

ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ: Η ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Δρ. Τζιμογιάννης Αθανάσιος, Καθηγητής Πληροφορικής, 2ο ΤΕΛ Ιωαννίνων, Καλιάφα 2, Ιωάννινα 45332, telioan2@otenet.gr

Δρ. Κόμης Βασίλης, Λέκτορας Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πανεπιστημιούπολη, Ρίο, 26 500, Πάτρα, komis@upatras.gr

Λέξεις Κλειδιά: διδακτική Πληροφορικής, Επίλυση Προβλημάτων Προγραμματισμού, Δομή Ελέγχου.

Θέμα: Πληροφορική στην Εκπαίδευση.

Επίπεδο Εκπαίδευσης: Λύκειο.

Κατηγορία: Μελέτη Περίπτωσης.

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης (case study), στην οποία καταγράφονται οι δυσκολίες και οι τρόποι που χρησιμοποιούν οι μαθητές της Α΄ τάξης του Ενιαίου Λυκείου τη δομή ελέγχου (conditional structure) όταν επιλύουν προβλήματα προγραμματισμού στα οποία απαιτείται η χρήση της. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η χρήση της δομής ελέγχου εξαρτάται τόσο από τις πρότερες γνώσεις των μαθητών (μαθηματικές, λογικές, χρήσης υπολογιστών, κλπ.) όσο και από τον τύπο των δεδομένων που πρέπει να χειριστούν για την επίλυση των προβλημάτων.

Abstract

This paper is a case study that deals with the investigation of A' class Highschool (Lyceum) students' difficulties and ways of applying the conditional structure in problem solving with computer programming processes, which demand its use. Our results indicate that effective use of conditional structure depends both on students' preexisting knowledge (mathematical, logical, computer use ability, etc.) and on the data type they have to handle for the solution of the relevant problems.

1. Εισαγωγή

Η δομή ελέγχου είναι μια από τις βασικές δομές του προγραμματισμού και απαντάται σε όλα τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα. Οι διάφορες έρευνες δείχνουν ότι είναι μια δομή που οικοδομείται με ιδιαίτερη δυσκολία από τους μαθητές που μαθαίνουν προγραμματισμό και από τους αρχάριους προγραμματιστές [Rogalski, 1987, Soloway & Spohrer, 1989]. Στη μάθησή της παρεμβαίνουν διάφοροι παράγοντες, οι οποίοι και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, στο πλαίσιο της διδασκαλίας του προγραμματισμού. Οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται τόσο με τις γενικότερες δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην οικοδόμηση των διαφόρων εννοιών του προγραμματισμού όσο και με τις εγγενείς ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη δομή. Οι ιδιαιτερότητες αυτές έχουν μελετηθεί στα πλαίσια διαφόρων εμπειρικών ερευνών που έχουν διεξαχθεί κάτω από το πρίσμα της διδακτικής και της ψυχολογίας του προγραμματισμού.

Ένα από τα πιο σημαντικά εμπόδια για την οικοδόμηση της δομής ελέγχου άπτεται της αναπαράστασης που διαθέτουν οι μαθητές για τη σειριακή εκτέλεση του προγράμματος. Μέσα σε ένα πρόγραμμα που διαθέτει μια αυστηρή αλληλουχία εντολών, για κάθε είσοδο δεδομένων, το σύνολο των περιγραφόμενων υπολογισμών πραγματοποιείται με τη σειρά εγγραφής των εντολών. Οι δομές ελέγχου διακόπτουν αυτό τον ισομορφισμό γραμμικής τάξης ανάμεσα στο κείμενο του προγράμματος και στην εκτέλεσή του [Rogalski & Vergnaud, 1987]. Στην περίπτωση των δομών ελέγχου, για μία είσοδο δεδομένων, μόνο μία από τις δυνατές διαδρομές θα ακολουθηθεί κατά την εκτέλεση. Μια δομή ελέγχου οφείλει να διαχειριστεί την τροποποίηση των σχέσεων ανάμεσα στη γραμμική γραφή του προγράμματος και τη σειριακότητα της εκτέλεσης. Οι αναπαραστάσεις που έχουν οι μαθητές πάνω στη σειριακότητα θα αλληλεπιδράσουν με τις σημασιολογικές και τις συντακτικές ιδιότητες του προγράμματος. Οι ιδιαίτερες γνωστικές δυσκολίες προστίθενται στις γενικές δυσκολίες που αφορούν στην οικοδόμηση των προγραμματιστικών εννοιών:

- ✓ λογικό περιεχόμενο των συνθηκών (συνδυασμός περιπτώσεων, λογικές πράξεις σύζευξης, διάζευξης, άρνησης, κλπ.),
- ✓ συμβολικές αναπαραστάσεις αυτών των περιπτώσεων,
- ✓ σημασιολογικές και συντακτικές ιδιότητες της δομής ελέγχου μέσα στη χρησιμοποιούμενη γλώσσα,
- ✓ αλληλεπιδράσεις με τις αναπαραστάσεις της σειριακότητας της εκτέλεσης.

Από τη σχετική βιβλιογραφία φαίνεται ότι οι πρότερες μαθηματικές γνώσεις καθώς και οι γνώσεις λογικής παίζουν σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση της έννοιας της δομής ελέγχου. Σε γενικό επίπεδο, οι έρευνες συγκλίνουν στο ότι οι μαθητές που έχουν ένα ανεπτυγμένο μαθηματικό υπόβαθρο, μαθαίνουν πιο γρήγορα τις δομές του τύπου αυτού [Rogalski, 1987]. Η δεξιότητα της χρήσης λογικών τελεστών (AND, OR, NOT) είναι απαραίτητη για την πρόσκτηση της υπό συνθήκη εντολής. Όμως, η δεξιότητα αυτή δεν είναι αρκετή αφού σημαντικό ρόλο παίζει το ακατάλληλο μοντέλο της ακολουθιακής αντίληψης εκτέλεσης ενός προγράμματος από το πληροφορικό μέσο.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι γνωστικές δυσκολίες που αφορούν στη μάθηση των δομών ελέγχου περιλαμβάνουν πολλές ταυτόχρονες πτυχές [Samurçay, 1987]: λογικό περιεχόμενο, σημασιολογικό περιεχόμενο και αναπαράσταση της συνθήκης. Οι έρευνες επιτρέπουν επίσης τη διατύπωση κάποιων υποθέσεων πάνω στην επιρροή των πρότερων γνώσεων και στις ιδιαίτερες δυσκολίες των επεξεργασιών υπό συνθήκη.

Η φύση των συνθηκών από τις οποίες εξαρτάται το λογικό τεστ οφείλει να ληφθεί υπόψη: η συνθήκη μπορεί να είναι ενδογενής, ορισμένη από το αποτέλεσμα ενός υπολογισμού – με την ευρεία έννοια του όρου – ή εξωγενής, ορισμένη από μια αλληλεπιδραστική είσοδο, από το χρήστη. Ο ενδογενής ή ο εξωγενής χαρακτήρας παράγει αποτελέσματα πάνω στην επεξεργασία από αρχάριους σε μια έννοια όπως αυτή της μεταβλητής [Rogalski & Vergnaud, 1987].

Η φύση των «πληροφορικών αντικειμένων» που εμπλέκονται με διασαφηνιστικό τρόπο στη συνθήκη και οι αναπαραστάσεις των μαθητών για αυτά τα αντικείμενα [Lagrange, 1992] μπορεί να ποικίλουν: σχέσεις που αφορούν μεταβλητές όπως οι αριθμοί ή οι χαρακτήρες επιτρέπουν, στον ένα ή στον άλλο βαθμό, να οδηγηθούμε σε οικεία σχήματα, η χρήση Boolean μεταβλητών απαιτεί νέες αναπαραστάσεις, η παρέμβαση συναρτήσεων οδηγεί σε αλλαγή γνωστικού πλαισίου.

Η ύπαρξη πρότερων γνώσεων (preprogramming knowledge) στην αναπαράσταση των συνθηκών τροποποιεί τη δυσκολία μιας δομής ελέγχου. Έτσι, έχει παρατηρηθεί ότι κατά τη συγγραφή τεστ (απλή υπό συνθήκη εντολή) από μαθητές 15-16 ετών σπάνια γίνονται λάθη τα οποία αφορούν απλά αριθμητικά τεστ (όπως $M > 0$). Σχετικά περισσότερα λάθη γίνονται με πιο σύνθετες αριθμητικές δομές (που αναπαριστούν διάρκεια) ή δεδομένα αλφαριθμητικού (string) τύπου για τα οποία οι μαθητές δε διαθέτουν τις ίδιες πρότερες γνώσεις [Bonar & Soloway, 1985].

Η υλοποίηση μέσα σε μια γλώσσα προγραμματισμού μπορεί να στηριχθεί σε μια σύνταξη περισσότερο ή λιγότερο πλούσια και να επιτρέψει να αντανakλαστεί περισσότερο ή λιγότερο άμεσα η σχέση ανάμεσα σε συνθήκες και επεξεργασίες. Η χρησιμοποιούμενη σύνταξη μπορεί να απομακρύνεται περισσότερο ή λιγότερο από τη φυσική γλώσσα. Η εντολή IF ... THEN ... ELSE ..., της Pascal για παράδειγμα, πρόσκειται στη φυσική γλώσσα ενώ αντίθετα η δομή ελέγχου σε ένα λογιστικό φύλλο, το Excel για παράδειγμα, εκφράζεται με μια συνάρτηση IF με τρία ορίσματα (το πρώτο αφορά το τεστ, τα άλλα δύο τις δυνατές τιμές ανάλογα το τεστ).

Η ύπαρξη πρότερων γλωσσολογικών γνώσεων μπορεί να διευκολύνει την πρόσβαση στη συντακτική φόρμα, ενώ με την απουσία τους τα υποκείμενα έχουν να αφομοιώσουν εκφράσεις ολοκληρωτικά νέες, οι οποίες συνδέονται με την έννοια της συνάρτησης που είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Πρέπει εντούτοις να υπογραμμιστεί ότι οι πρότερες γλωσσολογικές γνώσεις μπορούν να παίξουν μειωτικό ρόλο κατά την οικοδόμηση των προγραμματιστικών εννοιών, στο βαθμό που οι κανόνες λειτουργίας της φυσικής γλώσσας και αυτοί των γλωσσών προγραμματισμού δεν συνάδουν απόλυτα.

Στην παραπάνω ανάλυση της πολυπλοκότητας των δομών ελέγχου πρέπει επίσης να προστεθεί η σχέση μέσα στο πρόγραμμα ανάμεσα σε αυτές τις δομές και άλλες δομές ελέγχου: χωριστή δομή ελέγχου, διαδοχή πολλών δομών ελέγχου, εγκιβωτισμός μιας δομής ελέγχου σε μια επαναληπτική δομή ή το αντίθετο [Rogalski, Vergnaud, 1987].

2. Μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας

2.1. Επιλογή αντικειμένου μελέτης

Ο προγραμματισμός υπολογιστών και η χρήση προγραμματιστικών εργαλείων ως γνωστική δραστηριότητα έχουν γίνει αντικείμενο οργανωμένης έρευνας τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια. Το ερευνητικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη μελέτη

- των δυσκολιών και των παρανοήσεων φοιτητών και μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή των βασικών δομών του προγραμματισμού [Bonar & Soloway, 1985],
- των συνεπειών που έχει ο προγραμματισμός υπολογιστών στην ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων [Clements, 1987],
- των διαδικασιών μεταφοράς δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως στα Μαθηματικά [McCoy & Didl, 1989, Palumbo & Reed 1991].

Τα ερευνητικά δεδομένα που υπάρχουν στην Ελληνική βιβλιογραφία αφορούν στις δυσκολίες μαθητών Τεχνικών Επαγγελματικών Λυκείων Κλάδου Πληροφορικής στην κατανόηση και λειτουργική εφαρμογή των πινάκων [Τζιμογιάννης και Γεωργίου, 1998] και της δομής ελέγχου [Τζιμογιάννης και Γεωργίου, 1999] για την επίλυση απλών προβλημάτων προγραμματισμού. Η διδασκαλία του Προγραμματισμού Η/Υ καθιερώθηκε για πρώτη φορά στο Πρόγραμμα Σπουδών του Λυκείου από το σχολικό έτος 1998-99, στα πλαίσια του μαθήματος «Εφαρμογές Πληροφορικής». Το στοιχείο αυτό δίνει τη δυνατότητα επέκτασης της έρευνάς μας με ευρύτερο στόχο την αξιολόγηση του Προγραμματισμού Η/Υ ως διαδικασία ανάπτυξης γνωστικών δεξιοτήτων, στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών γενικής παιδείας.

Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή και η ανάλυση των δυσκολιών των μαθητών της Α΄ τάξης του Ενιαίου Λυκείου στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την επίλυση απλών προβλημάτων.

Η επιλογή του αντικειμένου μελέτης έγινε

- με βάση το ότι η δομή ελέγχου αποτελεί την πιο βασική δομή προγραμματισμού, που περιλαμβάνεται σε όλες τις γλώσσες,

- με στόχο τη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων μας με αντίστοιχες έρευνες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία [Samurçay, 1987].

2.2. Συνθήκες παρατήρησης

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά το δεύτερο δεκαπενθήμερο του Μαΐου 1999 και σε χρονική απόσταση τουλάχιστο δύο μηνών από την περίοδο του διδάχθηκε το αντικείμενο στην τάξη. Το ερευνητικό δείγμα αποτελείται από 82 μαθητές της Α΄ Τάξης του 2^{ου}, 4^{ου} και 7^{ου} Ενιαίου Λυκείου Ιωαννίνων. Η επιλογή των σχολείων έγινε με κριτήριο την κάλυψη των προβλεπόμενων από το Πρόγραμμα Σπουδών διδακτικών αντικειμένων του Προγραμματισμού Η/Υ [ΥΠΕΠΘ, 1997]. Οι διδάσκοντες, και στα τρία σχολεία, είχαν αφιερώσει τουλάχιστο 20 διδακτικές ώρες για τη διδασκαλία βασικών αρχών αλγοριθμικής θεωρίας και δομημένου προγραμματισμού και στοιχείων γλώσσας προγραμματισμού Pascal.

Η επιλογή των μαθητών του δείγματος έγινε τυχαία, στη βάση σχολικών τμημάτων. Από αυτούς 53 ήταν αγόρια και 29 κορίτσια. Ο μέσος όρος ηλικίας των μαθητών ήταν 15.8 έτη. Οι μαθητές του δείγματος είχαν παρακολουθήσει στην πλειονότητά τους (εκτός από 6) το μάθημα της Πληροφορικής κατά τη διάρκεια των γυμνασιακών τους σπουδών. 31 μαθητές (ποσοστό 37.8%) δήλωσαν ότι διέθεταν δικό τους υπολογιστή ή είχαν δυνατότητα πρόσβασης σε υπολογιστή σε χώρο εκτός του σχολείου.

Η έρευνα διεξήχθη με τη μορφή ανώνυμου γραπτού ερωτηματολογίου. Στους μαθητές δόθηκαν για απάντηση τρία έργα-ασκήσεις και τους ζητήθηκε να συνταχθεί ο αλγόριθμος επίλυσης. Βασική επιδίωξη ήταν να αποφύγουμε προβλήματα σχολικού τύπου, έτσι ώστε να καταγραφούν οι αντιλήψεις και οι πραγματικές δυσκολίες των μαθητών του δείγματος. Η κωδικοποίηση των προγραμμάτων από τους μαθητές έγινε κυρίως σε Pascal, ενώ σημαντικός αριθμός μαθητών επέλεξε την ανάπτυξη αλγορίθμου σε μορφή λογικού διαγράμματος.

3. Αποτελέσματα

3.1. Περιγραφική ανάλυση

Η αξιολόγηση και ταξινόμηση των απαντήσεων των μαθητών έγινε με βάση τα λογικά λάθη, ενώ αγνοήθηκαν τα αντίστοιχα συντακτικά λάθη. Οι προσεγγίσεις των μαθητών στα έργα της έρευνας κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες. Επαρκείς θεωρούνται οι λύσεις που χρησιμοποιούν τη σωστή συνθήκη και δίνουν ολοκληρωμένο τον αλγόριθμο επίλυσης του έργου με τη μορφή προγράμματος ή λογικού διαγράμματος. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάσσονται οι λύσεις που έχουν λογικά λάθη ή ελλείψεις στη σύνταξη της συνθήκης, ενώ χειρίζονται σωστά τα σχετικά δεδομένα και τις μεταβλητές (κατάλληλου τύπου). Στην τρίτη κατηγορία ταξινομούνται οι απαντήσεις που χαρακτηρίζονται από λανθασμένη χρήση μεταβλητών (π.χ. έλλειψη των κατάλληλων μεταβλητών που επιλύουν το έργο, χρήση μεταβλητών που δεν είναι απαραίτητες ή είναι λανθασμένου τύπου, κλπ.). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, η πλειονότητα των απαντήσεων της κατηγορίας αυτής παρουσιάζει επίσης λάθη στη σύνταξη της λογικής συνθήκης. Τέλος, θεωρούμε ανεπαρκείς τις προσεγγίσεις που δε δίνουν καμία απάντηση ή περιορίζονται απλά στη μηχανική παράθεση προκαταρκτικών-τυποποιημένων εντολών και δηλώσεων, βασισμένων στην αποστήθιση. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας για τα διάφορα έργα.

ΕΡΓΟ 1: *Να γραφεί πρόγραμμα που θα διαβάζει τη βαθμολογία ενός μαθητή και, όταν αυτή είναι κάτω από τη βάση (10), θα τυπώνει το μήνυμα «ΑΠΟΤΥΧΩΝ».*

Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο 1^ο έργο δίνονται στον Πίνακα 1. Το έργο εντάσσεται στην κατηγορία προβλημάτων που αντιμετωπίζονται συχνά στα πρώτα μαθήματα του προγραμματισμού. Παρόλα αυτά περισσότεροι από 6 στους 10 μαθητές δεν μπορούν να δώσουν επαρκή λύση. Το 20.7 % έχει σημαντικές αδυναμίες στη σωστή σύνταξη της συνθήκης και της δομής ελέγχου.

α/α	Διαδικασία	Συχνότητα N=82	Ποσοστό %
1	Επαρκής λύση	30	36.6
2	Λανθασμένη σύνταξη λογικής συνθήκης	17	20.7
3	Λανθασμένη χρήση μεταβλητών	5	6.1
4	Ανεπαρκής προσέγγιση	30	36.6

Πίνακας 1: Κατηγορίες απαντήσεων στο έργο 1

ΕΡΓΟ 2: *Να γραφεί πρόγραμμα που θα διαβάζει τη θερμοκρασία δωματίου και θα εμφανίζει το κατάλληλο μήνυμα ενεργοποίησης του συστήματος κλιματισμού:*

ΘΕΡΜΑΝΣΗ, για θερμοκρασία μικρότερη από 20 °C,

ΨΥΞΗ, για θερμοκρασία μεγαλύτερη από 25 °C.

Στον Πίνακα 2 ταξινομούνται οι απαντήσεις των μαθητών στο 2^ο έργο. Περίπου 2 στους 10 μαθητές δίνουν επαρκή λύση. Το 26.8 % των μαθητών έχει σημαντικές δυσκολίες στη σύνταξη της σχετικής λογικής συνθήκης. Το 9.8 % κάνει λανθασμένη χρήση της μεταβλητής που περιγράφει τη θερμοκρασία ή δηλώνει διάφορες μεταβλητές, χωρίς να τις χρησιμοποιεί στο πρόγραμμα.

α/α	Διαδικασία	Συχνότητα N=82	Ποσοστό %
1	Επαρκής λύση	18	21.9
2	Λανθασμένη σύνταξη λογικής συνθήκης	22	26.8
3	Λανθασμένη χρήση μεταβλητών	8	9.8
4	Ανεπαρκής προσέγγιση	34	41.5

Πίνακας 2: Κατηγορίες απαντήσεων στο έργο 2

ΕΡΓΟ 3: Να γραφεί πρόγραμμα που θα διαβάζει την κατάσταση του φωτεινού σηματοδότη (ΚΟΚΚΙΝΟ ή ΠΡΑΣΙΝΟ) και θα εμφανίζει το αντίστοιχο μήνυμα για τον οδηγό ενός αυτοκινήτου (ΣΤΑΜΑΤΑ ή ΦΥΓΕ).

Στον Πίνακα 3 ταξινομούνται οι απαντήσεις των μαθητών στο 3^ο έργο. Μόλις το 11% δίνει επαρκή απάντηση. Οι δυσκολίες που καταγράφονται αφορούν στη σύνταξη της λογικής συνθήκης και, κυρίως, στη χρήση κατάλληλης/ων μεταβλητής/ών. Οι περισσότεροι μαθητές έχουν σοβαρές αδυναμίες στη χρήση μεταβλητών αλφαριθμητικού τύπου, ενώ χρησιμοποιούν για την περιγραφή της κατάστασης του σηματοδότη μεταβλητές τύπου integer, real, ακόμη και array. Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές έχουν ανεπαρκή προσέγγιση στο συγκεκριμένο έργο. Διαπιστώνεται ότι, σε περιπτώσεις προβλημάτων αυξημένου βαθμού δυσκολίας, οι μαθητές δυσκολεύονται να εκτελέσουν σωστά ακόμη και ενέργειες ρουτίνας, που μπορούν να εφαρμόζον σε άλλες ασκήσεις, ή επιλέγουν να μη δώσουν καμία απάντηση.

α/α	Διαδικασία	Συχνότητα N=82	Ποσοστό %
1	Επαρκής λύση	9	11.0
2	Λανθασμένη σύνταξη λογικής συνθήκης	11	13.4
3	Λανθασμένη χρήση μεταβλητών	18	21.9
4	Ανεπαρκής προσέγγιση	44	53.7

Πίνακας 3: Κατηγορίες απαντήσεων στο έργο 3

Στον Πίνακα 4 δίνονται τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με τις επαρκείς προσεγγίσεις που δίνονται στα τρία έργα, με βάση το φύλο των μαθητών. Είναι φανερό ότι τα αγόρια έχουν σαφώς καλύτερη επίδοση και στα τρία έργα της έρευνας.

Έργο	Αγόρια		Κορίτσια	
	Συχνότητα N=53	Ποσοστό %	Συχνότητα N=29	Ποσοστό %
1 ^ο	22	41.5	8	27.6
2 ^ο	14	26.4	4	13.8
3 ^ο	8	15.1	1	3.4

Πίνακας 4: Κατηγορίες επαρκών απαντήσεων με βάση το φύλο

Στον Πίνακα 5 δίνονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις επαρκείς προσεγγίσεις, στα τρία έργα, των μαθητών που διαθέτουν ή έχουν πρόσβαση σε προσωπικό υπολογιστή. Δε ζητήθηκε από τους μαθητές να αναφέρουν τι τύπου δραστηριότητες κάνουν με τον προσωπικό υπολογιστή στο εκτός σχολείου πλαίσιο, οπότε και δεν μπορούμε να αναγάγουμε ειδικά συμπεράσματα για σχέσεις διαφόρων δραστηριοτήτων με υπολογιστή και ανάπτυξη προγραμματιστικής ικανότητας. Εντούτοις, η επίδοση των μαθητών που διαθέτουν υπολογιστή είναι εμφανώς καλύτερη.

Έργο	Συχνότητα N=31	Ποσοστό %
1 ^ο	15	48.3
2 ^ο	9	29.0
3 ^ο	6	19.3

Πίνακας 5: Κατηγορίες επαρκών απαντήσεων μαθητών που διαθέτουν PC

3.2. Παραγοντική ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης πολλαπλών αντιστοιχιών (analyse factorielle des correspondances multiples). Η ανάλυση αυτή θεωρείται ως η πιο κατάλληλη μέθοδος στατιστικής ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων, καθώς επιτρέπει

α) να αναδειχθούν οι ομαδοποιήσεις των απαντήσεων των μαθητών όπως αυτές αναδύονται μέσα από το ερωτηματολόγιο και

β) να έρθουν στο φως οι σχέσεις των επιμέρους ομάδων που προκύπτουν από την ανάλυση με την εισαγωγή των ατόμων στις διάφορες ομογενείς ομάδες με βάση κάποια κριτήρια, όπως η ηλικία, το φύλο και η κατοχή ή όχι ενός υπολογιστή.

Στην ανάλυση εμπλέκονται ως **ενεργές μεταβλητές** τα έργα 1, 2 και 3 (κάθε έργο κωδικοποιείται σε 5 δυνατές απαντήσεις: επαρκής, ανεπαρκής, λάθος σύνταξη λογικής συνθήκης, λάθος χρήση μεταβλητών, λάθος σύνταξη και λάθος μεταβλητές ταυτόχρονα) και ως **βοηθητικές μεταβλητές** οι ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, το σχολείο φοίτησης, την παρακολούθηση μαθημάτων Πληροφορικής στο Γυμνάσιο και την κατοχή υπολογιστή.

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τις “ιδιοτιμές” των τριών πρώτων παραγόντων, οι οποίοι εκφράζουν το 58,55% της πληροφορίας που μπορούμε να έχουμε από την παραγοντική ανάλυση. Ο πρώτος παράγοντας αναπαριστά το 22,72 % της συνολικής μεταβολής ενώ ο δεύτερος το 19,29 %. Στην περίπτωση αυτή οι δύο πρώτοι άξονες εκφράζουν το 42,01 % της μεταβολής των δεδομένων, ποσοστό ιδιαίτερα σημαντικό για τέτοιου είδους στατιστικές αναλύσεις. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τον αντίστοιχο παραγοντικό γράφημα είναι σίγουρης ποιότητας από πλευράς επεξηγήσεων και παρέχει ασφαλείς πληροφορίες για τη συμπεριφορά των υποκειμένων της έρευνας.

Παράγοντας	Ιδιοτιμή	ποσοστό %	σφαιρικό άθροισμα %	Ιστόγραμμα ιδιοτιμών της μήτρας
1	.7572	22.72	22.72	*****
2	.6431	19.29	42.01	*****
3	.5514	16.54	58.55	*****

Πίνακας 6: Σπουδαιότητα των τριών πρώτων παραγόντων

Ο πρώτος παραγοντικός άξονας παρουσιάζει την αντίθεση ανάμεσα σε δύο μεγάλες ομάδες τιμών μεταβλητών. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τις τιμές που εκφράζουν τις σωστές απαντήσεις και στα τρία έργα, καθώς επίσης και από τις τιμές που εκφράζουν τη λάθος χρήση μεταβλητής στα έργα 2 και 3. Μαζί τους τοποθετείται και η τιμή που αντιπροσωπεύει τους μαθητές από το 7^ο Λύκειο. Η τιμή αυτή ανήκει στις βοηθητικές μεταβλητές (τέτοιες τιμές εμφανίζονται στην ανάλυση μόνο όταν υπάρχει ισχυρή συσχέτιση με τις άλλες εμπλεκόμενες τιμές). Ως κύριο συμπέρασμα αυτού του σταδίου της ανάλυσης είναι ότι σωστές απαντήσεις ομαδοποιούνται μαζί (δηλαδή οι μαθητές που απαντούν σωστά σε μια ερώτηση απαντούν κατά κανόνα σωστά και στις άλλες). Επίσης ομαδοποιεί τις απαντήσεις που κάνουν λάθος χρήση μεταβλητής στα έργα 2 και 3 (αντιπροσωπεύει ουσιαστικά τους μαθητές που δεν έχουν κατανοήσει την αλφαριθμητική δομή). Συμπερασματικά, στην ομάδα αυτή συγκαταλέγονται οι μαθητές που χρησιμοποιούν σωστά τη δομή ελέγχου, ή κάνουν λάθη τα οποία προέρχονται από την ιδιαιτερότητα του τύπου των δεδομένων (όπως για παράδειγμα αλφαριθμητικού τύπου) και όχι από την ανεπαρκή οικοδόμηση της δομής ελέγχου.

Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τις τιμές που αφορούν την ανεπαρκή επίλυση και των τριών έργων (οι μαθητές που δεν έχουν κατανοήσει ούτε τη σύνταξη της δομής, ούτε θέτουν σωστά τις μεταβλητές, ούτε δίνουν σωστό αλγόριθμο σε επίπεδο ψευδογλώσσας) καθώς επίσης και τις τιμές που αφορούν μαθητές από το 2^ο Λύκειο και μαθητές που δεν παρακολούθησαν μάθημα Πληροφορικής στο Γυμνάσιο. Η ομαδοποίηση αυτή επιτρέπει να δούμε ότι η μη διασκαλία Πληροφορικής στο Γυμνάσιο επηρεάζει αρνητικά την απόδοση των μαθητών στα τρία έργα (πρέπει εδώ να τονιστεί ότι μόνο 6 μαθητές από τον πληθυσμό της έρευνας δεν είχαν παρακολουθήσει Πληροφορική στο Γυμνάσιο).

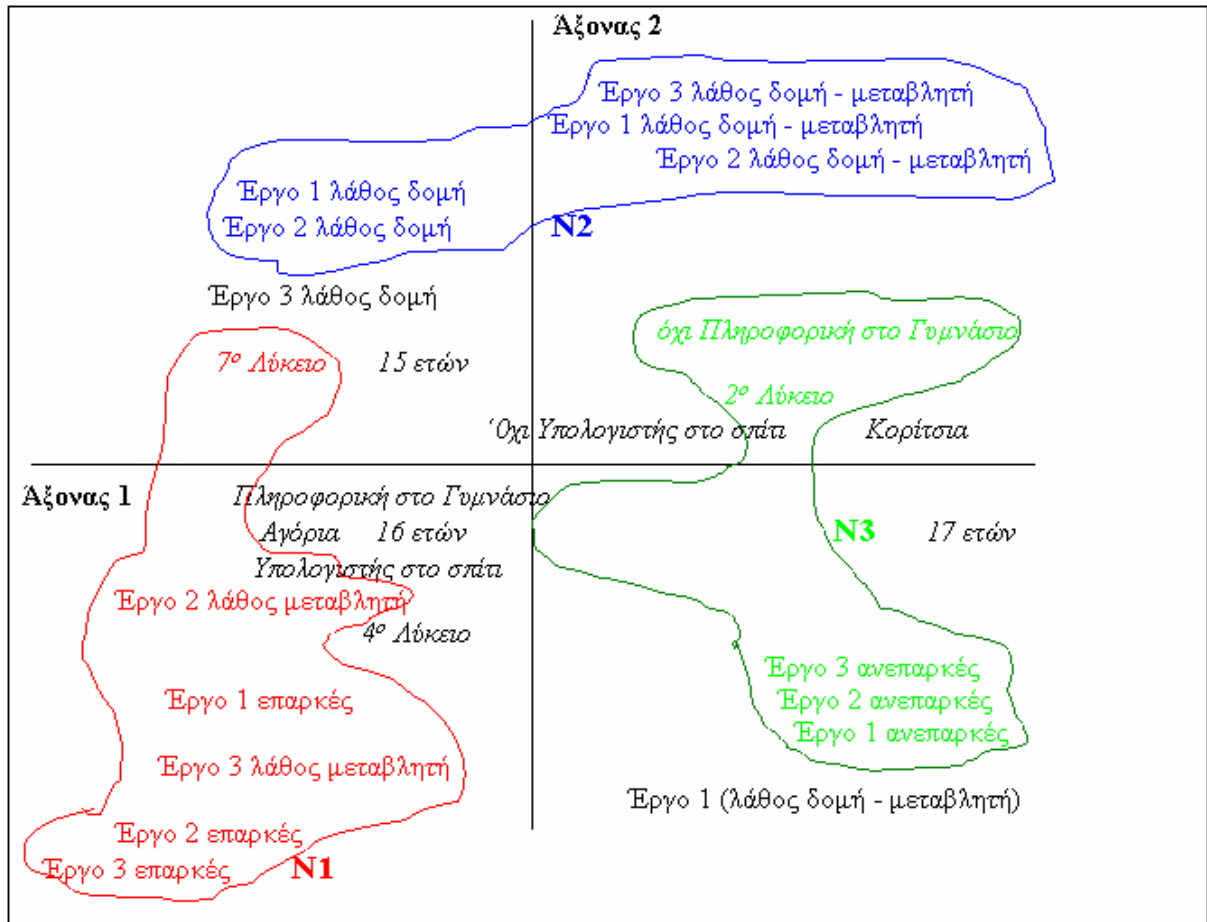
Συμπερασματικά, ο πρώτος άξονας αναδεικνύει την κύρια αντίθεση που προκύπτει από την ανάλυση: ανάμεσα στις επαρκείς λύσεις και στις ανεπαρκείς προσεγγίσεις στα τρία έργα. Προσδιορίζονται έτσι δύο ομάδες μαθητών: αυτοί που επιλύουν κατά κανόνα σωστά τα έργα και αυτοί που δεν τα προσεγγίζουν σωστά.

Ο δεύτερος άξονας φέρνει σε αντίθεση από το ένα μέρος τις τιμές των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τις επαρκείς και τις ανεπαρκείς απαντήσεις και από το άλλο μέρος τις τιμές των μεταβλητών που αντιπροσωπεύουν τις λανθασμένες απαντήσεις όσον αφορά στη δομή ελέγχου στα έργα 1 και 2 και τις λανθασμένες απαντήσεις όσον αφορά στη δομή ελέγχου και στη λάθος μεταβλητή στα έργα 1, 2 και 3. Αυτός ο άξονας τελικά εκφράζει την αντίθεση αφενός των δύο ακραίων περιπτώσεων απαντήσεων (τις σωστές και τις λανθασμένες) και αφετέρου μια ενδιάμεση κατάσταση από απαντήσεις που αφορούν λάθη στη δομή ή στη δομή και στις μεταβλητές μαζί. Φέρνει συνεπώς στο φως μια τρίτη ομάδα που αποτελείται από τους μαθητές που δεν έχουν κατανοήσει επαρκώς τόσο τη δομή ελέγχου όσο και τη χρήση των κατάλληλων μεταβλητών για να αναπαραστήσουν τα δεδομένα τους.

Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται το παραγοντικό επίπεδο που δημιουργείται από τους δύο πρώτους άξονες στο οποίο προβάλλονται και οι τιμές άλλων μεταβλητών που δεν είναι της ίδιας φύσης με τις ενεργές μεταβλητές (τα έργα 1, 2 και 3). Τέτοιες είναι η ηλικία, το φύλο και η κατοχή ή όχι υπολογιστή (και συνεπώς η συχνή ή όχι χρήση του), το σχολείο φοίτησης, κλπ. Οι μεταβλητές αυτές παρουσιάζονται πάνω στη γραφική παράσταση θεωρούνται ως συμπληρωματικές μεταβλητές της ανάλυσης και έρχονται να τεθούν κοντά στις ενεργές μεταβλητές στις οποίες μοιάζουν περισσότερο (αυτές δηλαδή που έχουν επιλεγεί από τα ίδια άτομα).

Μπορούμε να διακρίνουμε στο Γράφημα 1 τρεις μεγάλες ομάδες τιμών μεταβλητών. Η **πρώτη ομάδα** (νέφος N1) αφορά στις τιμές που αντιστοιχούν στην επαρκή επίλυση και των τριών έργων – ασκήσεων και στη λάθος αντιμετώπιση των μεταβλητών στα έργα 2 και 3. Κοντά σε αυτή την ομάδα τοποθετούνται οι μαθητές από το 7^ο και το 4^ο Λύκειο, τα αγόρια, τα παιδιά που έχουν υπολογιστή στο σπίτι και αυτοί που διδάχθηκαν Πληροφορική στο Γυμνάσιο. Η **δεύτερη ομάδα** (νέφος N2) αφορά στις τιμές που αντιστοιχούν στις λάθος δομές ελέγχου για τα έργα 1

και 2, καθώς και στις λάθος δομές και μεταβλητές για όλα τα έργα. Η **τρίτη ομάδα** (νέφος N3) περιλαμβάνει όλες τις τιμές που αντιστοιχούν στην ανεπαρκή επίλυση και των τριών έργων. Κοντά στην ομάδα αυτή τοποθετούνται οι μαθητές από το 2^ο Λύκειο, αυτοί που δεν παρακολούθησαν Πληροφορική στο Γυμνάσιο (παρότι είναι πολύ λίγοι σε σχέση με το σύνολο των μαθητών της έρευνας εμφανίζονται στην παραγοντική ανάλυση) και τα κορίτσια.



Γράφημα 1: παραγοντικό επίπεδο απόδοσης στα τρία έργα - ασκήσεις

4. Συζήτηση - συμπεράσματα

Οι μελέτες που αφορούν στην οικοδόμηση των δομών ελέγχου είναι κατά κύριο λόγο επικεντρωμένες πάνω στα φαινόμενα που άπτονται των συντακτικών επιλογών μέσα στις διάφορες γλώσσες. Αντιθέτως, έχουν πολύ λίγο προσεγγίσει το ζήτημα των διδακτικών καταστάσεων οι οποίες θα μπορούσαν να επιτρέψουν στα υποκείμενα να οικοδομήσουν τις διάφορες έννοιες που εμπλέκονται σε αυτές τις δομές. Σίγουρα τα ερωτήματα που τίθενται δεν είναι τα ίδια εάν θέλουμε ο μαθητής να είναι ικανός να επιλέξει την πιο κατάλληλη γλώσσα για ένα δεδομένο πρόβλημα, και μέσα σε αυτή τη γλώσσα την πιο κατάλληλη φόρμα για να γράψει ένα έγκυρο, σαφές και εύκολα τροποποιήσιμο πρόγραμμα, ή να είναι ικανός να γράψει έναν αλγόριθμο «υπό συνθήκη», ή να ξέρει να μεταφράζει έναν αλγόριθμο σε μια δεδομένη γλώσσα.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι, η πλειονότητα των μαθητών του δείγματος έχει σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση και στη λειτουργική εφαρμογή της δομής ελέγχου για τη σύνταξη απλών αλγορίθμων. Κατά μέσο όρο, το 20.3% έχει σημαντικές δυσκολίες στη διατύπωση λογικών συνθηκών, ενώ το 12.6% δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει τις κατάλληλες μεταβλητές για την επίλυση απλών προβλημάτων. Επίσης καταγράφεται ιδιαίτερα μεγάλη δυσκολία στη χρήση μεταβλητών αλφαριθμητικού τύπου για τη σύνταξη λογικών συνθηκών, γεγονός που οφείλεται ενδεχομένως στην περιορισμένη εφαρμογή τους σε παραδείγματα σχολικού τύπου. Οι μαθητές, όταν χρησιμοποιούν δομές της γλώσσας οι οποίες δεν τους είναι ιδιαίτερα οικείες, κάνουν πιο συχνά λάθη παρά όταν χρησιμοποιούν δομές με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι.

Τέλος, διαπιστώνεται ότι οι μισοί περίπου μαθητές του δείγματος (43.9%) έχουν εντελώς ανεπαρκή προσέγγιση των έργων και δεν μπορούν να οργανώσουν τα λογικά βήματα σε μια απλή αλληλουχία. Όταν μάλιστα (στην περίπτωση του 3^{ου} έργου) πρέπει να εφαρμόσουν την ίδια σε σχέση με τα δύο πρώτα δομή αλλά σε ένα πιο σύνθετο εννοιολογικά και από άποψη αναπαράστασης δεδομένων πρόβλημα, η αποτυχία είναι πολύ μεγαλύτερη. Οι προτεινόμενες λύσεις των μαθητών βασίζονται κυρίως στην αποστήθιση και μηχανιστική μεταφορά εντολών ή ομάδων εντολών, οι οποίες συνήθως δεν έχουν καμία σχέση με το πρόβλημα που καλούνται να επιλύσουν. Οι καταγραφείσες δυσκολίες συνεπώς

δηλώνουν χαμηλό υπόβαθρο και περιορισμένες ικανότητες επίλυσης προβλημάτων. Θεωρούμε ότι το βασικό εκπαιδευτικό ζήτημα ενός σύγχρονου Προγράμματος Σπουδών είναι η καλλιέργεια δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Η επιτυχής εφαρμογή των προγραμματιστικών εργαλείων από τους μαθητές προϋποθέτει την ύπαρξη τέτοιου είδους δεξιοτήτων, έτσι ώστε να γίνει η ανάπτυξη και εξέλιξη τους αξιοποιώντας τα δομικά χαρακτηριστικά του Προγραμματισμού Η/Υ.

Φαίνεται ότι το πέρασμα από το πρόβλημα στο πρόγραμμα [Pair, 1990] δημιουργεί τρεις κατηγορίες δυσκολιών: αυτές που συνδέονται με το ίδιο το πρόβλημα (λογικού ή συνδυαστικού τύπου, δυνατές συμβολικές αναπαραστάσεις), αυτές που συνδέονται με τις αναπαραστάσεις του προβλήματος και της επεξεργασίας του με πληροφορικά αντικείμενα (όπως τύποι δεδομένων, βασικές προγραμματιστικές δομές, κλπ.) και τέλος, αυτές που συνδέονται με την εκτέλεση του προγράμματος από το πληροφορικό μέσο.

Οι κατάλληλες διδακτικές καταστάσεις πρέπει να επιτρέπουν στους μαθητές να συναντούν προβλήματα τα οποία τους υποχρεώνουν να συγκρούονται με γνωστές ή υποτιθέμενες δυσκολίες. Σε συνάρτηση με τα υπάρχοντα αποτελέσματα, που αφορούν στην οικοδόμηση των δομών ελέγχου, οι διδακτικές αυτές καταστάσεις δεν πρέπει απλώς να περιορίζονται σε θέματα σχετικά με την «απλή υπό συνθήκη δομή»: **IF συνθήκη THEN T1 ELSE T2** (όπου T1 και T2 είναι απλές επεξεργασίες). Τέτοιου τύπου προβλήματα, τα οποία και εντάσσονται στα πλαίσια των κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων πρέπει να οδηγούν: α) σε μια ορισμένη συνδυαστική πολυπλοκότητα, με δυνατές επιλογές για την αναπαράσταση των δεδομένων του προβλήματος, β) στη δυνατότητα να υπάρχουν πολλά προγράμματα – λύσεις, γ) στην ένταξη των δομών ελέγχου μέσα σε ένα πιο ευρύ σύνολο επεξεργασιών, το οποίο προσφέρει μια λειτουργική σημασία στο παραγόμενο από τη δομή ελέγχου αποτέλεσμα. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να καταστήσει πιο ουσιαστική τη σειριακότητα της εκτέλεσης [Rogalski, 1987].

Αν τέτοια προβλήματα μπορούν να συστήσουν το υπόβαθρο των διδακτικών καταστάσεων, η γραφή του προγράμματος που τα επεξεργάζεται φαίνεται κάποιες φορές ως ένα «συνολικό» πολύπλοκο έργο, και δεν μπορεί συνεπώς να οδηγήσει άμεσα στην οικοδόμηση νέων γνώσεων. Είναι συνεπώς απαραίτητο να ενταχθούν στα πλαίσια ενός «διδασκτικού σεναρίου», το σύνολο δηλαδή των διδακτικών καταστάσεων που οργανώνονται σε ένα μακροπρόθεσμο διδακτικό σχεδιασμό. Οι καταστάσεις αυτές πρέπει να συμπεριλαμβάνουν έργα πιο «τοπικά», τα οποία θα στοχεύουν ευθέως στις δομές δεδομένων, στη σειριακότητα της εκτέλεσης και στο λειτουργικό προσδιορισμό της «εμβέλειας» του **IF ... THEN ... ELSE**. Ένας ιδιαίτερος στόχος πρέπει να ενταχθεί στη σύλληψη αυτών των σεναρίων: να προταθούν στους μαθητές αναπαραστάσεις που συνδέουν τη δυναμική της εκτέλεσης η οποία δεν αφορά κάθε φορά παρά μόνο έναν από τους «κλάδους» της συνθήκης, και τη στατική του κειμένου του προγράμματος, η οποία παρουσιάζει μια γραμμική οργάνωση του συνόλου των υπό συνθήκη κλάδων, καθώς φαίνεται ότι η σχέση αυτή είναι κεντρική στη μάθηση των δομών ελέγχου.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Bonar J., & Soloway E. (1985), Preprogramming Knowledge: a major source of misconceptions in novice programmers, *Human-Computer Interaction*, 1, 133-161.
- Clements D. H. (1987), Longitudinal study of the effects of Logo programming on cognitive abilities and achievement, *Journal of Educational Computing Research*, 3, 73-93.
- Lagrange J. (1992), Représentations mentales des données informatiques et difficultés d'acquisition chez des débutants en programmation, *EPI*, 67 & 68, 91-104 & 119-138
- McCoy L. P., & Didl N. R. (1989), Computer programming experience and mathematical problem-solving, *Journal of Research on Computing in Education*, 1, 15-25.
- Palumbo D. B., & Reed W. M. (1991), The effect of BASIC programming language instruction on high school students' problem-solving ability and computer anxiety, *Journal of Research on Computing in Education*, 3, 343-372.
- Pair C. (1990), *Programming, Programming Languages and Programming Methods*, in Green T. R. G. (Ed.) *Psychology of Programming*, Academic Press.
- Rogalski J. & Vergnaud G. (1987), Didactique de l'informatique et acquisitions cognitives en programmation, *Psychologie Française*, 32 (2), 267-273.
- Rogalski J. (1987), Acquisition et didactique des structures conditionnelles en programmation informatique, *Psychologie Française*, 32 (2), 275-280.
- Samurçay R. (1987), Modèles cognitifs dans l'acquisition des concepts informatiques, *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique*, 215-223.
- Soloway E. & Spohrer J. C. (1989), Eds, *Studying the Novice Programmer*, (Hillsdale, NJ, Erlbaum).
- Τζιμογιάννης Α. και Γεωργίου Β. (1998), Η Αναγκαιότητα της Διδασκαλίας του Προγραμματισμού Η/Υ στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως Μεθοδολογία Επίλυσης Προβλημάτων. Το παράδειγμα των πινάκων, *Πρακτικά Διημερίδας Πληροφορικής «Η Πληροφορική στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση»*, ΕΠΥ, 28-34
- Τζιμογιάννης Α. και Γεωργίου Β. (1999), Οι δυσκολίες μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εφαρμογή της δομής ελέγχου για την ανάπτυξη αλγορίθμων. Μία μελέτη περίπτωσης, *Στο Α. Τζιμογιάννης (επιμ.). Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Πληροφορική και Εκπαίδευση», Σύλλογος Καθηγητών Πληροφορικής Ηπείρου*, 183-192
- ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1997), *Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής*.