Εγγράφονται τα δεδομένα στη διεύθυνση της κύριας μνήμης που στάλθηκε από την Κ.Μ.Ε.

Η σειρά σχημάτων 4.23 απεικονίζει τα βήματα της λειτουργίας της Εγγραφής στη περίπτωση που η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική (2-δρόμων) και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή.



Σχήμα 4.23 α) : Λειτουργία Εγγραφής – 1ο βήμα

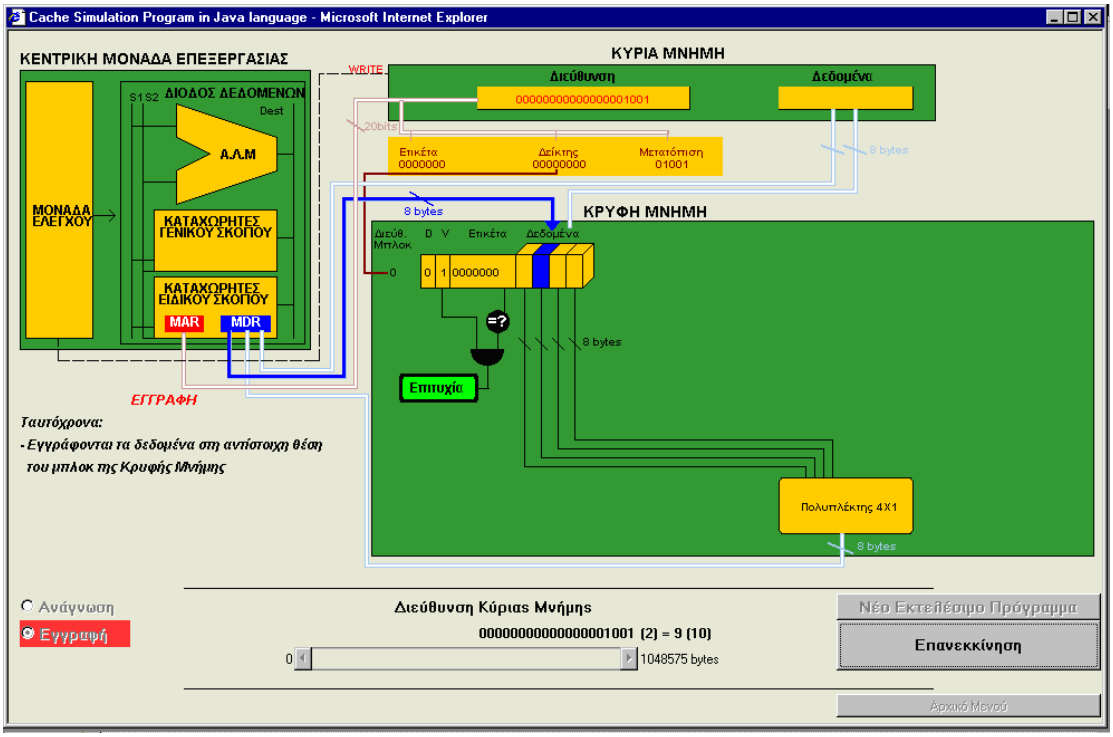


Σχήμα 4.23 β): Λειτουργία Εγγραφής – 2ο βήμα

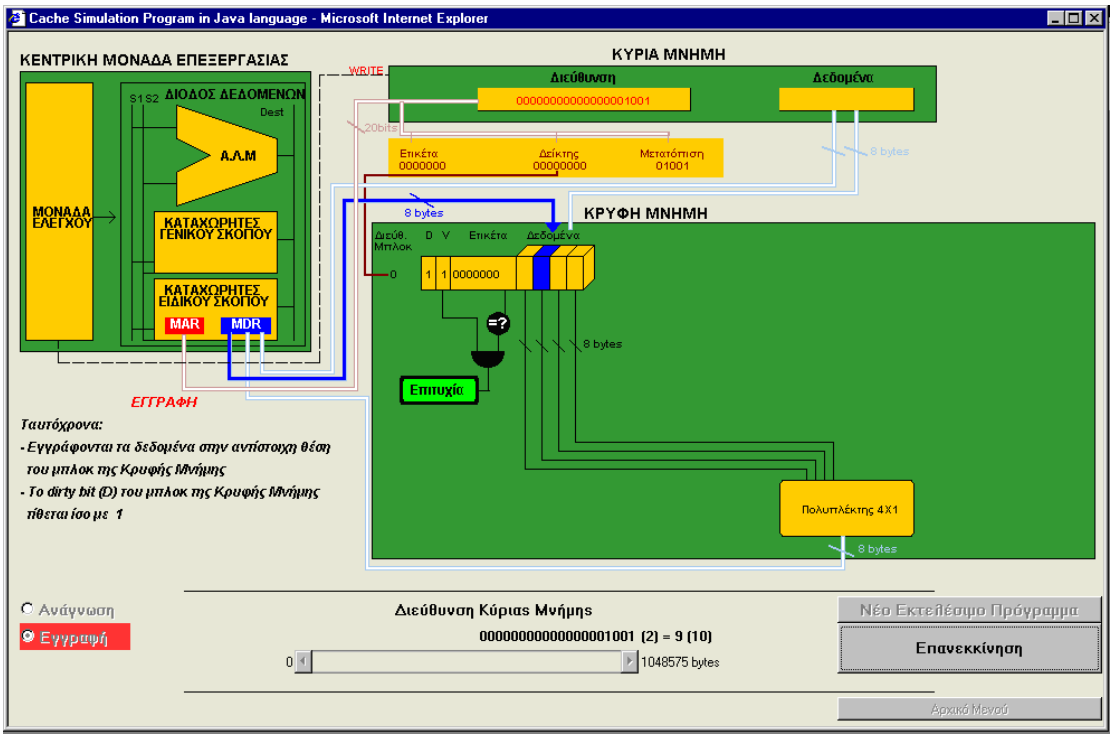
Σύμφωνα με την τεχνική της Επανεγγραφής εκτελούνται ταυτόχρονα τα παρακάτω βήματα:

- Εγγράφονται τα δεδομένα στην αντίστοιχη θέση (που προσδιορίζεται από το πεδίο μετατόπισης) του μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 1.

Η σειρά των σχημάτων 4.24 απεικονίζει τα βήματα της λειτουργία της Εγγραφής στη περίπτωση που η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή.



Σχήμα 4.24 α) : Λειτουργία Εγγραφής – 1^{ο} βήμα



Σχήμα 4.24 β) : Λειτουργία Εγγραφής – 2^{ο} βήμα

Εάν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* διακρίνουμε δύο τεχνικές Εγγραφής: την Ανάθεση Εγγραφής (Write allocate) και τη Μη Ανάθεση Εγγραφής (No Write Allocate).

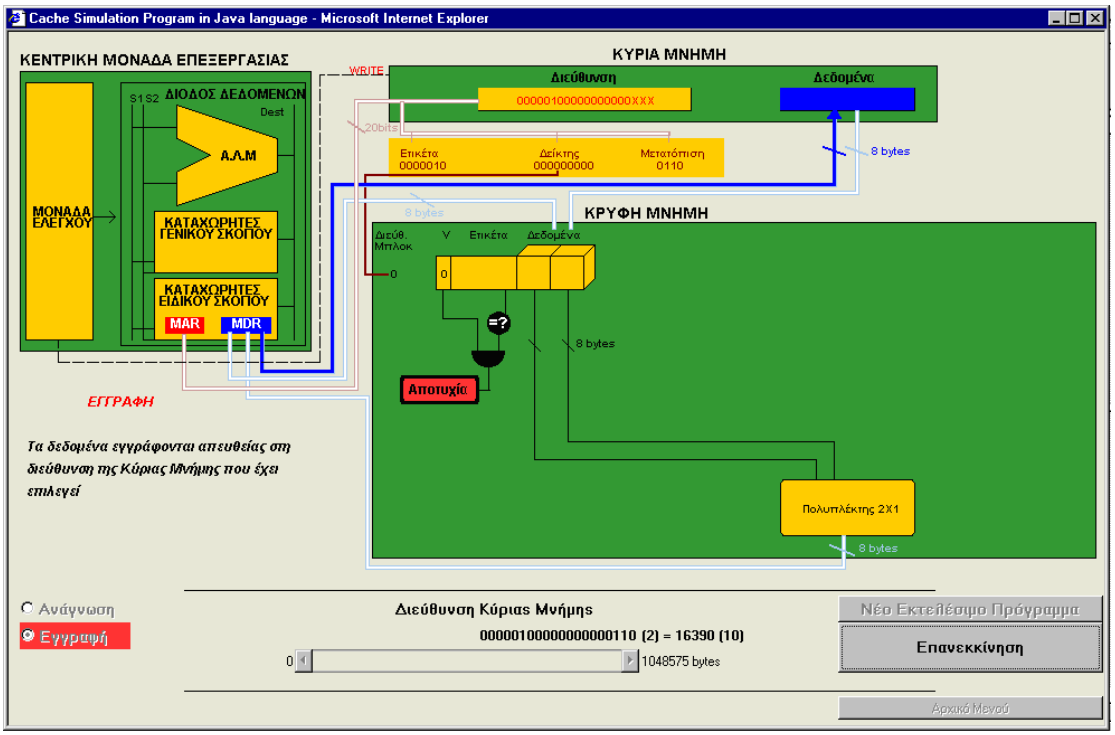
Σύμφωνα με την τεχνική της Ανάθεσης Εγγραφής εκτελούνται τα παρακάτω βήματα:

- Αν το valid bit έχει τιμή 1 λαμβάνει χώρα η λειτουργία της Αντικατάστασης και η λειτουργία της Τοποθέτησης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η λειτουργία της Εγγραφής όπως στην περίπτωση που η λειτουργία του Εντοπισμού κατέληξε σε *Επιτυχία* (τεχνική Διεγγραφής ή Επανεγγραφής).
- Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 πραγματοποιείται η λειτουργία της Τοποθέτησης και στη συνέχεια η λειτουργία της Εγγραφής, όπως στην περίπτωση που η λειτουργία του Εντοπισμού κατέληξε σε *Επιτυχία* (τεχνική Διεγγραφής ή Επανεγγραφής).

Σύμφωνα με την τεχνική της Μη Ανάθεσης Εγγραφής:

- Τα δεδομένα εγγράφονται απευθείας στη διεύθυνση της κύριας μνήμης που στάλθηκε από τη Κ.Μ.Ε.

Η σειρά των σχημάτων 4.25 απεικονίζει τα βήματα της λειτουργίας της Εγγραφής στην περίπτωση που η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής και η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση.



ΣΧΗΜΑ 4.25 γ): Λειτουργία Εγγραφής όταν η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση και το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 16 bytes

Οι τεχνικές εγγραφής Ανάθεσης και Μη Ανάθεσης, που χρησιμοποιούνται όταν το αποτέλεσμα του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία*, μπορούν να συνδυαστούν είτε με την τεχνική της Διεγγραφής είτε με την τεχνική της Επανεγγραφής. Ωστόσο, συνήθως οι Κρυφές Μνήμες Επανεγγραφής χρησιμοποιούν την τεχνική της Ανάθεσης και οι Κρυφές Μνήμες Διεγγραφής χρησιμοποιούν την τεχνική της Μη Ανάθεσης. Πιο συγκεκριμένα, ο συνδυασμός της τεχνικής της Διεγγραφής με τη τεχνική της Ανάθεσης δεν χρησιμοποιείται στη πραγματικότητα αφού σε περίπτωση *Αποτυχίας* η τεχνική της Διεγγραφής θα προκαλέσει την εγγραφή δεδομένων και στη κύρια μνήμη. Ομοίως, ο συνδυασμός της τεχνικής της Επανεγγραφής με την τεχνική της

Μη Ανάθεσης δεν χρησιμοποιείται στην πραγματικότητα, αφού σε περίπτωση *Αποτυχίας* η τεχνική της Μη Ανάθεσης θα προκαλέσει την εγγραφή των δεδομένων μόνο στην κύρια μνήμη, και για διαδοχικές εγγραφές στο ίδιο μπλοκ το αποτέλεσμα του εντοπισμού θα είναι *Αποτυχία* οδηγώντας σε μη αποδοτική εκτέλεση των εντολών.

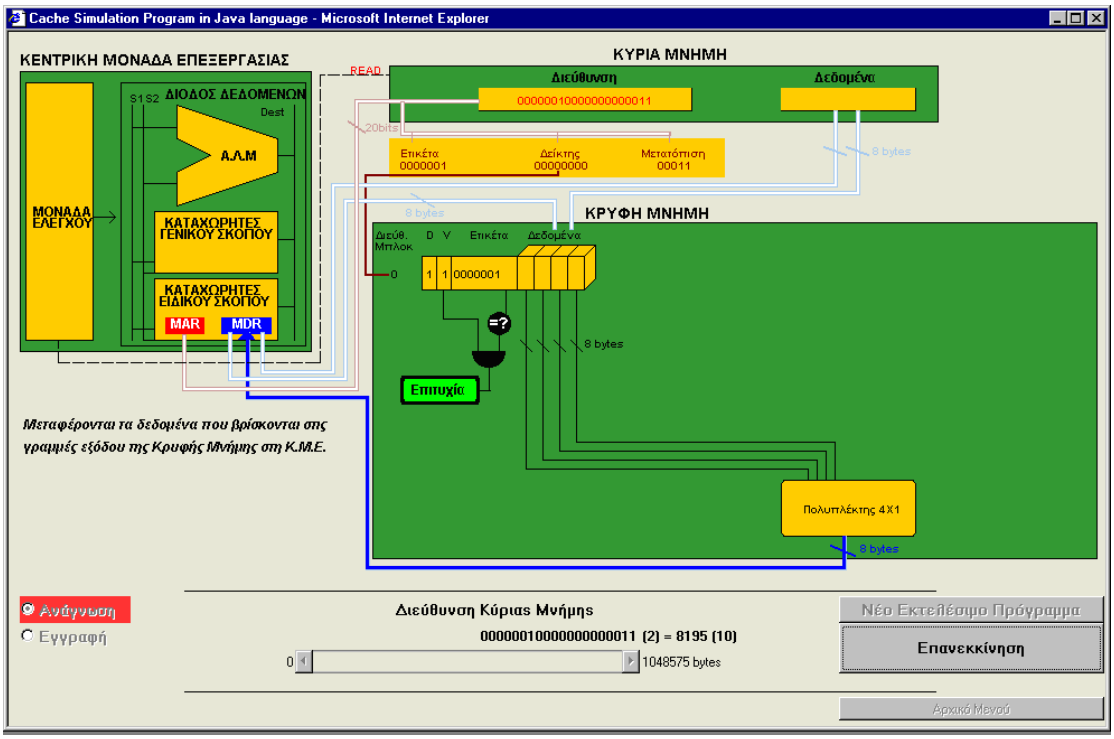
Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των τεχνικών εγγραφής στις δύο περίπτωσεις *Επιτυχίας* και σε περίπτωση *Αποτυχίας*, ενώ με έντονα γράμματα δίδονται οι συνδυασμοί που χρησιμοποιούνται στην πραγματικότητα.

Τεχνική Εγγραφής σε περίπτωση Επιτυχίας	**Τεχνική Εγγραφής σε περίπτωση Αποτυχίας**
Διεγγραφή	Ανάθεση
Διεγγραφή	**Μη Ανάθεση**
Επανεγγραφή	**Ανάθεση**
Επανεγγραφή	Μη Ανάθεση

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συνδυασμός τεχνικών Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση που το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι Επιτυχία / Αποτυχία.

- **Η λειτουργία της Ανάγνωσης**

Η ανάγνωση των δεδομένων ενός μπλοκ μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα με το 3^{ο} βήμα της λειτουργίας του Εντοπισμού (σχήμα 4.25). Κατά συνέπεια, από τη στιγμή που είναι διαθέσιμη η διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής μνήμης, τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση, η οποία προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης, του μπλοκ, ή των μπλοκ του συνόλου, της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης (σχήμα 4.25). Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία*, τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω των γραμμών εξόδου της κρυφής μνήμης στη Κ.Μ.Ε.



ΣΧΗΜΑ 4.25: Βήματα λειτουργίας Ανάγνωσης όταν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση και το μέγεθος μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 32 bytes

Αντίθετα με τη λειτουργία της ανάγωνσης, το πότε θα ξεκινήσει η λειτουργία της Εγγραφής εξαρτάται από το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού. Αν το αποτέλεσμα είναι *Επιτυχία* η εγγραφή δεδομένων ξεκινά αμέσως μετά τη λειτουργία του Εντοπισμού, διαφορετικά αν είναι *Αποτυχία τότε* αμέσως μετά τη λειτουργία του Εντοπισμού αν το valid bit έχει τιμή 1 ακολουθεί η λειτουργία της Αντικατάστασης, η λειτουργία της Τοποθέτησης και τέλος η λειτουργία της Εγγραφής, διαφορετικά αν το valid bit έχει τιμή 0 ακολουθεί η λειτουργία της Τοποθέτησης και κατόπιν η λειτουργία της Εγγραφής.

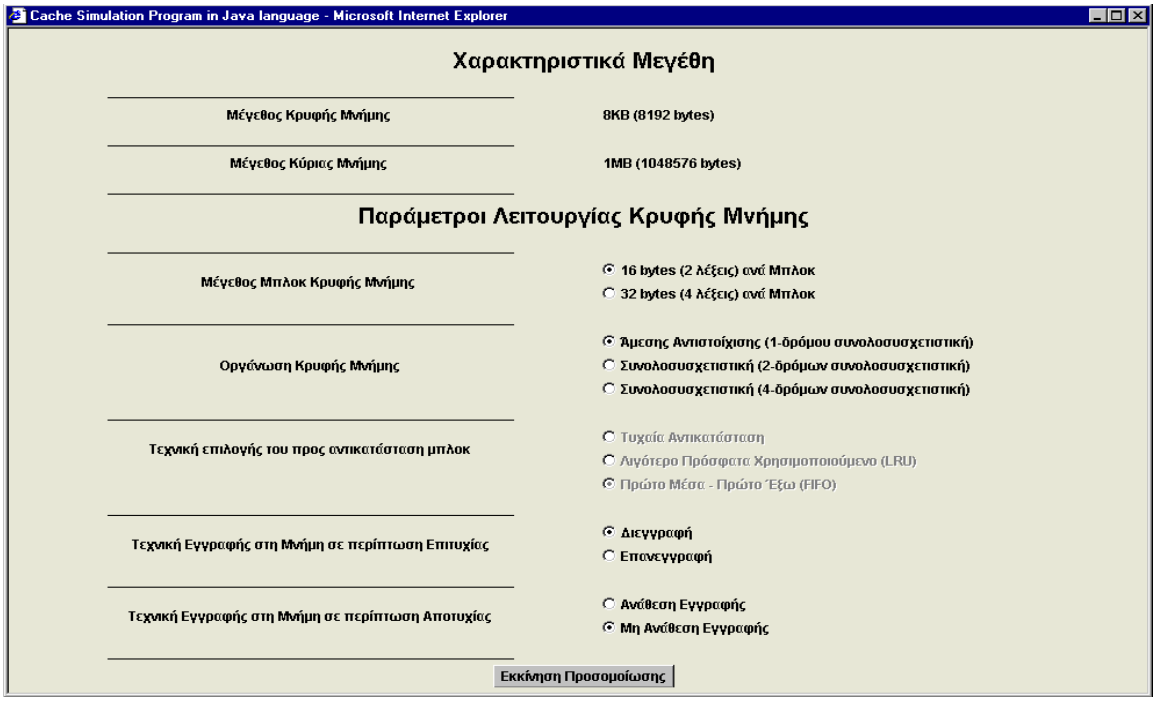
4.6.3 Ιεραρχία βημάτων κατά την εκτέλεση εντολής ανάγνωσης από την Κ.Μ.Ε.

Στις επόμενες ενότητες θα αναφερθούμε στη σειρά με την οποία επιτελούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης, όταν η Κ.Μ.Ε. ζητήσει να διαβάσει δεδομένα από την κύρια μνήμη, ανάλογα με:

- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση).

- Την τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ της κρυφής μνήμης (Τυχαία, Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο, Πρώτο Μέσα-Πρώτο Έξω).
- Την τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας (Διεγγραφή, Επανεγγραφή).
- Την τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας (Ανάθεση Εγγραφής, Μη Ανάθεση Εγγραφής).

Στο σχήμα 4.26 απεικονίζεται το μέρος του προγράμματος προσομοίωσης όπου καθορίζονται οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων.



ΣΧΗΜΑ 4.26: Καθορισμός παραμέτρων προσομοίωσης

➢ Άμεση Αντιστοίχηση – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής,

τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στη κατάλληλη θέση – η οποία προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - του μπλοκ της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχί,α* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1 γίνεται:
    - **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 γίνεται:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ ***Άμεση Αντιστοίχηση – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής***

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στη κατάλληλη θέση – η οποία προσδιορίζεται από

το πεδίο Μετατόπισης - του μπλοκ της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1 τότε γίνεται:
    - **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα πραγματοποιούνται οι παρακ΄τω ενέργειες:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 τότε γίνεται:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής, τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - του μπλοκ της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1 τότε γίνεται:
    - **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεση Αντιστοίχηση, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής, τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - του μπλοκ της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1 τότε γίνεται:

- **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).

  Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα γίνονται οι ενέργειες:

  - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
  - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.

- **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 τότε γίνεται:
  - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής, τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στη κατάλληλην θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:

- Επιλέγεται με βάση τη τυχαία τεχνική **Αντικατάστασης** ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
- **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
  - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης** ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
  - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης** ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Τυχαία" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
    - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
        - Επιλέγεται με βάση τη "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης** ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

          Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα πραγματοποιούνται:
            - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
            - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 πραγματοποιείται:
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα μέσα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
    - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
        - Επιλέγεται με βάση τη "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης** ποιο από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

          Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα πραγματοποιούνται:
            - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
            - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- ***Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση - Τυχαία – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής***

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
    - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
        - Επιλέγεται με βάση τη "Τυχαία" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας

είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
    - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
        - Επιλέγεται με βάση τη "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή, και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.

- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
    - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
        - Επιλέγεται με βάση τη "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
        - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ ***Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής***

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Τυχαία" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερ πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Παράλληλα με το 3^{ο} βήμα του εντοπισμού αρχίζει η λειτουργία της **Ανάγνωσης** (τα δεδομένα που βρίσκονται στην κατάλληλη θέση - που προσδιορίζεται από το πεδίο Μετατόπισης - των μπλοκ του συνόλου της κρυφής μνήμης μεταφέρονται στις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης).

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία* μεταφέρονται τα δεδομένα (που αντιστοιχούν στο μπλοκ της κρυφής μνήμης που είχαμε Επιτυχία) από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* δεν μεταφέρονται τα δεδομένα από τις γραμμές εξόδου της κρυφής μνήμης στην Κ.Μ.Ε και ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση τη "Πρώτο Μέσα - Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.

4.6.4 Ιεραρχία βημάτων κατά την εκτέλεση εντολής εγγραφής από την Κ.Μ.Ε.

Στις επόμενες ενότητες θα αναφερθούμε στη σειρά με την οποία επιτελούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης, όταν η Κ.Μ.Ε. ζητήσει να γράψει δεδομένα στην κύρια μνήμη, ανάλογα με:

- Την οργάνωση της κρυφής μνήμης (Άμεση Αντιστοίχηση, Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση).
- Την τεχνική επιλογής του προς αντικατάστασης μπλοκ κρυφής μνήμης (Τυχαία, Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο, Πρώτο Μέσα-Πρώτο Έξω).
- Την τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας (Διεγγραφή, Επανεγγραφή).

- Την τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας (Ανάθεση Εγγραφής, Μη Ανάθεση Εγγραφής).

Στο σχήμα 2.11 απεικονίζεται το μέρος του προγράμματος προσομοίωσης όπου καθορίζονται οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεσης Αντιστοίχησης, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεσης Αντιστοίχησης, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση

Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Επανεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - **Αντικατάσταση** του μπλοκ της κρυφής μνήμης (που προσδιορίζεται από το πεδίο Δείκτη).

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Επανεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Επανεγγραφής.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεσης Αντιστοίχησης, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*

- Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

➢ **Άμεση Αντιστοίχηση – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Άμεσης Αντιστοίχησης, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Επανεγγραφής.

- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.

- Αν το valid bit έχει τιμή 1:
  - Επιλέγεται με βάση την "Τυχαία" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
  - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
  - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση την "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:

- **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
- Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Διεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση την "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** - Περίπτωση Διεγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Επανεγγραφή – Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική

Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επαννεγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση την "Τυχαία" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.

➢ ***Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Επανεγγραφή –Ανάθεση Εγγραφής***

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή, και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση

Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση την "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Επανεγγραφή –Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα - Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.

- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία* ελέγχεται η τιμή του valid bit.
  - Αν το valid bit έχει τιμή 1:
    - Επιλέγεται με βάση την "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω" τεχνική **Αντικατάστασης ποιο** από τα μπλοκ του συνόλου θα αντικατασταθεί.

      Αν το dirty bit έχει τιμή 1, ταυτόχρονα πραγματοποιούνται:
      - Τα δεδομένα του μπλοκ της κρυφής μνήμης αποθηκεύονται στις αντίστοιχες διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
      - Το dirty bit του μπλοκ της κρυφής μνήμης τίθεται ίσο με 0.
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.
  - Διαφορετικά, αν το valid bit έχει τιμή 0 πραγματοποιείται:
    - **Τοποθέτηση** μπλοκ στην κρυφή μνήμη.
    - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επανεγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση - Τυχαία – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή, και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Διεγγραφής.

- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

➢ **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Διεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Διεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Διεγγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Τυχαία – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Τυχαία", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επαννεγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιούμενο, η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία πραγματοποιούνται οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επαννεγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

- **Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση – Πρώτο Μέσα Πρώτο Έξω – Επανεγγραφή – Μη Ανάθεση Εγγραφής**

Αν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι Συνολοσυσχετιστική Αντιστοίχηση, η τεχνική επιλογής του προς αντικατάσταση μπλοκ είναι η "Πρώτο Μέσα – Πρώτο Έξω", η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Επιτυχίας είναι η Επανεγγραφή, και η τεχνική Εγγραφής στην κρυφή μνήμη σε περίπτωση Αποτυχίας είναι η Μη Ανάθεση Εγγραφής. Τότε η σειρά με την οποία λαμβάνουν μέρος οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι η ακόλουθη:

- **Εντοπισμός** μπλοκ κρυφής μνήμης.
- Αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Επιτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Επαννεγραφής.
- Διαφορετικά, αν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του Εντοπισμού είναι *Αποτυχία.*
  - Λειτουργία **Εγγραφής** – Περίπτωση Μη Ανάθεσης Εγγραφής.

4.7 Εκπαιδευτικές δραστηριότητες με χρήση προσομοίωσης

Όπως έχει προαναφερθεί στις παραγράφους 4.1-4.3, οι προσομοιώσεις έχουν σαφείς εκπαιδευτικές δυνατότητες. Εντούτοις, η έρευνα δείχνει ότι τα εκπαιδευτικά οφέλη των προσομοιώσεων δεν αποκομίζονται αυτόματα από τους εκπαιδευόμενους με τη χρήση κάθε είδους προσομοίωσης. Δηλαδή δεν επαρκεί η παροχή μιας προσομοίωσης σε εκπαιδευόμενους για τη βελτίωση της μάθησης. Η μάθηση θα προκύψει από την εμπλοκή των εκπαιδευομένων σε δραστηριότητες εξερεύνησης, κατανόησης και δοκιμής υποθέσεων με χρήση της προσομοίωσης. Για το λόγο αυτό οι ερευνητές, πέρα από την ειδική σχεδίαση της προσομοίωσης, τονίζουν την ανάγκη για πρόσθετη υποστήριξη των εκπαιδευομένων με τη μορφή καθοδήγησης στη χρήση της προσομοίωσης, τον καθορισμό των εκπαιδευτικών στόχων, των προβλημάτων και των δραστηριοτήτων καθώς και την παροχή ανατροφοδότησης στους χρήστες. (Thomas, & Neilson,1995; Pilkington, & Grierson, 1996).

Προκειμένου να υποστηριχθούν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών σχετικά με την οργάνωση και τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης, σχεδιάστηκε ένα σύνολο δραστηριοτήτων. Στο σχεδιασμό των δραστηριοτήτων λαμβάνονται υπόψη η σχεδίαση και οι λειτουργίες του προγράμματος προσομοίωσης, χαρακτηριστικά σύγχρονων διδακτικών προσεγγίσεων και οι ακόλουθες αρχές:

- Ο καθορισμός των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων βασίζεται στις μαθησιακές δυσκολίες των φοιτητών.
- Εμπλοκή των φοιτητών σε διερευνητικές και συνεργατικές δραστηριότητες ώστε να «μαθαίνουν πράττοντας».
- Ενθάρρυνση της μεταγνωσιακής επίγνωσης και της ουσιαστικής μάθησης.

Πιο συγκεκριμένα, προκειμένου να υποστηριχθούν οι φοιτητές στη διερεύνηση των εννοιών που σχετίζονται με τη λειτουργία και την οργάνωση της κρυφής μνήμης, καθώς επίσης και στη διερεύνηση των αντιλήψεων που έχουν για τις έννοιες αυτές, ο σχεδιασμός των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων θα πρέπει να αξιοποιεί χαρακτηριστικά της διερευνητικής μάθησης (Ramadhan, 2000).

Επιπρόσθετα, για την υποστήριξη της αναδόμησης της γνώσης, θεωρείται σημαντικό στις δραστηριότητες να ενσωματωθούν χαρακτηριστικά της συνεργατικής

μάθησης (Vosniadou, 2001). Η συνεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από συνεργατικές δραστηριότητες, όπου οι φοιτητές δρουν ισότιμα ή αναλαμβάνουν συγκεκριμένους ρόλους που επιδιώκουν την καλλιέργεια συγκεκριμένων δεξιοτήτων. Η εμπλοκή των φοιτητών σε διερευνητικές και συνεργατικές δραστηριότητες προωθεί τις μεταγνωσιακές διαδικασίες, όπως ο αναστοχασμός, η αυτο–εξήγηση και η αυτό-ρύθμιση (Vosniadou, 2001; Aleven & Koedinger 2002).

Η σχεδίαση των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήσαμε στηρίζεται στη διευρευνητική και συνεργατική μάθηση. Συγκεκριμένα οι διερευνητικές δραστηριοτήτες υποστηρίζονται από το πρόγραμμα προσομοίωσης κρυφής μνήμης που σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε. Με το πρόγραμμα αυτό οι φοιτητές έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν με διάφορες παραμέτρους οργάνωσης της κρυφής μνήμης και να παρατηρήσουν με πολλαπλές οπτικές αναπαραστάσεις την εκτέλεση των εντολών ανάγνωσης και εγγραφής τις οποίες εκτελεί η ΚΜΕ σε θέσεις της κύριας μνήμης. Η συνεργατική μάθηση επιτυγχάνεται με τη συνεργασία των φοιτητών σε δυάδες με συγκεκριμένες αρμοδιότητες για κάθε μέλος της ομάδας. Η συνεργασία πραγματοποιείται είτε με φυσική παρουσία στο χώρο του εργαστηρίου είτε από απόσταση. Στην περίπτωση της συνεργασίας από απόσταση η συνεργασία υποστηρίζεται από το προσαρμοστικό πρόγραμμα σύγχρονης επικοινωνίας (ACT) που αναπτύχθηκε στο εργαστήριο Εκπαιδευτικής και Γλωσσικής Τεχνολογίας του Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Gogoulou, Gouli, Grigoriadou, & Samarakou, 2005).

Το πλαίσιο σχεδιασμού μιας ενδεικτικής εκπαιδευτικής δραστηριότητας

Η δραστηριότητα που παρουσιάζεται σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αρχές και το πλαίσιο σχεδιασμού των διδακτικών προσεγγίσεων "Διερευνήσεις" (Explorations) και "Προγραμματίζοντας σε Ζευγάρια" (pair programming). Η διδακτική προσέγγιση των «Διερευνήσεων» (Explorations) αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των παρανοήσεων και εσφαλμένων αντιλήψεων των εκπαιδευομένων και στην ανάπτυξη αποτελεσματικών νοητικών μοντέλων (Lischner, 2001). Οι «Διερευνήσεις» είναι δομημένες δραστηριότητες οι οποίες επιτρέπουν/υποστηρίζουν την ανάδειξη της υπάρχουσας αντίληψης και δίνουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να ενεργοποιηθούν, και μέσα από ένα πλαίσιο καθοδήγησης να οδηγηθούν στην επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Το πλαίσιο σχεδιασμού μιας δραστηριότητας κατανόησης εννοιών που σχετίζονται με τον προγραμματισμό και βασίζεται στις

«Διερευνήσεις» περιλαμβάνει τα ακόλουθα: Ο εκπαιδευόμενος καλείται αρχικά να διαβάσει ένα μικρό πρόγραμμα, να απαντήσει σε ερωτήσεις σχετικές με τη λειτουργία και τα αποτελέσματα της εκτέλεσης των προγραμματιστικών δομών που χρησιμοποιούνται, να προβλέψει τη «συμπεριφορά» του προγράμματος για προκαθορισμένες ή μη προκαθορισμένες τιμές εισόδου και τέλος να ελέγξει τις απαντήσεις του εκτελώντας το πρόγραμμα στον υπολογιστή. Σε περίπτωση που οι προβλέψεις του δεν ανταποκρίνονται στα πραγματικά αποτελέσματα, ο μαθητής καθοδηγούμενος από ειδικά σχεδιασμένες ερωτήσεις καλείται να προσδιορίσει το λόγο που παρουσιάστηκε αυτή η διαφορά. . Οι ερωτήσεις μπορεί να έχουν τη μορφή προτεινόμενων ενεργειών που διευκολύνουν το μαθητή να εντοπίσει το λάθος του ώστε στη συνέχεια να είναι σε θέση να το διορθώσει. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν από μόνοι τους τα λάθη τους. Σε διαφορετική περίπτωση, ο εκπαιδευτικός συζητά μαζί τους και τους βοηθάει να ξεπεράσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν (Lischner, 2001). Οι δραστηριότητες υποστηρίζουν την ενεργοποίηση της προϋπάρχουσας γνώσης και των πεποιθήσεων των εκπαιδευόμενων επιτρέποντάς τους να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία μάθησης. Οι ερωτήσεις σκαλωσιάς μπορούν να βοηθήσουν τους σπουδαστές στο να αναδομήσουν τη γνώση τους προς την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Επίσης, η εμπλοκή των εκπαιδευομένων σε συνεργατικές δραστηριότητες τους δίνε την ευκαιρία να εξετάσουν και να συζητήσουν τις ιδέες τους με άλλους, ή/και να αξιολογήσουν άλλες απόψεις/λύσεις, υποστηρίζοντας τη διαδικασία του αναστοχασμού (Vosniadou, 2001). Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δραστηριότητας, εφαρμόζεται η διδακτική προσέγγιση «Προγραμματίζοντας σε Ζευγάρια». Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, δύο άτομα συνεργάζονται στη σχεδίαση και την ανάπτυξη ενός προγράμματος. Το ένα μέλος της ομάδας παίζει το ρόλο του «οδηγού» (driver) και έχει τον έλεγχο του μολυβιού/ποντικιού/πληκτρολογίου στη σχεδίαση και ανάπτυξη του προγράμματος, ενώ το δεύτερο μέλος είναι ο «παρατηρητής» (observer) που διαρκώς ελέγχει το έργο του «οδηγού» θέτοντας ερωτήσεις, διερευνώντας εναλλακτικές λύσεις, παρατηρώντας ελλείψεις, κ.λπ. Οι ρόλοι του «οδηγού» και του «παρατηρητή» εναλλάσσονται μεταξύ των δύο συνεργαζομένων. Και τα δύο μέλη συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία και είναι εξίσου υπεύθυνα για την επίτευξη του στόχου (Williams et. αl., 2000).

4.7.1 Έρευνα για την επίδραση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με χρήση προγράμματος προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εξέταση της επίδρασης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με χρήση του προγράμματος προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Οι στόχοι των δραστηριοτήτων είναι να κατανοήσουν οι φοιτητές την ακολουθία των λειτουργιών μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης και των αιτιακών σχέσεων που συνδέουν τις λειτουργίες αυτές. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές πρέπει να είναι σε θέση:

1. Να περιγράφουν τη δομή μιας συνολοσυσχετιστικής μνήμης και να τη συγκρίνουν με τη δομή μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης.
2. Να χρησιμοποιούν την τεχνική αντιστοίχησης διευθύνσεων της κύριας μνήμης σε μια σύνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη.
3. Να προβλέπουν την ακολουθία των λειτουργιών που θα πραγματοποιηθούν.
4. Να προσδιορίζουν τις αλλαγές που προκύπτουν στην κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας.

Οι μαθησιακοί στόχοι που καθορίζονται βρίσκονται σε αντιστοιχία με τις δυσκολίες που παρουσιάζουν οι φοιτητές στην κατανόηση της οργάνωσης και λειτουργίας μια κρυφής μνήμης. Συγκεκριμένα, οι αντιστοιχίες είναι:

1. *Δυσκολίες στην κατανόηση της οργάνωσης μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης n-δρόμων*
2. *Χρήση ενός απλουστευμένου μοντέλου κρυφής μνήμης και όχι αυτού που απαιτεί η άσκηση.*
3. *Περιγραφή των λειτουργιών της κρυφής μνήμης με λανθασμένη σειρά και περιορισμένη γνώση για τις αιτιακές συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των λειτουργιών.*
4. *Δυσκολία στη σχεδίαση της κατάστασης της κρυφής μνήμης μετά το τέλος μιας λειτουργίας*

Η κύρια υπόθεση της έρευνας είναι:

Η εμπλοκή των φοιτητών σε διερευνητικές και συνεργατικές δραστηριότητες με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης θα βοηθήσει τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την οργάνωση και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

Μέθοδος

Συμμετέχοντες

Οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες εφαρμόστηκαν στα πλαίσια του μαθήματος "Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι" στο τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου της Αθήνας κατά τη διάρκεια του εαρινού εξαμήνου του ακαδημαϊκού έτους 2002-2003. Οι φοιτητές που παρακολουθούν το συγκεκριμένο μάθημα βρίσκονται στο τρίτο εξάμηνο των σπουδών τους και έχουν παρακολουθήσει το μάθημα του "Λογική Σχεδίαση". Αρχικά για να προσδιοριστούν οι μαθησιακές δυσκολίες και για να σχεδιαστούν δραστηριότητες βασισμένες στις δυσκολίες τους, οι φοιτητές συμμετείχαν σε μια αρχική εξέταση. Η αρχική εξέταση πραγματοποιήθηκε στο τέλος του εξαμήνου και είχε τη μορφή μιας γραπτής εξέτασης του μαθήματος. Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών έδειξε ότι 22 φοιτητές από τους 64 φοιτητές είχαν ορισμένες από τις δυσκολίες που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο Ι και ειδικότερα δυσκολίες σχετικά με την περιγραφή της κατάστασης της κρυφής μνήμης καθώς και την ακολουθία λειτουργιών της κρυφής μνήμης.

Οι 22 φοιτητές αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα και μετά από μία εβδομάδα, οι φοιτητές συμμετείχαν στην έρευνα η οποία περιελάμβανε την απάντηση ερωτήσεων σε ένα τεστ (pre-test) τη συμμετοχή τους σε μια διερευνητική και συνεργατική δραστηριότητα με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης καθώς και την απάντηση ερωτήσεων σε ένα τελικό τεστ (post- test). Το αρχικό και το τελικό τεστ περιελάμβαναν τις ίδιες ερωτήσεις.

Υλικό

Η σχεδίαση των ερωτήσεων-ασκήσεων που χρησιμοποιούνται στην έρευνα περιγράφεται στον πίνακα 4.5.

Πίνακας 4.5.

Οι ερωτήσεις – ασκήσεις που χρησιμοποιούνται στην έρευνα

Θέμα 1

Οι ερωτήσεις του θέματος έχουν σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράφουν σωστά τις συνθήκες έναρξης, τα ενδιάμεσα στάδια και το αποτέλεσμα μιας λειτουργίας της κρυφής μνήμης λαμβάνοντας υπόψη την οργάνωση της κρυφής μνήμης.

Εκφώνηση:

A1 Περιγράψτε αναλυτικά τη λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης.

A2 Υπάρχει διαφοροποίηση των βημάτων της λειτουργίας εντοπισμού μεταξύ μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης και μιας συνολοσυσχετιστικής; Αν υπάρχει, περιγράψτε αυτές τις διαφοροποιήσεις.

Θέμα 2

Ερώτημα σχετικό με την τμηματοποίηση μιας διεύθυνσης κύριας μνήμης με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές υπολογίζουν σωστά τα τμήματα στα οποία χωρίζεται μια διεύθυνση κύριας μνήμης, καθώς και τη διαφοροποίηση αυτών των τμημάτων ανάλογα με την οργάνωση της κρυφής μνήμης

Εκφώνηση:

Υποθέστε ότι έχουμε μια κρυφή μνήμη με μέγεθος 1 MB και μια κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 KB της οποίας τα μπλοκ έχουν μέγεθος 32 bytes με μέγεθος λέξης 8 bytes . Να απαντήσετε, δικαιολογώντας την απάντησή σας, στις παρακάτω ερωτήσεις:

B1. Πόσα bit περιλαμβάνει μια διεύθυνση της κύριας μνήμης;

B2. Κατά τη διαδικασία τμηματοποίησης μια διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται σε τμήματα. Ποια είναι τα τμήματα αυτά και ποιο σκοπό εξυπηρετεί το κάθε τμήμα.

B3. Προσδιορίστε το μέγεθος κάθε τμήματος (της ερώτησης B2), όταν η κρυφή μνήμη είναι α) Άμεσης αντιστοίχησης β) Συνολοσυσχετιστική 2 δρόμων και γ) Συνολοσυσχετιστική 4 δρόμων.

Θέμα 3

Επίλυση προβλήματος λειτουργίας μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης με μέγεθος μπλοκ μεγαλύτερο από 1 byte με σκοπό να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές μπορούν να περιγράψουν την ακολουθία των λειτουργιών, τις αιτιακές σχέσεις που τις συνδέουν καθώς και την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε λειτουργία.

Εκφώνηση:

Υποθέστε ότι έχουμε μια κύρια μνήμη με μέγεθος 1 MB και μια κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 KB. Κάθε μπλοκ έχει μέγεθος 32 bytes με μέγεθος λέξης 8 bytes. Η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης. Αρχικά η κρυφή μνήμη είναι κενή και στη συνέχεια ο επεξεργαστής κάνει διαδοχικές αιτήσεις ανάγνωσης στις διευθύνσεις

της κύριας μνήμης 14, 20, 18, 8, 9 (Οι διευθύνσεις είναι σε 10-δικό σύστημα) Για καθεμία από αυτές τις διευθύνσεις γράψτε αναλυτικά τις συνθήκες έναρξης, τα στάδια εκτέλεσης κάθε λειτουργίας όπως εκτελούνται από τον υπολογιστή καθώς και αποτελέσματα που έχουν οι λειτουργίες που εκτελεί η κρυφή μνήμη (εντοπισμός, τοποθέτηση, αντικατάσταση). Στη συνέχεια σχεδιάστε την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά το τέλος κάθε αίτησης ανάγνωσης .

Βαθμολόγηση

Για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε την επίδραση των διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης στις αντιλήψεις των φοιτητών αποφασίστηκε η απόδοση βαθμολογίας στις ερωτήσεις-ασκήσεις. Οι απαντήσεις των φοιτητών αξιολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους βαθμολογητές. Διαπιστώθηκε μια πολύ υψηλή ταύτιση των δύο βαθμολογητών (91%). Στα σημεία όπου υπήρξε διαφωνία βαθμολόγησης έγινε συζήτηση μεταξύ των βαθμολογητών μέχρι να ευρεθεί μια κοινά αποδεκτή βαθμολογία.

Αναλυτικότερα η βαθμολογία των ερωτήσεων-ασκήσεων έγινε με τον παρακάτω τρόπο:

Θέμα 1

Οι ερωτήσεις Α1 και Α2 του πρώτου θέματος βαθμολογούνται κάθε μια στην κλίμακα 0-3 μονάδων. Τρεις μονάδες δίνονται στην ερώτηση Α1 όταν ο φοιτητής περιγράψει αναλυτικά α) τις συνθήκες έναρξης της λειτουργίας, β) τα ενδιάμεσα στάδιά της και γ) το αποτέλεσμά της. Τρεις μονάδες δίνονται στην ερώτηση Α2 όταν ο φοιτητής εντοπίζει και περιγράφει τις διαφοροποιήσεις που υπάρχουν. Δύο μονάδες δίνονται όταν σε ένα από τα ανωτέρω η απάντηση δεν είναι πλήρης, ή δεν έχει δοθεί καθόλου. Μια μονάδα δίνεται, όταν η απάντηση έχει σημαντικές ελλείψεις. Τέλος μηδέν, σε όλες τα ερωτήσεις-ασκήσεις, δίνεται όταν ο φοιτητής δεν έχει απαντήσει καθόλου στην ερώτηση ή έχει απαντήσει τελείως λανθασμένα. Οι σωστές και ολοκληρωμένες απαντήσεις των ερωτήσεων είναι:

Ερώτηση Α1. Η λειτουργία του εντοπισμού αρχίζει όταν ο επεξεργαστής εκτελεί εντολή που απαιτεί πρόσβαση στο περιεχόμενο μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης. Η αίτηση αυτή κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αυτόματα αρχίζει η λειτουργία εντοπισμού της κρυφής μνήμης. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να

διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης, που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του υλοποιείται σε τρία βήματα τα οποία είναι:

(α) Τμηματοποίηση: Η ζητούμενη διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται στα τμήματα μετατόπισης, δείκτη και ετικέτας, αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο της διεύθυνσης.

(β) Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ που καθορίζει το πεδίο δείκτη.

(γ) Σύγκριση: Για το συγκεκριμένο μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης ελέγχεται αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1).

Επίσης το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης συγκρίνεται με το αντίστοιχο τμήμα ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης για να διαπιστωθεί αν είναι ίσα.

Αποτέλεσμα εντοπισμού

Αν για το μπλοκ (ή για κάποιο από τα μπλοκ του συνόλου) που επιλέγεται, βρεθεί ότι η ετικέτα του είναι ίση με το πεδίο ετικέτας το οποίο προκύπτει από την τμηματοποίηση της ζητούμενης διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το ψηφίο εγκυρότητάς του μπλοκ είναι ίσο με ένα (V=1) τότε έχουμε επιτυχία της κρυφής μνήμης. Διαφορετικά αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0) ή τα πεδία ετικέτας διαφέρουν, τότε έχουμε αποτυχία της κρυφής μνήμης.

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά ανάγνωση, τότε η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία, αρχίζει η λειτουργία της τοποθέτησης ή αντικατάστασης.

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά εγγραφή, θα πρέπει να ολοκληρωθεί η λειτουργία εντοπισμού και μόνο αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία, πραγματοποιείται η λειτουργία εγγραφής. Διαφορετικά πραγματοποιείται η λειτουργία της τοποθέτησης ή αντικατάστασης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η εγγραφή να καθυστέρει περισσότερο από την ανάγνωση.

Ερώτηση Α2. Τα βασικά βήματα της λειτουργίας εντοπισμού (Τμηματοποίηση, Επιλογή συνόλου ή μπλοκ, Σύγκριση) παραμένουν τα ίδια σε κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης καθώς και σε συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη. Διαφοροποιήσεις υπάρχουν στην υλοποίηση κάθε βήματος. Ο αριθμός των συνόλων είναι μικρότερος από τον αριθμό των μπλοκ της κρυφής μνήμης συνεπώς κατά τη διαδικασία της τμηματοποίησης το πεδίο δείκτη στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης έχει μικρότερο μέγεθος από το αντίστοιχο πεδίο όταν η οργάνωση της κρυφής μνήμης είναι άμεσης αντιστοίχησης. Στο δεύτερο βήμα κατά την επιλογή του συνόλου η του μπλοκ της κρυφής μνήμης το πεδίο δείκτη στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης προσδιορίζει ένα σύνολο της κρυφής μνήμης ενώ στην περίπτωση που η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης το πεδίο δείκτη προσδιορίζει ένα συγκεκριμένο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Επίσης κατά τη διαδικασία της σύγκρισης στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης το πεδίο της ετικέτας συγκρίνεται με τα αντίστοιχα πεδία ετικέτας όλων των μπλοκ που περιέχει το σύνολο ενώ στην περίπτωση που η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης το πεδίο ετικέτας συγκρίνεται μόνο με το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ.

Θέμα 2:

Οι ερωτήσεις Β1, Β2 και Β3 του δεύτερου θέματος βαθμολογούνται κάθε μια στην κλίμακα 0-3 μονάδων. Τρεις μονάδες δίνονται στην ερώτηση Β1 όταν ο φοιτητής απαντά σωστά και περιγράφει τη διαδικασία που ακολούθησε για να βρει το σωστό αποτέλεσμα. Για την αναγραφή μόνο του αποτελέσματος δίνεται μια μονάδα. Τρεις μονάδες δίνονται στην ερώτηση Β2 και κατανέμονται ανά μία σε κάθε τμήμα στα οποία χωρίζεται μια διεύθυνση κύριας μνήμης. Ο φοιτητής θα πρέπει να ονομάσει τα τμήματα αυτά και να αναφέρει το σκοπό που υπηρετεί το καθένα από αυτά. Τρεις μονάδες δίνονται στην ερώτηση Β3 και κατανέμονται ανά μια για τον προσδιορισμό του μεγέθους κάθε τμήματος στις τρεις διαφορετικές οργανώσεις της κρυφής μνήμης. Τέλος, μηδέν, σε όλες τα ερωτήσεις-ασκήσεις, δίνεται όταν ο φοιτητής δεν έχει απαντήσει καθόλου στην ερώτηση ή έχει απαντήσει τελείως λανθασμένα. Οι σωστές και ολοκληρωμένες απαντήσεις των ερωτήσεων είναι:

Ερώτηση Β1. Κάθε διεύθυνση κύριας μνήμης ορίζεται από 20 bit, γιατί το μέγεθος της κύριας μνήμης είναι 1 MB=2^{20}.

Ερώτηση Β2. Τα τμήματα στα οποία χωρίζεται μια διεύθυνση (από το bit μικρότερης αξίας) είναι: Το τμήμα *μετατόπισης,* το οποίο καθορίζει ένα συγκεκριμένο byte μέσα σε ένα μπλοκ. Το τμήμα *δείκτη,* το οποίο καθορίζει ένα σύνολο ή ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης το οποίο θα ελεγχθεί αν περιέχει τα ζητούμενα δεδομένα. Το τμήμα *ετικέτας,* το οποίο συγκρίνεται με το αντίστοιχο πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων του μπλοκ ενός συγκεκριμένου συνόλου για να διαπιστωθεί αν αυτά είναι ίσα.

Ερώτηση Β3: Το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι 32 bytes = 2^5. Συνεπώς το τμήμα μετατόπισης ανεξάρτητα από την αρχιτεκτονική της κρυφής μνήμης έχει μέγεθος 5 bits.

Στην περίπτωση της κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης:

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι 8 KB = 8 * 2^{10} = 2^3 * 2^{10} = 2^{13} bytes, το μέγεθος του μπλοκ είναι 32 bytes= 2^5 άρα ο αριθμός των μπλοκ στην κρυφή μνήμη είναι A= 2^{13} / 2^5 = 2^8. Συνεπώς το τμήμα δείκτη έχει μέγεθος 8 bits.

Το τμήμα ετικέτας υπολογίζεται αν από το συνολικό μέγεθος της διεύθυνσης (20 bits) αφαιρεθούν το τμήμα μετατόπισης και το τμήμα δείκτη. Συνεπώς, το τμήμα ετικέτας έχει μέγεθος 20- 5 -8 = 7 bits.

Στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης 2 δρόμων:

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι 8 KB = 2^{13} bytes, το μέγεθος του μπλοκ είναι 32 bytes= 2^5, άρα ο αριθμός των μπλοκ είναι 2^{13} / 2^5 = 2^8. Επειδή το κάθε σύνολο έχει δύο μπλοκ, ο αριθμός των συνόλων είναι A= 2^8 /2 = 2^7. Συνεπώς, το τμήμα δείκτη έχει μέγεθος 7 bits.

Το τμήμα ετικέτας υπολογίζεται αν από το συνολικό μέγεθος της διεύθυνσης (20 bits) αφαιρεθεί το τμήμα μετατόπισης και το τμήμα δείκτη. Συνεπώς το τμήμα ετικέτας έχει μέγεθος 20- 5 -8 = 7 bits.

Στην περίπτωση της συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης 4 δρόμων:

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι 8 KB = 2^{13} bytes, το μέγεθος του μπλοκ είναι 32 bytes= 2^5 άρα ο αριθμός των μπλοκ είναι 2^{13} / 2^5 = 2^8. Επειδή το κάθε

σύνολο έχει τέσσερα μπλοκ, ο αριθμός των συνόλων είναι A= 2^8 /2^2 = 2^6. Συνεπώς, το τμήμα δείκτη έχει μέγεθος 6 bits.

Το τμήμα ετικέτας υπολογίζεται αν από το συνολικό μέγεθος της διεύθυνσης (20 bits) αφαιρεθούν το τμήμα μετατόπισης και το τμήμα δείκτη. Συνεπώς το τμήμα ετικέτας έχει μέγεθος 20- 5 -6 = 9 bits.

Θέμα 3:

Το τρίτο θέμα βαθμολογείται στην κλίμακα 0-15 μονάδων. Δύο μονάδες δίνονται για κάθε ολοκληρωμένη απάντηση η οποία περιγράφει κάθε λειτουργία που διεξάγεται και του αποτελέσματος που επιφέρει. Αυτό ισχύει για κάθε αναφορά του επεξεργαστή σε μια από τις πέντε θέσεις κύριας μνήμης που αναφέρει η άσκηση. Μια επιπλέον μονάδα δίνεται, αν ο φοιτητής σχεδιάσει σωστά την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από κάθε αναφορά του επεξεργαστή.

Διαδικασία

Οι φοιτητές εξετάστηκαν στο εργαστήριο του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η εξέταση διήρκησε περίπου τρεις ώρες. Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν ότι στην βαθμολογία θα μετρούσαν τόσο οι αρχικές, όσο και οι τελικές απαντήσεις τους.

Αρχικά, τα άτομα της ομάδας ελέγχου απάντησαν ατομικά και γραπτά στις ερωτήσεις και τις ασκήσεις του τεστ. Στη συνέχεια οι φοιτητές κλήθηκαν να συνεργαστούν σε δυάδες, σύμφωνα με το μοντέλο συνεργασίας «Οδηγός-Παρατηρητής» και χρησιμοποίησαν το πρόγραμμα προσομοίωσης της κρυφής μνήμης για την εξάσκησή τους σε λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Οι φοιτητές χρησιμοποίησαν ως πλαίσιο υποστήριξης ένα σύνολο ερωτήσεων, το οποίο μπορεί να τους καθοδηγήσει στην επίτευξη των επιθυμητών μαθησιακών αποτελεσμάτων. Ειδικότερα, ο φοιτητής που διαδραματίζει το ρόλο του "παρατηρητή" έθετε στον "οδηγό" ερωτήσεις όπως:

(α) Γιατί η διεύθυνση της κύριας μνήμης έχει το συγκεκριμένο πλήθος bits;

(β) Πόσα bits απαιτούνται για τα πεδία ετικέτας, δείκτη, καθώς και το πεδίο μετατόπισης;

(γ) Αν αλλάξει η οργάνωση της κρυφής μνήμης επέρχονται αλλαγές στο πλήθος των bit των πεδίων ετικέτας, δείκτη και μετατόπισης;

(δ) Ποιος είναι ο ρόλος του πεδίου ετικέτας και του πεδίου δείκτη σε μια διεύθυνση κύριας μνήμης;

(ε) Εάν το αποτέλεσμα της λειτουργίας εντοπισμού είναι επιτυχία (επιτυχία κρυφής μνήμης) για την οργάνωση της κρυφής μνήμης που εξετάζεται, το αποτέλεσμα θα ήταν το ίδιο στην περίπτωση μιας κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοίχησης;

Στη συνέχεια οι φοιτητές απάντησαν ξανά στις ερωτήσεις και τις ασκήσεις του τεστ εξέτασης.

Αποτελέσματα

Στον πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και η τυπική απόκλιση όλων των θεμάτων στις δύο εξετάσεις.

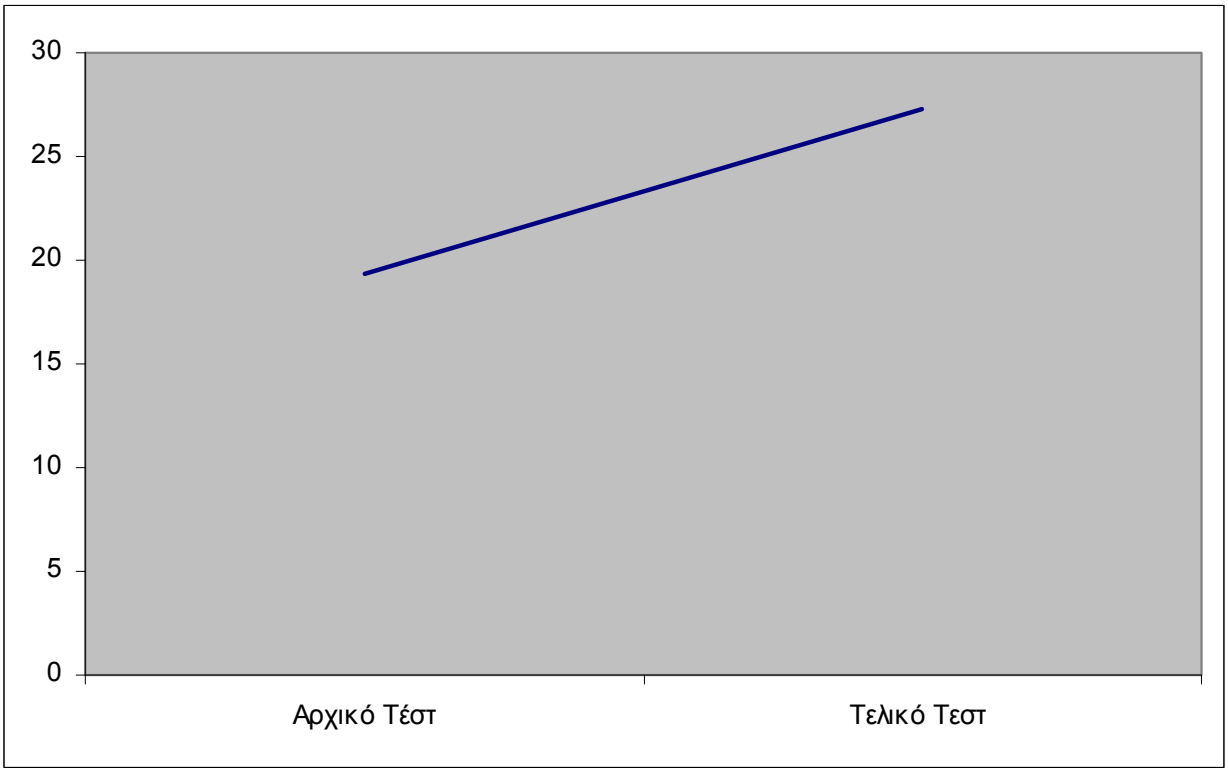
Πίνακας 4.6. Μέσοι όροι και τυπική απόκλιση φοιτητών

Θέματα και Ερωτήσεις	**Εξέταση 1**	**Εξέταση 2**
Θέμα 1ο (0-6)	**M=4,0**	**M=6,7**
	SD=0,9	**SD=0,7**
Θέμα 2ο (0-9)	**M=5,5**	**M=7,9**
	SD=1,5	**SD=1,2**
Θέμα 3ο (0-15)	**M=9,9**	**M=13,9**
	SD=2,2	**SD=1,1**
Γενικός ΜΟ (0-30)	**M=19,3**	**M=27,3**

Μεταξύ των αποτελεσμάτων των δύο εξετάσεων έγινε ανάλυση one way Anova. Η στατιστική ανάλυση δείχνει ότι υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδοσης των φοιτητών στο αρχικό και το τελικό τεστ. Πιο συγκεκριμένα $F(1,21)=241,920$, $p<0,001$. Αυτό επιβεβαιώνει την κύρια υπόθεση της έρευνας ότι η χρήση δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν πρόγραμμα προσομοίωσης των

λειτουργιών της κρυφής μνήμης βοήθησε στην κατανόηση των σχετικών εννοιών από τους φοιτητές.

Παρατηρούμε ότι η επίδοση των φοιτητών στο δεύτερο τεστ εξέταση είναι σημαντικά υψηλότερη από εκείνη του πρώτου τεστ.



Αν μελετήσουμε τις διαφορές των φοιτητών ανά θέμα με χρήση του στατιστικού κριτηρίου t, διαπιστώνουμε ότι για το θέμα 1 οι απαντήσεις των φοιτητών στη δεύτερη εξέταση παρουσιάζουν μια στατιστικά σημαντική βελτίωση $t(21)=-9,671$, $p<0,001$. Επίσης και στα υπόλοιπα δύο θέματα οι απαντήσεις των φοιτητών στη δεύτερη εξέταση παρουσιάζουν μια στατιστικά σημαντική διαφορά:

Στο δεύτερο θέμα ισχύει $t(21)= -12,289$, $p<0,001$.

Στο τρίτο θέμα ισχύει $t(21)= -9,271$, $p<0,001$.

Συγκεκριμένα θα πρέπει να σημειωθεί ότι στη νέα εξέταση το 91% των φοιτητών προβλέπει σωστά τη χρονική ακολουθία των λειτουργιών μετά από μια σειρά αιτήσεων του επεξεργαστή καθώς και το αποτέλεσμα της λειτουργίας εντοπισμού, ενώ το 86% των φοιτητών σχεδιάζει σωστά την κατάσταση της κρυφής μνήμης μετά από την εκτέλεση κάθε αίτησης του επεξεργαστή.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα – Συμβολή και Προεκτάσεις της Διατριβής

5.1 Συμπεράσματα

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής αποτελεί η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο επιτυγχάνεται η μάθηση εννοιών οι οποίες σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή και ιδιαίτερα των εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης των υπολογιστών. Για την επίτευξη των στόχων της διατριβής μελετήθηκαν: (α) Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή. (β) Οι αντιλήψεις και οι δυσκολίες των φοιτητών στη μάθηση εννοιών που σχετίζονται με εσωτερικές μονάδες του υπολογιστή και ιδιαίτερα των εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης των υπολογιστών υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής. (γ) Η επίδραση της μορφής του κειμένου που χρησιμοποιούν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης και (δ) η σχεδίαση και χρήση αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης καθώς και η χρήση διερευνητικών – συνεργατικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης .

Αναλυτικά τα θέματα που εξετάζει η διατριβή είναι:

(α) Τις τελευταίες δεκαετίες διεξάγεται μια σημαντική προσπάθεια μελέτης των δυσκολιών και των παρανοήσεων που παρουσιάζουν οι μαθητές/φοιτητές σε διάφορα γνωστικά πεδία (Vosniadou 2001; Bransford, Brown, & Cocking 2000**).**

Με έρευνα που πραγματοποιήσαμε (Γρηγοριάδου, & Κανίδης, 2002) διαπιστώνουμε ότι:

- Οι μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν συγκεκριμένες δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών οι οποίες σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της ιεραρχίας των μονάδων μνήμης του υπολογιστή. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι μαθητές :

- *Ενώ είναι σε θέση να κατονομάσουν τις μονάδες μνήμης που διαθέτει ένας υπολογιστής, έχουν δυσκολία να τις κατατάξουν με κριτήριο τη χωρητικότητα και την ταχύτητα.*
- *Αναφέρουν την ύπαρξη της κύριας μνήμης στους υπολογιστές αλλά δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν το ρόλο της. Αποδίδουν στην κύρια μνήμη ιδιότητες των περιφερειακών μέσων αποθήκευσης (μόνιμη αποθήκευση δεδομένων) ή ιδιότητες ανώτερες από αυτές που πραγματικά έχει (έλεγχος υπολογιστή).*
- *Δυσκολεύονται να περιγράψουν τη δομή της κύριας μνήμης και να αναγνωρίσουν τη χρησιμότητα των διευθύνσεων μνήμης για την προσπέλαση σε συγκεκριμένες θέσεις της κύριας μνήμης.*
- *Δυσκολεύονται να διακρίνουν την έννοια της προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων στην κύρια μνήμη, από την έννοια της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων στη δευτερεύουσα μνήμη.*
- *Δυσκολεύονται να περιγράψουν τη θέση και το ρόλο της κρυφής μνήμης.*

Από τη μελέτη και αξιολόγηση του έντυπου εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι μαθητές προέκυψε ότι παρουσιάζει αδυναμίες στην πληρότητα κάλυψης των σχετικών θεμάτων και ότι ορισμένες από τις δυσκολίες των μαθητών είναι πιθανόν να οφείλονται σε αυτές τις αδυναμίες.

- (β) Οι φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν συγκεκριμένες δυσκολίες στην κατανόηση εννοιών οι οποίες σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Διαπιστώνεται ότι η προϋπάρχουσα γνώση των φοιτητών σχετικά με τη δομή και λειτουργία της κύριας μνήμης προκαλεί δυσκολίες και παρανοήσεις στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Για το λόγο αυτό η κατανόηση των σχετικών εννοιών εξετάζεται υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής.

  Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι οι φοιτητές:

  - *Έχουν μερική ή λανθασμένη γνώση σχετικά με τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης, οι οποίες δεν υπάρχουν ή εκτελούνται με διαφορετικό τρόπο στην κύρια μνήμη*
  - *Περιγράφουν τις λειτουργίες της κρυφής μνήμης με απλοϊκές έννοιες κοινής λογικής που δεν ανταποκρίνονται στις επιστημονικές απόψεις λειτουργίας της κρυφής μνήμης αλλά προέρχονται από τις απλούστερες λειτουργίες της κύριας μνήμης.*

- *Έχουν ανθρωπομορφικές αντιλήψεις για λειτουργίες της κρυφής μνήμης και του επεξεργαστή (τα δεδομένα είναι "χρήσιμα" για τον επεξεργαστή)*
- *Έχουν δυσκολίες στην περιγραφή των λειτουργιών, όπως τις εκτελεί ο υπολογιστής*
- *Χρησιμοποιούν ένα απλουστευμένο μοντέλο κρυφής μνήμης το οποίο ομοιάζει με το μοντέλο της κύριας μνήμης και όχι αυτό που απαιτεί η συγκεκριμένη δομή της κρυφής μνήμης.*
- *Έχουν δυσκολίες στην κατανόηση της δομής μιας συνολοσυσχετιστικής κρυφής μνήμης n-δρόμων. Η δομή αυτή δεν υπάρχει στην κύρια μνήμη.*

(γ) Η δομή του κειμένου που χρησιμοποιούν οι φοιτητές συμβάλλει στην οικοδόμηση των αντιλήψεων για τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Το εκπαιδευτικό βιβλίο συνεχίζει να αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες μάθησης. Οι σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου ερευνούν τη δομή και τη μορφή που πρέπει να έχει ένα κείμενο έτσι ώστε να διευκολύνει τη μάθηση των εννοιών που περιγράφονται σε αυτό. Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής μελετήσαμε και αξιολογήσαμε το έντυπο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν οι φοιτητές σε σχέση με τις δυσκολίες που έχουν στην κατανόηση της δομής και της λειτουργίας της κρυφής μνήμης. Χρησιμοποιήσαμε τα αποτελέσματα αξιολόγησης σε συνδυασμό με τα μοντέλα κατανόησης κειμένου των Kinsch και van Dijk, (1978), Kinsch (1998; 2004) και ιδιαίτερα των (Denhiere, & Baudet, 1992) για τη δημιουργία ενός κειμένου σχετικού με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης. Η διαμόρφωση του κειμένου βασίστηκε σε δύο επίπεδα, στο επίπεδο *μικροδομής* και στο επίπεδο *μακροδομής*. Στο επίπεδο μικροδομής περιγράφονται οι μονάδες που αποτελούν το σύστημα, η αιτία που ενεργοποιεί την κρυφή μνήμη καθώς και οι λειτουργίες τις οποίες επιτελεί η κρυφή μνήμη σύμφωνα με τις γνωστικές κατηγορίες *πράξη*, *γεγονός* και *κατάσταση* (Denhiere, & Baudet, 1992). Περιγράφουμε την ακολουθία των γεγονότων ανάλογα με την εντολή του επεξεργαστή και αναφέρουμε τις χρονικές και αιτιακές σχέσεις που τα συνδέουν. Στο επίπεδο μακροδομής περιγράφεται ο κύριος σκοπός της κρυφής μνήμης καθώς και οι υποσκοποί, στους οποίους αναλύεται ο σκοπός αυτός.

Πραγματοποιήσαμε έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης (Κανίδης, Γρηγοριάδου, Βοσνιάδου & Γόγολου 2004). Τα συμπεράσματα

της έρευνας δείχνουν ότι το κείμενο, που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών, βοηθά περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης, σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο που χρησιμοποιούσαν αρχικά οι φοιτητές.

Ένας άλλος τύπος κειμένου που πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι προωθεί την εννοιολογική αλλαγή και βοηθά τους μαθητές/φοιτητές στην κατανόηση επιστημονικών αλλαγών είναι το ανατρεπτικό (refutational) κείμενο (Mikkilä, 2001;Palmer 2002; Diakidoy, Kendeou, & Ioannides, 2003; Skopeliti, & Vosniadou 2005) Σε ένα ανατρεπτικό κείμενο παρουσιάζονται με σαφήνεια οι συνήθεις παρανοήσεις των μαθητών/φοιτητών και στη συνέχεια ανατρέπονται (αντικρούονται) και παρουσιάζεται η επιστημονική άποψη. Πραγματοποιήσαμε εμπειρική έρευνα για την επίδραση της μορφής του κειμένου στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης (Kanidis, & Grigoriadou, 2007). Στην έρευνα χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικές μορφές κειμένου. Και τα τρία κείμενα περιέχουν τις αναγκαίες πληροφορίες για τη μάθηση εννοιών που αναφέρονται στην κρυφή μνήμη αλλά διαφέρουν ουσιαστικά ως προς τη δομή τους. Το πρώτο κείμενο είναι ένα επεξηγηματικό κείμενο. Το δεύτερο κείμενο βασίζεται στο πρώτο αλλά για τη διαμόρφωσή του έχουν χρησιμοποιηθεί σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου καθώς και οι αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών. Το τρίτο κείμενο βασίζεται στο δεύτερο αλλά στα σημεία που έχει διαπιστωθεί ότι οι φοιτητές παρουσιάζουν δυσκολίες, η δομή του έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε να αποτελεί ανατρεπτικό κείμενο. Τα συμπεράσματα της έρευνας δείχνουν ότι

i. Το κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις αντιλήψεις/δυσκολίες των φοιτητών καθώς και το κείμενο που έχει διαμορφωθεί ως ανατρεπτικό βοηθούν περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με την κρυφή μνήμη, σε σχέση με το απλό επεξηγηματικό κείμενο.
ii. Δεν επιβεβαιώνεται ότι η χρήση του ανατρεπτικού κειμένου έχει καλύτερα αποτελέσματα στην κατανόηση των σχετικών εννοιών από τη χρήση του κειμένου που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου.

(δ) Τα προγράμματα προσομοίωσης με χρήση υπολογιστή διευκολύνουν τη μάθηση εννοιών και χρησιμοποιούνται ευρέως στην εκπαιδευτική διαδικασία ιδιαίτερα των θετικών επιστημών. Αναζητήθηκαν και αξιολογήθηκαν προγράμματα

προσομοίωσης λειτουργίας εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή, που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Ιδιαίτερα παρουσιάζονται και αξιολογούνται προγράμματα προσομοίωσης που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης και είναι διαθέσιμα μέσω Διαδικτύου. Σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της δομής και των λειτουργιών της κρυφής μνήμης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω Διαδικτύου. Για την ανάπτυξη του προγράμματος προσομοίωσης αξιοποιήθηκαν οι αντιλήψεις και οι δυσκολίες των φοιτητών καθώς και η αξιολόγηση των υπαρχόντων προγραμμάτων προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης.

Σχεδιάσαμε εκπαιδευτικές διερευνητικές – συνεργατικές δραστηριότητες που στηρίζονται σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης και χρησιμοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης της κρυφής μνήμης. Πραγματοποιήθηκε έρευνα σχετικά με την επίδραση που έχει η χρήση διερευνητικών – συνεργατικών δραστηριοτήτων που χρησιμοποιούν το πρόγραμμα προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης από φοιτητές (Grigoriadou, Kanidis, & Gogolou, 2006). Τα συμπεράσματα της έρευνας δείχνουν ότι η χρήση διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων με τη χρήση του προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης βοηθά τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης.

5.2 Συμβολή της διατριβής

Η παρούσα διατριβή συνεισφέρει στην έρευνα για τη μάθηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία εσωτερικών μονάδων του υπολογιστή στους παρακάτω τομείς έρευνας: (α) σχετικά με τις αντιλήψεις και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές σε έννοιες που αφορούν την ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή, (β) σχετικά με τις αντιλήψεις και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές σε έννοιες που αφορούν στη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης, (γ) στην επίδραση της μορφής ενός επιστημονικού κειμένου για την κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης και (δ) σχετικά με τη σχεδίαση και την ανάπτυξη αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης

καθώς και τη σχεδίαση εκπαιδευτικών διερευνητικών - συνεργατικών δραστηριοτήτων.

Αναλυτικά η συνεισφορά της διατριβής επικεντρώνεται:

Αντιλήψεις –δυσκολίες μαθητών.

Σχετικά με τις αντιλήψεις που έχουν και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή η διατριβή συνεισφέρει:

- Στην καταγραφή των αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης ενός υπολογιστή.
- Στη μελέτη του εκπαιδευτικού υλικού που χρησιμοποιούν οι μαθητές σε σχέση με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με την ιεραρχία των μονάδων μνήμης του υπολογιστή.

Αντιλήψεις – δυσκολίες φοιτητών.

Σχετικά με τις αντιλήψεις που έχουν και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τη δομή και λειτουργία της κρυφής μνήμης του υπολογιστή η διατριβή συνεισφέρει:

- Στην καταγραφή των αντιλήψεων και των δυσκολιών που έχουν φοιτητές Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης.
- Στη διαπίστωση ότι η κατανόηση των εννοιών που αφορούν τη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης αποτελεί ένα πρόβλημα εννοιολογικής αλλαγής.

Κατανόηση κειμένου

Σχετικά με την κατανόηση επιστημονικού κειμένου η παρούσα διατριβή συνεισφέρει:

- Στην υιοθέτηση ενός πλαισίου ανάπτυξης έντυπου εκπαιδευτικού υλικού σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου.
- Στη δημιουργία κειμένου που αναφέρεται στη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις δυσκολίες που έχουν οι φοιτητές στην κατανόηση των σχετικών εννοιών.

- Στην έρευνα της επίδρασης που έχει στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης από φοιτητές ένα κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου και τις δυσκολίες που έχουν οι φοιτητές στην κατανόηση των σχετικών εννοιών.
- Στη διαμόρφωση κειμένου που αναφέρεται στη δομή και τη λειτουργία της κρυφής μνήμης σύμφωνα με τις αρχές του ανατρεπτικού κειμένου.
- Στην έρευνα της επίδρασης που έχει στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης από φοιτητές ένα ανατρεπτικό κείμενο

Αλληλεπιδραστικό πρόγραμμα προσομοίωσης - Δραστηριότητες.

Σχετικά με τη σχεδίαση αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης καθώς και την αξιοποίησή του μέσα από εκπαιδευτικές διερευνητικές και συνεργατικές δραστηριότητες η παρούσα διατριβή συνεισφέρει:

- Στην καταγραφή και αξιολόγηση διαδικτυακών προγραμμάτων προσομοίωσης των λειτουργιών της κρυφής μνήμης.
- Στη σχεδίαση και υλοποίηση εκπαιδευτικού προγράμματος προσομοίωσης της δομής και λειτουργίας της κρυφής μνήμης.
- Στη σχεδίαση ενός πλαισίου για την ανάπτυξη διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων.
- Στην έρευνα της επίδρασης που έχουν διερευνητικές και συνεργατικές δραστηριότητες με χρήση του προγράμματος προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών της κρυφής μνήμης.

5.3 Μελλοντική έρευνα και προεκτάσεις της διατριβής

Άμεσοι στόχοι που αφορούν στην κατανόηση κειμένου είναι :

– Έρευνα για να διαπιστωθεί αν οι φοιτητές, που έχουν υψηλές επιδόσεις, προτιμούν ένα απλό επεξηγηματικό κείμενο χωρίς πολλές επεξηγήσεις, ενώ οι φοιτητές με χαμηλότερες επιδόσεις προτιμούν κείμενο που είναι σχεδιασμένο με τις σύγχρονες θεωρίες κατανόησης κειμένου ή με τη μορφή ενός ανατρεπτικού κείμενου. Η έρευνα αυτή προϋποθέτει τη δημιουργία ενός ηλεκτρονικού προσαρμοστικού κειμένου το οποίο ανάλογα με τις επιλογές του χρήστη θα εμφανίζει την αντίστοιχη μορφή κειμένου. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός προσαρμοστικού προγράμματος το

οποίο θα προτείνει στους φοιτητές το κατάλληλο κείμενο ανάλογα με τις επιδόσεις τους.

- Έρευνα για να διαπιστωθεί αν ένα ανατρεπτικό κείμενο βοηθά περισσότερο τους φοιτητές στην κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με υπολογιστές σε σχέση με ένα κείμενο που έχει διαμορφωθεί σύμφωνα με τις θεωρίες κατανόησης κειμένου των Denhiere, & Baudet, (1992) και του Kintsch, (1988;2004).

Άμεσοι στόχοι που αφορούν στην ανάπτυξη αλληλεπιδραστικού προγράμματος προσομοίωσης και την εκπαιδευτική αξιοποίησή του είναι:

- Η δημιουργία προγράμματος προσομοίωσης που παρουσιάζει το χωρισμό της κύριας μνήμης σε ιδεατά μπλοκ ανάλογα με το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης καθώς και τη σχέση της διεύθυνσης των ιδεατών μπλοκ με τις διευθύνσεις της κύριας μνήμης.
- Τη βελτίωση του προγράμματος προσομοίωσης της κρυφής μνήμης έτσι ώστε:
    - να υποστηρίζει διαφορετικά μεγέθη κύριας και κρυφής μνήμης
    - να δέχεται μια ακολουθία από διευθύνσεις της κύριας μνήμης και να εμφανίζει τις επιτυχίες της κρυφής μνήμης με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την απόδοση των διαφόρων τύπων κρυφής μνήμης.
- Τη σχεδίαση επιπλέον εκπαιδευτικών διερευνητικών και συνεργατικών δραστηριοτήτων με χρήση του προγράμματος προσομοίωσης. Η επικοινωνία των φοιτητών για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων μπορεί να γίνεται από απόσταση και να υποστηρίζεται από πρόγραμμα σύγχρονης επικοινωνίας.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Afflerbach, P. P. (1990). The influence of prior knowledge on expert readers' main idea construction strategies. Reading Research Quarterly, 25, 31-46.

Alexander, P. A. (1997). Knowledge-seeking and self-schema: A case for the motivational dimensions of exposition. *Educational Psychologist, 32 (2)*, 83-94.

Alexander, P. A., Jetton, T. L., Kulikowich, J. M. & Woehler, C. A. (1994). Contrasting instructional and structural importance: The seductive effect of teacher questions. *Journal of Reading Behavior, 26,* 19–47.

Alexander, P.A. (1996). The past, present, and future of knowledge research: A reexamination of the role of knowledge in learning and instruction [editor's notes]. *Educational Psychologist, 31*, 89-92.

Alvermann, D. E. & Hague, S. A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: Effects of prior knowledge and text structure. *Journal of Educational Research, 82(4),* 197-202.

Alvermann, D. E. & Hynd, C. R. (1989). Effects of prior knowledge activation modes and text structure on nonscience majors' comprehension of physics. *Journal of Educational Research, 8(2),* 97-102.

Alvermann, D. E., Hynd, C. E. & Quian, G. (1995). Effects of interactive discussion and text type on learning counterintuitive science concepts. *Journal of Educational Research, 88,* 146–154.

Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology*. N.Y, Holt, Rinechart & Winston,

Bachelard, G. (1997). «Η μόρφωση του επιστημονικού πνεύματος το επιστημολογικό εμπόδιο. Η έννοια του επιστημολογικού εμποδίου» στο «*Επιστημολογία – Κείμενα*» επιμ. Κουζέλης, Νήσος.

Beishuizen, J., Stoutjesdijk, E., *&* Van Putten, K. (1994). Studying textbooks: Effects oflearning styles, study task, and instruction. *Learning and Instruction, 4,*161–174

Bell, B., & Freyberg, P. (1985). Language in the science classroom. In R. Osborne, & P. Freyberg (Eds.), Learning in science: the implications of children's science (pp. 31-40). Auckland: Heinemann.

Boekaerts, M., Pintrich, P., & Zeidner, M. (2000) Handbook of self-regulation. New York: Academic Press.

Bransford, D. J., Brown, L. A. & Cocking, R. R. (editors) (2000). *How People Learn Brain, Mind, Experience, and School,* Committee on Developments in the Science of Learning. National Research Council. National Academy Press.

Bransford, J.D., Brown, A. L. & Cocking, R.R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, D.C.: National Academy Press.

Britton K. B., Gulgoz S., Glynn S., (1993) Impact of Good and Poor Writing on Learners: Research and Theory In B. K. Britton, A. Woodward, M. Binkley (Eds) *Learning from textbooks, Theory and Practice*, Lawrence Erlbaum Associates

Broekkamp, H., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., Rijlaarsdam, G. & Van den Bergh, H. (2002). Importance in instructional text: Students' and teachers' perceptions of task demands. *Journal of Educational Psychology, 94,* 260–271.

Broekkamp, H., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., Van den Bergh, H. &, Rijlaarsdam, G. H. (2004). Teachers' task demands, students' test expectations, and actual test content. *British Journal of Educational Psychology* 74, 205-270.

Brown, A.L. (1975). The development of memory: Knowing, knowing about knowing and knowing how to know. In H.W. Reese (Ed.). Advances in child development and behavior (Vol. 10), New York: Academic Press.

Brown, A.L., & Day, J.D.,(1983). Macrorules for summarizing texts: The development of expertise. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 1–14.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning, Educational Researcher, 18 (1).

Bruer, J. T. (1994). *Schools for thought: A science of learning in the classroom.* Cambridge, MA: MIT Press.

Bruner, J. (1986). *Actual minds, possible words*. Cambridge, MAQ Harvard University Press.

Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood,* Cambridge.MA: The MIT Press.

Carretero M., & Voss, J. (Eds.) (1994). Cognitive and instructional processes in history and the social sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cassel, N. L., & Kumar D., (2000) "*Distributed Expertise for Teaching Computer Organization and Architecture,*" ITiCSE Working Group Report.

Chambers, S.K. & Andre, T. (1995). Are conceptual change approaches to learning science effective for everyone? Gender, prior subject matter interest, and learning about electricity. Contemporary educational psychology, 20, 377-391.

Chi, M. (1992). Conceptual change within anda cross ontological categories.: Examples from learning and discovery in science. In: R. Giere (Ed.) *Cognitive models of science.Minnesota Studies in Philosophy of Science*, Vol(15), pp. 129-187. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Chiapetta, E. L., Sethna, G. H. & Fillman, D.A. (1991). A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 939-951.

Chinn, C. A. & Samarapungavan, A. (2001). Distinguishing between understanding and belief. *Theory Into Practice, 40*, 235-241.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics, 50,* 66-71.

Clements A., "The Undergraduate Curriculum in Computer Architecture, Computer Architecture Education. Micro May/June 2000, pp 10-22

Coe, P. S., L. M. Williams & R. N. Ibbett (1996). An Interactive Environment for the Teaching of Computer Architecture." *ACM ITiCSE*, (pp. 33-35).

Collet, L. S., & Shiffler, N. L. (1985). A computer simulation approach to teaching research and evaluation skills. *Journal of Educational Computing Research*, *1(2),* 339-354.

Confrey, J. (1990). *A review of research on student conceptions in mathematics, science and programming. In C. Cazden (Ed.) Review of research in education*, Vol.16 (pp. 3-56). Washington DC: American Educational Research Association.

Cote, N., Goldman, S. R. & Saul, E. U. (1998). Students making sense of informational text: Relations between processing and representation. *Discourse-Processes, 25*, 1-54.

Crossley Shirley, Osborne Hugh & Yurcik, William. (2002). How Computers Really Work: A Children's Guide. *Published in the Proceedings of the Workshop on Computer Architecture Education (WCAE),* Anchorage AK USA.

Crowe, M. (1975). Ten ‘‘laws’’ concerning patterns of change in the history of mathematics. Historia Mathematica, 2, 161–166 (Reprinted in Gilies, D. (Ed.). (1992). Revolutions in mathematics (pp.15–20). Oxford: Oxford University Press.).

Dale, E., & O’Rourke, J. (1981). *The living word vocabulary*. Chicago: World Book/Childcraft International

Das A., (2000). "*Computer organization teaching - a create your own workbook approach", Conference Proceedings - IEEE,* Southeastern, (pp. 193-196).

DeNardo, A.M. & Pyzdrowski, A. S. (1992). *The effects of teaching a hypothetical computer architecture with computer simulators.* Paper presented at the Conference of the Eastern Educational research Association, SC.

DeNardo, M., Anette, Pyzdrowski S. & Anthony (1994). *A study of the Effectiveness of Computer-Based Simulations in Teaching Computer Architecture, Multimedia and Mega change*: New Roles for Educational Computing, The Haworth Press, Inc, (pp. 125-140).

Denhiere, G. & Baudet, S. (1992). *Lecture, comprehension de texte et science cognitive.* P.U.F.

di Sessa, A., (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2-3), 105-225

di Sessa, A., (1988): Knowledge in pieces. In Formann, G. and Pufall, P. (Eds.) *Constructivism. in the Computer Age*, pp 49-70. Lawrence Erlbaum Associates.

Diakidoy I.-A. N., Kendeou, P. & Ioannides, C. (2003). Reading about energy: The effects of text structure in science learning and conceptual change. *Contemporary Educational Psychology, 28 (3),* 335-356.

Djordjevic, J., Milenovic, A. & Grbanovic, N. (2000). *An integrated environment for teaching computer architecture*, Micro v.20(3) IEEE, (pp. 66-72).

Dole, J.A., Duffy, G.G., Roehler, L.R. & Pearson, P.D. (1991). Moving from the old to the new: Research on reading comprehension instruction. *Review of Educational Research, 61, (*pp. 239–264).

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education, 5*, 61-84.

Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes: Open University Press.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A., (Eds) (1985). Children's ideas in science. Milton Keynes: Open University Press.

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.

Ebrahimi, A. (1994). *Novice programmer errors: language constructs and plan composition,* Int. J. Human-Computer Studies, 41, 457-480.

Elmore, R.F., Peterson, P.L., & McCarthy, S.J. (1996). Restructuring in the classroom: Teaching, learning and school organization. San Francisco: Jossey-Bass.

Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2000). *Cognitive Psychology: A Student's Handbook.* 4th ed. Hove, East Sussex: Psychology Press.

Fortner, R. W., Shar, J. F. & Mayer, V. J. (1986). *Effect of microcomputer simulations on computer awareness and perception of environmental relationships among college students.* ERIC Document Reproduction Service No ED 270311)

Garner, R., Alexander, P.A., Gillingham, M.G., Kulikowich, J.M. & Brown, R. (1991). Interest and learning from text. *American Educational Research Journal*, 28, 643-659.

Garrod, S., Freudenthal, D., Boyle, E. (1994). The role of different types of anaphor in on-line resolution of sentences in discourse. *Journal of Memory and Language, 33*, 38-68.

Gelman, R., (2000). *The epigenesis of mathematical thinking*. Journal of Applied Developmental Psychology, 21, 27–37.

Gilbert, J. K. & Watts, O. M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education 10*: 61-98.

Glaser, R., (1991). *The maturing of the Relationship between the Science of learning and Cognition and Educational Practices*. Learning and Instruction, t 1, 1991, pp 129-144.

Glasser, R. & Bassok, M. (1989*).* "Learning theory and the study of instruction", *Annual Review of Psychology, 40,* 631-666.

Glynn, S. M. & Duit, R. (1995). Learning science meaningfully: constructing conceptual models. In S. M. Glynn, & R. Duit, *Learning science in the schools. Research reforming practice* (pp. 3–33). Hillsdale: Erlbaum.

Goatley, VJ, Brock, CH, & Raphael, TE (1995). Diverse learners participating in regular education "book clubs." *Reading Research Quarterly 30 (3)*, 353-380.

Gogoulou A, Gouli E, Grigoriadou M & Samarakou M., (2005) "ACT: A Web-based Adaptive Communication Tool," *in T. Koschmann, D. Suthers, & T.W. Chan, Eds., Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning: The Next 10 Years!,* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 180-189.

Goldman, S. R. & Rakestraw, J. (2000). Structural aspects of constructing meaning from text. In M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research, Vol. III* (pp.311–335). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Gordon, C. (1992). *The role of prior knowledge in narrative and expository text.* ERIC document Reproduction Service.

Gorrell, J., Cuevas, A. & Downing, H. (1988). Computer simulations of classroom behaviour problems. *Journal of Computers and Education, 12(2)*, 283-287.

Gottfried, S.S. & Kyle, W. C. (1992). Textbook use and the Biology education desired state. *Journal of Research in Science Teaching, 29*, 35-49.

Graesser A. C., Leon J. A. & Otero J. C. (2002), *Introduction to the psychology of science text comprehension*, In J. Otero, J. A. Leon & A. C. Graesser (Eds.), The psychology of science text comprehension, 1-15, Mahwah, NJ: Erlbaum

Graesser, A. C., Kassler, M. A., Kreuz, R. J., & McLain-Allen, B. (1998). Verification of statements about story worlds that deviate from normal conceptions of time: What is true about Einstein's dreams? *Cognitive Psychology*, 35, 246-301.

Graesser, A. C., Millis, R. A. & Zwaan, R.A. (1997). *Discourse Comprehension*. Annual Review of Phsychology, 48, 163-189.

Graesser, A. C., Singer, M., & Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 101, 371-395.

Graesser, A.C. & Bertus, E. (1998). The construction of causal inferences while reading expository texts on science and technology. *Journal of the Scientific Studies of Reading, 2*, 247-269.

Graves F. M. (2002). *Fostering High Levels of Reading and Learning in Secondary Students,* Available on line at 2002 in http://www.readingonline.org/ articles/graves1/main.html

Gray, W. S. & Leary, B 1935 What Makes a Book Readable? Chicago University Press

Greeno, J. G., Collins, A. M. & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 15-46). New York: Simon & Schuster Macmillan.

Grigoriadou M., Toula M. & Kanidis E. (2003). Design and Evaluation of a Cache Memory Simulation Program. *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Athens, (pp. 170-174).

Grigoriadou, M. & Kanidis, E. (2003b). Cognitive aspects in teaching the computer cache memory with learning activities based on a coherent technical text and a simulation program. *6th Hellenic European Conference on Computer Mathematics and its Applications,* Athens.

Grigoriadou, M. & Toula, M. (2002). Design and implementation of a cache memory simulation program*, Proceedings off International Conference on Information Communication Technologies in Education,* Samos 2002, (Υπό έκδοση).

Grigoriadou, M., & Kanidis, E. (2001). Students Approaches to the Computer Cache Memory and their Exploitation in the Development of a Web-based Learning Environment*, Proceedings of 8th Pan Hellenic Conference in Informatics*, Cyprus, (pp. 472-481).

Grigoriadou, M., Kanidis, E. & Gogoulou, A. (2006). *A Web-Based Educational Environment for Teaching the Computer Cache Memory,* IEEE, Transactions on Education, Vol 49, No 1, 147-156.

Grunbacher, H. (1998). Teaching Computer Architecture/Organisation Using Simulators, *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE),* (pp. 1107-1112).

Guzetti, B. J., Snyder, T. E. & Glass, G. V. (1992). Promoting conceptual change in science: Can texts be used effectively? *Journal of Reading, 35 (8),* 642-649.

Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V. & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly, 28,* 117-154.

Guzzetti, B. J., Williams, W. O., Skeels, S. A. & Wu, S. M. (1997). Influence of text structure on learning counterintuitive physics concepts. *Journal of Research in Science Teaching, 34,* 701–719.

Halpern, D.F. (Ed.) (1992). Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Hatano, G. & Inagaki, K. (1997). Qualitative changes in intuitive biology. *European Journal of Psychology of Education, 22 (2),* 111–130.

Hennesy, J. John & Patterson, A. David (1996). *Computer Architecture a Quantitative Approach,* Second Edition, Morgan Kaufman Publishers Inc, San Francisco.

Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of instruction. *Instructional Science, 13 (1),* 1-13.

Hewson, P. W. (1992). *Conceptual change in science teaching and teacher education*. National Center for Educational Research, Documentation, and Assessment, Madrid, Spain.

Homan, S., Hewitt, M. & Linder, J. (1994). The Development and Validation of a Formula for Measuring Single-Sentence Test Item Readability, *Journal for Education Measurement* Vol 31, No 4 pp349-358

Hughes, M. & Greenhough, P. (1989). *Gender and social interaction in early LOGO use.* In J. Collins, N. Estes, W. Gattis and D. Walker (Eds.) *The Sixth International Conference on Technology and Education,* Vol 1. Edinburgh: CEP.

Hughes, M., Brackenridge, A. & Macleod, H. (1987). *Children's ideas about computers*. In J. Rutkowska and C. Crook (Ed.), *Computers, cognition and development*. Chichester: Wiley.

Hurwitz, C. L., Abegg, G. & Garik, P. (1999). How Computer Simulations Affect High School Students. *Reasoning in Quantum Chemistry*. *NARST,* 1999.

Hyde, C. D., (2000). *Teaching design in a computer architecture course*, IEEE Micro, Volume 20, Issue 3, (pp. 23-28).

Hynd, C. E., Alvermann, D. E., & Quian, G. (1997). Preservice elementary school teachers' conceptual change about projectile motion: Refutation text, demonstration, affective factors, and relevance. Science Education, 81, 1-27.

Hynd, C. R. & Alvermann, D. E. (1986). Prior knowledge activation in refutation and non-refutation text. In J. A. Niles & R. V. Lalik (Eds.), *Solving problems in literacy: Learners, teachers, and researchers, Thirty-fifth Yearbook of the National Reading Conference* (pp. 55-60). Rochester, NY: National Reading Conference.

Hynd, C. R. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Educational Research, 35,* 699-714.

Hynd, C. R., Alvermann, D. E. & Quian, G. (1993). *Prospective teachers' comprehension and teaching of a complex science concept*. Reading Research Report No. 4, National Reading Research Center, Universities of Georgia and Maryland, Athens, GA.

Hynd, C., McWhorter, Y., Phares, V. & Suttles, W. (1994). The role of instructional variables in conceptual change in high school physics topics. *Journal of Research in Science Teaching, 31*, 933–946.

Ibett, N. R. & Hase (2000). *DLX Simulation model*, Micro v.20(3) IEEE 2000, (pp. 57-65).

Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, *2*, 5–62.

Jackson, A., Fletcher, B. & Messer, D. J. (1986). A survey of microcomputer use and provision in primary schools. *Journal of Computer-Assisted Learning, 2,* 45-55.

Jackson, A., Fletcher, B. & Messer, D. J. (1988). Effects of experience on microcomputer use in primary schools: Results of a second survey. *Journal of Computer assisted Learning, 4,* 214-226.

Jetton, L. T. & Alexander, A. P., (2000). Learning from Text: A Multidimensional and Developmental Perspective, *Handbook of Reading Research*: Volume III (Kamil, Mosenthal, Pearson, & Barr, 2000). Available online in http://www.readingonline.org/index/index_index.asp

Jetton, T. L. & Alexander, P. A. (1997). Instructional importance: What teachers value and what students learn. *Reading Research Quarterly,* 32, 290–309.

Jhean-Larose, S. (1991). L'apprentissage d'un système fonctionnel complexe. *Psychologie Française, 36,* 167-176.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion, *Computers and Education*, February, vol. 36, (pp. 183-204).

Jimoyiannis, A., Mikropoulos, TA. & Ravanis, K. (2000). Students' performance towards computer simulations on Kinematics, *THEMES in Education, 1(4)*, 357-372.

Johansson, B., Marton, F. & Svensson, L. (1985). *An approach to describing as change between qualitatively different conceptions. Cognitive Structure and Conceptual Change,* ed. by L. West and A. Pines, Academic Press, New York.

Jones, J. (1987). *Participatory teaching methods in computer science*, SIGCE Bulletin, 19(1), 155-160.

Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1987a). *Learning from Text, The Psychology of Reading and Language Comprehension* (pp. 400-424). Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1987b*). Understanding Extended Text, The Psychology of Reading and Language Comprehension* (pp. 224-260). Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Kanidis E. & Grigoriadou M. (2007). Reading about Cache Memory: The Effects of Text Structure in Science Learning. *2nd European Cognitive Science Conference (EuroCogSci07)*, Delphi Greece, 596-601

Kim, S. & Van Dusen, L. M. (1998). The Role of Prior Knowledge and Elaboration in Text Comprehension and Memory: A Comparison of Self-Generated and Text Provided Elaboration. *American Journal of Psychology*, *111*, 353-378.

Kintsch, W. & Keenan JM. (1973). Reading rate and retention as a function of the number of propositions in the base structure of sentences. *Cognitive Psychology: 5*: 257-79.

Kintsch, W. & van Dijk. T. A. (1978). Towards a model of text comprehension and production, *Psychological Review, 85,* 363-394.

Kintsch, W. & Vipond, D. (1979). Reading comprehension and readability in educational practice and psychological theory. In L. G. Nilsson (Ed.), *Perspectives of memory research* (pp.325-366). Hillsdale. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Kintsch, W. (1974). *The representation of meaning in memory*. Hillsdale, NJ: Earlbaum

Kintsch, W. (1988). The use of knowledge in discourse processing: A construction-integration model. *Psychological Review, 95*, 163-182.

Kintsch, W. (1992). A cognitive architecture for comprehension. In H. L. Pick, P. van den Broek & D. C. Knill (eds.). *Cognition: Conceptual and Methodological Issues,* pp. 143-163. Washington, DC: American Psychological Association.

Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49(4), 294-303.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A Paradigm for Cognition*. Cambridge University Press.

Kintsch, W. (2004). The Construction-Integration Model of Text Comprehension and Its Implications for Instruction. In R.B. Ruddell, & N.J. Unrau (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading* (pp. 1270-1328). Newark, DE: International Reading Association.

Kintsch, W.(2002). The potential of latent semantic analysis for machine grading of clinical case summaries, *Journal of Biomedical Informatics*, v.35 n.1, p.3-7,

Kintsch, W., Kozminsky, E., Streby, W. J., McKoon, G. & Keenan, J.M.(1975). Comprehension and recall of a text as a function of context variable. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 14, 158-169.

Kintsch, W., Welsch, D., Schmalhofer, F. & Zimny, S. (1990). Sentence memory: A theoretical analysis. *Journal of Memory and Language, 29,* 133-159.

Kitcher, P. (1992). *The nature of mathematical knowledge*. Oxford: Oxford University Press.

Klare, G. R. (1984). Readability. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of Reading Research* (pp. 681 - 743). New York: Longman.

Komis, V. & Michaelides, P. (1997). Representations of new computer technologies made by children of 9 to 12 years: comparative study between Greek and French children, Pintelas P. (editor), *3rd Pan Hellenic Conference with International Participation "Didactics of Mathematics and Informatics in Education, University of Patras* May 1997, (pp. 333-343).

Kordaki, M. (2001). Special characteristics of Computer Science; effects on teaching and learning: views of teachers. *Proceedings of the 8th Pan Hellenic Conference on Informatics (with international participation),* Nicosia, Cyprus, November 2001.

Kyrkos, C., & Vosniadou, S., (1997). Mental Models of Plant Nutrition. Poster presented at the Seventh European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens, Greece

Lemke, J.L (1990). Talking science: language, learning, and values. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.

Levelt, W. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge MA: MIT Press.

Limon, M. & Carretero, M. (1997). Conceptual change and anomalous data: a case study in the domain of natural sciences. *European Journal of Psychology of Education*, *22 (2)*, 213–230.

Limσn, M. (2002). *Conceptual change in history*. In M. Limσn & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 259-289). Dordrecht: Kluwer.

Mandler, J. M. (1984). *Stories, scripts and scenes: Aspects of schema theory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mannes, S. & Kintsch, W. (1987). *Knowledge organization and text organization.* Cognition and Instruction, 4, 91-115.

Mannes, S. (1994). Strategic processing of text. *Journal of Educational Psychology, 86,* 577–588.

Maria, K. & Johnson, J. M. (1989, December). Correcting misconceptions: Effects of type of text. *Paper presented at the annual meeting of the National Reading Conference,* Austin, TX.

Maria, K. & MacGinitie, W. (1987). Learning from texts that refute the reader's prior knowledge. *Reading Research and Instruction, 26(4)*, 222-238.

Marton, F., & Booth, S. (1997). Learning and Awareness. Hillsdale, NJ:Erlbaum.

Mayer, R.E. (1983). What have we learned about increasing the meaningfulness of science prose?, *Science Educarion*, 67(2), 223-237.

McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. in D. Gentner and A. Stevens (eds), *Mental Models*, Hillsdale: Erlbaum, (pp. 229-324).

McCloskey, M., Caramazza, A. & Green, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about the motion of objects, *Science, 210:* 1139-1141.

McKeown, M.G., Beck, I.L., Sinatra, G.M., & Loxterman, J.A. (1992). The contribution of prior knowledge and coherent text to comprehension. *Reading Research Quarterly,* 27, 78-93.

McKoon, G. & Ratcliff, R. (1980). Priming in item recognition: The organization of propositions in memory for text. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*, 369-386.

McNamara, D.S. & Kintsch, W. (1996). Learning from text: Effects of prior knowledge and text coherence*. Discourse Processes, 22*, 247-287.

McNamara, S. D., Kintsch, E., Songer, B. N. & Kintsch, W. (1996). "Are Good texts Always Better? Interactions of text Coherence, Background Knowledge, and levels of Understanding in learning From Text*", Cognition And Instruction, 14(1),* 1-43.

Miall, S. D. & Kuiken, D. (1994). Beyond text theory: Understanding literacy response, *Discourse Processes, 17,* 337-352.

Mikkilä, M. & Olkinuora, E. (1994). Problems of current textbooks and workbooks: Do they promote high-quality learning? In F. P. C. M. De Jong & B. H. A. M. van Hout- Wolters, *Process-oriented instruction and learning from text.*(pp. 151–164). Amsterdam: VU University Press.

Mikkilä-Erdmann, M., (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesia through text design. *Learning and Instruction 11*, 241-257.

Nass, I. C., Lombard, M., Henriksen, L. & Steuer, J (1995). Anthropocentrism and computers, *Behaviour & information technology,* vol.14, no 4, (pp.229-238).

Nathan, M.J., Kintsch, W., & Young, E. (1992). A theory of Algebra-Word-Problem Comprehension and its Implications for the Design of Learning Environments. *Cognition and Instruction*, Vol 9, N° 4, 329-389.

Nelson, K. (1986). *Event knowledge: Structure and function in development.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Oakland, T. and Lane, H.B., 'Language, Reading, and Readability Formulas: Implications for Developing and Adapting Tests', International Journal of Testing, 2004, Vol. 4, No. 3, 239-252

Palmer, D. (2002). Investigating the relationship between refutational text and conceptual change. *Science Education, 87(5)*, 663-684.

Pane, J. & Myers, B. (2000). The Influence of the Psychology of Programming on a Language Design: Project Status Report, *Proceedings of the 12th Annual Meeting of the Psychology of Programming Interest Group,* 193-205, Edizioni Memoria, Italy.

Patterson, A.D. & Hennessy, L. J. (1999). *"Computer Organization & Design",* Second edition, Morgan Kaufman Publishers inc.

Pea, R. D. (1984). Symbol systems and thinking skills: Logo in context. *Proceedings of the 1984 National Logo Conference.*

Perfetti, C. (1986). Readability and learning from text. *Paper presented at the institute on Cognition and Instruction.* Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Perfetti, C. A. (1985). *Reading ability*. New York: Oxford University Press.

Perkins, D. (1992). *Smart schools: From training memories to educating minds*. New York: Free Press.

Perrig, W. & Kintsch, W. (1985). Propositional and situational representations of text. *Journal of Memory and Language*, 24, 503-518

Pichert, J. W. & Anderson, R.C. (1977). Taking different perspectives on a story. *Journal of Educational Psychology, 69,* 309-315.

Pilkington, R. and Grierson, A. (1996). Generating Explanations in a Simulation-based Environment. *International Journal of Human-Computer Studies* 45: 527-551.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P., W. & Gertzog, W. A. (1982). "Accommodation of a Scientific Conception: Towards a Theory of Conceptual Change" *Science Education, 66,* (pp. 211-227).

Powers, D. K. (2004). Teaching computer architecture in introductory computing: Why? and how*?, Sixth Australasian Computing Education Conference (ACE2004)*, 255-260.

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.

Qian, G. & Alvermann, D. (1995). Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational Psychology*, *87(2)* 282-292.

Ratcliff, R. & McKoon, G. (1978). Priming in item recognition: Evidence for the propositional structure of sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, *17*, 403-417.

Rea, A. (1986). *Quantum Physics: Illusion or Reality?* London: Cambridge University Press, 1986.

Reigeluth, C. & Schwartz, E. (1989). "An instructional theory for the design of computer-based simulation". *Journal of Computer-Based Instruction 16(1):* 1-10.

Resnick, L.B. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. *Science, 220*, 477-478.

Resnick, L.B. (1987). *Education and learning to think*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Resnick, L.B., & Klopfer, L.E. (Eds.) (1989). Toward the thinking curriculum: Current cognitive research. Alexandria, VA: ASCD Books.

Reynolds, R. E. & Shirey, L. L. (1988). The role of attention in studying and learning. In E.T. Goetz, C.E. Weinstein, & P.A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 77–100). Washington, dc: Academic Press.

Rosenblatt, L. M. (1994). The transactional theory of reading and writing. In R. B. Ruddell, M. R. Ruddell, & H. Singer (Eds.), *Theoretical models and processes of reading* (4th ed., pp. 1057 - 1092). Newark, DE: International Reading Association.

Roth, K. (1990). Developing meaningful conceptual understanding in science. In B. Jones, & L. Idol, *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 139–175). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Roth, K., Anderson, C. & Smith, E. (1987). Curriculum materials, teacher talk and student learning: case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, *19 (6)*, 527–548.

Rumelhart, D. E. & Norman, D. A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: three modes of learning. In J. W. Cotton & R. L. Klatzky, *Semantic factors in cognition* (pp. 37–53). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Ryder, R.J., & Graves, M.F. (1998). *Reading and learning in content areas* (2nd ed.). New York: Wiley.

Samarapungavan, A., Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1996). Mental models of the earth, sun and moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development, 11*, (pp. 491-521).

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.

Scardamalia, M. (1985). *Intentionality in learning, Paper presented at the institute on Cognition and Instruction.* Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1991). Higher levels of agency for children in knowledge-building: A challenge for the design of new knowledge media. Journal of the Learning Science, 1: 37-68.

Schallert, D. L., Alexander, P.A. & Goetz, E.T. (1988). Implicit instruction of strategies for learning from text. In E. T. Goetz, C. E. Weinstein & P.A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 193–214). Washington, dc: Academic Press.

Schank, R. C. (1990). *Tell me a story : A new book at real and artificial memory*. New York Scibners.

Schellings, G. L. M. & Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (1994). Selection of main points in texts by students: Three methods compared. In F. P. C. M. De Jong & B. H. A. M. Van Hout-Wolters (Eds.), *Process-oriented instruction and learning from text* (pp. 113–125). Amsterdam: Free University Press.

Schellings, G. L. M. & Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (1995). Main points in an instructional text, as identified by students and by their teachers. *Reading Research Quarterly, 30,* 742–757.

Schellings, G. L. M., Van. Wolters-Hout B. H. A. M. & Vermund, D. J. (1996). Selection of Main Points in Instructional Texts: Influences of Task Demands. *Journal of Literacy Research.* Volume 28. Number 3. (pp. 355-378).

Schmalhofer, F., & Glavanov, D. (1986). Three components of understanding a programmer's manual: Verbatim, propositional, and situational representations. Journal of Memory and Language, 25, 279-294.

Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M. (1999). New Perspectives on conceptual change. Oxford: Elsevier Science.

Schraw, G., Wade, S. E. & Kardash, C. (1993). Selective learning strategies for relevant and important information in narrative text. *Journal of Educational Psychology, 85*, 652-661.

Shannon, R. E**.** (1975)**.** *Systems Simulation: The Art and Science.* Prentice Hall.

Sinatra, G. M. (2000). From passive to active to intentional: Changing conceptions of the learner. In G.M. Sinatra (Chair). *What does it mean to be an intentional learner? Alternative perspectives.* Symposium presented at the American Educational Research Association Annual Meeting, New Orleans.

Singer, M., Harkness, D. & Stewart, S. T. (1997). *Constructing inferences in expository text comprehension*. Discourse Processes, 24(2-3), 199-228.

Skopeliti, I. & Vosniadou, S. (2005). The Influence of Refutational Text on Children's Ideas about the Earth. Poster submitted for publication in the P*roceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Society,* Vancouver, BC Canada.

Smith, D. & Keep, P. (1986). Children's opinions of educational software. *Educational Research, 28, (2),* (pp. 83-88).

Smith, J. P., DiSessa, A. A. & Roschelle, J. (1993). Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition, *The journal of the Learning Sciences*, *3(2),* 115-163.

Snow, C. (2002). *Reading for understanding: Toward an R&D program in reading comprehension*. Santa Monica, CA: RAND.

Spohrer, J. & Soloway, E. (1986a). Alternatives to Construct-Based Programming Misconceptions, *Proceedings of the CHI '86*, 183-191.

Stanovich, K. E. (1984). The interactive-compensatory model of reading: A confluence of developmental, experimental, and educational psychology. *Remedial and Special Education, 5(3),* 11-19.

Stinner, A. (1995). Science textbooks: their present role and future form. In S. M. Glynn & R. Duit, *Learning science in the schools. Research reforming practice* (pp. 275–296). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Stotsky, S. (1984). A proposal for improving high school students' ability to read and write expository prose. *Journal of Reading, 28*, 4-7.

Strickland, R. M. & Poe, S. E. (1989). Developing a CAI graphic simulation model: Guidelines. *T. H. E. Journal: Technological Horizon in Education, 16(7),* 88-92.

Sungur, S., Tekkaya, C. & Geban, O. (2001). The Contribution of Conceptual Change Texts Accompanied by Concept Mapping to Students' Understanding of the Human Circulatory System. *School Science & Mathematics, 101(2)*, 91-102.

Taylor, T. L. (1999). Life in virtual worlds; Plural existence, multimodalities, and other online research challenges. *American Behavioural Scientist, 43(3),* 436-449.

Thomas, R. and Neilson, I. (1995). *"Harnessing Simulations in the Service of Education: The Interact Simulation Environment."* Computers and Education 25(1/2): 25-29.

Thorndike, E. L. (1921). *The Teacher's Word Book,* Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University

Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature: The development of ideas with teaching. In Driver , R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (Eds) Children's Ideas in Science, Milton Keynes, Open University Press, 67 – 84.

Vamvakoussi, X., & Vosniadou, S., (2002). Conceptual Change in Mathematics: From the set of natural to the set of rational numbers. *Procedings of the third European Symposium on Conceptual Change,* Turku, Filand

Vamvakoussi, X., & Vosniadou, S., (2004). Understanding the structure of the set of rational numbers: a conceptual change approach, *Learning and Instruction* 14, 453–467.

Van den Broek, P., Virtue, S., Everson, G. M., Tzeng, Y. & Sung, Y. (2002). Comprehension and memory of science Texts: Inferential processes and Construction of a mental Representation. In J. Otero, J. A., León, A. C. & Graesser (Eds.), *The Psychology of science text comprehension,* (pp. 131-154). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*, New York: Academic.

Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (1990a). Selecting and cueing key phrases in instructional texts. In H. Mandl, E. de Corte, S. N. Bennet & H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and Instruction –European research in an international context* (Volume 2.2., pp. 181–198). Oxford: Pergamon Press.

Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (1990b, November). *Teachers' selection of key phrases in instructional texts.* Paper presented at the 40th annual meeting of the National Reading Conference (NRC), Miami, USA.

Van Hout-Wolters, B. H. A. M. (1997). Teachers' selection of key phrases in instructional texts. *The School Field, 6,* 51–62.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education,* 1, 205-221

Von Glaserfeld, E. (1995). *Radical Constructivism: A way of Knowing and Learning*, London: The Falmer Press.

Von Glaserfeld, E. (1996). *Radical Constructivism: A way of Knowing and Learning,* London: The Falmer Press.

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1987). "Theories of Knowledge Restructuring with Development". *Review of Educational Research, 57*, pp. 51-67.

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. Cognitive psychology, 24, 535-585

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-124

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, *20 (10)*, 1213–1230.

Vosniadou, S. & Schnotz, W. (1997). Introduction. *European Journal of Psychology of Education*, *22 (2)*, 105–110.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4 (1)*, 45-69.

Vosniadou, S. (2001). How Children Learn, Educational Practices Series, 7, *The International Academy of Education (IAE) and the International Bureau of Education (UNESCO). Μετάφραση στα ελληνικά «Πως Μαθαίνουν οι Μαθητές»*, Σειρά Ψυχολογίας, Εκδόσεις Gutenberg (2002).

Vosniadou, S. (2002b). Exploring the relationship between conceptual change and intentional learning. In G.M Sinatra and P.R. Pietrich (Eds.) *Intentional Conceptual change.* Mahwah, NJQ Lawrence Erlbasum Associates.

Vosniadou, S., (2002). Mental Models in Conceptual Development. In L. Magnani and N.J. Nersessian (Eds.) *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values.* Kluwer Academic Press.

Wang, T. & Andre, T. (1991). Conceptual change text versus traditional text and application questions versus no questions in learning about electricity. *Contemporary educational Psychology, 16*, 103–116.

West, L. & Pines, A. (Eds.) (1985). Cognitive structure and conceptual change. Academic Press.

Whitaker, R. J. (1983). An examination of student inconsistencies in their understanding of trajectory motion. In H. Helm and J. Novak (Eds) *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 420-425). Ithaca, Cornell University

Wichmann, A., Gottdenker, J., Jonassen, D. & Milrad M. (2003). Developing a framework for Conceptual Change within Scientific Inquiry*, proceedings of the*

3rd International Conference on Advantance learning Technologies (ICALT 03) (pp. 382-383).

Williams, J.P., (1986). Research and instructional development on main idea skills. In J.F. Baumann (Ed.), *Teaching main idea comprehension*, pp. 73–9. Newark, de: International Reading Association.

Wiser, M. & Carey, S. (1982). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), Mental models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Wiser, M. (1989). Does learning science involve theory change? *Paper presented at the Biannual Meeting of the Society for Research in Child Development*, Kansas City, MO.

Wiser, M., & Amin, T.G. (2001). Is heat hot? Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. L. Mason (Ed.) Instructional practices for conceptual change in science domains [Special Issue]. Learning &Instruction, 11, 331-355.

Wolffe Greg, Yurcik William, Osborne Hugh & Holliday Mark (2002). Teaching Computer Organization/Architecture With Limited Resources Using Simulators. *Published in the Proceedings of the 33rd Technical Symposium of Computer Science Education (SIGCSE 2002)*, ACM Press, Northern Kentucky USA. Also available in http://www.sosresearch.org/caale/caalesimulators.html

Yager, R.E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching,* 20, 577-588.

Yehezkel. C., Yurcik, W. & Pearson, M. (2001). Teaching computer architecture with a computer-aided learning environment: State-of-the-art simulators. *In Proceedings of the International Conference on Simulation and Multimedia in Engineering Education* (ICSEE 2001, Phoenix, AZ, Jan.).

Yore, L. D. (1991). Secondary science teacher's attitudes toward and beliefs about science reading and science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 55-72.

Yurcik, W. & H. Osborne (2001). A Crowd of Little Man Computers: Visual Computer Simulator Teaching Tools, *Winter Simulation Conference (WSC*).

Zakaluk, L. B., & Samuels, J. S. (1988). *Readability: It's Past, Present, & Future.* International Reading Association, Newark, Delaware.

Zwaan, R. A. & Radvansky, G. A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, *123*, 162-185.

Zwaan, R. A. (1994). Effect of genre expectations on text comprehension. Journal of Experimental Psychology: learning, Memory and Cognition, 20, 920-933.

Zwaan, R. A., Magliano, J. P. & Graesser, A. C. (1995). Dimensions of situation model construction in narrative comprehension. *Journal of Experimental Psychology*: *Learning, Memory, and Cognition, 21,* 386-397.

Zwaan, R., Langston, M., & Graesser, A. (1995). The construction of situation models in narrative comprehension: An event-indexing model. *Psychological science,* 6, 292-297

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βαμβακούση, Χ. (2004). Εννοιολογική αλλαγή στα Μαθηματικά. Η κατανόηση της πυκνής δομής των ρητών. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών. Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών στη Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη.

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. *3ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή, Οι τεχνολογίες της Πληροφορίας και της επικοινωνίας στην Εκπαίδευση,* Ρόδος, (pp. 624-631).

Βουτηράς, Γ., Κονιδάρη, Ε., Κούτρας, Μ., & Σφώρος, Ν. (2000). *Πληροφορική Γυμνασίου*, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Γιαλούρης, Κ., Γκιμπερίτης, Ε., Κόμης, Β., Σιδερίδης, Α. & Σταθόπουλος, Κ. (1999). *Εφαρμογές Πληροφορικής - Υπολογιστών Α΄, Β΄, Γ΄ Ενιαίου Λυκείου*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα

Γιουκάκη, Μ., & Μακράκης, Β. (1997). «Στάσεις των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην ενσωμάτωση και χρήση Υπολογιστών στο Δημοτικό σχολείο». *Πρακτικά Διημερίδας «Οι Φυσικές Επιστήμες και οι Τεχνολογίες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση»*. Αθήνα: ΠΤΔΕ, Φεβρουάριος 1997, 107-112.

Γρηγοριάδου Μ., & Κανίδης Ε. (2002). "Αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με την οργάνωση και τη λειτουργία της μνήμης των υπολογιστών". *3ο Πανελλήνιο Συνεδρίο με Διεθνή Συμετοχή: Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση.* Ρόδος, 249-258

Δαμιανάκης, Α., Τζαβάρας, Α., Μάβογλου Χ. & Ντατούρης, Κ. (2000). *Πληροφορική Γυμνασίου*, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα.

Ιωαννίδου, Ι., (1998). Η ανάπτυξη των γνώσεων για τα γεωφυσικά φαινόμενα. Επιπτώσεις στη διδασκαλία. *Διδακτορική διατριβή*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Ιωαννίδου, Ι & Βοσνιάδου, Σ. (1999). Εξέλιξη της διαισθητικής γνώσης για την διατρωμάτωση και σύσταση του εσωτερικού της γης και τους σεισμούς. Πρακτικά του 7οθ συνεδρίου Φυσικής. Ηράκλειο Κρήτης.

Κανίδης, Ε., Γρηγοριάδου, Μ., Βοσνιάδου Σ., & Γόγουλου Α., (2004), Πλαίσιο Ανάπτυξης Δραστηριοτήτων και Διδακτικής Αξιοποίησης Εκπαιδευτικού Υλικού Προσομοίωσης . *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή. "Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαίδευση"*, Αθήνα, 143-152

Κόλλιας, Α., Μαργετουσάκη, Α., Κόμης, Β. & Γουμενάκης, Ι. (2000). Αναπαραστάσεις μαθητών του δημοτικού για τις νέες τεχνολογίες όπως αναδύονται από τη χρήση εννοιολογικών χαρτών και κειμένων, *2ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση»*, Πανεπιστήμιο Πατρών .

Κόμης, Β., (2001). «Μελέτη βασικών εννοιών του προγραμματισμού στο πλαίσιο μιας οικοδομηστικής διδακτικής προσέγγιση». *Themes in Education – Θέματα στην Εκπαίδευση,* Τόμος 2, Νο 2-3, σελ. 243-270.

Κόμης, Β. (1995). Αναπαραστάσεις των μαθητών του δημοτικού στις νέες τεχνολογίες, *Πρακτικά Β' Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική των μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση»*, Κύπρος, (pp 523- 535).

Κόμης, Β., (1995β). «Οι λογικές χρήσης και ο ανθρωπομορφισμός μέσα στις αναπαραστάσεις των μαθητών πάνω στις νέες τεχνολογίες της πληροφορικής», *Παιδαγωγικός Λόγος*, Νο 2, σελ. 81-94.

Κόμης, Β., (1994). Ανάλυση και ανασχηματισμός των αναπαραστάσεων των μαθητών από 9 μέχρι 12 ετών πάνω στις νέες τεχνολογίες της πληροφορικής, *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, Νο 77, Οκτώβριος, σελ. 54-61.

Κόμης, Β. (1985). «Αναπαραστάσεις των Μαθητών του Δημοτικού στις νέες Τεχνολογίες», *Β' Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση»* Κύπρος 1995, (pp. 523-536).

Κούκα, Α. (2000). Το νερό στη χημική εκπαίδευση: Έννοιες, παρανοήσεις, δυσκολίες στην κατανόηση. Διδιακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας.

Κρεμμύδας, Χ. Π. & Σπηλιωπούλου, Β. (1999). Οι αντιλήψεις των μαθητών για την οθόνη και το πληκτρολόγιο του Η/Υ, *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Διδακτική των Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο.

Κύρκος, Χ., (1999). Η εξέλιξη των βιολογικών γνώσεων για την ταυτότητα, διατροφή, αναπνοή και ανάπτυξη των φυτών. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Π.Τ.Δ.Ε.

Πεσκετζή, Κ., Βογιατζή, Ι., Κουνάδη, Σ., Μελέτη, Χ., Μπουγά, Π. & Σιφναίου, Ι. (2000). *Υλικό Υπολογιστών, Βιβλίο Μαθητή*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

Ρούσσος, Π. (1996). Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές στη δημοτική εκπαίδευση: Ιδέες, εμπειρίες στάσεις και δυσκολίες των παιδιών, *Ψυχολογία 3(1)*, σ.112-129.

Σιδερίδης, Α., Γιαλούρης, Κ., Παπαδόπουλος, Α. & Σταθόπουλος, Κ., (2000). *Βασικές Αρχές Ψηφιακής Τεχνολογίας.* Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Σολομωνίδου, Χ. & Παπαστεργίου, Μ. (1999). Επιμορφωτικές ανάγκες και προσδοκίες των δασκάλων που θα συμμετάσχουν στο πρόγραμμα «Το νησί των Φαιάκων», μια μελέτη περίπτωσης στο Βόλο, *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου με θέμα «Διδακτική των Μαθηματικών & πληροφορική στην εκπαίδευση»*, Ρέθυμνο, 326-334.

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 Διημερίδας με διεθνή συμμετοχή με θέμα «Διδακτική της Πληροφορικής»,* 73-85, Βόλος.

ΚΕΙΜΕΝΟ Α

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι

Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

Εισαγωγή

Οι πρωτοπόροι των υπολογιστών είχαν προβλέψει σωστά ότι οι προγραμματιστές θα επιθυμούσαν να διαθέτουν μια γρήγορη μνήμη χωρίς όρια μεγέθους. Μια οικονομική λύση σε αυτή την επιθυμία είναι η ιεραρχία μνήμης η οποία αντλεί τα πλεονεκτήματά της από την τοπικότητα της αναφοράς και το πηλίκο κόστος /επίδοση των τεχνολογιών μνήμης.

Τοπικότητα της αναφοράς

Θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός προγράμματος έχει διαπιστωθεί ότι οι περισσότερες από τις διαδοχικές αναφορές στη μνήμη γίνονται μέσα από ένα μικρό σύνολο γειτονικών διευθύνσεων.

Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους

- Η τοποθέτηση των προγραμμάτων γίνεται σε διαδοχικές θέσεις της κύριας μνήμης άρα η επόμενη εντολή που θα εκτελεστεί βρίσκεται συνήθως στην επόμενη θέση μνήμης. Τα ίδιο συμβαίνει και με τα δεδομένα των προγραμμάτων τα οποία και αυτά τοποθετούνται σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.
- Κατά την εκτέλεση βρόχων (loops) οι εντολές που περιλαμβάνονται στο σώμα του βρόχου εκτελούνται διαδοχικά πολλές φορές. Άρα γίνεται αναφορά επαναλαμβανόμενη αναφορά στις ίδιες θέσεις που περιλαμβάνουν τις εντολές του βρόχου.

Η διαπίστωση ότι οι περισσότερες αναφορές στη μνήμη γίνονται μέσα από ένα σύνολο γειτονικών διευθύνσεων ονομάζεται αρχή της **τοπικότητας της αναφοράς ή** απλά **αρχή της τοπικότητας** και διακρίνεται σε δύο τύπους την **τοπικότητα χρόνου** και την **τοπικότητα χώρου**.

Τοπικότητα χρόνου :

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα στην ίδια διεύθυνση. *Αυτό θα συμβεί στην περίπτωση ενός βρόχου.*

Τοπικότητα χώρου :

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα σε γειτονικές διευθύνσεις. *Αυτό θα συμβεί λόγω*

της τοποθέτησης των εντολών και των δεδομένων ενός προγράμματος σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.

Η λειτουργία της κρυφής μνήμης αξιοποιεί την αρχή της τοπικότητας διότι όταν γίνει αναφορά για ανάγνωση ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης και τα περιεχόμενα αυτής της θέσης δεν υπάρχουν στην κρυφή μνήμη, τότε στην κρυφή μνήμη δεν μεταφέρεται μόνο η το περιεχόμενο αυτής της διεύθυνσης αυτής αλλά ένα σύνολο δεδομένων που περιέχονται σε γειτονικές διευθύνσεις. Με τον τρόπο αυτό η επόμενη αναφορά σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης είναι πολύ πιθανόν λόγω της αρχής της τοπικότητας να εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη η οποία είναι πολύ ταχύτερη από την κύρια μνήμη.

Η αρχή της τοπικότητας της αναφοράς μαζί με την διαπίστωση ότι το μικρότερο υλικό είναι ταχύτερο, οδήγησαν σε μια ιεραρχία μνήμης η οποία βασίζεται σε μνήμες με διαφορετικό μέγεθος και ταχύτητα. Επειδή η γρήγορη μνήμη είναι ακριβή, η ιεραρχία μνήμης είναι οργανωμένη σε αρκετά επίπεδα κάθε αν από τα οποία είναι μικρότερο, γρηγορότερο και πιο ακριβό ανά byte από το προηγούμενο του επίπεδο. Ο σκοπός είναι η παροχή ενός συστήματος μνήμης με κόστος παρόμοιο με αυτό του χαμηλότερου επιπέδου μνήμης και ταχύτητα σχεδόν τόσο υψηλή όση έχει το γρηγορότερο επίπεδο. Τα επίπεδα της ιεραρχίας συνήθως επικαλύπτουν το ένα το άλλο, όλα τα δεδομένα ενός επιπέδου βρίσκονται και στο επίπεδο που βρίσκεται κάτω από αυτό. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι το τελευταίο επίπεδο της ιεραρχίας. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε επίπεδο αντιστοιχεί διευθύνσεις από μια μεγαλύτερη μνήμη σε μια μικρότερη αλλά γρηγορότερη μνήμη που βρίσκεται υψηλότερα στην ιεραρχία. Σα τμήμα της διαδικασίας αντιστοίχησης διευθύνσεων στην ιεραρχία μνήμης ανήκει και η ευθύνη ελέγχου των διευθύνσεων. Για το λόγο αυτό συστήματα προστασίας που εξετάζουν τις διευθύνσεις αποτελούν μέρος της ιεραρχίας μνήμης.

Από το 1980 μέχρι το έτος 2000 η απόδοση των μικροεπεξεργαστών αυξήθηκε 3000 φορές ενώ η απόδοση της μνήμης μόνο 10 φορές. Αυτό το κενό απόδοσης προσπαθεί να καλύψει η αρχιτεκτονική των υπολογιστών.

Για τον υπολογισμό της αποδοτικότητας της ιεραρχίας μνήμης χρησιμοποιείται ο τύπος

Κύκλοι αδράνειας μνήμης = Αριθμός εντολών X Αναφορές σε μνήμη ανά εντολή X Ρυθμός αποτυχίας X Ποινή αποτυχίας.

Όπου *Ρυθμός αποτυχίας* είναι το ποσοστό των αιτήσεων πρόσβασης που δεν βρίσκονται στην κρυφή μνήμη και *Ποινή αποτυχίας* είναι ο επιπλέον χρόνος που απαιτείται για την εξυπηρέτηση της αποτυχίας.
Υπενθυμίζεται ότι ένα *μπλοκ* είναι το ελάχιστο ποσό πληροφορίας που μπορεί να υπάρξει στην κρυφή μνήμη (επιτυχία κρυφής μνήμης) διαφορετικά υπάρχει αποτυχία της κρυφής μνήμης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα χρησιμοποιηθεί ένας παρόμοιος τύπος για την αποτίμηση πολλών παραδειγμάτων της χρήσης της αρχής της τοπικότητας για την βελτίωση της απόδοσης ενώ διατηρείται το κόστος της μνήμης σε λογικά επίπεδα. Αυτή η κοινή αρχή μας επιτρέπει να θέσουμε τέσσερα ερωτήματα σχετικά με κάθε επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης.

Ε1. Που μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στο ανώτερο επίπεδο; (Τοποθέτηση μπλοκ)

Ε2. Πως βρίσκεται αν ένα μπλοκ υπάρχει στο ανώτερο επίπεδο; (Εντοπισμός μπλοκ)

Ε3. Ποιο μπλοκ θα πρέπει να αντικασταθεί σε περίπτωση αποτυχίας; (Αντικατάσταση μπλοκ)

Ε4. Τι συμβαίνει στην περίπτωση εγγραφής; (Στρατηγική εγγραφής)

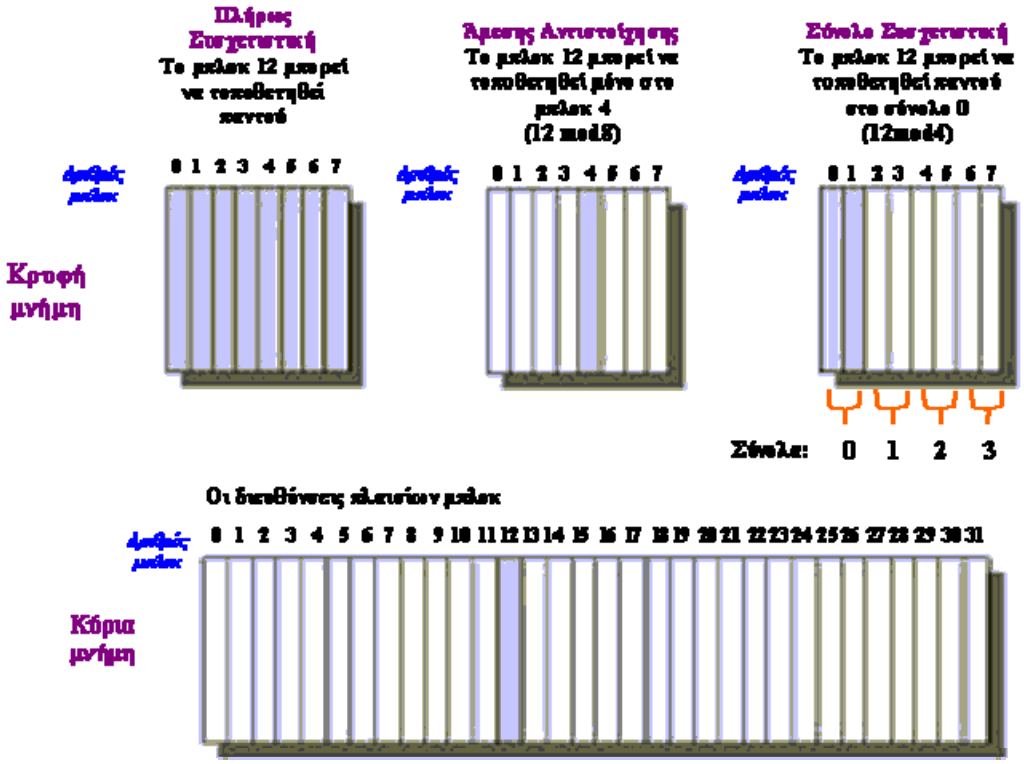
Οι απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα μας βοηθούν να καταλάβουμε τις διαφορετικές ανταλλαγές των μονάδων μνήμης στα διαφορετικά επίπεδα της ιεραρχίας. Για το λόγο αυτό θα θέτουμε τα ερωτήματα αυτά σε κάθε παράδειγμα.

Βασικές έννοιες της κρυφής μνήμης.

Κρυφή μνήμη είναι το όνομα που δίνεται στο πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης που συναντάμε όταν η ΚΜΕ ζητήσει πρόσβαση σε μια διεύθυνση. Επειδή η αρχή της τοπικότητας εφαρμόζεται σε πολλά επίπεδα, και η αξιοποίηση αυτής της αρχής για την αύξηση της αποδοτικότητας είναι πολύ δημοφιλής, ο όρος κρυφή μνήμη σήμερα χρησιμοποιείται οποτεδήποτε μια η αποθήκευση σε μια βοηθητική μνήμη (Buffer) χρησιμοποιείται για την επαναχρησιμοποίηση αντικειμένων που απαιτούνται συχνά όπως για παράδειγμα κρυφές μνήμες αρχείων, κρυφές μνήμες ονομάτων κ.λπ. Αρχίζουμε την περιγραφή της κρυφής μνήμης απαντώντας στα τέσσερα κοινά ερωτήματα για το πρώτο επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης. Στη συνέχεια θα δείτε αντίστοιχα ερωτήματα και απαντήσεις.

Ε1. Που μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ στην κρυφή μνήμη

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ότι οι περιορισμοί σχετικά με το πού μπορεί να τοποθετηθεί ένα μπλοκ δημιουργεί τρεις κατηγορίες οργάνωσης της κρυφής μνήμης.



Σχήμα 1: Σε αυτό το παράδειγμα η κρυφή μνήμη έχει οκτώ μπλοκ και η κύρια μνήμη έχει 32 μπλοκ. Οι πραγματικές κρυφές μνήμες περιέχουν εκατοντάδες μπλοκ ενώ οι πραγματικές κύριες μνήμες περιέχουν εκατομμύρια από μπλοκ. Η κρυφή μνήμη με οργάνωση συνολο-συσχετιστική η οποία έχει τέσσερα σύνολα τα οποία περιέχουν δύο μπλοκ το καθένα ονομάζεται συνολοσυσχετιστική δύο δρόμων. Υποθέτουμε ότι αρχικά η κρυφή μνήμη είναι κενή και ότι η αναφορά στο κατώτερο επίπεδο μνήμης προσδιορίζει το μπλοκ 12 της κύριας μνήμης. Οι τρεις οργανώσεις της κρυφή μνήμης παρουσιάζονται από αριστερά προς τα δεξιά. Στην πλήρως συσχετιστική το μπλοκ 12 από το κατώτερο επίπεδο μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε από τα 8 μπλοκ που περιέχονται στην κρυφή μνήμη. Στην περίπτωση της άμεσης αντιστοίχησης το μπλοκ 12 μπορεί να τοποθετηθεί μόνο στο μπλοκ 4 της κρυφής μνήμης (12 modulo 8). Η συνολο-συσχετιστική συνδυάζει κάποια από τα χαρακτηριστικά της άμεσης αντιστοίχησης και της πλήρως συσχετιστικής επιτρέπει την τοποθέτηση του μπλοκ 12 στο σύνολο 0 (12 modulo 4). Επειδή το σύνολο περιέχει 2 μπλοκ το μπλοκ 12 μπορεί να τοποθετηθεί είτε στο μπλοκ 0 είτε στο μπλοκ 1 του συνόλου.

- Αν κάθε μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα μονάχα μπλοκ της κρυφής, τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται άμεσης αντιστοίχησης. Η αντιστοίχηση συνήθως γίνεται με τον τύπο

Διεύθυνση μπλοκ κρυφής μνήμης ={Διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης} MOD {Αριθμός των μπλοκ στην κρυφή μνήμη}

- Αν ένα μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στην κρυφή μνήμη, τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται πλήρως συσχετιστική.

- Αν ένα μπλοκ μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα περιορισμένο σύνολο θέσεων στην κρυφή μνήμη , τότε αυτή η κρυφή μνήμη ονομάζεται συνολο-συσχετιστική . Ένα σύνολο είναι μια ομάδα από μπλοκ στην κρυφή μνήμη. Ένα μπλοκ πρώτα αντιστοιχίζεται σε κάποιο σύνολο και έπειτα μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ μέσα σε αυτό το σύνολο. Το σύνολο συνήθως υπολογίζεται από τον τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = {Διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης} MOD {Αριθμός των συνόλων στην κρυφή μνήμη}

Το εύρος των διαθέσιμων τύπων κρυφής μνήμης από την άμεσης αντιστοίχησης στην πλήρως συσχετιστική είναι στην πραγματικότητα μια συνεχής σειρά απο επίπεδα της συνολοσυσχετιστικής. Η κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης είναι απλά μια συνοσυσχετιστική μνήμη ενός δρόμου και μια πλήρως συσχετιστική κρυφή μνήμη με κ μπλοκ μπορεί να θεωρηθεί σα μια συνολοσυσχετιστική κ-δρόμων. Εναλλακτικά η άμεσης αντιστοίχησης μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει κ σύνολα και ότι η πλήρως συσχετιστική ότι έχει ένα μόνο σύνολο. Η μεγάλη πλειοψηφία σήμερα στις κρυφές μνήμες είναι άμεσης αντιστοίχησης, συνολοσυσχετιστική δύο δρόμων ή 4 δρόμων για λόγους που θα αναφέρουμε στη συνέχεια.

Ε2. Πως βρίσκεται αν ένα μπλοκ υπάρχει στην κρυφή μνήμη;

Η κρυφή μνήμη έχει ένα **πεδίο ετικέτας** (tag field) σε κάθε μπλοκ που περιέχει. Το πεδίο αυτό καθορίζει τη διεύθυνση του μπλοκ. Η ετικέτα κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης που μπορεί να περιέχει την ζητούμενη πληροφορία ελέγχεται για να διαπιστωθεί αν ταιριάζει με την διεύθυνση του μπλοκ από την ΚΜΕ. Κατά κανόνα όλες οι δυνατές ετικέτες ελέγχονται παράλληλα διότι η ταχύτητα είναι ένας κρίσιμος παράγον.
Θα πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος για α ελέγξουμε ότι το μπλοκ της κρυφής μνήμης περιέχει πληροφορίες του τρέχοντος προγράμματος. Η ποιο κοινή διαδικασία είναι να προσθέσουμε ένα ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) στην ετικέτα για να σημειώσουμε ότι αυτή η εγγραφή περιέχει ή όχι μια έγκυρη διεύθυνση. Αν το ψηφίο δεν έχει τεθεί δεν μπορεί να υπάρξει ταύτιση με αυτή την ετικέτα.
Πριν επεξεργαστούμε την επόμενη ερώτηση θα πρέπει να επεξηγήσουμε την συσχέτιση μιας διεύθυνσης της ΚΜΕ με την κρυφή μνήμη. Το σχήμα 2 δείχνει τον τρόπο με τον οποίο χωρίζεται σε τμήματα μια διεύθυνση. Η πρώτη διαίρεση γίνεται μεταξύ της διεύθυνσης του μπλοκ και της μετατόπισης . Το τμήμα της διεύθυνσης διαιρείται εκ νέου στο πεδίο ετικέτας (tag field) και στο πεδίο του δείκτη (index field).

<table>
<tr><td colspan="2">Τμήμα Διεύθυνσης</td><td rowspan="2">Μετατόπιση</td></tr>
<tr><td>Ετικέτα</td><td>Δείκτης</td></tr>
</table>

Σχήμα 2: Τα *τρία τμήματα μια διεύθυνσης σε μια συνολοσυσχετιστική ή άμεσης αντιστοίχησης κρυφή μνήμη. Το πεδίο ετικέτας χρησιμοποιείται για τον έλεγχο όλων των συνόλων και το πεδίο δείκτη χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου. Η μετατόπιση είναι η διεύθυνση των ζητούμενων δεδομένων μέσα στο μπλοκ.*

Το πεδίο μετατόπισης επιλέγει τα ζητούμενα δεδομένα από το μπλοκ, το πεδίο δείκτη επιλέγει το σύνολο και το πεδίο ετικέτας συγκρίνεται με την αντίστοιχη ετικέτα του μπλοκ για να διαπιστωθεί αν υπάρχει επιτυχία ή αποτυχία. Δεν υπάρχει ανάγκη η σύγκριση να επεκταθεί σε περισσότερα πεδία από αυτό της ετικέτας για τούς παρακάτω λόγους:

- Ο έλεγχος του πεδίου δείκτη θα ήταν πλεονασμός γιατί αυτό χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου που πρέπει να ελεγχθεί. Για παράδειγμα μια διεύθυνση που έχει αποθηκευτεί στο σύνολο 0 θα πρέπει να έχει 0 στο πεδίο δείκτη διαφορετικά δεν θα μπορούσε να είναι αποθηκευμένη στο σύνολο 0.
- Η μετατόπιση δεν είναι αναγκαία στη σύγκριση αφού ολόκληρο το μπλοκ είτε υπάρχει είτε όχι, και για το λόγο αυτό όλες οι μετατοπίσεις του μπλοκ θα πρέπει να ταιριάζουν.

Αν το ολικό μέγεθος της κρυφής μνήμης παραμένει το ίδιο, αυξάνοντας την συνολοσυσχετιστικότητα αυξάνεται ο αριθμός των μπλοκ ανά σύνολο, διαφορετικά μειώνοντας τον μέγεθος του πεδίο δείκτη και αυξάνεται το μέγεθος της ετικέτας. Δηλαδή το μέγεθος του πεδίου Δείκτη στο σχήμα 2 μειώνεται όσο αυξάνεται η συνολοσυσχετιστικότητα. Στην ακραία περίπτωση μιας πλήρως συσχετιστικής κρυφής μνήμης δεν υπάρχει πεδίο δείκτη.

Ε3. Ποιο μπλοκ θα πρέπει να αντικασταθεί σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης;

Όταν παρουσιαστεί μια αποτυχία της κρυφής μνήμης, ο ελεγκτής της κρυφής μνήμης θα πρέπει να επιλέξει ένα από τα μπλοκ για να αντικαταστεί από τα ζητούμενα δεδομένα. Ένα πλεονέκτημα της τοποθέτησης σε κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης είναι ότι οι επιλογές του υλικού απλοποιούνται – στην πραγματικότητα είναι τόσο απλή που δεν υπάρχει άλλη επιλογή-. Μόνο ένα μπλοκ ελέγχεται για επιτυχία και μόνο αυτό το μπλοκ μπορεί να αντικατασταθεί. Με την τοποθέτηση σε πλήρως συσχετιστική κρυφή μνήμη ή σε συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη υπάρχουν περισσότερα μπλοκ που μπορούν να επιλεγούν στην περίπτωση μιας αποτυχίας. Υπάρχουν δύο κύριες στρατηγικές που εφαρμόζονται για την επιλογή του μπλοκ που θα αντικατασταθεί.

Τυχαία (Random): Για την ομοιόμορφη διάχυση της κατανομής, τα υποψήφια μπλοκ επιλέγονται τυχαία. Ορισμένα συστήματα παράγουν ψευδοτυχαίους αριθμούς μπλοκ που μπορούν αν αναπαραχθούν, πράγμα το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση αναζήτησης σφαλμάτων υλικού.

Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιημένο (*LRU - Least Recently Used*) : Για να μειώσουμε την πιθανότητα να απομακρύνουμε πληροφορίες οι οποίες θα χρειαστούν σύντομα , οι προσβάσεις στα μπλοκ καταγράφονται. Το μπλοκ που θα αντικατασταθεί είναι εκείνο που έχει μείνει αχρησιμοποίητο για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Η τεχνική LRU χρησιμοποιεί την τοπικότητα αναφοράς. Αν τα μπλοκ που έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν ξανά τότε ο καλύτερος υποψήφιος για απομάκρυνση είναι το μπλοκ που έχει λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιηθεί.

Ένα πλεονέκτημα της τυχαίας αντικατάστασης είναι ότι είναι εύκολο να ενσωματωθεί στο υλικό. Καθώς ο αριθμός των μπλοκ που πρέπει να ελέγχονται για πρόσβαση αυξάνεται και το κόστος χρήσης της τεχνικής LRU.

Ε4. Τι συμβαίνει στην περίπτωση εγγραφής;

Οι αναγνώσεις κυριαρχούν στις προσβάσεις της κρυφής μνήμης. Όλες οι προσβάσεις σε εντολές είναι αναγνώσεις και οι περισσότερες εντολές δεν προκαλούν μια εγγραφή στη μνήμη. Θέλοντας να κάνουμε την ποιο κοινή λειτουργία γρήγορη δηλαδή να βελτιστοποιήσουμε την κρυφή μνήμη για αναγνώσεις, ειδικότερα επειδή παραδοσιακά οι επεξεργαστές περιμένουν για την ολοκλήρωση μιας ανάγνωσης αλλά χρειάζεται να περιμένουν πολύ περισσότερο για τις εγγραφές.
Ευτυχώς η βελτίωση της πλέον κοινής λειτουργίας είναι και η ευκολότερη για να γίιε γρήγορη. Τα περιεχόμενα του μπλοκ μπορούν να διαβαστούν την ίδια στιγμή που διαβάζεται και συγκρίνεται το πεδίο της ετικέτας. Έτσι η ανάγνωση του μπλοκ αρχίζει μόλις η διεύθυνσή του γίνει διαθέσιμη. Αν η ανάγνωση είναι επιτυχία το ζητούμενο τμήμα του μπλοκ μεταβιβάζεται στην ΚΜΕ αμέσως. Αν υπάρξει αποτυχία, δεν υπάρχει όφελος αλλά ούτε και ζημιά, απλά αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί.

Αυτό όμως δεν ισχύει για τις εγγραφές. Η τροποποίηση ενός μπλοκ δεν μπορεί να αρχίσει μέχρι να ελεγχθεί η ετικέτα και να διαπιστωθεί ότι για τη ζητούμενη διεύθυνση υπάρχει επιτυχία της κρυφής μνήμης. Επειδή ο έλεγχος της ετικέτας δεν μπορεί να συμβεί παράλληλα, οι εγγραφές συνήθως χρειάζονται περισσότερο χρόνο από τις αναγνώσεις. Μια άλλη δυσκολία είναι ότι ο επεξεργαστής καθορίζει το μέγεθος της εγγραφής, συνήθως μεταξύ 1 και 8 bytes. Κατά την εγγραφή μόνο ένα τμήμα του μπλοκ πρέπει να τροποποιηθεί, σε αντίθεση η ανάγνωση μπορεί να δεχθεί περισσότερα bytes από τα αναγκαία χωρίς κίνδυνο.
Οι τεχνικές εγγραφής συχνά διαφοροποιούν τη σχεδίαση της κρυφής μνήμης.
Υπάρχουν δύο περιπτώσεις σε μια εγγραφή στην κρυφή μνήμη:
Διεγγραφή ή διαμέσου αποθήκευση (Write through or store through). Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ στο κατώτερο επίπεδο μνήμης.
Επανεγγραφή ή επαναποθήκευση, (Write back). Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί.

Για την μείωση της συχνότητας επαναγγραφής των μπλοκ κατά την τοποθέτηση χρησιμοποιούμε ένα ψηφίο τροποποίησης που ονομάζεται dirty bit. Αυτή το ψηφίο τροποποίησης σημειώνει αν το μπλοκ έχει τροποποιηθεί όσο ήταν στην κρυφή μνήμη (dirty) ή δεν έχει τροποποιηθεί (clean). Αν δεν έχει τροποποιηθεί (clean) το μπλοκ σε περίπτωση αποτυχίας της κρυφής μνήμης δεν γράφεται στην κύρια μνήμη αφού η κύρια μνήμη περιέχει τις ίδιες ακριβώς πληροφορίες με την κρυφή μνήμη.
Αμφότερες οι τεχνικές Διεγραφής και επανεγγραφής έχουν τα πλεονεκτήματα τους. Με την τεχνική της επανεγγραφής οι εγγραφές γίνονται με την ταχύτητα της κρυφής μνήμης και πολλαπλές εγγραφές σε ένα μπλοκ απαιτούν μόνο μια εγγραφή στο κατώτερο επίπεδο της μνήμης. Επειδή μερικές εγγραφές δεν μεταφέρονται στην μνήμη η τεχνική της επανεγγραφής χρησιμοποιεί λιγότερο εύρος μνήμης κάνοντας την τεχνική αυτή ιδιαίτερα ελκυστική στους πολυεπεξεργαστές. Με την τεχνική της διεγγραφής οι αποτυχίες ανάγνωσης ποτέ δεν καταλήγουν σε εγγραφές στην κύρια μνήμη και υλοποιείται ευκολότερα από την τεχνική της επανεγγραφής. Επίσης η τεχνική της διεγγραφής επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι το επόμενο επίπεδο της ιεραρχίας περιέχει αντίγραφα των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων δεδομένων, γεγονός αρκετά σημαντικό στις διεργασίες εισόδου εξόδου καθώς και στους πολυεπεξεργαστές.

Όταν η ΚΜΕ περιμένει την ολοκλήρωση της εγγραφής στην περίπτωση της διεγγραφής τότε λέγεται ότι η ΚΜΕ έχει καθυστέρηση εγγραφής. Μια κοινή τεχνική βελτιστοποίησης των καθυστερήσεων εγγραφής είναι η χρήση μιας ενδιάμεσης μνήμης εγγραφής που επιτρέπει στον επεξεργαστή να συνεχίσει παράλληλα με την ενημέρωση της μνήμης. Η λύση αυτή δεν μηδενίζει ωστόσο τις καθυστερήσεις στις εγγραφές.

Επειδή τα δεδομένα δεν χρειάζονται σε μια εγγραφή υπάρχουν δύο κοινές τεχνικές στην περίπτωση αποτυχίας εγγραφής.

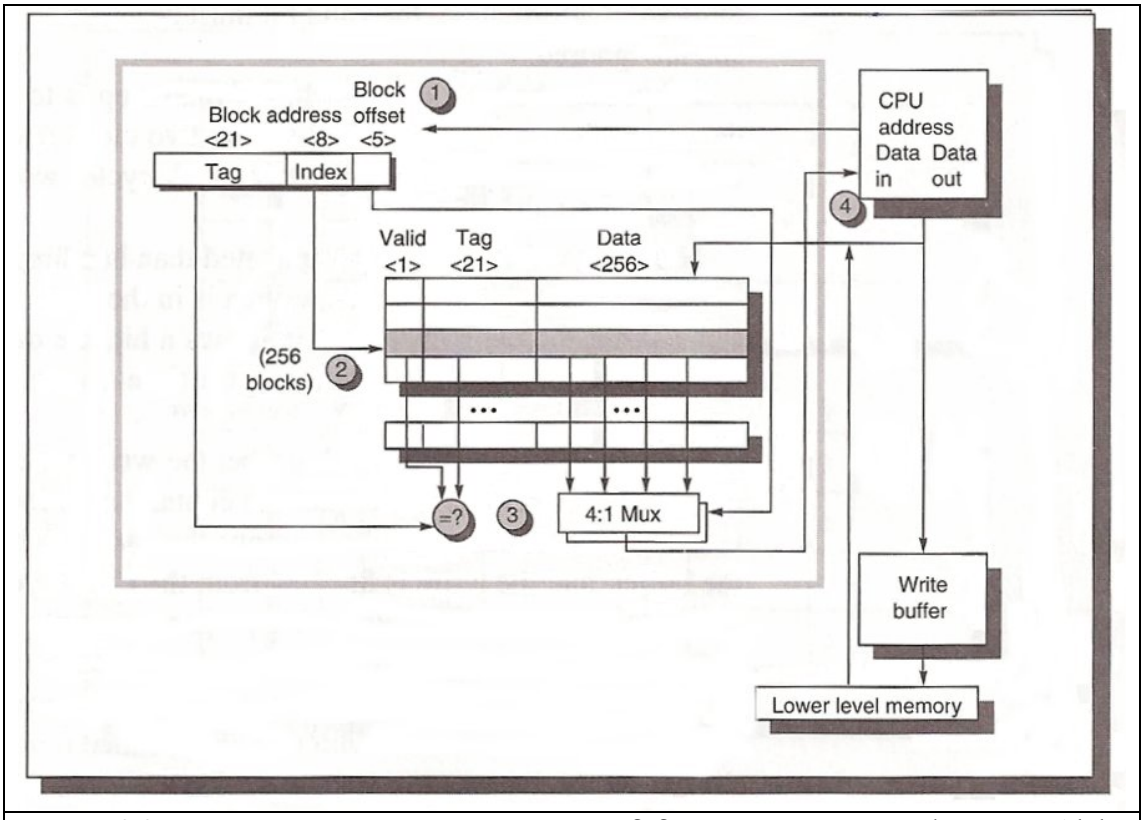
- Ανάθεση εγγραφής (write allocate): Το μπλοκ μεταφέρεται από την κύρια μνήμη κατά την αποτυχία εγγραφής συνοδευμένο από τις ενέργειες της επιτυχίας εγγραφής. Οι ενέργειες αυτές είναι παρόμοιες με αυτές που συμβαίνουν σε μια αποτυχία ανάγνωσης.

- Μη ανάθεση εγγραφής ή παράκαμψη εγγραφής (no-write allocate). Το μπλοκ τροποποιείται στο κατώτερο επίπεδο μνήμης και δεν μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη.

Αν και οι δύο τεχνικές στην περίπτωση αποτυχίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την τεχνική της διεγγραφής ή της επανεγγραφής οι κρυφές μνήμες διεγγραφής γενικά χρησιμοποιούν την τεχνική της τοποθέτησης εγγραφής (ελπίζοντας ότι οι περιστασιακές εγγραφές σε εκείνο το μπλοκ θα εξυπηρετηθούν από την κρυφή μνήμη). Οι κρυφές μνήμης επανεγγραφής συχνά χρησιμοποιούν την τοποθέτηση μη εγγραφής (αφού οι περιστασιακές εγγραφές στο συγκεκριμένο μπλοκ θα πρέπει να μεταφερθούν στην κύρια μνήμη)

Παράδειγμα: Η κρυφή μνήμη δεδομένων του μικροεπεξεργαστή Alpha 21064

Για την κατανόηση των λειτουργιών της κρυφής μνήμης στην εικόνα && εμφανίζεται η οργάνωση της κρυφής μνήμης δεδομένων του μικροεπεξεργαστή Alpha 21064 ο οποίος χρησιμοποιείται στο σταθμό εργασίας DEC 3000 Μοντέλο 800. Η κρυφή μνήμη περιέχει 8192 bytes δεδομένων σε μπλοκ των 32 bytes και είναι άμεσης αντιστοίχησης. Η τεχνική εγγραφής που χρησιμοποιείται είναι της διεγραφής (write through) με μια προσωρινή μνήμη (write buffer) εγγραφής τεσσάρων μπλοκ και στην περίπτωση αποτυχίας εγγραφής χρησιμοποιείται η τεχνική μη ανάθεσης εγγραφής (παράκαμψη εγγραφής) (no-write allocate).
Ας δούμε αναλυτικά τα βήματα σε περίπτωση επιτυχίας κρυφής μνήμης όπως εμφανίζονται στο σχήμα && (τα τέσσερα βήματα σημειώνονται με αριθμούς). Ο μικροεπεξεργαστής Alpha 21064 διαθέτει διευθύνσεις κύριας μνήμης με μήκος 34 bits και η λέξη που χρησιμοποιεί έχει μήκος 64 bits (8 bytes). Μια διεύθυνση κύριας μνήμης που αποστέλλεται στην κρυφή μνήμη διαιρείται σε τμήματα με τη διαδικασία της τμηματοποίησης. Αρχικά διαιρείται σε δύο μέρη, 29 bit αποτελούν το πεδίο διεύθυνσης του μπλοκ και τα υπόλοιπα 5 bit αποτελούν το πεδίο μετατόπισης (offset). Το πεδίο διεύθυνσης επιπλέον διαιρείται σε δύο πεδία σε ένα πεδίο ετικέτας (Tag) με 21 bits και ένα πεδίο δείκτη (Index) me 8 bits. Το βήμα 1 δείχνει τη διαίρεση αυτή.



Εικόνα &&: Η οργάνωσης της κρυφής μνήμης δεδομένων του μικροεπεξεργαστή Alpha 21064. η κρυφή μνήμης των 8-KB είναι άμεσης αντιστοίχησης με μέγεθος μπλοκ 32-bytes. Η κρυφή μνήμη έχει 256 μπλοκ τα οποία επιλέγονται από ένα πεδίο δείκτη 8 bit. Τα τέσσερα βήματα που οδηγούν μια εντολή ανάγνωσης σε επιτυχία κρυφής μνήμης παρουσιάζονται με αριθμούς (σε κύκλους) με τη σειρά που παρουσιάζονται. Επίσης παρουσιάζεται ένας πολυπλέκτης 4:1 για την επιλογή των επιθυμητών 8-bytes (δεδομένου ότι το μήκος λέξης είναι 64 bits). Δύο bits από το πεδίο μετατόπισης ενώνονται με το πεδίο δείκτη για να υποστηρίξουν την διεύθυνση κύριας μνήμης στην επιλογή των κατάλληλων 8 bytes.

Το πεδίο δείκτη χρησιμοποιείται για την επιλογή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να ελεγχθεί για να διαπιστωθεί αν το επιθυμητό μπλοκ είναι στην κρυφή μνήμη. Το μέγεθος του πεδίου δείκτη εξαρτάται από το μέγεθος της κρυφής μνήμης, το μέγεθος του μπλοκ και την συνολοσυσχετιστικότητα. Ο 21064 είναι άμεσης αντιστοίχησης έτσι η συνολοσυσχετιστικότητα του είναι ίση με ένα. Ο υπολογισμός του μήκους του πεδίου δείκτη γίνεται από τον τύπο

$$2^{index} = \frac{\text{Μέγεθος κρυφής μνήμης}}{\text{Μέγεθος μπλοκ x Συνολοσυσχετιστικότητα}} = \frac{8192}{32 \text{ x } 1} = 256 = 2^8$$

Έτσι το μέγεθος του πεδίου δείκτης είναι 8 bit και το πεδίο ετικέτας είναι 29-8 = 21 bit.

Η επιλογή του πεδίου δείκτη σημειώνεται με το βήμα 2 στο σχήμα &&. Υπενθυμίζεται ότι η οργάνωσης άμεσης αντιστοίχησης επιτρέπει τα δεδομένα ενός μπλοκ να διαβάζονται και να αποστέλλονται στην ΚΜΕ παράλληλα με την ανάγνωση και τον έλεγχο του πεδίου ετικέτας.

Μετά την ανάγνωση του πεδίου ετικέτας από την κρυφή μνήμη, το πεδίο αυτό συγκρίνεται με το αντίστοιχο πεδίο ετικέτας της διεύθυνσης από την ΚΜΕ. Αυτό σημειώνεται με το βήμα 3 στο σχήμα. Για να είμαστε σίγουροι ότι το μπλοκ περιέχει

δεδομένα του τρέχοντος προγράμματος το ψηφίο εγκυρότητας θα πρέπει να έχει τεθεί σε διαφορετική περίπτωση το αποτέλεσμα της σύγκρισης αγνοείται.
Υποθέτοντας ότι τα πεδία ετικέτας ταυτίζονται, το τελικό βήμα στέλνει ένα σήμα στην ΚΜΕ για να φορτώσει τα δεδομένα από την κρυφή μνήμη. Ο 21064 χρειάζεται δύο κύκλους ωρολογίου για τα τέσσερα αυτά βήματα. Έτσι οι εντολές που βρίσκονται στους επόμενους δύο κύκλους θα πρέπει να καθυστερήσουν αν θέλουν να χρησιμοποιήσουν το αποτέλεσμα της φόρτωσης.
Ο χειρισμός των εγγραφών είναι περισσότερο πολύπλοκος από τον χειρισμό των αναγνώσεων στον 21064. Αν η λέξη που πρόκειται να εγγραφεί είναι στην κρυφή μνήμη τα τρία πρώτα βήματα είναι τα ίδια. Αφού η σύγκριση των πεδίων ετικέτας σημειώσει μια επιτυχία κρυφής μνήμης, τα δεδομένα εγγράφονται.
Επειδή η συγκεκριμένη κρυφή μνήμη χρησιμοποιεί την τεχνικής της διεγραφής η λειτουργία της εγγραφής δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί. Τα δεδομένα επίσης αποστέλλονται σε μια προσωρινή μνήμη εγγραφής η οποία μπορεί να περιέχει μέχρι τέσσερα μπλοκ των τεσσάρων λέξεων. Αν η προσωρινή μνήμη εγγραφής είναι κενή , τα δεδομένα και η πλήρης διεύθυνση εγγράφονται στην προσωρινή μνήμη και η λειτουργία της εγγραφής τελειώνει από την πλευρά της ΚΜΕ. Η ΚΜΕ μπορεί να συνεχίζει την εργασία της ενώ η προσωρινή μνήμη εγγραφής αναλαμβάνει να γράψει τα δεδομένα στην κύρια μνήμη. Αν η προσωρινή μνήμη (buffer) περιέχει άλλα τροποποιημένα μπλοκ, ελέγχονται οι διευθύνσεις τους για να διαπιστωθεί αν η διεύθυνση των νέων δεδομένων ταιριάζει με κάποια από τις διευθύνσεις που ήδη περιέχονται στην προσωρινή μνήμη. Αν πράγματι υπάρξει ταύτιση τα νέα δεδομένα συνδυάζονται με τα ήδη υπάρχοντα με μια διαδικασία που καλείται συγχώνευση εγγραφής (write merging). Χωρίς αυτή τη διαδικασία βελτιστοποίησης τέσσερις αποθηκεύσεις θα γέμιζαν την προσωρινή μνήμη ακόμα και αν αυτές οι τέσσερις λέξεις θα μπορούσαν να τακτοποιηθούν σε ένα μόνο μπλοκ της προσωρινής μνήμης εγγραφής αν συγχωνευτούν.
Μέχρι τώρα εξετάστηκε η περίπτωση της επιτυχίας κρυφής μνήμης αλλά τι γίνεται σε περίπτωση **αποτυχίας**;. Στην περίπτωση μιας αποτυχίας ανάγνωσης η κρυφή μνήμη στέλνει ένα σήμα καθυστέρησης στην ΚΜΕ και 32 bytes διαβάζονται από το επόμενο επίπεδο ιεραρχίας (κύρια μνήμη). Η αρτηρία που συνδέει την κρυφή μνήμη με το κατώτερο επίπεδο μνήμης (κύρια μνήμη) έχει εύρος 16 bytes στον σταθμό εργασίας DEC 3000 μοντέλο 800. Η διαδικασία αυτή απαιτεί 5 κύκλους ρολογιού για κάθε μεταφορά ή 10 κύκλους για τα 32 bytes. Επειδή η κρυφής μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης δεν υπάρχει επιλογή του μπλοκ που πρέπει να αντικατασταθεί. Αντικατάσταση ενός μπλοκ σημαίνει ανανέωση των δεδομένων, της ετικέτας και του ψηφίου εγκυρότητας.
Στην περίπτωση μιας αποτυχίας εγγραφής η ΚΜΕ γράφει απευθείας στο κατώτερο επίπεδο μνήμης παρακάμπτοντας την κρυφή μνήμη, αφού χρησιμοποιείται η τεχνική μη κατανομής σε εγγραφή (παράκαμψη εγγραφής) και έτσι τα δεδομένα της κρυφής μνήμης δεν επηρεάζονται.

ΚΕΙΜΕΝΟ Β

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι

Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

Η κρυφή μνήμη

Θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός τμήματος προγράμματος οι διαδοχικές προσβάσεις που γίνονται στην κύρια μνήμη πραγματοποιούνται μέσα από ένα μικρό σύνολο γειτονικών διευθύνσεων.

Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους

- Η αποθήκευση των εντολών ενός προγράμματος γίνεται σε διαδοχικές θέσεις της κύριας μνήμης άρα η επόμενη εντολή που θα εκτελεστεί βρίσκεται συνήθως στην επόμενη θέση μνήμης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα δεδομένα των προγραμμάτων τα οποία και αυτά, τοποθετούνται σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.
- Κατά την εκτέλεση βρόχων (loops) οι εντολές που περιλαμβάνονται στο σώμα του βρόχου εκτελούνται διαδοχικά πολλές φορές. Άρα γίνεται επαναλαμβανόμενη πρόσβαση του επεξεργαστή στις ίδιες θέσεις μνήμης που περιέχουν τις εντολές του βρόχου.

Η διαπίστωση ότι οι περισσότερες από τις διαδοχικές αναφορές στη μνήμη γίνονται μέσα από ένα σύνολο γειτονικών διευθύνσεων ονομάζεται αρχή της **τοπικότητας της αναφοράς** ή απλά **αρχή της τοπικότητας** και διακρίνεται σε δύο τύπους τη **τοπικότητα χρόνου** και τη **τοπικότητα χώρου**.

Τοπικότητα χρόνου

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα στην ίδια διεύθυνση. *Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση ενός βρόχου.*

Τοπικότητα χώρου

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα σε γειτονικές διευθύνσεις. *Αυτό συμβαίνει λόγω της αποθήκευσης των εντολών και των δεδομένων ενός προγράμματος σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.*

Αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας από την κρυφή μνήμη

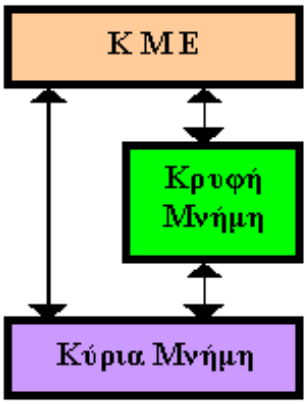
Όταν γίνει αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης και το περιεχόμενο αυτής της θέσης δεν υπάρχει στην κρυφή μνήμη, τότε στην κρυφή μνήμη δεν μεταφέρεται μόνο το περιεχόμενο αυτής της διεύθυνσης αλλά και τα δεδομένα που περιέχονται σε γειτονικές διευθύνσεις της. Με τον τρόπο αυτό η επόμενη αίτηση του επεξεργαστή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης είναι πολύ πιθανόν να εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη γιατί το περιεχόμενο της

ζητούμενης διεύθυνσης θα βρεθεί στην κρυφή μνήμη. Το κέρδος στην περίπτωση αυτή είναι η ταχύτερη διεκπεραίωση της εντολής γιατί η κρυφή μνήμη είναι πολύ ταχύτερη από την κύρια μνήμη.
Στην κρυφή μνήμη εκτός από το byte και τη λέξη (word) τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε μπλοκ ή γραμμές της κρυφής μνήμης (cache blocks ή cache lines). Το μέγεθος ενός μπλοκ μπορεί να είναι από 8 μέχρι 64 bytes. Ανάλογα με το είδος της εντολής που εκτελεί ο επεξεργαστής μπορεί να γίνει πρόσβαση του επεξεργαστή σε ποσότητα δεδομένων ίση με ένα byte, με μια λέξη ή με ένα μπλοκ. Η μεταφορά όμως των δεδομένων μεταξύ κύριας και κρυφής μνήμης γίνεται μόνο σε μπλοκ. Για το λόγο αυτό μπορούμε να αναφερόμαστε σε μπλοκ της κύριας μνήμης θεωρώντας ότι και η κύρια μνήμη είναι οργανωμένη σε νοητά μπλοκ αντίστοιχου μεγέθους με αυτά της κρυφής μνήμης.

Λόγω της αρχής της τοπικότητας εάν το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν αποτελείται από αρκετά bytes τότε είναι σαν να μην υπάρχει κρυφή μνήμη.

Η θέση της κρυφής μνήμης

Η κρυφή μνήμη αντιστοιχεί στο δεύτερο επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης. Η κρυφή μνήμη τοποθετείται ανάμεσα στην κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (σχήμα 4.2.1), ενώ στους σημερινούς επεξεργαστές βρίσκεται στην κάρτα του επεξεργαστή (σχήμα 4.2.2). Η κρυφή μνήμη κατασκευάζεται από προηγμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα, για να εξασφαλίζει μικρούς χρόνους πρόσβασης. Για το λόγο αυτό έχει αυξημένο κόστος.



Σχήμα1 :Η κρυφή μνήμη που εξυπηρετεί τον επεξεργαστή τοποθετείται ανάμεσα στην κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή

Η κρυφή μνήμη δεν τοποθετείται μόνο ανάμεσα στον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη αλλά και ανάμεσα στην κύρια και δευτερεύουσα μνήμη. Έτσι όλοι οι σύγχρονοι σκληροί δίσκοι (και άλλες περιφερειακές συσκευές) διαθέτουν κρυφή μνήμη.
Στα περισσότερα συστήματα υπολογιστών η κρυφή μνήμη είναι οργανωμένη σε μία πολυεπίπεδη διαβάθμιση. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν δύο επίπεδα κρυφής μνήμης:

- το 1ο επίπεδο κρυφής μνήμης (Level 1 cache ή L1) ή εσωτερική κρυφή μνήμη ή πρωταρχική κρυφή μνήμη: (συνήθως) βρίσκεται μέσα στην κάρτα του επεξεργαστή και έχει την ίδια ταχύτητα με αυτόν.
- το 2ο επίπεδο κρυφής μνήμης (Level 2 cache ή L2) ή εξωτερική κρυφή μνήμη ή δευτερεύουσα κρυφή μνήμη: (συνήθως) βρίσκεται στη μητρική πλακέτα του συστήματος (motherboard) ή σε ειδική κάρτα.

Η εξωτερική κρυφή μνήμη έχει συνήθως πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από την εσωτερική.
Για παράδειγμα ένα σύστημα υπολογιστή μπορεί να περιέχει 256 KB εσωτερικής κρυφής μνήμης και 256 MB εξωτερικής (χίλιες φορές μεγαλύτερη).
Σε ορισμένες υλοποιήσεις υπολογιστών έχει χρησιμοποιηθεί επιπλέον κρυφή μνήμη τρίτου επιπέδου (L3).

Λειτουργίες της κρυφής μνήμης

Όλες οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης εκτελούνται από το υλικό του υπολογιστή. Η κρυφή μνήμη ενεργοποιείται όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί πρόσβαση στην κύρια μνήμη. Οι λειτουργίες που εκτελούνται αναλυτικά είναι :

Αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση από μια θέση κύριας μνήμης

Όταν ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή που απαιτεί ανάγνωση από μια διεύθυνση της κύριας μνήμης τότε η αίτηση αυτή κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αυτόματα αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** της κρυφής μνήμης. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί και βρίσκεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

- Αν το μπλοκ βρεθεί στην κρυφή μνήμη τότε αυτό ονομάζεται "επιτυχία της κρυφής μνήμης" (cache hit) και το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κρυφή μνήμη και τον επεξεργαστή και μεταφέρεται απευθείας στον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης**) .
- Αν το μπλοκ δεν βρεθεί στην κρυφή μνήμη τότε αυτό ονομάζεται "αποτυχία της κρυφής μνήμης" (cache miss). Στην περίπτωση αυτή αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης** κατά την οποία το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τα δεδομένα της ζητούμενης διεύθυνσης καθώς και τα περιεχόμενα των γειτονικών διευθύνσεων, μεταφέρεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο αντιστοίχησης. Επίσης είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη οπότε πραγματοποιείται η **λειτουργία αντικατάστασης**.

Αίτηση του επεξεργαστή για εγγραφή σε μια θέση κύριας μνήμης

Όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί εγγραφή σε μια θέση της κύριας μνήμης, τότε ακολουθείται μια διαδικασία αντίστοιχη με τη διαδικασία της ανάγνωσης. Δηλαδή η αίτηση κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** η οποία σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί και βρίσκεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Αν υπάρξει επιτυχία της κρυφής μνήμης, γίνεται απευθείας η εγγραφή στη θέση αυτή (**λειτουργία εγγραφής**). Αν υπάρξει αποτυχία της κρυφής μνήμης τότε αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης,** η οποία θα μεταφέρει το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση καθώς και γειτονικές διευθύνσεις με αυτήν, σε αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο. Είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να πρέπει να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται ήδη στην κρυφή μνήμη (**λειτουργία αντικατάστασης)**. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η **λειτουργία εγγραφής**

Σύμφωνα με τα ανωτέρω οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι:

1. **Η λειτουργία του εντοπισμού.**
2. **Η λειτουργία της τοποθέτησης**
3. **Η λειτουργία της αντικατάστασης**
4. **Η λειτουργία της ανάγνωσης**
5. **Η λειτουργία της εγγραφής**

Η αντιστοίχηση ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι εκατοντάδες φορές μικρότερο από αυτό της κύριας. Οι γνωστοί επεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών Pentium, για παράδειγμα διαθέτουν συνήθως κρυφή μνήμη μεγέθους 512 KB ενώ το μέγιστο μέγεθος της κύριας μνήμης που μπορούν να δεχθούν είναι πάνω από 2 GB. Η αύξηση του μεγέθους της κρυφής μνήμης έχει άμεση επίπτωση στο κόστος υλοποίησης της, για παράδειγμα οι επεξεργαστές Pentium διατίθενται σε ειδικές εκδόσεις με κρυφή μνήμη 2 MB αλλά σε υψηλότερη τιμή.

Επειδή η κρυφή μνήμη είναι πολύ μικρότερη από την κύρια θα πρέπει να υπάρχει ένας αλγόριθμος αντιστοίχησης των διευθύνσεων της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη.

Η μεταφορά δεδομένων από την κύρια μνήμη προς την κρυφή γίνεται σε μπλοκ, συνεπώς η αντιστοίχηση διευθύνσεων της κύριας μνήμης πραγματοποιείται με αλγορίθμους που αντιστοιχούν διευθύνσεις μπλοκ της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι αντιστοίχησης ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη και οι τρεις αυτοί τρόποι αντιστοίχησης καθορίζουν την οργάνωση της κρυφής μνήμης.

- **Κρυφή μνήμη <u>Άμεσης αντιστοίχησης</u>** (direct mapped)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης κάθε μπλοκ της κύριας μνήμης μπορεί να αντιστοιχηθεί μόνο σε ένα συγκεκριμένο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Η διεύθυνση αυτού του συγκεκριμένου μπλοκ της κρυφής μνήμης υπολογίζεται από την διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση μπλοκ κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός μπλοκ κρυφής μνήμης)

Υπενθυμίζεται ότι η συνάρτηση MOD υπολογίζει το ακέραιο υπόλοιπο της διαίρεσης.

- **Κρυφή μνήμη <u>Πλήρως Συσχετιστική</u>** (fully associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης κάθε μπλοκ της κύριας μνήμης μπορεί να αντιστοιχηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

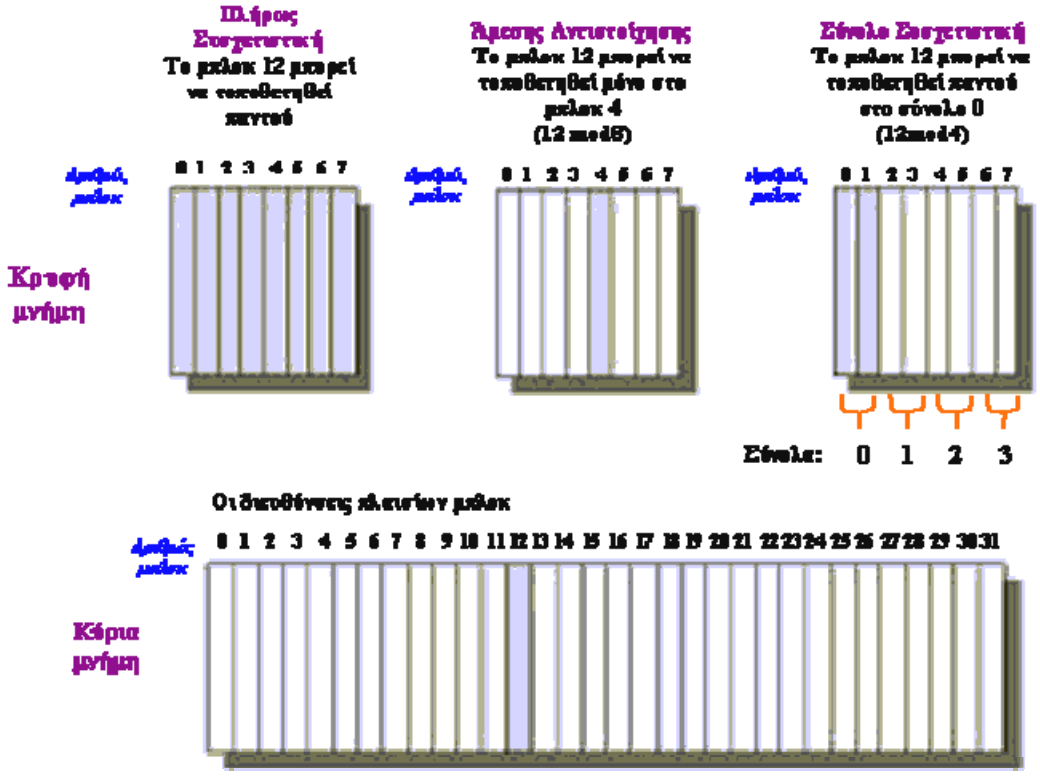
- **Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική</u>** (set-associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης τα μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι οργανωμένα σε σύνολα που το κάθε ένα από αυτά περιέχει δύο ή περισσότερα μπλοκ Ένα μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο της κρυφής μνήμης αλλά στη συνέχεια μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε από τα μπλοκ που περιέχει το σύνολο αυτό. Η διεύθυνση του συγκεκριμένου συνόλου της κρυφής μνήμης υπολογίζεται (όπως και στην άμεση αντιστοίχηση) από την διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός συνόλων κρυφής μνήμης)

Αν υπάρχουν m μπλοκ μέσα σε κάθε σύνολο τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται m-δρόμων συνολοσυσχετιστκή, δηλαδή ο αριθμός των δρόμων δηλώνει τον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο της κρυφής μνήμης.

Η κρυφή μνήμη **άμεσης αντιστοίχησης** έχει χαμηλό κόστος υλοποίησης επειδή τα κυκλώματα εντοπισμού που χρησιμοποιεί ελέγχουν την διεύθυνση ενός μόνο μπλοκ της κρυφής μνήμης, αλλά η απόδοσή της είναι χαμηλή επειδή είναι πιθανό τα μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρονται στην κρυφή να αντιστοιχηθούν στο ίδιο μπλοκ της κρυφής με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλές αντικαταστάσεις μπλοκ (καθυστερήσεις).



Σχήμα 4.2.3 - Υποθέτουμε αρχικά ότι η κρυφή μνήμη είναι άδεια. Οι τρεις τύποι οργάνωσης της κρυφής μνήμης φαίνονται από αριστερά προς τα δεξιά. Η συνολο-συσχετιστική συνδυάζει κάποια από τα χαρακτηριστικά της άμεσης αντιστοίχησης και της πλήρως συσχετιστικής. Η συνολο-συσχετιστική οργάνωση έχει 4 σύνολα με δύο μπλοκ ανά σύνολο (2-δρόμων συνολο-συσχετιστική).

Η **πλήρως συσχετιστική** μνήμη έχει το υψηλότερο κόστος υλοποίησης επειδή διαθέτει κυκλώματα εντοπισμού τα οποία ελέγχουν ταυτόχρονα την διεύθυνση όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης. Αυτός ο τύπος κρυφής μνήμης έχει και την καλύτερη απόδοση.
Η **συνολο-συσχετιστική** μνήμη αποτελεί μια ενδιάμεση λύση μεταξύ του χαμηλού κόστους υλοποίησης της μνήμης άμεσης αντιστοίχησης και της απόδοση που παρουσιάζει η πλήρως συσχετιστική μνήμης. Αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τύπο κρυφής μνήμης και η υλοποίησή της γίνεται με 2 ή 4 μπλοκ ανα σύνολο (2 και 4 δρόμων συνολο-συσχετιστική)

Σημείωση: **Στην πράξη, οι κρυφές μνήμες περιέχουν εκατοντάδες μπλοκ και οι μνήμες κάποια εκατομμύρια από αυτά.**

Η διεύθυνση των μπλοκ στην κρυφή μνήμη

Κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης διαθέτει μια διεύθυνση. Ένα τμήμα της διεύθυνσης αυτής χρησιμοποιείται για την διευθυνσιοδότηση (αρίθμηση) των μπλοκ που διαθέτει η κρυφή μνήμη. Το τμήμα αυτό της διεύθυνσης ενός μπλοκ ονομάζεται **πεδίο δείκτη**. Στην περίπτωση που τα μπλοκ είναι οργανωμένα σε σύνολα (συνολο-συσχετιστική κρυφή μνήμη) το πεδίο δείκτη παρέχει την αρίθμηση των συνόλων. Το μέγεθός του πεδίου δείκτη εξαρτάται από το πλήθος των μπλοκ ή των συνόλων που διαθέτει η κρυφή μνήμη.

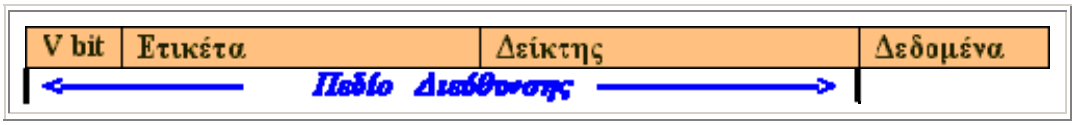
Για να μπορεί να διαπιστωθεί πιο συγκεκριμένο μπλοκ της κύριας μνήμης έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης, η διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης περιέχει επιπλέον ένα πεδίο **ετικέτας**.

Το πεδίο ετικέτας χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού (συγκρίνεται) και ενημερώνεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτηση με την ετικέτα του νέου μπλοκ που τοποθετείται στη θέση αυτή.

Στην κρυφή μνήμη όμως μπορούν να υπάρχουν μπλοκ από προηγούμενα προγράμματα που έχει τελειώσει η εκτέλεσή τους και να έχουν την ίδια ετικέτα με αυτή που αναζητείται. Συνεπώς η κρυφή μνήμη πρέπει να έχει την ικανότητα να διαπιστώσει αν τα μπλοκ που περιέχονται ήδη σε αυτή ανήκουν στο πρόγραμμα που εκτελείται ή σε παλαιότερα προγράμματα. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την ύπαρξη ενός **ψηφίου εγκυρότητας** (*valid bit*).

Το ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) ελέγχεται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού και όταν έχει τεθεί (έχει τιμή 1) τότε το μπλοκ αυτό ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα διαφορετικά (όταν έχει τιμή 0) το μπλοκ ανήκει σε παλαιότερο πρόγραμμα. Το ψηφίο αυτό τίθεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης. Κατά την εκκίνηση ενός νέου προγράμματος το πεδίο εγκυρότητας όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης μηδενίζεται.

Συνεπώς κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης έχει την παρακάτω γενική δομή



Τα τρία πρώτα πεδία αποτελούν το πεδίο της διεύθυνσης του μπλοκ

Η λειτουργία του εντοπισμού

Η λειτουργία του εντοπισμού, όπως έχει αναφερθεί, αρχίζει όταν ο επεξεργαστής εκτελεί εντολή που απαιτεί πρόσβαση στο περιεχόμενο μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης και η αίτηση αυτή μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Τα βήματα του εντοπισμού είναι:

1. ***Τμηματοποίηση***

   Η ζητούμενη διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται σε τμήματα αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο της διεύθυνσης.

   i. Αρχικά χωρίζεται το τμήμα της **μετατόπισης** (offset) το οποίο χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση επιτυχίας για την επιλογή του περιεχομένου της αντίστοιχης διεύθυνσης μέσα από το μπλοκ π.χ για την επιλογή του 5^{ου} byte μέσα από ένα μπλοκ με μέγεθος 8 byte. Ο αριθμός των ψηφίων που αποτελούν αυτό το πεδίο εξαρτάται από το μέγεθος του μπλοκ.

Υπόλοιπο τμήμα Διεύθυνσης	*Μετατόπιση*

   Το υπόλοιπο τμήμα της διεύθυνσης ανάλογα με το είδος της κρυφής μνήμης μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα το τμήμα **ετικέτας (tag)** και το τμήμα του **δείκτη** (index).

Ετικέτα	*Δείκτης*	*Μετατόπιση*

   ii. Το τμήμα **δείκτη** χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να ελεγχθεί. Το μέγεθος του πεδίου αυτού εξαρτάται από τον αριθμό των συνόλων/μπλοκ της κρυφής μνήμης.

   iii. Τα υπόλοιπα πλέον σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης αποτελούν το τμήμα ετικέτας.

2. ***Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ***

   Από το πεδίο δείκτη υπολογίζεται το σύνολο ή το μπλοκ της κρυφής μνήμης.

3. ***Σύγκριση***

Για το συγκεκριμένο μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης ελέγχεται αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1). Επίσης το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης συγκρίνεται με το αντίστοιχο τμήμα ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης για να διαπιστωθεί αν είναι ίσα. Ειδικότερα για τα διάφορα είδη οργάνωσης κρυφής μνήμης ισχύει:

- Κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης: Ο έλεγχος της ετικέτας γίνεται μόνο στο μπλοκ που έχει επιλεγεί.

- Κρυφή μνήμη ***πλήρως συσχετιστική***: Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Κρυφή μνήμη ***συνολο-συσχετιστική***:. Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ του συνόλου που έχει επιλεγεί.

Αποτέλεσμα εντοπισμού

Αν για το μπλοκ (ή για κάποιο από τα μπλοκ του συνόλου) που επιλέγεται, βρεθεί ότι η ετικέτα του είναι ίση με το πεδίο ετικέτας που προκύπτει από την τμηματοποίηση της ζητούμενης διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το ψηφίο εγκυρότητάς του μπλοκ είναι ίσο με ένα (V=1) τότε έχουμε **επιτυχία** της κρυφής μνήμης, διαφορετικά αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0) ή τα πεδία ετικέτας διαφέρουν τότε έχουμε **αποτυχία** της κρυφής μνήμης.
Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **ανάγνωση** τότε η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αρχίζει η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.**

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **εγγραφή** θα πρέπει να ολοκληρωθεί η λειτουργία εντοπισμού και μόνο αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία πραγματοποιείται η λειτουργία εγγραφής διαφορετικά πραγματοποιείται η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.** Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η εγγραφή να καθυστέρει περισσότερο από την ανάγνωση.

Η λειτουργία της τοποθέτησης και της αντικατάστασης

Η λειτουργία της τοποθέτησης

Η λειτουργία της τοποθέτησης αρχίζει, όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του εντοπισμού είναι αποτυχία της κρυφής μνήμης η οποία οφείλεται στο ότι το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ που εξετάζεται δεν έχει τεθεί (V=0).
Η λειτουργία της τοποθέτησης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

- Το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση κύριας μνήμης μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη και ταυτόχρονα το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης)**.
- Ταυτόχρονα ενημερώνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το αντίστοιχο πεδίο του μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρεται, καθώς και η τιμή του ψηφίου εγκυρότητας γίνεται ίση με ένα (V=1).

Σημείωση: Σε ορισμένους επεξεργαστές η λειτουργία της ανάγνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από την κρυφή μνήμη. Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση πρώτα τοποθετείται στην κρυφή μνήμη και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η λειτουργία εντοπισμού η οποία έχει σαν αποτέλεσμα επιτυχία και κρυφής μνήμης και πραγματοποιείται η λειτουργία της ανάγνωσης

Η λειτουργία της αντικατάστασης

Η λειτουργία της αντικατάστασης αρχίζει όταν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία κρυφής μνήμης, η οποία οφείλεται στο ότι το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν ταυτίζεται με εκείνο της κύριας μνήμης, ενώ το μπλοκ που έχει ήδη επιλεγεί κατά τη λειτουργία του εντοπισμού, ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα (δηλαδή όταν V=1). Η λειτουργία της αντικατάστασης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

1. ***Επιλογή του προς αντικατάσταση μπλοκ***

   Η επιλογή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που θα αντικατασταθεί εξαρτάται από το είδος της κρυφής μνήμης. Συγκεκριμένα:

   - Αν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης τότε το μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχείται μόνο σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης
   - Αν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική ή συνολο-συσχετιστική τότε υπάρχουν πολλά μπλοκ που μπορούν να επιλεγούν για αντικατάσταση. Στην περίπτωση αυτή οι τεχνικές αντικατάστασης είναι οι ακόλουθες:

     i. **Τυχαία *(Random)***: Τα υποψήφια μπλοκ επιλέγονται τυχαία για να έχουμε όσο το δυνατό ομοιόμορφη κατανομή.

     ii. **Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιημένο *(LRU - Least Recently Used)***: Αντικαθίσταται κάθε φορά το μπλοκ που έχει το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην κρυφή μνήμη χωρίς να γίνει αίτηση του επεξεργαστή σε αυτό, για ανάγνωση ή εγγραφή.

     iii. **Πρώτη Μέσα Πρώτη Έξω *(FIFO - First In First Out)***: Η αντικατάσταση γίνεται με βάση το χρόνο παραμονής. Δηλαδή αντικαθίσταται το μπλοκ που έχει το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην κρυφή μνήμη. Ουσιαστικά η τεχνική FIFO αντικαθιστά τα μπλοκ της κρυφής μνήμης διαδοχικά με τη σειρά σύμφωνα με τη φυσική τους θέση.

2. ***Ακολουθούν τα βήματα της τοποθέτησης (όπως έχουν ήδη παρουσιαστεί)***

Κατά τη λειτουργία της αντικατάστασης, εάν το μπλοκ που απομακρύνεται από την κρυφή μνήμη έχει τροποποιηθεί λόγω εγγραφής νέων δεδομένων σε αυτό, μετά από προηγούμενη αίτηση εγγραφής του επεξεργαστή, χωρίς να έχει ενημερωθεί η κύρια μνήμη (τεχνική επανεγγραφής), τότε το μπλοκ αυτό μεταφέρεται στην κύρια μνήμη πριν να αντικατασταθεί (βλέπε λειτουργία εγγραφής)

Η λειτουργία της Ανάγνωσης και της Εγγραφής

Όταν ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή που απαιτεί <u>ανάγνωση από</u> ή <u>εγγραφή σε</u> μια διεύθυνση της κύριας μνήμης τότε η αίτηση αυτή απευθύνεται στην κρυφή μνήμη, όπου αρχίζει η λειτουργία του εντοπισμού. Έχει παρατηρηθεί ότι οι αιτήσεις

για ανάγνωση είναι πολύ περισσότερες από τις αιτήσεις εγγραφής, επειδή η εκτέλεση όλων των εντολών αρχίζει με την ανάκληση της εντολής, η οποία είναι αίτηση ανάγνωσης. Στη συνέχεια κατά την εκτέλεση της εντολής, μόνον οι εντολές φόρτωσης ή αποθήκευσης περιέχουν αιτήσεις ανάγνωσης ή εγγραφής αντιστοιχα (επεξεργαστής DLX). Η αίτηση ανάγνωσης που είναι ή πιο κοινή περίπτωση είναι και η απλούστερη στην υλοποίηση.

Η ανάγνωση στην κρυφή μνήμη:

Κατά τη λειτουργία του εντοπισμού η ανάγνωση των δεδομένων μιας διεύθυνσης, που περιέχεται σε ένα μπλοκ, γίνεται ταυτόχρονα με τη σύγκριση της ετικέτας του και τον έλεγχο του ψηφίου εγκυρότητας. Κατά συνέπεια, η ανάγνωση του μπλοκ ξεκινάει από την στιγμή που είναι διαθέσιμη η διεύθυνσή του, δηλαδή μετά το βήμα της τμηματοποίησης. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία, τότε τα ζητούμενα δεδομένα τοποθετούνται στην αρτηρία που συνδέει την κρυφή μνήμη με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ), διαφορετικά αγνοούμε ό,τι διαβάσαμε.

Η εγγραφή στην κρυφή μνήμη:

Κατά τη λειτουργία εγγραφής δεδομένων στην κρυφή μνήμη η διαδικασία διαφοροποιείται αισθητά συγκριτικά με εκείνη της ανάγνωσης.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία,** τότε μόνο μπορεί να τροποποιηθεί το μπλοκ. Ο έλεγχος της ετικέτας ή του ψηφίου εγκυρότητας V, δεν γίνεται παράλληλα, έτσι η λειτουργία της εγγραφής είναι πιο χρονοβόρα. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε δύο τεχνικές εγγραφής σε περίπτωση επιτυχίας κρυφής μνήμης:

  i. **Διεγγραφή *(write throught)***: Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ της κύριας μνήμης.

  ii. **Επανεγγραφή *(write back)***: Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί. Η τροποποίηση του μπλοκ συνοδεύετει με την ενημέρωση ενός ψηφίου κατάστασης, που καλείται dirty bit (D=1). Αν η ένδειξη είναι clear bit (D=0), δηλώνει ότι το μπλοκ είναι καθαρό, δηλαδή δεν τροποποιήθηκε στην κρυφή μνήμη, οπότε δε χρειάζεται να επανεγγραφεί.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία** τότε έχουμε δύο εναλλακτικές επιλογές (τεχνικές εγγραφής):

  1. ***Ανάθεση εγγραφής (write allocate):*** το μπλοκ μεταφέρεται από την κύρια μνήμη στην κρυφή (λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης) και στη συνέχεια ακολουθούν οι ενέργειες της επιτυχίας εγγραφής (διεγγγραφή ή επανεγγραφή).

  2. ***Ανάθεση μη εγγραφήςή παράκαμψη εγγραφής(no write allocate):*** το μπλοκ τροποποιείται <u>μόνο</u> στην κύρια μνήμη και όχι στην κρυφή.

Παραδείγματα

Θεωρούμε ότι έχουμε έναν υπολογιστή που διαθέτει:

- Κύρια μνήμη με μέγεθος 32 bytes
- Κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 bytes
- Το μπλοκ της έχει μέγεθος 1 byte

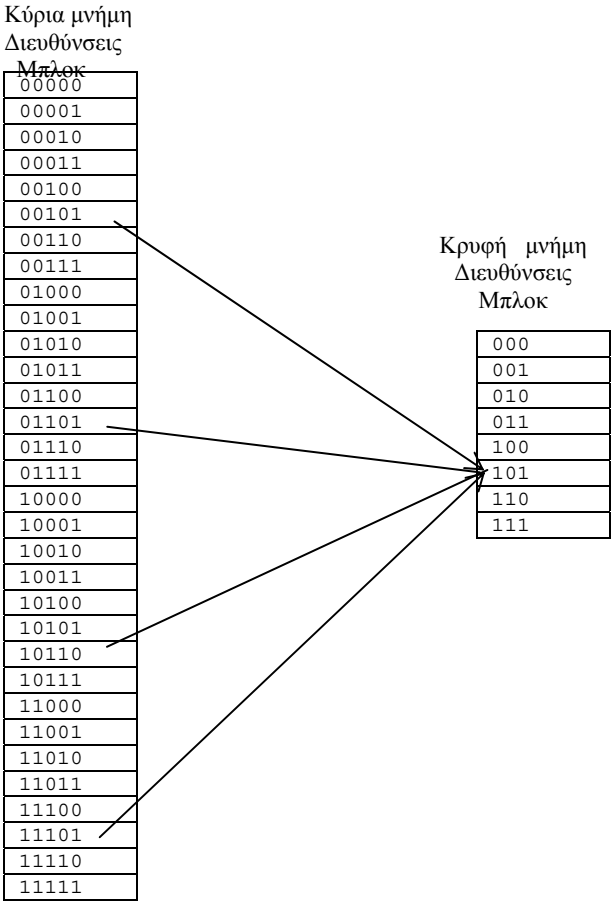
Εξετάζουμε τις τεχνικές αντιστοίχησης για το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5.

Κρυφή μνήμη <u>Άμεσης αντιστοίχησης</u>

Το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 (00101_2) θα αντιστοιχηθεί στο μπλοκ της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 5 γιατί 5 MOD 8 = 5 (101).

Στο ίδιο μπλοκ όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 13 (01101_2), 21 (10101_2), 29 (11101_2) δεδομένου ότι 13 MOD 8 = 5, 21 MOD 8 = 5 και 29 MOD 8 = 5.

Ένα ερώτημα που δημιουργείται άμεσα είναι πόσα μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης: Η απάντηση βρίσκεται στη διαίρεση του αριθμού των μπλοκ της κύρια μνήμης με τον αριθμό των μπλοκ της κρυφής μνήμης. Δηλαδή 32/8 = 4.



Πώς όμως ο υπολογιστής θα υπολογίσει από τη διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής που θα πρέπει να γίνει η αντιστοίχηση; Η διαίρεση με τη χρήση του MOD είναι βολική για δεκαδικούς αριθμούς αλλά όχι για δυαδικούς.

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 101_2 του μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα τρία λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (00**101**, 01**101**, 10**101**, 11**101)** τα οποία μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό. Δηλαδή στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα τρία λιγότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης ενός μπλοκ της κύριας μνήμης καθορίζουν τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής στο οποίο μπορεί να αντιστοιχηθεί. Τα ψηφιά αυτά αποτελούν το πεδίο **Δείκτη** της διεύθυνσης.

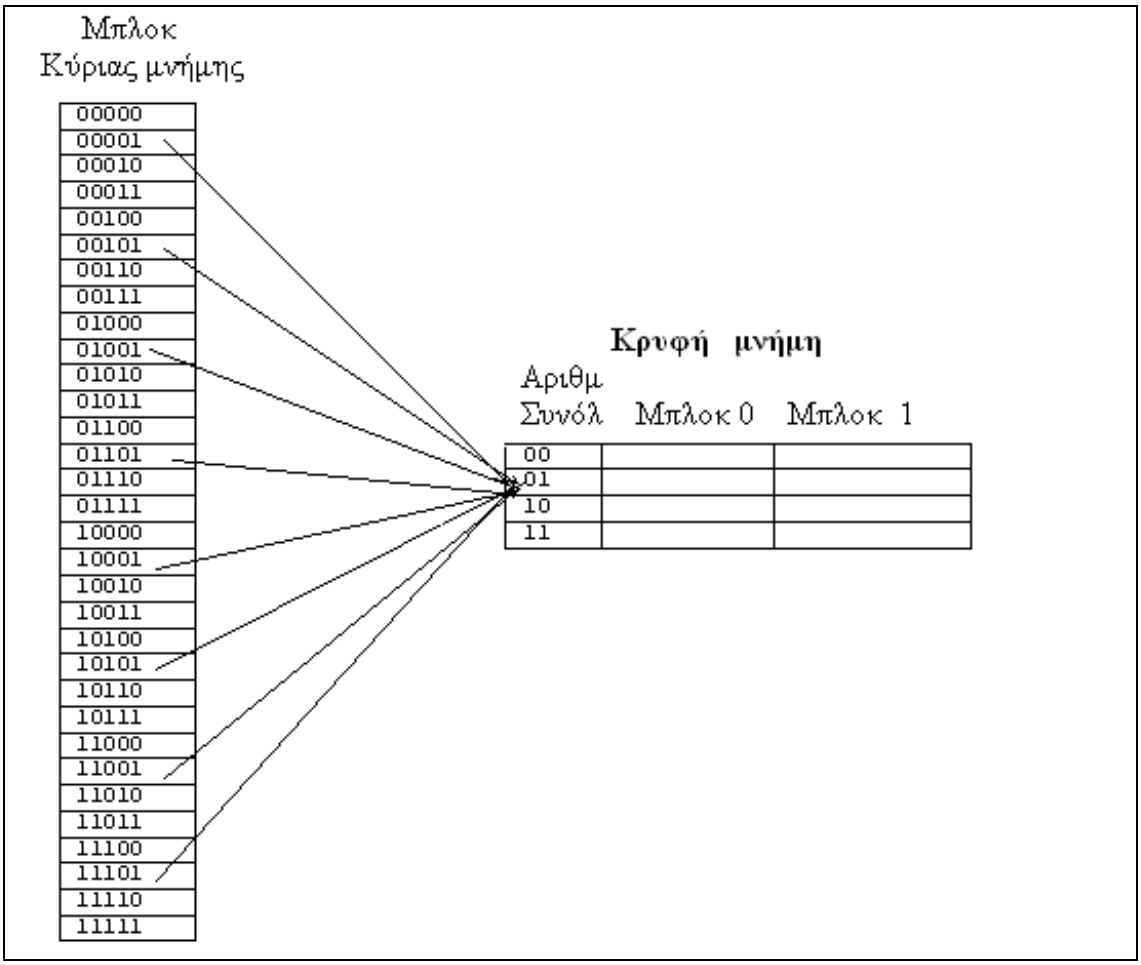
Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι επειδή σε κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν πολλά μπλοκ της κύριας, η κρυφή μνήμη πρέπει να έχει την ικανότητα να διαπιστώσει ποιο από τα μπλοκ της κύριας έχει αντιστοιχηθεί. Το

πρόβλημα λύνεται με την ύπαρξη ενός πεδίου **ετικέτας** στη διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης.
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα δύο περισσότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης του μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί.

Σημείωση: *Στην περίπτωση του το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι μεγαλύτερο από ένα byte τότε το πεδίο του δείκτη δεν υπολογίζεται από τα λιγότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης. Περισσότερα για τον υπολογισμό του πεδίου δείκτη θα αναφερθούν στην παράγραφο για την τμηματοποίηση της διεύθυνσης.*

Κρυφή μνήμη <u>Πλήρως Συσχετιστική</u> (fully associative)
Σε αυτό το είδος κρυφής μνήμης σε κάθε μπλοκ που περιέχει μπορούν να αντιστοιχηθούν όλα τα μπλοκ της κύριας μνήμης.
Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική 2- δρόμων</u>
Η συνολο-συσχετιστική κρυφή μνήμη 2 δρόμων είναι οργανωμένη σε σύνολα και το κάθε σύνολο περιέχει δύο μπλοκ.



Στο ίδιο σύνολο όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 1 (00001), 9 (01001), 13 (01101), 17 (10001), 21

(10101), 25 (11001) και 29 (11101) δεδομένου ότι το υπόλοιπο των αριθμών 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, και 29 με το 4 μας δίνει 1.

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 01 του συνόλου της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα δύο λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (000**01**, 001**01**, 010**01**, 011**01**, 100**01**, 101**01**, 110**01**, 111**01**) που μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό το σύνολο. Τα δύο αυτά ψηφία αποτελούν το πεδίο του δείκτη. Τα τρία περισσότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί και αποτελούν το πεδίο ετικέτας

ΚΕΙΜΕΝΟ Γ

Αρχιτεκτονική Υπολογιστών Ι

Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης.

Η κρυφή μνήμη

Θεωρητικό πλαίσιο λειτουργίας

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός τμήματος προγράμματος οι διαδοχικές προσβάσεις που γίνονται στην κύρια μνήμη πραγματοποιούνται μέσα από ένα μικρό σύνολο γειτονικών διευθύνσεων.

Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους

- Η αποθήκευση των εντολών ενός προγράμματος γίνεται σε διαδοχικές θέσεις της κύριας μνήμης άρα η επόμενη εντολή που θα εκτελεστεί βρίσκεται συνήθως στην επόμενη θέση μνήμης. Το ίδιο συμβαίνει και με τα δεδομένα των προγραμμάτων τα οποία και αυτά, τοποθετούνται σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.
- Κατά την εκτέλεση βρόχων (loops) οι εντολές που περιλαμβάνονται στο σώμα του βρόχου εκτελούνται διαδοχικά πολλές φορές. ’ρα γίνεται επαναλαμβανόμενη πρόσβαση του επεξεργαστή στις ίδιες θέσεις μνήμης που περιέχουν τις εντολές του βρόχου.

Η διαπίστωση ότι οι περισσότερες από τις διαδοχικές αναφορές στη μνήμη γίνονται μέσα από ένα σύνολο γειτονικών διευθύνσεων ονομάζεται αρχή της **τοπικότητας της αναφοράς** ή απλά **αρχή της τοπικότητας** και διακρίνεται σε δύο τύπους τη **τοπικότητα χρόνου** και τη **τοπικότητα χώρου**.

<u>Τοπικότητα χρόνου</u>

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα στην ίδια διεύθυνση. *Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση ενός βρόχου.*

<u>Τοπικότητα χώρου</u>

Αν ένα πρόγραμμα έχει αναφερθεί σε μια διεύθυνση μνήμης, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αναφερθεί σύντομα σε γειτονικές διευθύνσεις. *Αυτό συμβαίνει λόγω της αποθήκευσης των εντολών και των δεδομένων ενός προγράμματος σε διαδοχικές θέσεις μνήμης.*

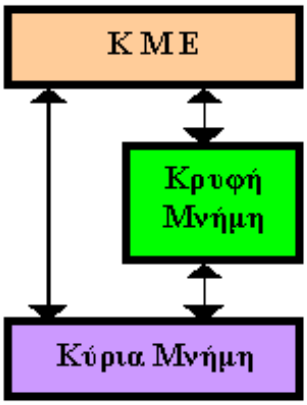
<u>Αξιοποίηση της αρχής της τοπικότητας από την κρυφή μνήμη</u>

Όταν γίνει αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης και το περιεχόμενο αυτής της θέσης δεν υπάρχει στην κρυφή μνήμη, τότε στην κρυφή μνήμη δεν μεταφέρεται μόνο το περιεχόμενο αυτής της διεύθυνσης αλλά και τα δεδομένα που περιέχονται σε γειτονικές διευθύνσεις της. Με τον τρόπο αυτό η επόμενη αίτηση του επεξεργαστή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης είναι πολύ πιθανόν να εξυπηρετηθεί από την κρυφή μνήμη γιατί το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης θα βρεθεί στην κρυφή μνήμη. Το κέρδος στην περίπτωση

αυτή είναι η ταχύτερη διεκπεραίωση της εντολής γιατί η κρυφή μνήμη είναι πολύ ταχύτερη από την κύρια μνήμη.
Στην κρυφή μνήμη εκτός από το byte και τη λέξη (word) τα δεδομένα είναι οργανωμένα σε μπλοκ ή γραμμές της κρυφής μνήμης (cache blocks ή cache lines). Το μέγεθος ενός μπλοκ μπορεί να είναι από 8 μέχρι 64 bytes. Ανάλογα με το είδος της εντολής που εκτελεί ο επεξεργαστής μπορεί να γίνει πρόσβαση του επεξεργαστή σε ποσότητα δεδομένων ίση με ένα byte, με μια λέξη ή με ένα μπλοκ. Η μεταφορά όμως των δεδομένων μεταξύ κύριας και κρυφής μνήμης γίνεται μόνο σε μπλοκ. Για το λόγο αυτό μπορούμε να αναφερόμαστε σε μπλοκ της κύριας μνήμης θεωρώντας ότι και η κύρια μνήμη είναι οργανωμένη σε νοητά μπλοκ αντίστοιχου μεγέθους με αυτά της κρυφής μνήμης.
Λόγω της αρχής της τοπικότητας εάν το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν αποτελείται από αρκετά bytes τότε είναι σαν να μην υπάρχει κρυφή μνήμη. Για παράδειγμα μια κρυφή μνήμη με μέγεθος μπλοκ 1 byte θα προκαλούσε συνεχείς μεταφορές δεδομένων μεταξύ των μονάδων κύριας κρυφής μνήμης αφού κάθε αναφορά του επεξεργαστή σε γειτονικές διευθύνσεις μνήμης δεν θα εξυπηρετείτο από την κρυφή μνήμη αλλά θα προκαλούσε την τοποθέτηση ενός μπλοκ από την κύρια μνήμη στην κρυφή με πιθανή αντικατάσταση ενός υπάρχοντος μπλοκ.

Η θέση της κρυφής μνήμης

Η κρυφή μνήμη αντιστοιχεί στο δεύτερο επίπεδο της ιεραρχίας μνήμης. Η κρυφή μνήμη τοποθετείται ανάμεσα στην κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (σχήμα 4.2.1), ενώ στους σημερινούς επεξεργαστές βρίσκεται στην κάρτα του επεξεργαστή (σχήμα 4.2.2). Η κρυφή μνήμη κατασκευάζεται από προηγμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα, για να εξασφαλίζει μικρούς χρόνους πρόσβασης. Για το λόγο αυτό έχει αυξημένο κόστος.



Σχήμα1 :Η κρυφή μνήμη που εξυπηρετεί τον επεξεργαστή τοποθετείται ανάμεσα στην κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή

Η κρυφή μνήμη δεν τοποθετείται μόνο ανάμεσα στον επεξεργαστή και την κύρια μνήμη αλλά και ανάμεσα στην κύρια και δευτερεύουσα μνήμη. Έτσι όλοι οι σύγχρονοι σκληροί δίσκοι (και άλλες περιφερειακές συσκευές) διαθέτουν κρυφή μνήμη.
Στα περισσότερα συστήματα υπολογιστών η κρυφή μνήμη είναι οργανωμένη σε μία πολυεπίπεδη διαβάθμιση. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν δύο επίπεδα κρυφής μνήμης:

- το 1ο επίπεδο κρυφής μνήμης (Level 1 cache ή L1) ή εσωτερική κρυφή μνήμη ή πρωταρχική κρυφή μνήμη: (συνήθως) βρίσκεται μέσα στην κάρτα του επεξεργαστή και έχει την ίδια ταχύτητα με αυτόν.
- το 2ο επίπεδο κρυφής μνήμης (Level 2 cache ή L2) ή εξωτερική κρυφή μνήμη ή δευτερεύουσα κρυφή μνήμη: (συνήθως) βρίσκεται στη μητρική πλακέτα του συστήματος (motherboard) ή σε ειδική κάρτα.

Η εξωτερική κρυφή μνήμη έχει συνήθως πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από την εσωτερική.
Για παράδειγμα ένα σύστημα υπολογιστή μπορεί να περιέχει 256 KB εσωτερικής κρυφής μνήμης και 256 MB εξωτερικής (χίλιες φορές μεγαλύτερη).
Σε ορισμένες υλοποιήσεις υπολογιστών έχει χρησιμοποιηθεί επιπλέον κρυφή μνήμη τρίτου επιπέδου (L3).

Λειτουργίες της κρυφής μνήμης

Όλες οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης εκτελούνται από το υλικό του υπολογιστή. Η κρυφή μνήμη ενεργοποιείται όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί πρόσβαση στην κύρια μνήμη. Οι λειτουργίες που εκτελούνται αναλυτικά είναι :

Αίτηση του επεξεργαστή για ανάγνωση από μια θέση κύριας μνήμης

Όταν ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή που απαιτεί ανάγνωση από μια διεύθυνση της κύριας μνήμης τότε η αίτηση αυτή κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αυτόματα αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** της κρυφής μνήμης. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί και βρίσκεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

- Αν το μπλοκ βρεθεί στην κρυφή μνήμη τότε αυτό ονομάζεται "επιτυχία της κρυφής μνήμης" (cache hit) και το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κρυφή μνήμη και τον επεξεργαστή και μεταφέρεται απευθείας στον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης**) .
- Αν το μπλοκ δεν βρεθεί στην κρυφή μνήμη τότε αυτό ονομάζεται "αποτυχία της κρυφής μνήμης" (cache miss). Στην περίπτωση αυτή αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης** κατά την οποία το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τα δεδομένα της ζητούμενης διεύθυνσης καθώς και τα περιεχόμενα των γειτονικών διευθύνσεων, μεταφέρεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο αντιστοίχησης. Επίσης είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη οπότε πραγματοποιείται η **λειτουργία αντικατάστασης**.

Αίτηση του επεξεργαστή για εγγραφή σε μια θέση κύριας μνήμης

Όταν ο επεξεργαστής εκτελεί μια εντολή που απαιτεί εγγραφή σε μια θέση της κύριας μνήμης τότε ακολουθείται μια διαδικασία αντίστοιχη με την διαδικασία της ανάγνωσης. Δηλαδή η αίτηση κατευθύνεται στην κρυφή μνήμη και αρχίζει η **λειτουργία εντοπισμού** η οποία σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί και βρίσκεται σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Αν υπάρξει επιτυχία της κρυφής μνήμης γίνεται απευθείας η εγγραφή στη θέση αυτή (**λειτουργία εγγραφής**). Αν υπάρξει αποτυχία της κρυφής μνήμης τότε αρχίζει η **λειτουργία τοποθέτησης** η οποία θα μεταφέρει το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τα δεδομένα της ζητούμενης διεύθυνσης καθώς και των γειτονικών διευθύνσεων, σε αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής μνήμης, που προσδιορίζεται από κάποιο αλγόριθμο αντιστοίχησης. Είναι πιθανό το μπλοκ αυτό να πρέπει να αντικαταστήσει κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται ήδη στην κρυφή μνήμη (**λειτουργία αντικατάστασης**). Στη συνέχεια πραγματοποιείται η **λειτουργία εγγραφής**.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης είναι:

6. **Η λειτουργία του εντοπισμού.**
7. **Η λειτουργία της τοποθέτησης**
8. **Η λειτουργία της αντικατάστασης**
9. **Η λειτουργία της ανάγνωσης**
10. **Η λειτουργία της εγγραφής**

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κρυφή μνήμη έχει πέντε λειτουργίες ενώ η κύρια μνήμη έχει μόνο δύο κύριες λειτουργίες (την λειτουργία της ανάγνωσης και την λειτουργία της εγγραφής). Οι λειτουργίες της κρυφής μνήμης πραγματοποιούνται από ειδικά κυκλώματα του ελεγκτή της κρυφής μνήμης τα οποία ενεργοποιούνται μετά από μια αίτηση πρόσβασης (ανάγνωσης ή εγγραφής) στην κύρια μνήμη. *Πολλοί φοιτητές αποδίδουν ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά στις λειτουργίες της κρυφής μνήμης. Για παράδειγμα αναφέρουν ότι αν η κρυφή μνήμη είναι κενή σε μια πρόσβαση του υπολογιστή σε οποιαδήποτε θέση μνήμης θα υπάρξει αποτυχία της κρυφής μνήμης. Το γεγονός αυτό είναι πράγματι σωστό αλλά οι ίδιοι φοιτητές δεν είναι σε θέση να περιγράψουν τον τρόπο που ο υπολογιστής καταλήγει στο ίδιο αποτέλεσμα. Τα κυκλώματα της κρυφής δεν "βλέπουν" αν η κρυφή μνήμη είναι "κενή" ή είναι "γεμάτη", εκτελούν συγκεκριμένες ενέργειες οι οποίες καταλήγουν σε κάποιο αποτέλεσμα.*

Κάθε λειτουργία της κρυφής μνήμης ξεκινά μόνο όταν εκπληρούνται ορισμένες προυποθέσεις/ συνθήκες, έχει καθορισμένα στάδια (βήματα) εκτέλεσης και παράγει κάποιο αποτέλεσμα το οποίο μπορεί να προκαλέσει την εκκίνηση μιας άλλης λειτουργίας.

Η αντιστοίχηση ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη

Το μέγεθος της κρυφής μνήμης είναι εκατοντάδες φορές μικρότερο από αυτό της κύριας. Οι γνωστοί επεξεργαστές των προσωπικών υπολογιστών Pentium, για παράδειγμα διαθέτουν συνήθως κρυφή μνήμη μεγέθους 512 KB ενώ το μέγιστο μέγεθος της κύριας μνήμης που μπορούν να δεχθούν είναι πάνω από 2 GB. Η αύξηση του μεγέθους της κρυφής μνήμης έχει άμεση επίπτωση στο κόστος υλοποίησης της, για παράδειγμα οι επεξεργαστές Pentium διατίθενται σε ειδικές εκδόσεις με κρυφή μνήμη 2 MB αλλά σε υψηλότερη τιμή.

Επειδή η κρυφή μνήμη είναι πολύ μικρότερη από την κύρια θα πρέπει να υπάρχει ένας αλγόριθμος αντιστοίχησης των διευθύνσεων της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη.

Η μεταφορά δεδομένων από την κύρια μνήμη προς την κρυφή γίνεται σε μπλοκ, συνεπώς η αντιστοίχηση διευθύνσεων της κύριας μνήμης πραγματοποιείται με αλγορίθμους που αντιστοιχούν διευθύνσεις μπλοκ της κύριας μνήμης σε μπλοκ της κρυφής μνήμης. *Συχνά οι τεχνικές αντιστοίχησης διευθύνσεων συγχέονται με την λειτουργία της τοποθέτησης. Η λειτουργία της τοποθέτησης σκοπό έχει τη μεταφορά ενός νοητού μπλοκ από την κύρια μνήμη σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης. Οι τεχνικές*

αντιστοίχησης αποτελούν τμήμα της λειτουργίας εντοπισμού η οποία είναι η πρώτη λειτουργία της κρυφής μνήμης και χρησιμοποιεί τις τεχνικές αντιστοίχησης για να διαπιστώσει αν τα ζητούμενα δεδομένα έχουν μεταφερθεί στην κρυφή μνήμη. Αν υπάρξει αποτυχία εντοπισμού(αποτυχία κρυφής μνήμης) τότε ενεργοποιείται η λειτουργία της τοποθέτησης.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι αντιστοίχησης ενός μπλοκ της κύριας μνήμης στην κρυφή μνήμη και οι τρεις αυτοί τρόποι αντιστοίχησης καθορίζουν την οργάνωση της κρυφής μνήμης.

- **Κρυφή μνήμη <u>Άμεσης αντιστοίχησης</u>** (direct mapped)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης κάθε μπλοκ της κύριας μνήμης μπορεί να αντιστοιχηθεί μόνο σε ένα συγκεκριμένο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Η διεύθυνση αυτού του συγκεκριμένου μπλοκ της κρυφής μνήμης υπολογίζεται από την διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση μπλοκ κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός μπλοκ κρυφής μνήμης)

Υπενθυμίζεται ότι η συνάρτηση MOD υπολογίζει το ακέραιο υπόλοιπο της διαίρεσης.

- **Κρυφή μνήμη <u>Πλήρως Συσχετιστική</u>** (fully associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης κάθε μπλοκ της κύριας μνήμης μπορεί να αντιστοιχηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

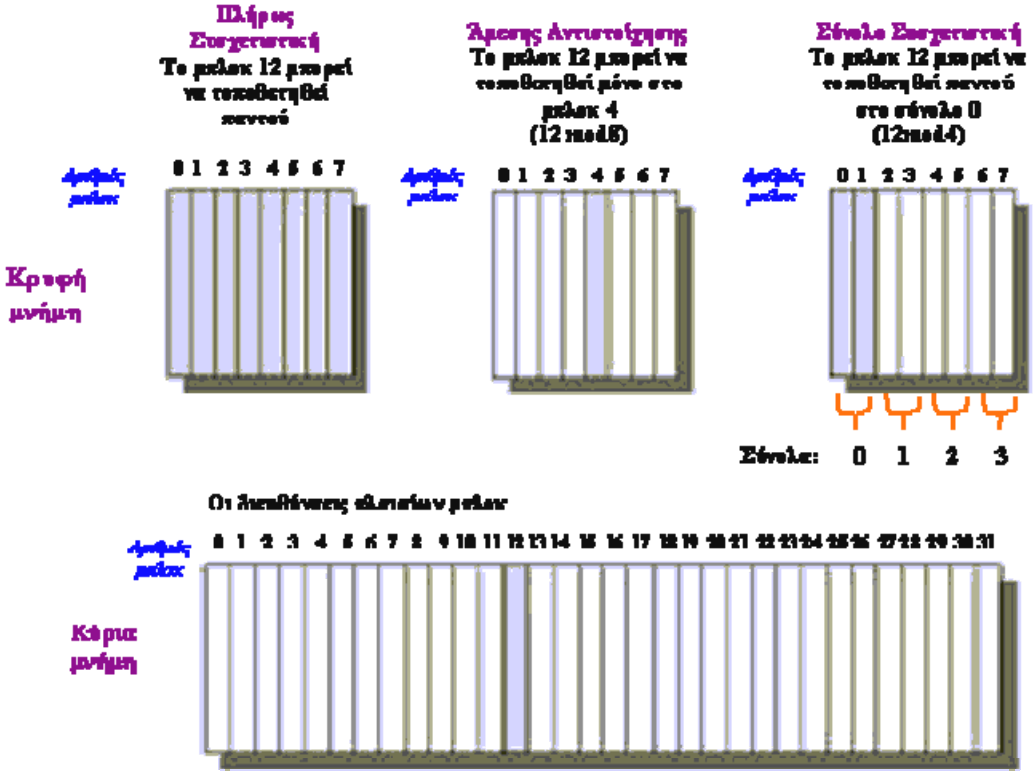
- **Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική</u>** (set-associative)

Σε αυτό τον τύπο κρυφής μνήμης τα μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι οργανωμένα σε σύνολα που το κάθε ένα από αυτά περιέχει δύο ή περισσότερα μπλοκ Ένα μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχίζεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο της κρυφής μνήμης αλλά στη συνέχεια μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε από τα μπλοκ που περιέχει το σύνολο αυτό. Η διεύθυνση του συγκεκριμένου συνόλου της κρυφής μνήμης υπολογίζεται (όπως και στην άμεση αντιστοίχηση) από την διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο :

Διεύθυνση συνόλου κρυφής μνήμης = (διεύθυνση μπλοκ κύριας μνήμης) MOD (αριθμός συνόλων κρυφής μνήμης)

Αν υπάρχουν m μπλοκ μέσα σε κάθε σύνολο τότε η κρυφή μνήμη ονομάζεται m-δρόμων συνολοσυσχετιστκή, δηλαδή ο αριθμός των δρόμων δηλώνει τον αριθμό των μπλοκ που περιέχει κάθε σύνολο της κρυφής μνήμης. *Μια συχνή παρανόηση σε μια συνολοσυσχετιστική μνήμη m – δρόμων είναι ότι ο αριθμός των M (των δρόμων) δηλώνει τον αριθμό των συνόλων και όχι τον αριθμό των μπλοκ ανά σύνολο. Θα πρέπει να θυμόμαστε ότι μια πραγματική συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη έχει εκατοντάδες σύνολα αλλά συνήθως είναι δύο ή τεσσάρων δρόμων.*

Η κρυφή μνήμη **άμεσης αντιστοίχησης** έχει χαμηλό κόστος υλοποίησης επειδή τα κυκλώματα εντοπισμού που χρησιμοποιεί ελέγχουν την διεύθυνση ενός μόνο μπλοκ της κρυφής μνήμης, αλλά η απόδοσή της είναι χαμηλή επειδή είναι πιθανό τα μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρονται στην κρυφή να αντιστοιχηθούν στο ίδιο μπλοκ της κρυφής με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολλές αντικαταστάσεις μπλοκ (καθυστερήσεις).
Η **πλήρως συσχετιστική** μνήμη έχει το υψηλότερο κόστος υλοποίησης επειδή διαθέτει κυκλώματα εντοπισμού τα οποία ελέγχουν ταυτόχρονα την διεύθυνση όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης. Αυτός ο τύπος κρυφής μνήμης έχει και την καλύτερη απόδοση.
Η **συνολο-συσχετιστική** μνήμη αποτελεί μια ενδιάμεση λύση μεταξύ του χαμηλού κόστους υλοποίησης της μνήμης άμεσης αντιστοίχησης και της απόδοση που παρουσιάζει η πλήρως συσχετιστική μνήμης. Αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τύπο κρυφής μνήμης και η υλοποίησή της γίνεται με 2 ή 4 μπλοκ ανα σύνολο (2 και 4 δρόμων συνολο-συσχετιστική)



Σχήμα 2 - Υποθέτουμε αρχικά ότι η κρυφή μνήμη είναι άδεια. Οι τρεις τύποι οργάνωσης της κρυφής μνήμης φαίνονται από αριστερά προς τα δεξιά. Η συνολο-συσχετιστική συνδυάζει κάποια από τα χαρακτηριστικά της άμεσης αντιστοίχησης και της πλήρως συσχετιστικής. Η συνολο-συσχετιστική οργάνωση έχει 4 σύνολα με δύο μπλοκ ανά σύνολο (2-δρόμων συνολο-συσχετιστική).

Στην πράξη, οι κρυφές μνήμες περιέχουν εκατοντάδες μπλοκ και οι μνήμες κάποια εκατομμύρια από αυτά.

Η διεύθυνση των μπλοκ στην κρυφή μνήμη

Κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης διαθέτει μια διεύθυνση. Ένα τμήμα της διεύθυνσης αυτής χρησιμοποιείται για την διευθυνσιοδότηση (αρίθμηση) των μπλοκ που διαθέτει η κρυφή μνήμη. Το τμήμα αυτό της διεύθυνσης ενός μπλοκ ονομάζεται **πεδίο δείκτη**. Στην περίπτωση που τα μπλοκ είναι οργανωμένα σε σύνολα (συνολο-συσχετιστική κρυφή μνήμη) το πεδίο δείκτη παρέχει την αρίθμηση των συνόλων. Το μέγεθός του πεδίου δείκτη εξαρτάται από το πλήθος των μπλοκ ή των συνόλων που διαθέτει η κρυφή μνήμη.

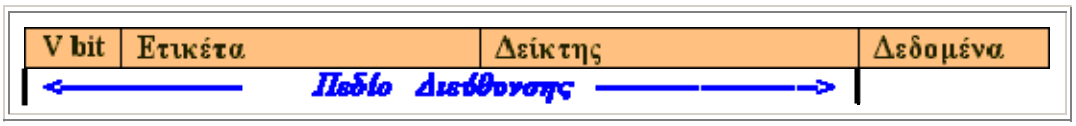
Για να μπορεί να διαπιστωθεί πιο συγκεκριμένο μπλοκ της κύριας μνήμης έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης, η διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης περιέχει επιπλέον ένα πεδίο **ετικέτας**.

Το πεδίο ετικέτας χρησιμοποιείται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού (συγκρίνεται) και ενημερώνεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτηση με την ετικέτα του νέου μπλοκ που τοποθετείται στη θέση αυτή.

Στην κρυφή μνήμη όμως μπορούν να υπάρχουν μπλοκ από προηγούμενα προγράμματα που έχει τελειώσει η εκτέλεσή τους και να έχουν την ίδια ετικέτα με αυτή που αναζητείται. Συνεπώς η κρυφή μνήμη πρέπει να έχει την ικανότητα να διαπιστώσει αν τα μπλοκ που περιέχονται ήδη σε αυτή ανήκουν στο πρόγραμμα που εκτελείται ή σε παλαιότερα προγράμματα. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την ύπαρξη ενός **ψηφίου εγκυρότητας** (*valid bit*).

Το ψηφίο εγκυρότητας (Valid bit) ελέγχεται κατά τη λειτουργία του εντοπισμού και όταν έχει τεθεί (έχει τιμή 1) τότε το μπλοκ αυτό ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα διαφορετικά (όταν έχει τιμή 0) το μπλοκ ανήκει σε παλαιότερο πρόγραμμα. Το ψηφίο αυτό τίθεται κατά τη λειτουργία της τοποθέτησης. Κατά την εκκίνηση ενός νέου προγράμματος το πεδίο εγκυρότητας όλων των μπλοκ της κρυφής μνήμης μηδενίζεται. *Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο υπολογιστής δεν έχει την δυνατότητα να "κρίνει" αν τα δεδομένα μιας θέσης μνήμης είναι "έγκυρα" ή "μη έγκυρα" για το λόγο αυτό εξετάζεται πάντα το ψηφίο εγκυρότητας και όταν διαπιστωθεί ότι δεν έχει τεθεί (έχει τιμή 0) τότε τα περιεχόμενα της θέσης μνήμης αγνοούνται και το αντίστοιχο μπλοκ δεδομένων που περιέχει τα ζητούμενα δεδομένα θα πρέπει να μεταφερθεί από την κύρια μνήμη στην κρυφή.*

Συνεπώς κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης έχει την παρακάτω γενική δομή



Τα τρία πρώτα πεδία αποτελούν το πεδίο της διεύθυνσης του μπλοκ

Η λειτουργία του εντοπισμού

Η λειτουργία του εντοπισμού, όπως έχει αναφερθεί, αρχίζει όταν ο επεξεργαστής εκτελεί εντολή που απαιτεί πρόσβαση στο περιεχόμενο μιας διεύθυνσης της κύριας μνήμης και η αίτηση αυτή μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη. Η λειτουργία του εντοπισμού σκοπό έχει να διαπιστώσει αν το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση, έχει ήδη μεταφερθεί σε ένα αντίστοιχο μπλοκ της κρυφής και συνεπώς το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης υπάρχει ήδη μέσα στην κρυφή μνήμη. Τα βήματα του εντοπισμού είναι:

4. ***Τμηματοποίηση***

   Η ζητούμενη διεύθυνση της κύριας μνήμης χωρίζεται σε τμήματα αρχίζοντας από το λιγότερο σημαντικό bit της διεύθυνσης.

   i. Αρχικά χωρίζεται το τμήμα της **μετατόπισης** το οποίο χρησιμοποιείται μόνο σε περίπτωση επιτυχίας για την επιλογή του περιεχομένου της αντίστοιχης διεύθυνσης μέσα από το μπλοκ π.χ για την επιλογή του 5^{ου} byte μέσα από ένα μπλοκ με μέγεθος 8 byte. Ο αριθμός των bit που αποτελούν αυτό το πεδίο εξαρτάται από το μέγεθος του μπλοκ.

Υπόλοιπο τμήμα Διεύθυνσης	*Μετατόπιση*

   Το υπόλοιπο τμήμα της διεύθυνσης ανάλογα με το είδος της κρυφής μνήμης μπορεί να διαιρεθεί σε δύο τμήματα το τμήμα **ετικέτας** και το τμήμα του **δείκτη**.

Ετικέτα	*Δείκτης*	*Μετατόπιση*

   ii. Το τμήμα **δείκτη** χρησιμοποιείται για την επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που πρέπει να ελεγχθεί. Το μέγεθος του πεδίου αυτού εξαρτάται από τον αριθμό των συνόλων/μπλοκ της κρυφής μνήμης

   iii. Τα υπόλοιπα πλέον σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης αποτελούν το τμήμα ετικέτας.

5. ***Επιλογή του συνόλου ή του μπλοκ***

   Από το πεδίο δείκτη υπολογίζεται το σύνολο ή το μπλοκ της κρυφής μνήμης.

6. ***Σύγκριση***

Για το συγκεκριμένο μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης ελέγχεται αν το ψηφίο εγκυρότητας έχει τεθεί (V=1). Επίσης το πεδίο ετικέτας του συγκεκριμένου μπλοκ ή όλων των μπλοκ ενός συνόλου που έχει επιλεγεί από το πεδίο δείκτη της διεύθυνσης συγκρίνεται με το αντίστοιχο τμήμα ετικέτας της διεύθυνσης της κύριας μνήμης για να διαπιστωθεί αν είναι ίσα. Ειδικότερα για τα διάφορα είδη οργάνωσης κρυφής μνήμης ισχύει:

- Κρυφή μνήμη άμεσης αντιστοίχησης: Ο έλεγχος της ετικέτας γίνεται μόνο στο μπλοκ που έχει επιλεγεί.

- Κρυφή μνήμη ***πλήρως συσχετιστική***: Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ της κρυφής μνήμης.
- Κρυφή μνήμη ***συνολο-συσχετιστική***:. Ο έλεγχος της **ετικέτας** γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα μπλοκ του συνόλου που έχει επιλεγεί.

Αποτέλεσμα εντοπισμού

Αν για το μπλοκ (ή για κάποιο από τα μπλοκ του συνόλου) που επιλέγεται, βρεθεί ότι η ετικέτα του είναι ίση με το πεδίο ετικέτας που προκύπτει από την τμηματοποίηση της ζητούμενης διεύθυνσης της κύριας μνήμης και το ψηφίο εγκυρότητάς του μπλοκ είναι ίσο με ένα (V=1) τότε έχουμε **επιτυχία** της κρυφής μνήμης, διαφορετικά αν το ψηφίο εγκυρότητας είναι μηδέν (V=0) ή τα πεδία ετικέτας διαφέρουν τότε έχουμε **αποτυχία** της κρυφής μνήμης.
Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **ανάγνωση** τότε η ανάγνωση μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα με τη σύγκριση και αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αγνοούνται οι τιμές που έχουν διαβαστεί. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία αρχίζει η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.**

Στην περίπτωση που η εντολή του επεξεργαστή αφορά **εγγραφή** θα πρέπει να ολοκληρωθεί η λειτουργία εντοπισμού και μόνο αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία πραγματοποιείται η λειτουργία εγγραφής διαφορετικά πραγματοποιείται η λειτουργία της **τοποθέτησης ή αντικατάστασης.** Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η εγγραφή να καθυστέρει περισσότερο από την ανάγνωση.

Η λειτουργία της τοποθέτησης και της αντικατάστασης

Η λειτουργία της τοποθέτησης

Η λειτουργία της τοποθέτησης αρχίζει, όταν το αποτέλεσμα της λειτουργίας του εντοπισμού είναι αποτυχία της κρυφής μνήμης η οποία οφείλεται στο ότι το ψηφίο εγκυρότητας του μπλοκ που εξετάζεται δεν έχει τεθεί (V=0).
Η λειτουργία της τοποθέτησης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

- Το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση κύριας μνήμης μεταφέρεται στην κρυφή μνήμη και ταυτόχρονα το περιεχόμενο της ζητούμενης διεύθυνσης τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων που συνδέουν την κύρια μνήμη και τον επεξεργαστή (**λειτουργία ανάγνωσης)**.
- Ταυτόχρονα ενημερώνεται το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης από το αντίστοιχο πεδίο του μπλοκ της κύριας μνήμης που μεταφέρεται, καθώς και η τιμή του ψηφίου εγκυρότητας γίνεται ίση με ένα (V=1).

Σημείωση: Σε ορισμένους επεξεργαστές η λειτουργία της ανάγνωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο από την κρυφή μνήμη. Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης που περιέχει τη ζητούμενη διεύθυνση πρώτα τοποθετείται στην κρυφή μνήμη και στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η λειτουργία εντοπισμού η οποία έχει σαν αποτέλεσμα επιτυχία και κρυφής μνήμης και πραγματοποιείται η λειτουργία της ανάγνωσης

Η λειτουργία της αντικατάστασης

Η λειτουργία της αντικατάστασης αρχίζει όταν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία κρυφής μνήμης, η οποία οφείλεται στο ότι το πεδίο ετικέτας του μπλοκ της κρυφής μνήμης δεν ταυτίζεται με εκείνο της κύριας μνήμης, ενώ το μπλοκ που έχει ήδη επιλεγεί κατά τη λειτουργία του εντοπισμού, ανήκει στο τρέχον πρόγραμμα (δηλαδή όταν V=1). Η λειτουργία της αντικατάστασης πραγματοποιείται με τα παρακάτω βήματα:

3. ***Επιλογή του προς αντικατάσταση μπλοκ***

   Η επιλογή του μπλοκ της κρυφής μνήμης που θα αντικατασταθεί εξαρτάται από το είδος της κρυφής μνήμης. Συγκεκριμένα:

   - Αν η κρυφή μνήμη είναι άμεσης αντιστοίχησης τότε το μπλοκ της κύριας μνήμης αντιστοιχείται μόνο σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης
   - Αν η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική ή συνολο-συσχετιστική τότε υπάρχουν πολλά μπλοκ που μπορούν να επιλεγούν για αντικατάσταση. Στην περίπτωση αυτή οι τεχνικές αντικατάστασης είναι οι ακόλουθες:

     i. **Τυχαία *(Random)***: Τα υποψήφια μπλοκ επιλέγονται τυχαία για να έχουμε όσο το δυνατό ομοιόμορφη κατανομή.

     ii. **Λιγότερο πρόσφατα χρησιμοποιημένο *(LRU - Least Recently Used)***: Αντικαθίσταται κάθε φορά το μπλοκ που έχει το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην κρυφή μνήμη χωρίς να γίνει αίτηση του επεξεργαστή σε αυτό, για ανάγνωση ή εγγραφή.

     iii. **Πρώτη Μέσα Πρώτη Έξω *(FIFO - First In First Out)***: Η αντικατάσταση γίνεται με βάση το χρόνο παραμονής. Δηλαδή αντικαθίσταται το μπλοκ που έχει το μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην κρυφή μνήμη. Ουσιαστικά η τεχνική FIFO αντικαθιστά τα μπλοκ της κρυφής μνήμης διαδοχικά με τη σειρά σύμφωνα με τη φυσική τους θέση.

4. ***Ακολουθούν τα βήματα της τοποθέτησης (όπως έχουν ήδη παρουσιαστεί)***

Κατά τη λειτουργία της αντικατάστασης, εάν το μπλοκ που απομακρύνεται από την κρυφή μνήμη έχει τροποποιηθεί λόγω εγγραφής νέων δεδομένων σε αυτό, μετά από προηγούμενη αίτηση εγγραφής του επεξεργαστή, χωρίς να έχει ενημερωθεί η κύρια μνήμη (τεχνική επανεγγραφής), τότε το μπλοκ αυτό μεταφέρεται στην κύρια μνήμη πριν να αντικατασταθεί (βλέπε λειτουργία εγγραφής)

Η λειτουργία της Ανάγνωσης και της Εγγραφής

Όταν ο επεξεργαστής εκτελέσει μια εντολή που απαιτεί ανάγνωση από ή εγγραφή σε μια διεύθυνση της κύριας μνήμης τότε η αίτηση αυτή απευθύνεται στην κρυφή μνήμη, όπου αρχίζει η λειτουργία του εντοπισμού. Έχει παρατηρηθεί ότι οι αιτήσεις για ανάγνωση είναι πολύ περισσότερες από τις αιτήσεις εγγραφής, επειδή η εκτέλεση όλων των εντολών αρχίζει με την ανάκληση της εντολής, η οποία είναι αίτηση ανάγνωσης. Στη συνέχεια κατά την εκτέλεση της εντολής, μόνον οι εντολές φόρτωσης ή αποθήκευσης περιέχουν αιτήσεις ανάγνωσης ή εγγραφής αντιστοιχα (επεξεργαστής DLX). Η αίτηση ανάγνωσης που είναι ή πιο κοινή περίπτωση είναι και η απλούστερη στην υλοποίηση.

Η ανάγνωση στην κρυφή μνήμη:

Κατά τη λειτουργία του εντοπισμού η ανάγνωση των δεδομένων μιας διεύθυνσης, που περιέχεται σε ένα μπλοκ, γίνεται ταυτόχρονα με τη σύγκριση της ετικέτας του και τον έλεγχο του ψηφίου εγκυρότητας. Κατά συνέπεια, η ανάγνωση του μπλοκ ξεκινάει από την στιγμή που είναι διαθέσιμη η διεύθυνσή του, δηλαδή μετά το βήμα της τμηματοποίησης. Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία, τότε τα ζητούμενα δεδομένα τοποθετούνται στην αρτηρία που συνδέει την κρυφή μνήμη με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ), διαφορετικά αγνοούμε ό,τι διαβάσαμε.

Η εγγραφή στην κρυφή μνήμη:

Κατά τη λειτουργία εγγραφής δεδομένων στην κρυφή μνήμη η διαδικασία διαφοροποιείται αισθητά συγκριτικά με εκείνη της ανάγνωσης.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι επιτυχία,** τότε μόνο μπορεί να τροποποιηθεί το μπλοκ. Ο έλεγχος της ετικέτας ή του ψηφίου εγκυρότητας V, δεν γίνεται παράλληλα, έτσι η λειτουργία της εγγραφής είναι πιο χρονοβόρα. Πιο συγκεκριμένα διακρίνουμε δύο τεχνικές εγγραφής σε περίπτωση επιτυχίας κρυφής μνήμης:

    i. **Διεγγραφή *(write throught)***: Η πληροφορία εγγράφεται στο μπλοκ που βρίσκεται στην κρυφή μνήμη καθώς και στο αντίστοιχο μπλοκ της κύριας μνήμης.

    ii. **Επανεγγραφή *(write back)***: Η πληροφορία εγγράφεται μόνο στο μπλοκ της κρυφής μνήμης. Το τροποποιημένο μπλοκ της κρυφής μνήμης εγγράφεται στην κύρια μνήμη μόνο όταν αυτό αντικατασταθεί. Η τροποποίηση του μπλοκ συνοδεύετει με την ενημέρωση ενός ψηφίου κατάστασης, που καλείται dirty bit (D=1). Αν η ένδειξη είναι clear bit (D=0), δηλώνει ότι το μπλοκ είναι καθαρό, δηλαδή δεν τροποποιήθηκε στην κρυφή μνήμη, οπότε δε χρειάζεται να επανεγγραφεί.

- **Αν το αποτέλεσμα του εντοπισμού είναι αποτυχία** τότε έχουμε δύο εναλλακτικές επιλογές (τεχνικές εγγραφής):

    1. ***Ανάθεση εγγραφής (write allocate):*** το μπλοκ μεταφέρεται από την κύρια μνήμη στην κρυφή (λειτουργία τοποθέτησης ή αντικατάστασης)

και στη συνέχεια ακολουθούν οι ενέργειες της επιτυχίας εγγραφής (διεγγγραφή ή επανεγγραφή).

2. ***Ανάθεση μη εγγραφήςή παράκαμψη εγγραφής(no write allocate):*** το μπλοκ τροποποιείται μόνο στην κύρια μνήμη και όχι στην κρυφή.

Παραδείγματα

Θεωρούμε ότι έχουμε έναν υπολογιστή που διαθέτει:

- Κύρια μνήμη με μέγεθος 32 bytes
- Κρυφή μνήμη με μέγεθος 8 bytes
- Το μπλοκ της έχει μέγεθος 1 byte

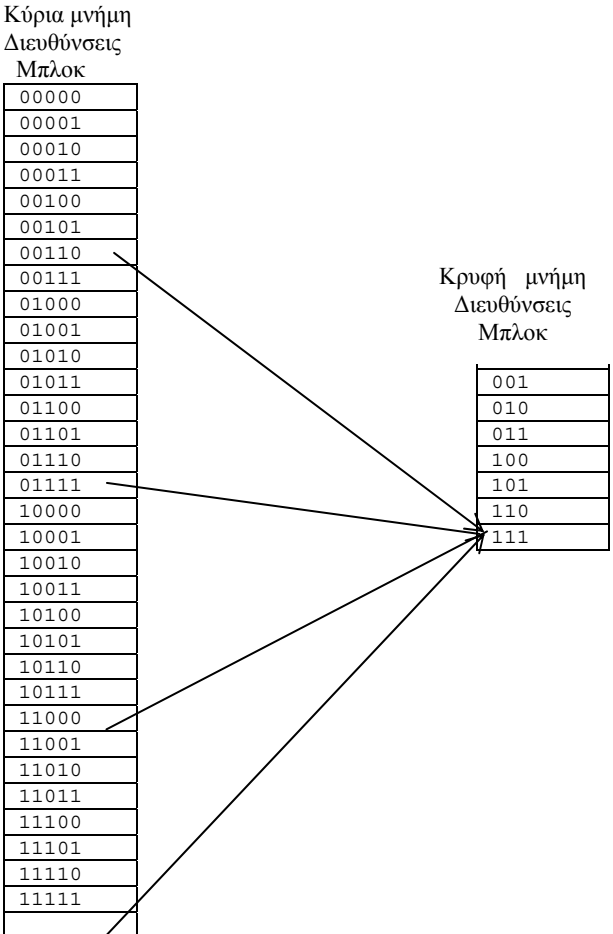
Εξετάζουμε τις τεχνικές αντιστοίχησης για το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5.

Κρυφή μνήμη Άμεσης αντιστοίχησης

Το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 (00101_2) θα αντιστοιχηθεί στο μπλοκ της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 5 γιατί 5 MOD 8 = 5 (101).

Στο ίδιο μπλοκ όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 13 (01101_2), 21 (10101_2), 29 (11101_2) δεδομένου ότι 13 MOD 8 = 5, 21 MOD 8 = 5 και 29 MOD 8 = 5. (βλέπε σχήμα1)

Ένα ερώτημα που δημιουργείται άμεσα είναι πόσα μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν σε ένα μπλοκ της κρυφής μνήμης: Η απάντηση βρίσκεται στη διαίρεση του αριθμού των μπλοκ της κύρια μνήμης με τον αριθμό των μπλοκ της κρυφής μνήμης. Δηλαδή 32/8 = 4.



Σχήμα1: Αντιστοίχηση σε θέσεις κρυφής μνήμης άμεσης αντιστοιχησης

Πώς όμως ο υπολογιστής θα υπολογίσει από τη διεύθυνση του μπλοκ της κύριας μνήμης τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής που θα πρέπει να γίνει η αντιστοίχηση; Η διαίρεση με τη χρήση του MOD είναι βολική για δεκαδικούς αριθμούς αλλά όχι για δυαδικούς.

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 101_2 του μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα τρία λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (00**101**, 01**101**, 10**101**, 11**101)** τα οποία μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό. Δηλαδή στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα τρία λιγότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης ενός μπλοκ της κύριας μνήμης

καθορίζουν τη διεύθυνση του μπλοκ της κρυφής στο οποίο μπορεί να αντιστοιχηθεί. Τα ψηφιά αυτά αποτελούν το πεδίο **Δείκτη** της διεύθυνσης.
Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι ότι επειδή σε κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν πολλά μπλοκ της κύριας, η κρυφή μνήμη πρέπει να έχει την ικανότητα να διαπιστώσει ποιο από τα μπλοκ της κύριας έχει αντιστοιχηθεί. Το πρόβλημα λύνεται με την ύπαρξη ενός πεδίου **ετικέτας** στη διεύθυνση κάθε μπλοκ της κρυφής μνήμης.
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα δύο περισσότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης του μπλοκ της κύριας μνήμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί.

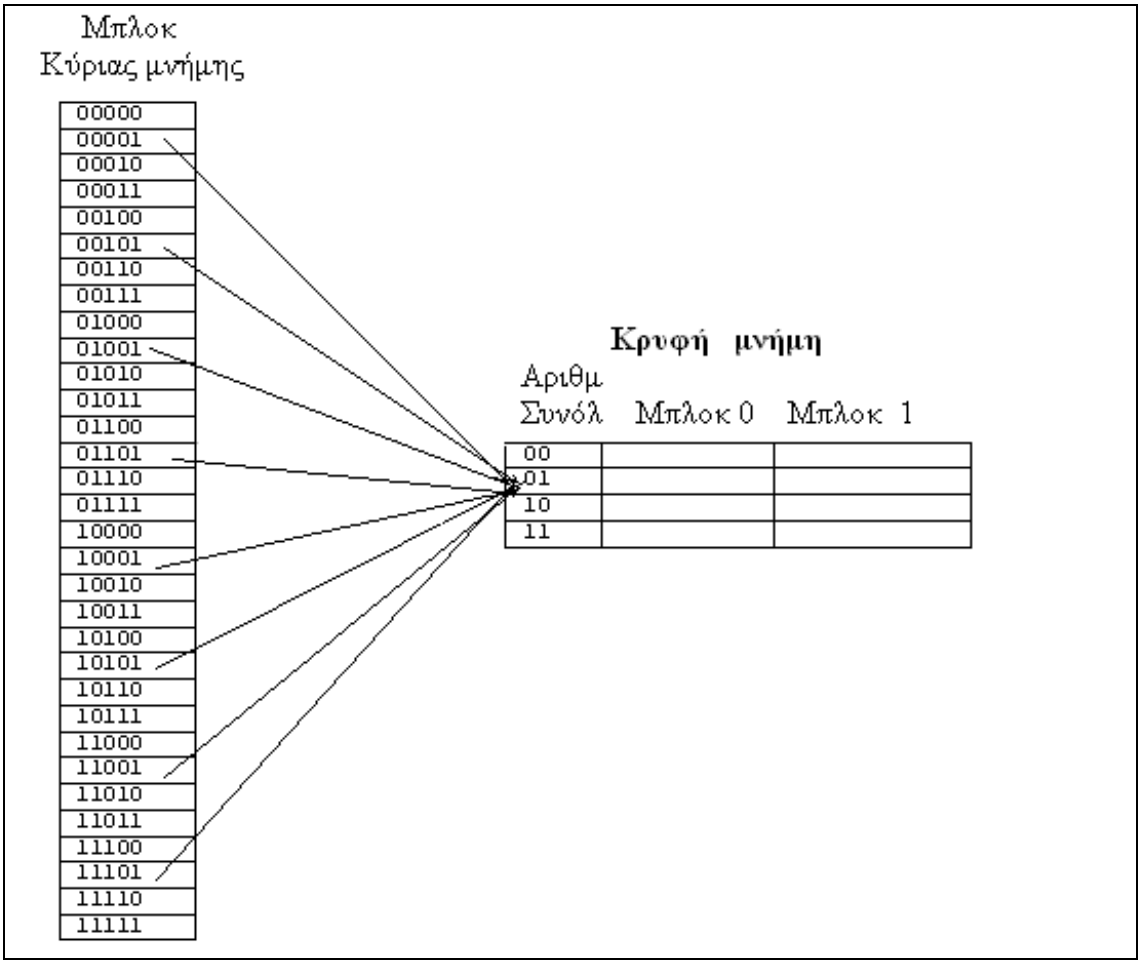
Σημείωση: *Στην περίπτωση του το μέγεθος του μπλοκ της κρυφής μνήμης είναι μεγαλύτερο από ένα byte τότε το πεδίο του δείκτη δεν υπολογίζεται από τα λιγότερο σημαντικά ψηφία της διεύθυνσης. Περισσότερα για τον υπολογισμό του πεδίου δείκτη θα αναφερθούν στην παράγραφο για την τμηματοποίηση της διεύθυνσης.*

Κρυφή μνήμη <u>Πλήρως Συσχετιστική</u> (fully associative)
Σε αυτό το είδος κρυφής μνήμης σε κάθε μπλοκ που περιέχει μπορούν να αντιστοιχηθούν όλα τα μπλοκ της κύριας μνήμης.
Συνεπώς το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μπλοκ της κρυφής μνήμης.

Κρυφή μνήμη <u>Συνολο-συσχετιστική 2- δρόμων</u>
Η συνολο-συσχετιστική κρυφή μνήμη 2 δρόμων είναι οργανωμένη σε σύνολα και το κάθε σύνολο περιέχει δύο μπλοκ.
Συνεπώς στην κρυφή μνήμη του παραδείγματός μας υπάρχουν 8/2 = 4 σύνολα .
Το μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 5 (00101_2) θα αντιστοιχηθεί στο σύνολο της κρυφής μνήμης με διεύθυνση 5 MOD 4 = 1 (01). Μέσα στο σύνολο αυτό μπορεί να αντιστοιχηθεί σε οποιοδήποτε από τα δύο μπλοκ που διαθέτει το σύνολο.

Στο ίδιο σύνολο όμως της κρυφής μνήμης μπορούν να αντιστοιχηθούν και τα μπλοκ της κύριας μνήμης με διεύθυνση 1 (00001), 9 (01001), 13 (01101), 17 (10001), 21 (10101), 25 (11001) και 29 (11101) δεδομένου ότι το υπόλοιπο των αριθμών 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, και 29 με το 4 μας δίνει 1. (βλέπε σχήμα 2)

Παρατηρούμε ότι η δυαδική διεύθυνση 01 του συνόλου της κρυφής μνήμης μπορεί να προσδιοριστεί από τα δύο λιγότερα σημαντικά ψηφία των διευθύνσεων που έχουν τα μπλοκ της κύριας μνήμης (000**01**, 001**01**, 010**01**, 011**01**, 100**01**, 101**01**, 110**01**, 111**01**) που μπορούν να αντιστοιχηθούν σε αυτό το σύνολο. Τα δύο αυτά ψηφία αποτελούν το πεδίο του δείκτη. Τα τρία περισσότερο σημαντικά ψηφία κάθε διεύθυνσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου μπλοκ που έχει αντιστοιχηθεί και αποτελούν το πεδίο ετικέτας



Σχήμα 2. Αντιστοίχηση σε συνολοσυσχετιστική κρυφή μνήμη 2-δρόμων