ePublishing

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2005)

3ο Συνέδριο Σύρου στις ΤΠΕ

Μελέτη του αντίκτυπου της χρήσης του περιβάλλοντος δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης κώδικα Dynalab στη μαθησιακή διαδικασία του προγραμματισμού των Η/Υ μέσω της ποιοτικής αξιολόγησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών

Φίλιππος Κουτσάκας, R. Roberts

Βιβλιογραφική αναφορά:

Κουτσάκας Φ., & Roberts, R. (2024). Μελέτη του αντίκτυπου της χρήσης του περιβάλλοντος δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης κώδικα Dynalab στη μαθησιακή διαδικασία του προγραμματισμού των Η/Υ μέσω της ποιοτικής αξιολόγησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 050–060. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/6150

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΥ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΚΩΔΙΚΑ DYNALAB ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ Η/Υ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Κουτσάκας Φίλιππος
Καθηγητής Πληροφορικής
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης
fkoutsakas@sch.gr

Dr. R. Roberts
School of Computing & Information Systems, Kingston University.
r.roberts@kingston.ac.uk

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η δημοσιοποίηση μέρους των αποτελεσμάτων έρευνας που σαν σκοπό της είχε τη μελέτη του αντίκτυπου της χρήσης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.) κατά τη μαθησιακή διαδικασία όσον αφορά στην κατανόηση περίπλοκων εννοιών από τους μαθητές.

Για το σκοπό αυτό στα πλαίσια της έρευνας πραγματοποιήθηκε η ποιοτική αξιολόγηση του βαθμού (μεταβλητή 1) στον οποίο οι μαθητές κατανοούν τη διδασκαλία πολύπλοκων εννοιών του Προγραμματισμού των Η/Υ, «με» ή «χωρίς» (μεταβλητή 2) την υποστήριξη των Τ.Π.Ε.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας, παράλληλα με το "παραδοσιακό" περιβάλλον προγραμματισμού της Borland Pascal, χρησιμοποιήθηκε το βασιζόμενο στις Τ.Π.Ε. σύστημα δυναμικής προσομοίωσης της εκτέλεσης προγραμμάτων DYNALAB.

Μαθητές δύο τμημάτων (Ρ1 και D1) της Β' τάξης Τεχνικού Επαγγελματικού Εκπαιδευτηρίου (Τ.Ε.Ε.) ενεπλάκησαν σε μια σειρά διδακτικών δραστηριοτήτων σχετικών με τις προς διερεύνηση έννοιες του Προγραμματισμού Η/Υ, χρησιμοποιώντας το "παραδοσιακό" περιβάλλον της Borland Pascal και του DYNALAB αντίστοιχα.

Οι σχετικές τους αντιλήψεις «πριν» και «μετά» την εμπλοκή τους καταγράφηκαν και αναλύθηκαν ποιοτικά. Η ανάλυση των δεδομένων βασίσθηκε στην ταξινομία SOLO.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων έδειξε σημαντική βελτίωση όσον αφορά στην κατανόηση των προς διερεύνηση εννοιών με το τμήμα που υποστηρίχθηκε από τις DYNALAB να επιδεικνύει αισθητά μεγαλύτερη βελτίωση.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *Προγραμματισμός Η/Υ, Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας, Περιβάλλον Δυναμικής Προσομοίωσης Εκτέλεσης Προγραμμάτων DYNALAB, Ταξινομία SOLO*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών ο διαρκώς αυξανόμενος ρόλος που οι ΤΠΕ καλούνται να διαδραματίσουν σε όλους σχεδόν τους τομείς της σύγχρονης ζωής σε συνδυασμό με την ραγδαία ανάπτυξη που παρουσιάζουν καθώς επίσης και με την έλξη που αναμφισβήτητα ασκούν στους νέους, έστρεψε το ενδιαφέρον των ερευνητών της εκπαίδευσης στη διερεύνηση των συνεπειών που προκύπτουν από τη χρήση τους στην εκπαίδευση.

Από τις πολυάριθμες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τις τελευταίες δεκαετίες με στόχο τον «*προσδιορισμό των συνεπειών της (υποστηρικτικής) χρήσης των ΤΠΕ κατά τη διαδικασία της*

διδασκαλίας και της μάθησης» έχει προκύψει ένα ευρύ φάσμα αλληλοαναιρούμενων συμπερασμάτων.

Ειδικότερα, στη μία άκρη του "φάσματος" τοποθετούνται οι θιασώτες της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαίδευση οι οποίοι είτε υποστηρίζουν ανεπιφύλακτα ότι η τεχνολογία επιδρά θετικά στη μάθηση (Daiute, 1983), (Rubin and Bruce, 1985) είτε θεωρούν απαραίτητη προϋπόθεση για την αποδοτική λειτουργία της την τοποθέτηση της μέσα σε κατάλληλο πλαίσιο «*εκπαιδευτικών προϋποθέσεων*» (Honey et all, 1999), (Salpeter, 1998, May), (Cradler, 1996), (Byrom & Bingham, 2001), (Hawisher, 1989), (Kulik 1994), (Sivin-Kachala, 1998), (Baker et al 1994), (Schacter, 1999).

Στην άλλη άκρη του φάσματος τοποθετούνται οι κριτικοί της τεχνολογίας που είτε απορρίπτουν τη χρήση της στα σχολεία υποστηρίζοντας ότι δεν υπάρχουν ικανά ερευνητικά στοιχεία που να αποδεικνύουν τη χρησιμότητα της Cuban (1993), Hamilton (1995), Jegede (1991), Wolfe (1995), είτε διέπονται από έντονο προβληματισμό θέτοντας ερωτήματα σχετικά με το "κόστος" ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στα σχολεία εγείροντας ενστάσεις σχετικές με τις κοινωνικές, πολιτιστικές και πολιτικές συνέπειες του εγχειρήματος McLuhan (1968), Bowers (1998), Postman (1995), Franklin (1990).

Στο πλαίσιο αυτό η παρούσα δημοσίευση παρουσιάζει τα αποτελέσματα ερευνητικής εργασίας που ως σκοπό της έχει να συμβάλει στην προσπάθεια αποσαφήνισης αυτής της θολής εικόνας μέσω του προσδιορισμού «*του αντίκτυπου της χρήσης των ΤΠΕ κατά τη μαθησιακή διαδικασία όσον αφορά στην κατανόηση περίπλοκων εννοιών από τους μαθητές*».

Η έρευνα επιχείρησε να δώσει απαντήσεις στην προαναφερθείσα ερευνητική ερώτηση μέσω της ποιοτικής αξιολόγησης του βαθμού (μεταβλητή 1) στον οποίο οι μαθητές κατανοούν τη διδασκαλία ενός σύνθετου γνωστικού αντικειμένου «με» και «χωρίς» την υποστήριξη (μεταβλητή 2) των ΤΠΕ λαμβάνοντας υπόψη ότι η παρουσία του απαραίτητου συνόλου «εκπαιδευτικών προϋποθέσεων» (μεταβλητή 3) υφίσταται.

Η προσέγγιση που επιλέχθηκε περιελάμβανε τα εξής στάδια:

1. Επιλογή κατ’ αρχήν του προς διερεύνηση γνωστικού αντικειμένου (μαθήματος) και εν συνεχεία των συγκεκριμένων προς διδασκαλία σύνθετων εννοιών έχοντας ως βασικό κριτήριο επιλογής τους τις δυσκολίες κατανόησης τους από τους μαθητές
2. Επιλογή του κατάλληλου εργαλείου Τ.Π.Ε. για την υποστήριξη της διδασκαλίας των σύνθετων εννοιών του γνωστικού αντικειμένου
3. Καταγραφή και ποιοτική αξιολόγηση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών (και των δύο ομάδων Α και Β)
4. Εμπλοκή των μαθητών των δύο ομάδων σε μια σειρά επιλεγμένων διδακτικών δραστηριοτήτων σχετικών με τις προς διερεύνηση έννοιες. Η πρώτη (Α) ομάδα των μαθητών χρησιμοποιώντας το επιλεγμένο (βασισμένο στις Τ.Π.Ε.) υποστηρικτικό εργαλείο ενώ η δεύτερη (Β) ομάδα χρησιμοποιώντας το "παραδοσιακό" περιβάλλον διδασκαλίας.
5. Καταγραφή και ποιοτική αξιολόγηση των τελικών αντιλήψεων των μαθητών (και των δύο ομάδων Α και Β)
6. Σύγκριση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στο βαθμό μεταβολής των αντιλήψεων των μαθητών

ΤΟ ΠΡΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Το γνωστικό αντικείμενο που επιλέχθηκε για να μελετηθεί ήταν ο «Προγραμματισμός Υπολογιστών» και ειδικότερα η ανάπτυξη, από την πλευρά των μαθητών, αποτελεσματικών νοητικών μοντέλων για τον υπολογιστή και τη λειτουργία του κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

Η επιλογή έγινε λαμβάνοντας υπόψη την έρευνα και τη διδακτική εμπειρία που δείχνουν ότι, σε πολλές περιπτώσεις, η «μηχανή» αντιμετωπίζεται από τους μαθητές ως μαύρο κουτί (black box) ενώ πολλές φορές οι λανθασμένες αντιλήψεις τους εισάγουν πρόσθετα γνωστικά εμπόδια στη κατανόηση της λειτουργίας της «μηχανής» κατά την εκτέλεση του προγράμματος (Du Boulay 1989, Bonar & Soloway 1985, Rogalski & Vergnaud 1987).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα εδραιωμένης αντίληψης αποτελεί η «ανθρωπομορφική αντίληψη» (Pea, 1984) η οποία αντιστοιχεί στην ερευνητική υπόθεση ότι η λανθασμένη ερμηνεία ενός προγράμματος οφείλεται σε μια λανθασμένη αντίληψη (δηλαδή σε μια υποθετική γνώση) των μαθητών που τους κάνει να συμπεριφέρονται σαν το πληροφορικό σύστημα να διέθετε μια αυτόνομη ανθρώπινη νόηση.

Επομένως τα λάθη που κάνουν οι μαθητές δεν είναι μόνο το αποτέλεσμα της άγνοιας, της αβεβαιότητας, της τύχης αλλά είναι και το αποτέλεσμα μιας προγενέστερης γνώσης, που κάποτε ήταν αποτελεσματική, αλλά τώρα αποδεικνύεται λανθασμένη ή απλά ακατάλληλη. Συνεπώς τα λάθη αυτού του τύπου δεν είναι απρόβλεπτα, ούτε «πλάνες» αλλά παράγονται από λανθασμένες αντιλήψεις που λειτουργούν ως τροχοπέδη της μαθησιακής διαδικασίας (Brousseau 1982, Brousseau 1984).

Σε αυτά τα λάθη και ειδικότερα στις γενεσιουργές για αυτά λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών εστίασε η παρούσα εργασία έχοντας ως απώτερο στόχο της τη διερεύνηση του κατά πόσο είναι δυνατή η εξάλειψη τους με τη χρήση των Τ.Π.Ε. κατά τη διδακτική διαδικασία.

Ειδικότερα στα πλαίσια της έρευνας εξετάστηκαν οι εξής λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών:

- Η αντίληψη ότι η μηχανή «βλέπει» (μεταφράζει για την ακρίβεια) όλο το πρόγραμμα «με τη μία». Ο Pea R. D. (1984) προτείνει τον όρο «παραλληλισμός» για να χαρακτηρίσει αυτή την κατηγορία λαθών δεδομένου ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η λειτουργία της μηχανής είναι «παράλληλη» (ή ακόμη και οπισθοδρομούσα) και όχι γραμμική όπως συμβαίνει στη πραγματικότητα.
- Η αντίληψη ότι μία ενέργεια (π.χ. υπολογισμός του αποτελέσματος μίας πράξης) έχει συμβεί μόνο όταν το αποτέλεσμα της εμφανιστεί στην οθόνη. Ο Pea R. D. (1984) προτείνει τον όρο «ανθρωπομορφισμός» για να χαρακτηρίζει αυτή τη κατηγορία λαθών που βρίσκονται σε αντιστοιχία με την ανθρώπινη συμπεριφορά.

ΔΕΙΓΜΑ

Η έρευνα διενεργήθηκε σε 38 μαθητές ηλικίας 16-18 ετών που φοιτούσαν στη Β’ τάξη του τομέα "Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ" Τεχνικού Επαγγελματικού Εκπαιδευτηρίου (Τ.Ε.Ε.) του Νομού Πιερίας.

Οι μαθητές ήταν ήδη χωρισμένοι σε δύο διαφορετικά τμήματα βάσει του ονόματος τους. Το πρώτο τμήμα (ΒΠ1) αποτελούνταν από 18 μαθητές (11 αγόρια, 7 κορίτσια) ενώ το δεύτερο τμήμα (ΒΠ2) από 20 μαθητές (13 αγόρια, 7 κορίτσια).

Οι μαθητές φοιτούσαν στον τομέα "Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ" και συνεπώς διέθεταν (τουλάχιστον) τις βασικές γνώσεις χειρισμού υπολογιστών, γεγονός που είχε ως συνέπεια την αποφυγή πρόσθετων προβλημάτων κατά τη διαδικασία της έρευνας.

ΤΟ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΕ

Ως περιβάλλον υποστήριξης της διδασκαλίας επιλέχθηκε το DYNALAB (Birch et al., 1995), (Boroni et all, 1996) το οποίο είναι ένα σύστημα δυναμικής προσομοίωσης εκτέλεσης προγραμμάτων γραμμένων στην γλώσσα προγραμματισμού Pascal. Πρόκειται για μια εφαρμογή η οποία υποστηρίζει την βήμα προς βήμα, αλληλεπιδραστική με τους χρήστες εκτέλεση ενός

προγράμματος, παρέχοντας ταυτόχρονα δυνατότητα δυναμικής θέασης των περιεχομένων της μνήμης και της τυπικής εξόδου (οθόνης) του υπολογιστή.

Με αυτόν τον τρόπο το DYNALAB παρέχει ένα «παράθυρο» στο εσωτερικό της μηχανής καθιστώντας ορατή τη λειτουργία του μεταφραστή (Compiler) της γλώσσας προγραμματισμού κατά την διάρκεια της εκτέλεσης ενός προγράμματος.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος "Προγραμματισμός Υπολογιστών" το οποίο εντάσσεται στο ωρολόγιο πρόγραμμα της Β΄ Τάξης του 1ου Κύκλου του Τομέα "Πληροφορικής & Δικτύων Η/Υ" των ΤΕΕ. Γενικός σκοπός του μαθήματος είναι η απόκτηση από τους μαθητές ικανοτήτων μεθοδολογικού χαρακτήρα, επίλυσης απλών προβλημάτων και ανάπτυξης απλών εφαρμογών στη γλώσσα προγραμματισμού Turbo Pascal (ΥΠΕΠΘ, 1999, ΥΠΕΠΘ, 2002).

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της επανάληψης της διδαχθείσας ύλης (τέλος Απριλίου αρχές Μαΐου) και συνεπώς οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τις έννοιες που διερευνήθηκαν καθώς τις είχαν ήδη διδαχθεί κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Για την ανάπτυξη των εφαρμογών κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς είχε χρησιμοποιηθεί το περιβάλλον της Borland Pascal 7.0.

Η διδασκαλία τόσο κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς όσο και κατά τη διεξαγωγή της έρευνας ήταν "τοποθετημένη" μέσα στο κατάλληλο πλαίσιο «εκπαιδευτικών προϋποθέσεων» όπως αυτό περιγράφετε από τους (Honey et all, 1999), (Salpeter, 1998, May), (Cradler, 1996), (Byrom & Bingham, 2001).

Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές και των δύο τμημάτων να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο το οποίο περιελάμβανε δύο ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σχετικές με τις προς διερεύνηση αντιλήψεις τους. Στόχος ήταν η καταγραφή των αρχικών ιδεών των μαθητών, για να συγκριθούν στη συνέχεια με τις νέες, όπως αυτές θα διαμορφώνονταν μετά την αλληλεπίδρασή τους με το εκπαιδευτικό λογισμικό. Ο χρόνος που δόθηκε στους μαθητές ήταν μία διδακτική ώρα (45 λεπτά).

Η πρώτη ερώτηση, χρησιμοποιώντας μια παραλλαγή προβλήματος που παρουσιάζεται από τους Pea R. D. (1984) και Dagdilelis V. (1989), στόχευε στη διερεύνηση της «αντίληψης του παραλληλισμού» ζητώντας από τους μαθητές:

- να εντοπίσουν ποιο από τα δύο προγράμματα που ακολουθούν πολλαπλασίασε επιτυχώς δύο αριθμούς που εισάγονταν από το πληκτρολόγιο
- να αναπτύξουν και να τεκμηριώσουν τους λόγους για τους οποίους το άλλο πρόγραμμα δεν πολλαπλασίασε επιτυχώς τους δύο αριθμούς.

```
Program ginomeno1;
Var
ar1, ar2, ginomeno: integer;
Begin
  ginomeno := ar1 * ar2;
  readln(arithmos1);
  readln(arithmos2);
  write('Γινόμενο:',ginomeno);
End.
```

```
Program ginomeno2;
Var
ar1, ar2, ginomeno: integer;
Begin
  readln(arithmos1);
  readln(arithmos2);
  ginomeno := ar1 * ar2;
  write('Γινόμενο:', ginomeno);
End.
```

Η δεύτερη ερώτηση στόχευε στη διερεύνηση της ανθρωπομορφιστικής αντίληψης ότι μία ενέργεια (π.χ. υπολογισμός του αποτελέσματος μίας πράξης) έχει συμβεί μόνο όταν το αποτέλεσμα της εμφανιστεί στην οθόνη.

Στους μαθητές δίνονταν το πρόγραμμα που ακολουθεί και τους ζητούνταν να περιγράψουν:

- Τι θα εμφανιστεί στην οθόνη του υπολογιστή μετά την εκτέλεση του προγράμματος

- Ποια θα είναι η τιμή της μεταβλητής c μετά την εκτέλεση του προγράμματος;

Οι μαθητές έπρεπε να τεκμηριώσουν τις απαντήσεις τους και να σχολιάσουν τυχόν ασυμφωνίες μεταξύ των τιμών της μνήμης και των εμφανιζόμενων αποτελεσμάτων στην οθόνη.

```
Program Variables;
Var
  a, b, c  : integer;
Begin
   a := 1;
   b := 8;
   c := 3;
   write(c);
   c := a + b;
End.
```

Στη συνέχεια οι μαθητές του πρώτου (Α) τμήματος παρακολούθησαν μία σύντομη παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του περιβάλλοντος του DYNALAB. Την επόμενη μέρα με την καθοδήγηση του ερευνητή οι μαθητές (του πρώτου τμήματος) συνεργαζόμενοι ανά δύο και χρησιμοποιώντας το περιβάλλον DYNALAB ενεπλάκησαν σε μια σειρά διδακτικών δραστηριοτήτων σχετικών με τις προς διερεύνηση αντιλήψεις τους. Ομοίως, οι μαθητές του δεύτερου (Β) τμήματος συνεργαζόμενοι ανά δύο και χρησιμοποιώντας το περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών της Borland Pascal ενεπλάκησαν με τις ίδιες διδακτικές δραστηριότητες. Ο χρόνος που δόθηκε στους μαθητές και των δύο τμημάτων ήταν 90 λεπτά (δύο διδακτικές ώρες).

Ακολούθως, ζητήθηκε από τους μαθητές και των δύο τμημάτων να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο το οποίο περιελάμβανε δύο ερωτήσεις ανοιχτού τύπου παρόμοιες (σε αντικείμενο και βαθμό δυσκολίας) με τις ερωτήσεις του αρχικού ερωτηματολογίου. Οι ερωτήσεις ήταν σχετικές με τις προς διερεύνηση αντιλήψεις των μαθητών και είχαν σαν στόχο τους την καταγραφή των τελικών ιδεών τους. Ο χρόνος που δόθηκε στους μαθητές ήταν μία διδακτική ώρα (45 λεπτά).

ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε η χρήση μιας εμπλουτισμένης εκδοχής της ταξινομίας SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982) όπως αυτή προτάθηκε από τους Chan et all (2002). Αντίστοιχο παράδειγμα χρήσης της ταξινομίας SOLO περιγράφεται στην Μπέλλου (2003).

Η ταξινομία SOLO, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε θεματική περιοχή, επιχειρεί την ποιοτική αξιολόγηση της γνώσης μέσω της διερεύνησης του βαθμού κατανόησης του νοήματος της.

Ειδικότερα, η ταξινομία SOLO όπως αυτή προτάθηκε από τους Biggs και Collis (1982) περιγράφει το επίπεδο της αυξανόμενης πολυπλοκότητας όσον αφορά στην κατανόηση ενός θέματος από κάποιον μαθητή δια μέσου των εξής πέντε επιπέδων:

1. Πρώτο επίπεδο: προ-δομικό, πρώιμο (pre-structural)
2. Δεύτερο επίπεδο: μονο-δομικό, μονο-παραγοντικό (uni-structural)
3. Τρίτο επίπεδο: πολύ-δομικό, πολύ-παραγοντικό (multi-structural).
4. Τέταρτο επίπεδο: συσχετιστικό, συνδυαστικό, συνθετικό (relational)
5. Πέμπτο επίπεδο: θεωρητικής γενίκευσης, εκτεταμένης θεώρησης (extended abstract)

Μεταξύ δυο διαδοχικών επιπέδων εντοπίζεται ένα μεταβατικό στάδιο, το οποίο παρουσιάζει την τάση εξέλιξης του μαθητή προς το αμέσως ανώτερο επίπεδο, χωρίς όμως επιτυχία.

Για να ταξινομηθούν σε ένα από τα πέντε επίπεδα κατανόησης οι απαντήσεις των μαθητών αναλύονται ποιοτικά ως προς τις ακόλουθες τέσσερις συνιστώσες:

1. *Χωρητικότητα*: η οποία αφορά στην ποσότητα της "λειτουργικής μνήμης" που χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές ή στον "βαθμό της προσοχής" που χρειάστηκε να επιδείξουν έτσι ώστε να συμπεριλάβουν όσο το δυνατό περισσότερα δεδομένα για τη δημιουργία της απάντησης τους.
2. *Συσχετιστική λειτουργία*: η οποία αφορά στον βαθμό στον οποίο ο μαθητής καταφέρνει να συσχετίσει τα διαθέσιμα δεδομένα τόσο μεταξύ τους όσο και με το ζητούμενο της ερώτησης με στόχο την εξαγωγή τεκμηριωμένων συμπερασμάτων.
3. *Συνέπεια και περάτωση:* πρόκειται για δύο αντικρουόμενες "έγνοιες" του μαθητή κατά την διάρκεια της προετοιμασίας της απάντησης: η "έγνοια" του να καταλήξει το συντομότερο δυνατόν σε συμπεράσματα και η "έγνοια" του τα συμπεράσματα αυτά να είναι όσο το δυνατό πιο συναφή και επαρκή σε σχέση με τα ζητούμενα.
4. *Δομή:* αφορά στην δομή της απάντησης και ειδικότερα στον τρόπο με τον οποίο ο μαθητής έχει καταφέρει να συνθέσει δεδομένα, ζητούμενα και απάντηση "σχηματίζοντας" ένα ευσταθές "οικοδόμημα".

Βασιζόμενοι πάνω στην αρχική εκδοχή στης SOLO ταξινομίας των Biggs και Collis (1982) οι Chan et all (2002) απέδειξαν ότι «Η προσθήκη υπό-επιπέδων στη ταξινομία SOLO έχει ως αποτέλεσμα της αύξηση της αξιοπιστίας της» δεδομένου ότι με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μείωση της ασάφειας που προκύπτει για παράδειγμα στις περιπτώσεις που η πλειοψηφία των απαντήσεων συγκεντρώνεται σε μικρό αριθμό επιπέδων (π.χ. σε λιγότερα από τρία).

Οι ίδιοι Chan et all (2002) προτείνουν την εισαγωγή τριών υπο-επιπέδων (low, moderate, high) στο τρίτο (multi-structural) και τέταρτο (relational) επίπεδο της ταξινομίας SOLO καταλήγοντας σε μια εμπλουτισμένη εκδοχή της ταξινομίας εννέα επιπέδων.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΣΤΟΧΟ ΤΗΝ ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ

Ως γνώμονας για την ποιοτική αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών λήφθηκε υπόψη η επιστημονικώς τεκμηριωμένη άποψη βάση της οποίας οι μαθητές θα έπρεπε, έχοντας λάβει υπόψη τους τον τρόπο λειτουργίας του «μεταφραστή», να:

- αναφερθούν στις υφιστάμενες αλλαγές στο εσωτερικό του υπολογιστή (και ειδικότερα στις τιμές των μεταβλητών) κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος
- αναφερθούν στην αλληλεπίδραση της μηχανής (μεταφραστή) με τον χρήστη (άνθρωπο) μέσω της οθόνης και του πληκτρολογίου και στις συνέπειες που έχει στις τιμές των μεταβλητών
- ξεχωρίσουν ότι ο υπολογισμός της τιμής μιας μεταβλητής (ο οποίος γίνεται μέσω της εκτέλεσης μιας εντολής) είναι διαφορετικό πράγμα από την εμφάνιση του περιεχομένου της μεταβλητής αυτής στην οθόνη (η οποία γίνεται μέσω της εκτέλεσης μιας άλλης εντολής).

Έπειτα από την ποιοτική αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών και την τοποθέτηση τους στα επίπεδα της ταξινομίας SOLO ακολούθησε η συσχέτιση των αποτελεσμάτων των τεσσάρων ερωτηματολογίων των δύο τάξεων (όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί) με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Α ΤΑΞΗ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ «ΠΡΙΝ» ΚΑΙ «ΜΕΤΑ» ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥ DYNALAB.

Αν συγκρίνουμε τις απαντήσεις των μαθητών της πρώτης τάξης πριν και μετά την αλληλεπίδραση τους με το DYNALAB παρατηρούμε μια μετακίνηση των απαντήσεων τους από τα χαμηλότερα επίπεδα της ταξινομίας προς τα υψηλότερα.

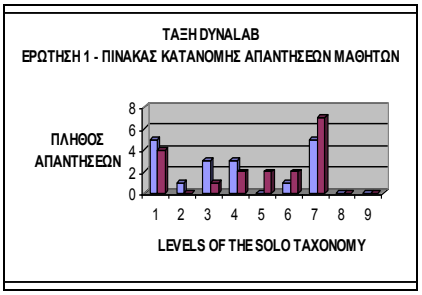
Το γεγονός αυτό αντανακλά την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών οι οποίοι έχουν κατακτήσει, από την εμπλοκή τους με τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον του DYNALAB, υψηλότερο βαθμό κατανόησης των νοημάτων που αφορούν στις προς διερεύνηση έννοιες.

Η παρατήρηση αυτή ισχύει και για τις δύο διερευνούμενες αντιλήψεις των μαθητών.

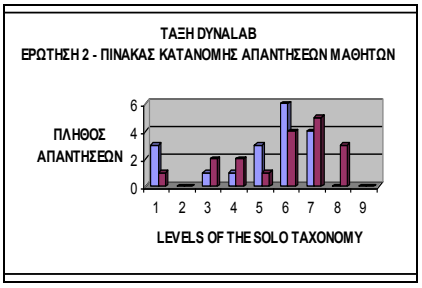
Ειδικότερα, στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των απαντήσεων των μαθητών της πρώτης τάξης (Α) πριν και μετά την αλληλεπίδραση τους με το υποστηρικτικό λογισμικό DYNALAB.

Οι γραφικές παραστάσεις που συνοδεύουν τους πίνακες αναπαριστούν συγκριτικά το πλήθος των απαντήσεων ανά επίπεδο (κατανομή) της SOLO πριν και μετά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το DYNALAB.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	Πλήθος αρχ. απαντ.	Πλήθος τελ.. απαντ.
Prestructural (1) :	**5**	**4**
Unistruct (2) :	**1**	**0**
Multistr. low (3) :	**3**	**1**
Multistr. mod. (4) :	**3**	**2**
Multistr.high (5) :	**0**	**2**
Relational low (6) :	**1**	**2**
Relational mod (7):	**5**	**7**
Relational hign (8)	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**



ΕΡΩΤΗΣΗ 2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	Πλήθος αρχ. απαντ.	Πλήθος τελ.. απαντ.
Prestructural (1) :	**3**	**1**
Unistruct (2) :	**0**	**0**
Multistr. low (3) :	**1**	**2**
Multistr. mod. (4) :	**1**	**2**
Multistr.high (5) :	**3**	**1**
Relational low (6) :	**6**	**4**
Relational mod (7):	**4**	**5**
Relational hign (8)	**0**	**3**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**



Β ΤΑΞΗ: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ «ΠΡΙΝ» ΚΑΙ «ΜΕΤΑ» ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ BORLAND PASCAL.

Ομοίως αν συγκρίνουμε τις απαντήσεις των μαθητών της δεύτερης τάξης πριν και μετά την αλληλεπίδραση τους με το περιβάλλον της Borland Pascal παρατηρούμε ανάλογη μετακίνηση των απαντήσεων τους από τα χαμηλότερα επίπεδα της ταξινομίας προς τα υψηλότερα.

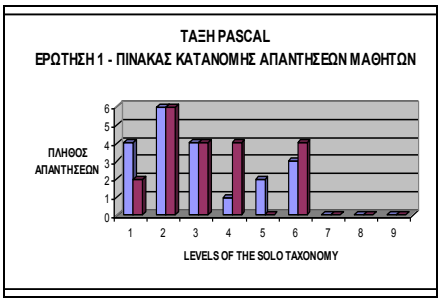
Το γεγονός αυτό αντανακλά την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών οι οποίοι έχουν κατακτήσει από την εμπλοκή τους με τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον της Borland Pascal υψηλότερο βαθμό κατανόησης των νοημάτων που αφορούν στις προς διερεύνηση έννοιες.

Η παρατήρηση αυτή ισχύει και για τις δύο διερευνούμενες αντιλήψεις των μαθητών.

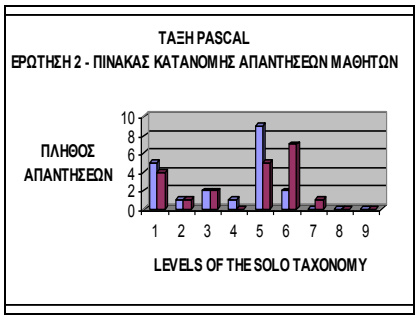
Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των απαντήσεων των μαθητών της δεύτερης τάξης πριν και μετά την εμπλοκή τους με τις διδακτικές δραστηριότητες με τη χρήση του περιβάλλοντος της Borland Pascal.

Οι γραφικές παραστάσεις που συνοδεύουν τους πίνακες αναπαριστούν συγκριτικά το πλήθος των απαντήσεων ανά επίπεδο (κατανομή) της SOLO πριν και μετά την αλληλεπίδραση των μαθητών με την Borland Pascal.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	Πλήθος αρχ. απαντ.	Πλήθος τελ.. απαντ.
Prestructural (1) :	**4**	**2**
Unistruct (2) :	**6**	**6**
Multistr. low (3) :	**4**	**4**
Multistr. mod. (4) :	**1**	**4**
Multistr.high (5) :	**2**	**0**
Relational low (6) :	**3**	**4**
Relational mod (7):	**0**	**0**
Relational hign (8)	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**



ΕΡΩΤΗΣΗ 2 ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	Πλήθος αρχ. απαντ.	Πλήθος τελ.. απαντ.
Prestructural (1) :	**5**	**4**
Unistruct (2) :	**1**	**1**
Multistr. low (3) :	**2**	**2**
Multistr. mod. (4) :	**1**	**0**
Multistr.high (5) :	**9**	**5**
Relational low (6) :	**2**	**7**
Relational mod (7):	**0**	**1**
Relational hign (8)	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΑΞΕΩΝ

Αν συγκρίνουμε την μαζικότητα της μετακίνησης των απαντήσεων από τα χαμηλότερα προς τα υψηλότερα επίπεδα της ταξινομίας θα παρατηρήσουμε ότι οι απαντήσεις της πρώτης τάξης (DYNALAB) επέδειξαν μεγαλύτερο βαθμό μετακίνησης από ότι αυτές της δεύτερης (Borland Pascal).

Το συμπέρασμα που προκύπτει από το γεγονός αυτό είναι ότι οι μαθητές της πρώτης τάξης επέδειξαν μεγαλύτερη βελτίωση του βαθμού κατανόησης των νοημάτων που αφορούν στις προς διερεύνηση έννοιες από τους μαθητές της δεύτερης τάξης.

Ειδικότερα, στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες (%) κατανομές στα επίπεδα της ταξινομίας των τελικών και αρχικών απαντήσεων των μαθητών καθώς και η διαφορά τους. Η θετική τιμή της διαφοράς (τελικών – αρχικών) δηλώνει αύξηση του αριθμού των απαντήσεων του συγκεκριμένου επιπέδου ενώ η αρνητική τιμή μείωση.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 - Τάξη Α - DYNALAB

ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	% αρχικών απαντ.	% τελικών απαντ.	% διαφοράς τελικών-αρχικών
Prestructural (1) :	**27,7**	**22,2**	**-5,5**
Unistruct (2) :	**5,5**	**0**	**-5,5**
Multistr. low (3) :	**16,6**	**5,5**	**-11,1**
Multistr.mod. (4) :	**16,6**	**11,1**	**-5,5**
Multistr.high (5) :	**0**	**11,1**	**11,1**
Relat. low (6) :	**5,5**	**11,1**	**5,5**
Relat. mod (7):	**27,7**	**38,8**	**11,1**
Relat. hign (8)	**0**	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**	**0**

ΕΡΩΤΗΣΗ 1 - Τάξη Β – Borland Pascal

ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	% αρχικών απαντ.	% τελικών απαντ.	% διαφοράς τελικών-αρχικών
Prestructural (1) :	**20**	**10**	**-10**
Unistruct (2) :	**30**	**30**	**0**
Multistr. low (3) :	**20**	**20**	**0**
Multistr. mod. (4) :	**5**	**20**	**15**
Multistr.high (5) :	**10**	**0**	**-10**
Relational low (6) :	**15**	**20**	**5**
Relational mod (7):	**0**	**0**	**0**
Relational hign (8)	**0**	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**	**0**

ΕΡΩΤΗΣΗ 2 - Τάξη Α - DYNALAB

ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	% αρχικών απαντ.	% τελκών απαντ.	% διαφοράς αρχικών τελικών
Prestructural (1) :	**16,6**	**5,5**	**-11,1**
Unistruct (2) :	**0**	**0**	**0**
Multistr. low (3) :	**5,5**	**11,1**	**5,5**
Multistr. mod. (4) :	**5,5**	**11,1**	**5,5**
Multistr.high (5) :	**16,6**	**5,5**	**-11,1**
Relational low (6) :	**33,3**	**22,2**	**-11,1**
Relational mod (7):	**22,2**	**27,7**	**5,5**
Relational hign (8)	**0**	**16,6**	**16,6**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**	**0**

ΕΡΩΤΗΣΗ 2 - Τάξη Β – Borland Pascal

ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	% αρχικών απαντ.	% τελκών απαντ.	% διαφοράς αρχικών τελικών
Prestructural (1) :	**25**	**20**	**-5**
Unistruct (2) :	**5**	**5**	**0**
Multistr. low (3) :	**10**	**10**	**0**
Multistr. mod. (4) :	**5**	**0**	**-5**
Multistr.high (5) :	**45**	**25**	**-20**
Relational low (6) :	**10**	**35**	**25**
Relational mod (7):	**0**	**5**	**5**
Relational hign (8)	**0**	**0**	**0**
Extended Abst. (9)	**0**	**0**	**0**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Η παρούσα δημοσίευση παρουσίασε τα αποτελέσματα έρευνας που σκοπό της είχε να συμβάλει στην προσπάθεια προσδιορισμού «*του αντίκτυπου της χρήσης των ΤΠΕ κατά τη μαθησιακή διαδικασία όσον αφορά στην κατανόηση περίπλοκων εννοιών από τους μαθητές*». Για να το πετύχει αυτό η έρευνα επιχείρησε την ποιοτική αξιολόγηση του βαθμού κατανόησης των μαθητών κατά την διδασκαλία ενός σύνθετου γνωστικού αντικειμένου «με» (DYNALAB) και «χωρίς» ("παραδοσιακό" περιβάλλον Borland Pascal) την υποστήριξη των Τ.Π.Ε. λαμβάνοντας υπόψη ότι η παρουσία του απαραίτητου συνόλου «εκπαιδευτικών προϋποθέσεων» υφίσταται.

Από την επεξεργασία των επιδόσεων των μαθητών έγινε φανερό ότι υπήρξε βελτίωση στις αντιλήψεις και των δύο τμημάτων με το τμήμα που χρησιμοποίησε το DYNALAB να επιδεικνύει αισθητά μεγαλύτερη βελτίωση.

Ειδικότερα οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών και των δύο τμημάτων όσον αφορά την λειτουργία της "μηχανής" μετασχηματίσθηκαν μετακινούμενες προς την επιστημονικά αποδεκτή αντίληψη ενώ οι παρανοήσεις που διερευνήθηκαν μειώθηκαν αισθητά. Επίσης μειώθηκαν αισθητά οι περιπτώσεις μαθητών που δεν έδωσαν απάντηση. Σε κάθε περίπτωση το τμήμα που χρησιμοποίησε το DYNALAB επέδειξε αισθητά μεγαλύτερη βελτίωση.

Τα παραπάνω ενθαρρυντικά αποτελέσματα της έρευνας αποτέλεσαν έναυσμα για την πραγματοποίηση ενός δεύτερου ερευνητικού "κύκλου" κατά το σχολικό έτος 2004-5 με στόχο την

περαιτέρω υποστήριξη της ερευνητικής υπόθεσης που αποδείχτηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Η έρευνα θα κινηθεί στο ίδιο ερευνητικό πλαίσιο μελετώντας «τον *αντίκτυπου της χρήσης των ΤΠΕ κατά τη μαθησιακή διαδικασία όσον αφορά στην κατανόηση περίπλοκων εννοιών από τους μαθητές*» αυτή τη φορά όμως έχοντας ως δείγμα μαθητές οι οποίοι πραγματοποιούν τα πρώτα τους βήματα στο προγραμματισμό.

Απώτερος στόχο του δεύτερου "κύκλου" της έρευνας θα αποτελέσει η διερεύνηση του αν η χρήση των ΤΠΕ από τα πρώτα "βήματα" της διδασκαλίας του προγραμματισμού έχει ακόμη εντυπωσιακότερα αποτελέσματα σε σχέση με αυτά της παρούσας έρευνας καθώς η χρήση του DYNALAB θα καταπολεμήσει τις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών από τα πρώτα κιόλας στάδια εκμάθησης του.

Το δείγμα θα αποτελέσουν δύο ξεχωριστά τμήματα (ΒΠ1, ΒΠ2) το ένα εκ των οποίων θα διδαχθεί το αντικείμενο του Προγραμματισμού Η/Υ με την χρήση του υποστηρικτικού περιβάλλοντος DYNALAB ενώ το άλλο με τη χρήση του "παραδοσιακού" περιβάλλοντος της Borland Pascal.

Η πρόοδος των μαθητών και των δύο τμημάτων θα αξιολογείται (ποιοτικά) με τη χρήση της ταξινομίας SOLO ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Μάλιστα η αξιολόγηση θα αφορά σε παρόμοιες αντιλήψεις με αυτές που η διερεύνηση τους παρουσιάστηκε στην παρούσα δημοσίευση έτσι ώστε τα αποτελέσματα των δύο «κύκλων» της έρευνας να είναι συγκρίσιμα.

Στο τέλος θα επιχειρηθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο «κύκλων» της έρευνας με στόχο της εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων σχετικά με τις συνέπειες της χρήσης των ΤΠΕ στη διδακτική διαδικασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Beker, E.L., Gearhard, M., & Herman, J. L. (1994). Evaluating the Apple Classroom of tomorrow. In E.L. Baker, and H.F. O'Neil, Jr. (Eds.). Technology assessment in education and training. Hillsdate, NJ: Lawrence Erlbaum.
2. Biggs, J. B. and Collis, K. F. (1982), Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy', Academic Press, NY
3. Birch, M., Boroni, C., Goosey, F., Patton, S., Poole, D., Pratt, C. & Ross, R. (1995), DYNALAB: A Dynamic Computer Science Laboratory Infrastructure Featuring Program Animation, ACM, SIGSCE Bulletin, Vol. 27, No. 1, 29-33
4. Bonar J. & Soloway E. (1985), Preprogramming knowledge: a major source of misconceptions in novice programmers, Human-Computer Interaction, 1, 133-161
5. Boroni, C., Torlief J. Eneboe, Frances W. Goosey, Jason A. Ross, Rockford J. Ross, (1996), Dancing with DYNALAB, Endearing the Science of Computing to Students
6. Bowers, C.A. The Cultural Dimensions of Educational Computing: Understanding the Non-Neutrality of Technology. New York, N.Y.: Teachers College Press, 1988.
7. Brousseau G. [1982] Les objets de la didactique des Mathematiques: Ingenierie didactique, Actes de la II ecole d'ete, Orléans.
8. Brousseau G. [1984] Le role centrale du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d' apprentissage mathematique, Actes de la II ecole d'ete, Orleans.
9. Byrom, E., Bingham, M., (2001). Factors Influencing the Effective Use of Technology for Teaching and Learning. SEIR-TEC at SERVE.
10. Chan C. C., Chui M. S., & Chan, M. Y. C. (2002) Applying the Structure of the Observed Learning Outcomes (SOLO) taxonomy on student's learning outcomes: an empirical study Assessment & Evaluation in Higher Education, Vol. 27, No. 6, 2002
11. Cradler, J. (1996). Summary of current research and evaluation findings on technology in education. Far West Laboratory

12. Cuban, L. (1993). Computers meet classroom: classroom wins." Teachers College Record, Vol. 95, No. 2, Winter 1993, p. 187
13. Dagdilelis V. [1989] La validation en programmation : a propos de conceptions des etudiants, actes V Ecole d'ete de Didactique des Mathematiques et de l'Informatique, Plestin-les-Greves, France.
14. Daiute, C. (1983). The Computer as Stylus and Audience. College Composition and Communication, 34, 134-145.
15. Du Boulay B. (1989), Some difficulties of learning to program, in E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), Studying the novice programmer, 283-299, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
16. Franklin, U. (1990) The Real World of Technology. Toronto: Anansi Press, 1990.
17. Hamilton, V. (1995). Computers and reading achievement. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 382 923)
18. Hawisher G. (1989). Research and Recommendations for Computers and Composition. In Gail E. Hawisher and Cynthia L. Selfe (Eds.), Critical Perspectives on Computers and Composition Instruction (p. 44-69). New York : Teachers College Press.
19. Honey, M., Culp, K. M., & Spielvogel, R. (1999). Using technology to improve student achievement. Pathways to School Improvement [Online]. Available: http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/methods/technlgy/te800.htm
20. Jegede, O. J. (1991, November). Computers and the learning of biological concepts: Attitudes and achievement of Nigerian students. Science Education, 75, 701-706.
21. Kulik, J. A. (1994) Meta-analytics studies of findings on computer-based instruction, In E.L. Baker, and H.F. O'Neil, Jr. (Eds) Technology Assessment in Education and Training. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
22. McLuhan, M. Understanding Media: The Extensions of Man. New York, N.Y.: McGraw-Hill, 1964, p. 219.
23. Pea R. D. [1984] Language-Independent Conceptual "Bugs" in Novice Programming, Journal of Educational Computing Research, special issue on "Novice Programming", E. Soloway Ed.
24. Postman, N. (1995). The End of Education: Redefining the Value of School. N.Y.
25. Rogalski J. & Vergnaud G. (1987), Didactique de l'informatique et acquisitions cognitives en programmation, Psychologie Française, 32 (2), 267-273
26. Rubin A. and Bruce C. (1985). Quill: Reading and Writing with a Microcomputer. In B. Hutson (Ed.), Advances in Reading/Language Research, Vol. 3 (p. 97-117). Greenwich, CT : JAI Press.
27. Salpeter, J. (Ed.). (1998, May). Taking stock: What does the research say about technology's impact on education? Technology and Learning
28. Schacter, J. (1999). The impact of Education Technology on Student Achievement. What the most current research has to say. Milken Family Foundation.
29. Sivin-Kachala, J., & Bialo, E. R. (1994-1995, Winter). Educational technology, teaching, and the development of complex skills. Edutopia 2(2), 5, 9-10 [Online]. Available: http://glef.org/edutopia/EdutopiaPDF/22W9495.pdf
30. Wolfe, E. W., et al. (1995, April). The influence of computers on student performance on a direct writing assessment. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
31. Μπέλλου Ιωάννα (2003), Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό, 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ, Σύρος 9, 10, 11 Μαϊου 2003.
32. ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Σιδερίδης Α., Γιαλούρης Κ., Μπακογιάννης Σ., Σταθόπουλος Κ., Προγραμματισμός Υπολογιστών, Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Τομέας Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ, 1ο Κύκλος, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2002.
33. ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1999, Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος Προγραμματισμός Υπολογιστών. ΤΕΕ, Τομέας Πληροφορικής και Δικτύων Η/Υ, 1ος κύκλος, Β τάξη, Μάρτιος 1999 (μήπως υπάρχει μεταγενέστερο;