

# Γνωστικές Δυσκολίες Φοιτητών σε Βασικές Έννοιες Πληροφορικής

*X. Κοριακού, M. Γρηγοριάδου*

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο  
Αθηνών

{ckyriakou, gregor}@di.uoa.gr

## Περίληψη

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων φοιτητών σε ερωτήματα που αφορούν βασικές έννοιες Πληροφορικής σχετικές με την Διαχείριση και την Αποθήκευση δεδομένων στα πλαίσια εισαγωγικού μαθήματος Πληροφορικής. Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται έννοιες σχετικές με την επικοινωνία της κύριας μνήμης με τη κεντρική μονάδα επεξεργασίας, την εκτέλεση προγραμμάτων σε γλώσσα μηχανής και τους ειδικούς καταχωρητές. Από την ανάλυση προκύπτουν και καταγράφονται τα σημεία της θεματολογίας που δυσκολεύουν τους φοιτητές. Με βάση αυτά εξάγονται συμπεράσματα για τις γνωστικές δυσκολίες των φοιτητών με στόχο την υποστήριξή τους στη μαθησιακή διαδικασία.

**Λέξεις κλειδιά:** γνωστικές δυσκολίες, βασικές έννοιες Πληροφορικής, διαχείριση αποθήκευσης δεδομένων.

## 1. Εισαγωγή

Συνήθως οι πρωτοετείς φοιτητές των τμημάτων Πληροφορικής εξοικειώνονται με τις βασικές έννοιες και θεματικές ενότητες της επιστήμης μέσω ενός εισαγωγικού μαθήματος το οποίο έχει στόχο την δημιουργία βασικών θεμελίων για περαιτέρω μελέτη (ACM/IEEE-Curriculum 2001 Task Force, 2001), να ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον των φοιτητών και να παρέχει γνωστικά «άγκιστρα» που θα επιτρέψουν τη σύνδεση του νέου υλικού με πράγματα ήδη γνωστά στους φοιτητές (Braught, 2001). Η μεγάλη ανομοιογένεια στο επίπεδο των πρωτοετών φοιτητών, οι οποίοι μπορεί να είναι από τελείως αρχάριοι, μέχρι αυτοδίδακτοι φοιτητές με πολυετή εμπειρία (Kay, 1998), το μεγάλο πλήθος τους, οι λίγες ώρες διδασκαλίας και η θεματική ευρύτητα καθιστούν την παραδοσιακή διάλεξη σε συνδυασμό με την εκπόνηση περιορισμένου αριθμού εργαστηριακών ασκήσεων ως τη συνθέστερη μέθοδο διδασκαλίας. Προκειμένου να υποστηριχθούν οι φοιτητές περαιτέρω στη μαθησιακή διαδικασία έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι όπως η παροχή βιντεοσκοπήσεων των διαλέξεων και η ηλεκτρονική επικοινωνία μεταξύ των φοιτητών (Kay, 1998), η συμμετοχή σε εικονικά εργαστήρια

με στόχο την εμπάθυνση σε θεματικές ενότητες του μαθήματος (Jones, Ruehr and Salter, 1996), η διαχείριση υποβολής και αυτόματης αξιολόγησης εργασιών (Reek, 1996; Ericson and Rogers, 1996) και η χρησιμοποίηση διαδικτυακών μαθησιακών περιβαλλόντων με προσαρμοστικά χαρακτηριστικά (Βεργίνης, Γουλή, Γόγουλου και Γρηγοριάδου, 2008).

Συγκεκριμένα στο τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών της σχολής Θετικών Επιστημών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, διδάσκεται το μάθημα «Εισαγωγή στην Επιστήμη της Πληροφορικής και των Τηλεπικοινωνιών», στο Α' εξάμηνο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών, δύο ώρες εβδομαδιαίως. Οι θεματικές ενότητες που εξετάζονται στα πλαίσια του μαθήματος είναι (i) Αποθήκευση Δεδομένων, (ii) Διαχείριση Δεδομένων, (iii) Λειτουργικά Συστήματα, (iv) Δίκτυα και Διαδίκτυο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων η μαθησιακή διαδικασία υποστηρίζεται μέσω της αξιοποίησης του εκπαιδευτικού υλικού του προσαρμοστικού περιβάλλοντος SCALE με θετικά αποτελέσματα στην τελική επίδοση των μαθητών (Verginis, Gogoulou, Gouli, Boubouka, Grigoriadou, 2009). Η ανάπτυξη του υποστηρικτικού εκπαιδευτικού υλικού που έχει ήδη αναπτυχθεί και που συνεχίζει να εμπλουτίζεται τροφοδοτείται από τις δυσκολίες, παρανοήσεις και λάθη που συνήθως υπάρχουν στις αντιλήψεις των πρωτοετών φοιτητών. Ο εντοπισμός και η καταγραφή των αντιλήψεων των φοιτητών πραγματοποιείται κατόπιν συστηματικής συλλογής και ανάλυσης των απαντήσεων των φοιτητών στις γραπτές εξετάσεις του μαθήματος τα τελευταία χρόνια. Ο στόχος αυτής της διαδικασίας είναι οι φοιτητές τελειώνοντας το πρώτο εξάμηνο να είναι σε θέση να συνεχίσουν στην εμπάθυνση των σπουδών τους απαλλαγμένοι από τις προηγούμενες λανθασμένες αντιλήψεις τους.

Για την καταγραφή των εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών αρχικά κρίθηκε απαραίτητη η ταξινόμηση των θεμάτων των γραπτών εξετάσεων σύμφωνα με την ταξινομία Mayer και με το μοντέλο Δόμησης και Ολοκλήρωσης των Kintsch και McNamara, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για το γνωστικό επίπεδο των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές.

Στις επόμενες ενότητες περιγράφονται οι δύο ταξινομίες και κατόπιν γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις δυσκολίες/εναλλακτικές απόψεις των φοιτητών στις θεματικές ενότητες Αποθήκευση και Διαχείριση Δεδομένων.

## ***2. Μοντέλα γνωστικών διεργασιών και κατανόησης κειμένου***

Εδώ παρουσιάζονται οι δυο άξονες σύμφωνα με τους οποίους αναλύθηκαν τα θέματα εξέτασης και έχουν ως στόχο τον προσδιορισμό των γνωστικών διεργασιών και νοη-

τικών αναπαραστάσεων που έχουν αναπτύξει οι φοιτητές.

### **2.1 Γνωστικές διεργασίες κατά Mayer**

Ο Mayer (2002), βασιζόμενος σε μια πρόσφατη αναθεώρηση της κατηγοριοποίησης που προτείνει ο Bloom (Anderson et al., 2001; Bloom, 1956), ορίζει έξι κατηγορίες γνωστικών διεργασιών:

- **Ανάκληση (Remember):** αφορά στις διεργασίες της αναγνώρισης (recognizing) και της ανάκλησης γνώσης από τη μακροπρόθεσμη μνήμη.
- **Κατανόηση (Understand):** αφορά στις διεργασίες της απόδοσης μιας πληροφορίας σε κάποια μορφή διαφορετική από αυτή που παρουσιάζεται, της επεξήγησης μέσω παραδειγμάτων, της ταξινόμησης σε συγκεκριμένες κατηγορίες, της σύνοψης, της εξαγωγής συμπερασμάτων, και της σύγκρισης για τον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών.
- **Εφαρμογή (Apply):** αναφέρεται στη διεξαγωγή μιας διαδικασίας σε μια δεδομένη κατάσταση. Αφορά στις διεργασίες της εκτέλεσης και της υλοποίησης μιας συγκεκριμένης διαδικασίας.
- **Ανάλυση (Analyze):** αναφέρεται στο διαχωρισμό του εκπαιδευτικού υλικού στα συστατικά του μέρη και στην απόφαση του πώς αυτά τα μέρη σχετίζονται μεταξύ τους και μέσα σε μια ολοκληρωμένη δομή. Αφορά στις διεργασίες της διάκρισης σημαντικών στοιχείων από λιγότερα σημαντικά, της οργάνωσης διαφόρων τμημάτων σε ένα σύνολο, και της απόδοσης χαρακτηριστικών μιας έννοιας/άποψης χρησιμοποιώντας στοιχεία του εκπαιδευτικού υλικού.
- **Αξιολόγηση (Evaluate):** αναφέρεται στη λήψη αποφάσεων με βάση κάποια κριτήρια και πρότυπα. Αφορά στις διεργασίες του ελέγχου και της κρίσης ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας.
- **Δημιουργία (Create):** αναφέρεται στη σύνθεση των επιμέρους στοιχείων ώστε να σχηματίσουν ένα συνεκτικό ή λειτουργικό όλον. Αφορά στις διεργασίες της παραγωγής όπως η δημιουργία εναλλακτικών υποθέσεων, του σχεδιασμού για την πραγματοποίηση μιας εργασίας και της παραγωγής ενός προϊόντος.

### **2.2 Μοντέλο Δόμησης Ολοκλήρωσης κατανόησης κειμένου των Kintsch και McNamara**

Το μοντέλο της δόμησης-ολοκλήρωσης των Kintsch και McNamara (Construction – Integration Model) αποτελεί επέκταση προηγούμενων μοντέλων κατανόησης

κειμένου (W. Kintsch and Van Dijk, 1978) και αφορά κυρίως στο ρόλο της προηγούμενης γνώσης του εκπαιδευόμενου κατά τη διαδικασία κατανόησης. Κυρίαρχο στοιχείο του μοντέλου αυτού είναι ότι διαχωρίζει δυο διαφορετικά επίπεδα σχετικά με τη νοητική αναπαράσταση που αναπτύσσει ο αναγνώστης κατά τη διαδικασία κατανόησης ενός κειμένου: το *μοντέλο κειμένου* (textbased model) και το *μοντέλο εγκαθίδρυσης* (situated model). Το μοντέλο κειμένου (textbased model) κατασκευάζεται από πληροφορίες που προέρχονται κατευθείαν από το κείμενο. Το μοντέλο εγκαθίδρυσης (situated model) θεωρείται ως το τελικό προϊόν της μάθησης και αφορά την κατανόηση του νοήματος του κειμένου μέσω της σύνδεσης της προϋπάρχουσας γνώσης με την καινούρια. Κατά τη κατασκευή του μοντέλου αυτού αναδιοργανώνεται και αναδομείται η προϋπάρχουσα γνώση του εκπαιδευόμενου και προκύπτει μια νοητική αναπαράσταση η οποία δεν αποτελεί πλέον ένα μεμονωμένο αντικείμενο της βραχυπρόθεσμης μνήμης, αλλά είναι συνδεδεμένη με τις γνώσεις που βρίσκονται στη μνήμη μακράς διαρκείας του εκπαιδευόμενου. Η αξιολόγηση του βαθμού που έχει επιτευχθεί η κατασκευή των μοντέλων κειμένου και εγκαθίδρυσης μπορεί να γίνει με ερωτήσεις διαφόρων τύπων (D. S. McNamara, E. Kintsch, N. B. Songer and W. Kintsch, 1996):

- **Ερωτήσεις βασισμένες στο κείμενο:** η αναγκαία πληροφορία για να απαντηθεί η ερώτηση δηλώνεται σε ένα σημείο του κειμένου. Μέσω των ερωτήσεων αυτών μπορεί να αξιολογηθεί ο βαθμός επίτευξης του μοντέλου κειμένου.
- **Ερωτήσεις επεξεργασίας-συμπεράσματος:** για να απαντηθούν αυτές οι ερωτήσεις απαιτείται σύνδεση της πληροφορίας του κειμένου με το γνωστικό υπόβαθρο του εκπαιδευόμενου. Η απάντηση των ερωτήσεων αυτών προϋποθέτει εκτός του μοντέλου κειμένου και ένα σε μέτριο βαθμό δομημένο / κατασκευασμένο μοντέλο εγκαθίδρυσης.
- **Ερωτήσεις γεφυρώματος-συμπεράσματος:** η αναγκαία πληροφορία δηλώνεται σε δύο ή περισσότερα σημεία του κειμένου οπότε απαιτείται η σύνδεση αυτών των σημείων καθώς και η εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος. Η απάντηση των ερωτήσεων αυτών προϋποθέτει καλά δομημένα / σχηματισμένα μοντέλα κειμένου και εγκαθίδρυσης του εκπαιδευόμενου.
- **Ερωτήσεις επίλυσης προβλήματος:** για να απαντηθούν αυτές οι ερωτήσεις απαιτείται η σύνδεση της πληροφορίας του κειμένου με το γνωστικό υπόβαθρο του εκπαιδευόμενου και η εφαρμογή της καινούριας πληροφορίας σε ένα νέο περιβάλλον. Η απάντηση των ερωτήσεων αυτών προϋποθέτει καλά δομημέ-

να/σχηματισμένα μοντέλα κειμένου και εγκαθίδρυσης του εκπαιδευόμενου.

### **3. Ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών**

Έχοντας ως στόχο την παρουσίαση σε εισαγωγικό επίπεδο των βασικών εννοιών της Πληροφορικής στον πρωτοετή φοιτητή του τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, τα θέματα εξέτασης στοχεύουν κυρίως στα επίπεδα Ανάκλησης, Κατανόησης και Εφαρμογής σύμφωνα με την ταξινόμια Mayer (2002). Τα επίπεδα Ανάλυσης – Αξιολόγησης θεωρούνται ως στόχοι των μαθημάτων που θα παρακολουθήσουν οι φοιτητές στα αντίστοιχα μαθήματα των μεγαλύτερων εξαμήνων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες των φοιτητών στις θεματικές ενότητες **Αποθήκευση και Διαχείριση Δεδομένων**.

Στην θεματική ενότητα «Αποθήκευση Δεδομένων» οι φοιτητές ασχολούνται με θέματα που αφορούν την αναπαράσταση και την αποθήκευση των δεδομένων στο εσωτερικό του υπολογιστή, αναλυτικότερα μελετούν τον τρόπο που αποθηκεύονται τα μπιτ, τον ρόλο της κύριας μνήμης, τα αποθηκευτικά μέσα που υπάρχουν, την αναπαράσταση των πληροφοριών ως σχημάτων μπιτ, το δυαδικό σύστημα. Στην θεματική ενότητα «Διαχείριση Δεδομένων» οι φοιτητές μαθαίνουν τον τρόπο με τον οποίο ένας υπολογιστής χειρίζεται δεδομένα. Επιπλέον εισάγονται στα βασικά της αρχιτεκτονικής των υπολογιστών και στον τρόπο που προγραμματίζονται οι υπολογιστές μέσω κωδικοποιημένων οδηγιών - των εντολών γλώσσας μηχανής (Brookshear, 2009).

Για να εντοπιστούν οι έννοιες που δυσκολεύουν τους φοιτητές σε αυτές τις θεματικές ενότητες συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν τα θέματα και οι απαντήσεις από τις γραπτές εξετάσεις τεσσάρων εξεταστικών περιόδων. Παρακάτω επιλέχθηκαν να παρουσιαστούν δύο θέματα εξέτασης τα οποία είναι επιπέδου Εφαρμογής κατά Mayer και γεφυρώματος-συμπεράσματος κατά Kintch-McNamara και να αναλυθούν τα προβληματικά σημεία που καλύπτουν βασικές έννοιες και των δύο ενότητων.

#### **3.1 Ερώτημα 1ο**

*Έστω ένας υπολογιστής με κύρια μνήμη μεγέθους 1MB, η οποία περιέχει κελιά μεγέθους 8 bit. Αν στον υπολογιστή αυτόν εκτελούνται εντολές μεγέθους 16 bit να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα και να δικαιολογήσετε την άποψη σας:*

1. Από πόσα μπιτ αποτελείται ο διάυλος διευθύνσεων;

2. Από πόσα μπιτ αποτελείται ο διάυλος δεδομένων;
3. Ποιο είναι το μέγεθος του μετρητή προγράμματος;
4. Ποιο είναι το μέγεθος του καταχωρητή εντολών;
5. Ποιος αριθμός προστίθεται στον μετρητή προγράμματος προκειμένου να βρεθεί η διεύθυνση της επόμενης εντολής;
6. Ποιο είναι το μέγιστο πλήθος των εντολών που μπορούν να αποθηκευτούν στην Κύρια Μνήμη;

Το ερώτημα αυτό εξετάζει τις έννοιες α) διάυλοι σύνδεσης της ΚΜΕ με την ΚΜ, β) ειδικοί καταχωρητές, γ) κύρια μνήμη και δ) δυαδικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα οι φοιτητές προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα θα έπρεπε:

- να μπορούν να εξηγήσουν τη λειτουργία των διαύλων διευθύνσεων και δεδομένων και των ειδικών καταχωρητών (ενότητα Διαχείρισης Δεδομένων - επίπεδο Κατανόησης κατά Mayer)
- να μπορούν να προσδιορίσουν το μέγεθος των διαύλων διευθύνσεων και δεδομένων και των ειδικών καταχωρητών σε έναν υπολογιστή συγκεκριμένων προδιαγραφών (ενότητα Διαχείρισης Δεδομένων - επίπεδο Εφαρμογής κατά Mayer)
- να είναι σε θέση να καθορίσουν το βήμα αύξησης του μετρητή προγράμματος με δεδομένο το μέγεθος εντολής προγράμματος σε υπολογιστή συγκεκριμένων προδιαγραφών (ενότητα Διαχείρισης Δεδομένων - επίπεδο Εφαρμογής κατά Mayer)
- να συνδέουν την οργάνωση της ΚΜ και τον ρόλο της στην εκτέλεση ενός προγράμματος (ενότητες Αποθήκευσης και Διαχείρισης Δεδομένων - επίπεδα Κατανόησης και Εφαρμογής κατά Mayer)
- να χρησιμοποιούν το δυαδικό σύστημα (ενότητα Αποθήκευσης Δεδομένων)

Σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Kintch-McNamara τα ερωτήματα των εξετάσεων ήταν γεφυρώματος-συμπεράσματος. Για την απάντηση των ερωτήσεων η αναγκαία πληροφορία δηλώνεται σε δύο διαφορετικές ενότητες του κειμένου (διάυλος διευθύνσεων, διάυλος δεδομένων, κύρια μνήμη, ειδικοί καταχωρητές, δυαδικό σύστημα) και απαιτείται η σύνδεση αυτών των σημείων καθώς και η εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος (όπως μέγεθος διαύλου διευθύνσεων, μέγιστο πλήθος εντολών ανάλογα με το μέγεθος της κύριας μνήμης και το μέγεθος της εντολής

κ.τ.λ.). Η απάντηση των ερωτήσεων αυτών προϋποθέτει καλά δομημένα σχηματισμένα μοντέλα κειμένου και εγκαθίδρυση του φοιτητή και έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς απαιτούνται δεξιότητες κριτικής και συνδυαστικής σκέψης για την διαδικασία συνδυασμού των γνώσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων .

Αναλύθηκαν 333 (270+63) γραπτά φοιτητών από δύο εξεταστικές περιόδους και, όπως φαίνεται στον Πίνακα1, μόνο το 10% των φοιτητών υπολόγισε σωστά τον αριθμό των bit του διαύλου διευθύνσεων του υπολογιστή του ερωτήματος, το 24% δεν απάντησε και το 66% έδωσε ελλιπή/λανθασμένη απάντηση, δηλαδή το 90% των φοιτητών φαίνεται πως δεν έχει κατανοήσει τη λειτουργία του διαύλου διευθύνσεων. Αντίθετα φαίνεται πως ο προσδιορισμός του μεγέθους του διαύλου δεδομένων δυσκολεύει μόνο το 41% των φοιτητών που δεν απάντησαν (30%) ή έδωσαν λανθασμένη απάντηση (11%), ενώ το 59% δεν συνάντησε κάποια δυσκολία. Τέλος στον υπολογισμό του μέγιστου πλήθους εντολών που μπορούν να αποθηκευτούν στην ΚΜ του υπολογιστή της άσκησης το 23% των φοιτητών απάντησαν σωστά, το 15% δεν απάντησαν και το 62% απάντησε ελλιπώς/λάθος, δηλαδή το 77% των φοιτητών φαίνεται πως δεν έχει κατανοήσει ότι απαιτείται η σύνδεση της πληροφορίας για το μέγεθος της εντολής με την πληροφορία του μεγέθους της ΚΜ για την εύρεση της απάντησης του ερωτήματος.

*Πίνακας 1. Ποσοστά επιτυχίας των φοιτητών στα υποερωτήματα 1,2 και 6.*

Ερωτήματα υπολογισμού	Ποσοστά Φοιτητών					
	Μεγέθους διαύλου διευθύνσεων		Μεγέθους διαύλου δεδομένων		Μέγιστου πλήθους εντολών στην ΚΜ	
Σωστά	10%		59%		23%	
Δεν απάντησαν	24%	90%	30%	41%	15%	77%
Λάθος ή ελλιπώς	66%		11%		62%	

Παρακάτω παρατίθενται αναλυτικότερα οι λανθασμένες απαντήσεις, με τη μεγαλύτερη συχνότητα, στο ερώτημα για το μέγεθος του διαύλου διευθύνσεων.

- 38% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 8 bit. Φαίνεται ότι οι φοιτητές μπερδεύουν το μέγεθος των κελιών της ΚΜ με τον διάυλο διευθύνσεων, δηλαδή θεωρούν ότι στο διάυλο διευθύνσεων μεταφέρεται η πληροφορία που αποθηκεύεται σε ένα κελί της ΚΜ.
- 24% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 16 bit, ενδεικτικό του ότι δεν γνωρίζουν ότι το μέγεθος του διαύλου διευθύνσεων είναι ανεξάρτητο από το μέγεθος των εντολών.

- 17% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 10 bit ή 6 bit. Εδώ οι φοιτητές φαίνεται ότι υπολόγισαν τον αριθμό bit του διαύλου διευθύνσεων με σωστή λογική, αλλά μερικοί μπέρδωσαν τη μονάδα μέτρησης MB με το KB, ( $1\text{MB} = 2^{20}$  και όχι ίσο με  $2^{10}$ ) και κάποιοι άλλοι θεώρησαν το  $1\text{MB}=10^6$  bit ενδεικτικό του ότι δεν έχουν εμπεδώσει ότι οι υπολογιστές χρησιμοποιούν το δυαδικό σύστημα και όχι το δεκαδικό.
- 7% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν  $2^{10}$  bit. Φαίνεται και εδώ ότι υπάρχει πρόβλημα στο να υπολογίσουν το MB σε δυνάμεις του 2, αλλά και ότι δεν γνωρίζουν ότι ο διάυλος διευθύνσεων σε αυτή την περίπτωση θα είχε 10 bit και όχι  $2^{10}$ .

Οι λανθασμένες απαντήσεις σχετικά με το μέγεθος του διαύλου δεδομένων είναι ενδεικτικές ότι δεν έχουν κατανοήσει τι είναι ο διάυλος δεδομένων και δυσκολεύονται να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ μεγέθους εντολής και κελιού της ΚΜ. Κάποιες από τις απαντήσεις που δόθηκαν για το μέγεθος του διαύλου δεδομένων είναι:

- ίσο με το μέγεθος της κύριας μνήμης
- 3 bit. Πιθανόν θεώρησαν ότι ο διάυλος δεδομένων είναι ίσος με το μέγεθος του κελιού της ΚΜ (8 bit) και ότι χρειαζόταν η δύναμη αυτού με βάση το 2, δηλαδή  $2^3 = 8$  bit
- 4 bit, δηλαδή γνώριζαν ότι το μέγεθος του διαύλου δεδομένων έχει σχέση με το μέγεθος της εντολής (16bit), αλλά θεώρησαν ότι χρειαζόταν αυτό να υπολογιστεί ως δύναμη του 2, δηλαδή  $2^4 = 16$ .

Το 62% των φοιτητών που υπολόγισαν λανθασμένα το μέγιστο πλήθος των εντολών που μπορούν να αποθηκευθούν στην ΚΜ έδωσαν μεγάλη ποικιλία απαντήσεων. Από αυτούς το 23% έδωσαν λάθος απάντηση λόγω ελλειμματικού γνωστικού υπόβαθρου σχετικού με το δυαδικό σύστημα, όπως φαίνεται αναλυτικά παρακάτω:

- 13% απάντησαν “512”. Επομένως γνωρίζουν να προσδιορίσουν το μέγιστο πλήθος των εντολών που μπορούν να αποθηκευτούν στην ΚΜ, αλλά υπολόγισαν λάθος το  $1\text{MB}=1024\text{Bytes}$  ενδεικτικό των ελλείψεων των φοιτητών στο δυαδικό σύστημα.
- 10% έδωσαν την απάντηση “ $5 \cdot 10^5$  ή αλλιώς 5.000.000”. Έχουν κατανοήσει λοιπόν ότι κάθε εντολή καταλαμβάνει χώρο δύο κελιών στην ΚΜ και άρα το μέγιστο πλήθος των εντολών που μπορούν να αποθηκευτούν στην ΚΜ είναι όσα τα μισά Bytes της κύριας μνήμης. Όμως θεώρησαν λανθασμένα ότι

1MB=10<sup>6</sup>Bytes, γεγονός που υποδηλώνει ότι «ξεχνούν» ότι στην επιστήμη το υπολογιστών χρησιμοποιείται το δυαδικό σύστημα.

Στον Πίνακα 2 φαίνονται τα ποσοστά επιτυχίας των φοιτητών στα υποερωτήματα 3,4 και 5.

**Πίνακας 2.** Ποσοστά επιτυχίας των φοιτητών στα υποερωτήματα 3,4 και 5.

Ερωτήματα υπολογισμού	Ποσοστά Φοιτητών					
	Μεγέθους μετρητή προγράμματος		Μεγέθους καταχωρητή εντολών		Βήματος αύξησης μετρητή προγράμματος	
Σωστά	6%		38%		26%	
Δεν απάντησαν	47%	94%	33%	62%	49%	74%
Λάθος ή ελλιπώς	47%		29%		25%	

Εξετάζοντας αναλυτικότερα τον Πίνακα 2 βλέπουμε πως μόνο το 6% των φοιτητών υπολόγισαν σωστά το μέγεθος του μετρητή προγράμματος, το 94% απάντησαν λάθος/ελλιπώς (47%) ή δεν έδωσαν καμία απάντηση (47%). Αντίθετα στον υπολογισμό του μεγέθους του καταχωρητή εντολών το 38% των φοιτητών απάντησε σωστά και το 62% απάντησε λάθος/ελλιπώς (29%) ή δεν έδωσε καμία απάντηση (33%). Φαίνεται πως η κατανόηση της χρήσης του καταχωρητή εντολών είναι πιο εύκολη σε σχέση με την κατανόηση της λειτουργίας του μετρητή προγράμματος που δυσκολεύει ιδιαίτερα τους φοιτητές όπως συνηγορούν και τα ποσοστά επιτυχίας του υπολογισμού του βήματος αύξησης του μετρητή προγράμματος κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος όπου το 26% των φοιτητών απάντησε σωστά και το 74% απάντησε λάθος/ελλιπώς (25%) ή δεν έδωσε καμία απάντηση (49%). Παρακάτω παρατίθενται πιο αναλυτικά οι λανθασμένες απαντήσεις, με τη μεγαλύτερη συχνότητα, στο ερώτημα για το μέγεθος του μετρητή προγράμματος.

- 42% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 8 bit. Βλέπουμε ότι οι φοιτητές πιστεύουν ότι το μέγεθος του μετρητή προγράμματος είναι ίσο με το μέγεθος των κελιών της κύριας μνήμης, ενδεικτικό του ότι δεν έχουν κατανοήσει τη λειτουργία του μετρητή προγράμματος.
- 21% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 16 bit. Φαίνεται πως πιστεύουν ότι

το μέγεθος του μετρητή προγράμματος είναι ίσο με το μέγεθος των εντολών του υπολογιστή που είναι 16 bit, ενδεικτικό του ότι δεν έχουν κατανοήσει τη λειτουργία του μετρητή προγράμματος.

- 14% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 32 bit ή 64 bit. Εδώ απάντησαν με βάση το ότι γνωρίζουν ότι στους περισσότερους υπολογιστές ο μετρητής προγράμματος έχει μέγεθος 32 ή 64 bit και λανθασμένα πιστεύουν ότι ισχύει για όλους τους υπολογιστές.

Στο ερώτημα προσδιορισμού του μεγέθους του καταχωρητή εντολών 29% των φοιτητών απάντησαν λάθος. Η λανθασμένη απάντηση με τη μεγαλύτερη συχνότητα είναι 8 bit. Φαίνεται πως θεωρούν ότι ο καταχωρητής εντολών πρέπει να έχει ίδιο μέγεθος με τα κελιά της κύριας μνήμης, ενδεικτικό του ότι δεν έχουν κατανοήσει τη λειτουργία του καταχωρητή εντολών.

Τέλος στο ερώτημα προσδιορισμού του βήματος αύξησης του μετρητή προγράμματος 24% των φοιτητών έδωσαν λανθασμένη απάντηση, με τις πιο συχνές απαντήσεις να είναι:

- 40% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 1, δηλαδή θεωρούν ότι είναι απλώς ένας μετρητής που αυξάνεται κάθε φορά κατά ένα για να βρεθεί η επόμενη εντολή προς εκτέλεση. Δείχνουν να αγνοούν ότι το βήμα αύξησης του μετρητή προγράμματος εξαρτάται από το μέγεθος του καταχωρητή εντολών.
- 33% των λανθασμένων απαντήσεων ήταν 16. Θεώρησαν δηλαδή ότι επειδή ο καταχωρητής εντολών έχει μέγεθος 16 bit θα αυξάνεται ο μετρητής προγράμματος κατά 16, αγνοώντας ότι το βήμα εκφράζει μετά από πόσα κελιά μνήμης βρίσκεται η επόμενη εντολή.

### 3.2 Ερώτημα 2ο

Το ερώτημα τέθηκε σε δύο εξεταστικές περιόδους με άλλα δεδομένα κάθε φορά, αλλά ίδια ζητούμενα. *Δόθηκε πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής που βρίσκεται αποθηκευμένο σε συγκεκριμένη θέση της ΚΜ (π.χ. Α5) και ζητήθηκε από τους φοιτητές να περιγράψουν την εκτέλεση του προγράμματος και να προσδιορίσουν με ποιον τρόπο εμπλέκονται οι καταχωρητές ειδικής χρήσης - μετρητής προγράμματος και καταχωρητής εντολών - στην εκτέλεση του προγράμματος.*

Το ερώτημα αυτό εξετάζει τις έννοιες α) προγραμματισμός σε γλώσσα μηχανής, β) εντολές μηχανής, γ) ειδικοί καταχωρητές, γ) διεύθυνση κελιού ΚΜ, δ) λογικές πράξεις, ε) πράξεις σε καταχωρητές. Πιο συγκεκριμένα οι φοιτητές προκειμένου να

απαντήσουν στα ερωτήματα θα έπρεπε να είναι σε θέση:

- να προσδιορίζουν τα βήματα εκτέλεσης ενός προγράμματος
- να καθορίζουν το περιεχόμενο των ειδικών καταχωρητών κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός δοσμένου προγράμματος
- να προσδιορίζουν την τιμή του μετρητή προγράμματος όταν υπάρχει άλμα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός δοσμένου προγράμματος
- να χρησιμοποιούν τις λογικές πράξεις XOR, AND, OR για εύρεση συμπληρώματος ως προς 1, απ/ενεργοποίηση περισσότερο/λιγότερο σημαντικών ψηφίων σε έναν καταχωρητή κ.τ.λ.

Στην πρώτη εξέταση που συμμετείχαν 94 φοιτητές το 8% των φοιτητών απάντησε σωστά, ενώ το 92% απάντησε είτε λάθος/ελλιπώς (40%) είτε δεν απάντησε καθόλου (52%) και στην δεύτερη εξέταση όπου συμμετείχαν 90 φοιτητές το 18% των φοιτητών απάντησε σωστά, ενώ το 82% απάντησε λάθος/ελλιπώς (60%) ή δεν απάντησε καθόλου (22%). Τα ποσοστά επιτυχίας των φοιτητών δίνονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 3.** Ποσοστά επιτυχίας των φοιτητών

	Ποσοστά Φοιτητών			
	1η Εξέταση		2η Εξέταση	
Σωστά	8%		18%	
Απάντησαν λάθος ή ελλιπώς	40%	92%	60%	82%
Δεν απάντησαν	52%		22%	

Ομαδοποιώντας τις λανθασμένες απαντήσεις των φοιτητών στο συγκεκριμένο θέμα προκύπτουν οι εξής κατηγορίες:

- Δεν εξηγούν με πληρότητα τη λειτουργία του μετρητή προγράμματος.
- Δεν προσδιορίζουν τον τρόπο συμπεριφοράς του μετρητή προγράμματος στο άλμα.
- Δεν εξηγούν με πληρότητα τη λειτουργία του καταχωρητή εντολών.
- Προσπαθούν να περιγράψουν την εκτέλεση του προγράμματος, χωρίς να εμπλέκουν το μετρητή προγράμματος και τον καταχωρητή εντολών.
- Ορίζουν γενικά τη λειτουργία του μετρητή προγράμματος και του καταχωρητή εντολών, χωρίς να περιγράφουν τη λειτουργία τους κατά τη βηματική εκτέλεση του προγράμματος.

#### 4. Συμπεράσματα

Με βάση λοιπόν συνολικά τις λανθασμένες απαντήσεις σε αυτά τα δύο ερωτήματα, οι φοιτητές φαίνεται να συναντούν δυσκολίες:

- στην οργάνωση της ΚΜ και το ρόλο της στην εκτέλεση ενός προγράμματος
  - συγχέουν τη διεύθυνση με το περιεχόμενο ενός κελιού
- στην κατανόηση του ρόλου των διαύλων διευθύνσεων και δεδομένων στην επικοινωνία ΚΜΕ με την ΚΜ
  - συσχετίζουν το μέγεθος του διαύλου διευθύνσεων με το μέγεθος του κελιού της ΚΜ ή της εντολής του υπολογιστή
  - συσχετίζουν το μέγεθος του διαύλου δεδομένων με το συνολικό μέγεθος της ΚΜ ή του κελιού της
- στην ολοκληρωμένη περιγραφή της λειτουργίας των ειδικών καταχωρητών
  - συσχετίζουν το μέγεθος του μετρητή προγράμματος με το μέγεθος εντολής του υπολογιστή
  - συσχετίζουν το μέγεθος του καταχωρητή εντολών με το μέγεθος του κελιού της ΚΜ
- στην βηματική εκτέλεση ενός προγράμματος με εντολές σε γλώσσα μηχανής
  - στον καθορισμό του βήματος αύξησης του μετρητή προγράμματος
  - στον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του μετρητή προγράμματος σε περίπτωση άλματος σε ένα πρόγραμμα
- υπάρχει ελλειμματική γνώση σχετικά με το δυαδικό σύστημα

Από την ανάλυση των γραπτών απαντήσεων των φοιτητών παρατηρήθηκε ότι παρόλο που δείχνουν να έχουν κατανοήσει κάποιες βασικές έννοιες δυσκολεύονται στην εφαρμογή των γνώσεών τους και ιδιαίτερα όπου απαιτείται συνδυασμός αυτών. Επιπλέον παρατηρήθηκε πως αρκετοί φοιτητές μεγαλύτερων ετών που συμμετείχαν στις εξετάσεις εξακολουθούν να έχουν λανθασμένες αντιλήψεις στα θέματα που αναλύθηκαν - Διαχείρισης και Αποθήκευσης Δεδομένων. Φαίνεται λοιπόν ότι οι λανθασμένες απόψεις τους τους ακολουθούν και στη συνέχεια των σπουδών τους και πιθανόν να έχουν προβλήματα σε πιο εξειδικευμένα μαθήματα που διδάσκονται σε επόμενα έτη όπως Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών Ι και ΙΙ καθώς και Λογικής Σχεδίασης. Αυτό είναι ενδεικτικό της σημασίας που έχει η στοχευμένη διδακτική παρέμβαση κατά το πρώτο έτος ώστε μέσω της γνωστικής σύγκρουσης, της αποσαφήνισης των θεμάτων και της καλλιέργειας δεξιοτήτων συνδυαστικής σκέψης να ξεπεραστούν οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις τους εγκαίρως.

#### Αναφορές

ACM/IEEE-Curriculum 2001 Task Force (2001). Computing Curricula 2001, Com-

- puter Science. IEEE Computer Society Press and ACM Press.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Book 1, Cognitive domain*. New York: Longman.
- Brought, G. (2001). Computer organization in the breadth-first course. *Journal of Computing in Small Colleges*, 16(4), pp.182-195.
- Brookshear, J. G. (2009). *Η επιστήμη των υπολογιστών μια ολοκληρωμένη παρουσίαση*, 10η αμερικάνικη έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Ericson, B., and Rogers, E. (1996). Interactive Student Support for Introductory Computer Science Courses'. *Proceedings of 1996 IEEE Frontiers in Education Conference*, 3, pp.1487 – 1490.
- Jones, RP., Ruehr, F., Salter, R. (1996). Enhancement of the introductory computer science curriculum, In *Proceedings of the 1996 IEEE Frontiers in Education*.
- Kay D.G. (1998). Large introductory computer science classes: strategies for effective course management. In: D. Joyce (ed) *Twenty-ninth SIGCSE technical symposium on computer science education, Association for computing machinery special interest group on computer science education*, Atlanta, Georgia, pp. 131-134.
- Kintsch,W., and van Dijk,T.A. (1978).Towards a model of text comprehension and production. *Psychological Review* , 85 , pp. 363-394.
- Mayer, R. (2002). A taxonomy for computer-based assessment of problem solving. In *Computers in Human Behaviour*, 18, pp. 623-632.
- McNamara,D.S.,Kintsch,E.,Songer,N.B., and Kintsch,W. (1996). Are good texts always better? Text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text.*Cognition and Instruction* ,14 , pp. 1-43.
- Reek, K. (1996). A software infrastructure to support introductory computer science courses. *Proceedings of the Twenty Seventh SIGCSE 1996*, pp. 125-129
- Verginis I., Gogoulou A., Gouli, E., Boubouka M., and Grigoriadou M. (2009). Enhancing Learning in Introductory Computer Science Courses through SCALE: An empirical study. *IEEE Transactions on Education* , 54(1), pp. 1-13.
- Βεργίνης, Η., Γουλή, Ε., Γόγουλου, Α., & Γρηγοριάδου, Μ. (2008). Υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας σε εισαγωγικά μαθήματα Πληροφορικής μέσω του περιβάλλοντος SCALE. Στο Β. Κόμης (επιμ.) *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διδακτική της Πληροφορικής»*, Πάτρα, 28-30 Μαρτίου σελ. 45-54.

### Abstract

---

This paper presents the analysis of students' answers in questions concerning fundamental computer science concepts relevant to Data Storing and Data Manipulation in the context of introductory informatics courses. More specifically the concepts under examination concern communication between Main Memory Unit and CPU, machine language programs' execution and special registers. The analysis of students' answers highlights students' difficulties in the particular themes. Taking into account these difficulties inferences are drawn about students' cognitive difficulties in order to support and enhance their learning process effectively.

**Keywords:** cognitive difficulties, fundamental computer science concepts, Data Storing, Data Manipulation