

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ / UNIVERSITY OF MACEDONIA
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ / PEDAGOGICAL INSTITUTE

5ο Πανελλήνιο Οιραρχίας

Διδακτική των Μαθηματικών
και Πληροφορική στην Εκπαίδευση Οιραρχίας

ΜΕ ΔΙΕΘΝΗ ΣΥΜΕΤΟΧΗ

Πρακτικά Συνεδρίου Proceedings

Επιμέλεια έκδοσης: Μαριάννα Τζεκάκη
Editor: Marianna Tzekaki

5TH PANHELLENIC CONFERENCE

WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

DIDACTICS OF MATHEMATICS
AND INFORMATICS IN EDUCATION

- Georgouli, K., Gregoriadou, M., & Samarakou, M. (1999). Individualising the Assessment for Low-Attaining Pupils in Word Problem Solving. Paper presented at the the 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Le Mans, France.
- Jaylock, D. (1991). Teaching Mathematics to Low Attainers: Paul Chapman.
- Vesher, P., & Teubal, E. (1975). Verbal cues as an interfering factor in verbal problem solving. *Educational Studies in Mathematics*(6), 41-51.
- Riley, M. S., Greeno, K. & Heller, J. I. (1983). Development of children's problem solving ability in arithmetic. In H. P. Ginsburg (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153-196). San Diego: CA: Academic Press.
- Robbins, B. (1988). *Mathsteps - Assessment & Teaching Strategies for Special Needs in Maths*: LDA-Learning Development Aids.
- Verdwaald, A., Van Lieshout, E.C., & Stroet, N. (1997). *Strategies of Children from Special Education in Solving Reference-Inconsistent Word Problems*. Paper presented at the EARLI, Athens, Greece.
- Verschaffel, L., De Corte, E. & Vierstraete, H. (1997). *Elementary school children's difficulties with modelling and solving additive word problems involving ordinal numbers*. Paper presented at the 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, Athens.
- Τσωργούλη, Κ. (2000). *Προσαρμοστικό Μοντέλο Εκπίμησης Μαθησιακών Ιδιαιτεροτήτων του Μαθητή και Παροχής Κινήτρων Δραστηριοποίησης*. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πληροφορικής, ΕΚΠΑ, Αθήνα.

-Παράλληλες Ανακοινώσεις Γ-

3.5

ΠΑ 47

Η ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους σε εμπορικά εκπαιδευτικά λογισμικά μαθηματικών τύπου «προσωπικού εκπαιδευτή» και «εκγύμνασης-εξάσκησης».

Μενεξές Γεώργιος,

Καθηγητής ΠΑΤΕΣ/ΣΕΛΕΤΕ Θεσσαλονίκης, Αναλήψεως 69, 54644, Θεσσαλονίκη, mariston@hol.gr

Οικονόμου Ανδρέας,

Καθηγητής ΠΑΤΕΣ/ΣΕΛΕΤΕ Θεσσαλονίκης, Γαμβέττα 93^Α, 54644, Θεσσαλονίκη, oiko@hol.gr

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ:

Εκπαιδευτικό λογισμικό, Μαθηματικά, ανατροφοδότηση, λάθος, αξιολογηση.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ:

Διδακτική των Μαθηματικών: εκπαιδευτικό λογισμικό, χρήση νέων τεχνολογιών.

ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ:

Δεύτερη σχολική ηλικία, Γυμνάσιο, Λύκειο.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Ανακοίνωση

Περίληψη

Η εργασία αφορά στη διαχείριση του λάθους από τα μαθηματικά εμπορικά εκπαιδευτικά λογισμικά τύπου «προσωπικού εκπαιδευτή» (tutorial) και «εκγύμνασης-εξάσκησης» (drill and practice). Η επικέντρωση στην ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους έγινε γιατί το λάθος αποτελεί διδακτικό και παιδαγωγικό παράγοντα ιδιαίτερα σημαντικό. Οι συγκεκριμένοι τύποι λογισμικού επιλέχτηκαν ως οι πλέον διαδεδομένοι. Αντιπαρατίθεται η κυρίαρχη αντιμετώπιση του λάθους στη Μαθηματική Εκπίμηση από ψυχοπαιδαγωγική και διδακτική σκοπιά στις υπάρχουσες πρακτικές στην τάξη και εντοπίζονται ασυμβατότητες. Παρουσιάζονται, στη συνέχεια, ενδεικτικά τρία λογισμικά, δύο ελληνικά και ένα ξένο, και διαπιστώνεται η μη εφαρμογή των πορισμάτων της Διδακτικής των Μαθηματικών στη διαχείριση του λάθους. Τέλος, διατυπώνονται ορισμένες αρχές για τη δημιουργία αρτιότερων λογισμικών για τα Μαθηματικά.

-Presentations Γ -

3.5

PP 47

Feedback in case of error in commercial, "tutorial" and "drill and practice" type software for mathematics education

Abstract

This paper addresses the issue of error management in commercial educational software packages in mathematics

f the “tutorial” and “drill and practice” types. The feedback in the case of error is emphasized in our paper because error is an important didactical and pedagogical factor in learning. The specific types of software were selected because they are the most widespread. The conception of error in mathematics education from psychological and didactic viewpoint is compared with the way error is actually treated in the classroom and serious discrepancies are found. Three software packages, two Greek and one English, are presented and assessed. Our research shows that the educational design of these packages is not compatible with the main findings of mathematics education concerning error management. Finally we propose some guidelines concerning the design of better software packages in mathematics.

Ιστογωγή.

Η εργασία αφορά στη διαχείριση του λάθους από τα εμπορικά εκπαιδευτικά λογισμικά διδασκαλίας των Μαθηματικών τύπου «προσωπικού εκπαιδευτή» και «εκγύμναστης-εξάσκησης». Οι συγκεκριμένοι τύποι λογισμικού επιλέπτηκαν γιατί είναι οι πλέον διαδεδομένοι, δηλαδή βρίσκονται στις προθήκες των καταστημάτων πώλησης εκπαιδευτικού λογισμικού σε προστέτες τιμές και πρωτούνται εμπορικά. Σύμφωνα με τους υποστηριχτές αυτού του ύπου των εκπαιδευτικών λογισμικών τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι (δες σχετικά Ζαβλανός 1991, Κόλιας 1999):

Ι δυνατότητα εξατομικευμένης μάθησης.

Πιτρέπουν στο μαθητή να μαθαίνει με το δικό του ρυθμό και να ελέγχει ο ίδιος τη ροή της διδασκαλίας. Το διο το σύστημα έχει τη δυνατότητα σε ελάχιστο χρόνο να αναλύσει τις απαντήσεις του μαθητή, να εντοπίσει τα ιστορικά λάθη του και να προσαρμόσει ανάλογα το περιεχόμενο και το ρυθμό της διδασκαλίας, καθώς επίσης, και τη ροή παρουσίασης της ύλης.

Ι δυνατότητα ανατροφοδότησης.

Ιρόκειται για την αλληλεπίδραση μεταξύ υπολογιστή και μαθητή μέσω ερωτοαπαντήσεων και παρακινήσεων. Το σύστημα έχει την ικανότητα να πληροφορεί αμέσως το μαθητή για το αν η απάντηση του είναι σωστή ή λάθος.

Ι Προγραμματισμένη Διδασκαλία.

Χαρακτηριστικά της είναι ο προσδιορισμός των αντικειμενικών σκοπών του μαθήματος, η ανάλυση της ύλης και η αξινόμηση της πορείας της διδασκαλίας σε μια σειρά παρουσίασης.

Η επικέντρωση στην ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους έγινε γιατί το λάθος αποτελεί διδακτικό και παιδαγωγικό παράγοντα ιδιαίτερα σημαντικό στο βαθμό που η διαχείρισή του αποτελεί ένα ζήτημα σύνθετο και πολυεπίπεδο (για μια εκτενή συζήτηση για το λάθος δες Borasi, 1996). Παρουσιάζεται η κυρίαρχη αντιμετώπιση του λάθους στη Μαθηματική Εκπαίδευση από ψυχοπαιδαγωγική και διδακτική σκοπιά, η οποία, στη συνέχεια, αντιταραφίθεται στις υπόρχουσες πρακτικές στην τάξη. Αποτέλεσμα αυτής της αντιταραφίσεως είναι η διαπίστωση ήπαρξης ασυμβατότητας μεταξύ των δύο προσεγγίσεων.

Στην περίπτωση της διαχείρισης του λάθους από το εκπαιδευτικό λογισμικό τα πράγματα γίνονται ακόμη συνθετότερα γιατί πρέπει να ενσωματωθεί στην ανάλυση και το σχεδιασμό του λογισμικού η ψυχοπαιδαγωγική και διδακτική θεωρία, η οποία στη συνέχεια θα πρέπει να λειτουργήσει αποτελεσματικά στην πράξη. Το πρόβλημα αυτό δεν είναι λυμένο αφού και σε λογισμικά «νέου τύπου» παρατηρείται απουσία ανατροφοδότησης σε περίπτωση ιανθασμένης απάντησης από το μαθητή (Σαλομωνίδου, 2001).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται, ενδεικτικά, τρία λογισμικά, δύο ελληνικά και ένα ξένο, και αξιολογούνται σε σχέση μόνο με τη διαχείριση του λάθους. Από τον έλεγχο αυτό διαπιστώνεται και στην περίπτωση αυτή, και παρά τις μποσχέσεις των υποστηρικτών τους, η μη εφαρμογή των πορισμάτων της Διδακτικής των Μαθηματικών στην ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους του μαθητή.

Συμπερασματικά, τα λογισμικά αυτά κρίνονται ακατάλληλα να βοηθήσουν το μαθητή να έχει την κατάλληλη ανατροφοδότηση και επομένως να μάθει Μαθηματικά. Τέλος, διατυπώνονται ορισμένες αρχές για τη δημιουργία χρησιότερων λογισμικών.

1. Το λάθος.

Το λάθος στη μάθηση και τη γνωστική ανάπτυξη.

Ο Piaget εισάγει τις έννοιες «ανισορροπία» και «εξισορρόπηση» για να ορίσει, με την πρώτη, την κατάσταση εκείνη στην οποία το άτομο δε διαθέτει καμία έτοιμη εξήγηση για ένα αντικείμενο ή γεγονός και, με τη δεύτερη,

για να ορίσει την κατάσταση κατά την οποία το άτομο έχει επιτύχει να βρει μια ικανοποιητική εξήγηση (Δημητρίου 1993, Miller 1997). Η γνωστική σύγκρουση ή η γνωστική ασυμφωνία που προκύπτει στη διαπραγμάτευση της νέας γνώσης είναι η αιτία της ανισορροπίας και, επομένως, είναι σύμφυτη με τη μάθηση και τη γνωστική ανάπτυξη. Η επιτυχία προκύπτει με τη συμμόρφωση, δηλαδή, τη δημιουργική διαδικασία αναδιοργάνωσης μέρους των διαθέσιμων νοητικών δομών του γνωστικού συστήματος με σκοπό την ενσωμάτωση μιας νέας εμπειρίας στο γνωστικό σύστημα. Τα λάθη εμφανίζονται ως συνέπειες των παρανοήσεων ή, αλλιώς, των άδηλων θεωριών, των εναλλακτικών αντιλήψεων ή απλά των αντιλήψεων των μαθητών. Σύμφωνα με τον Brousseau (Οικονόμου, 1995), προκύπτουν από τη δυσκολία ή αδυναμία αντικατάστασης μιας προηγούμενης αντιληψης με μια νέα. Συμπερασματικά, η μελέτη του λάθους μας επιτρέπει την ανίχνευση της σκέψης του μαθητή και τη διαπίστωση των εμποδίων στο γνωστικό σύστημά του.

Το λάθος και η παιδαγωγική αντιμετώπισή του.

Στην εκπαίδευση το λάθος θεωρείται αποτέλεσμα απροσεξίας, έλλειψης γνώσεων ή έλλειψης κατανόησης και αντιμετωπίζεται συνήθως με λεκτική τιμωρία. Ορισμένοι ψυχολόγοι (Borich & Tombari, 1997) συνιστούν στους εκπαιδευτικούς ότι στις περιπτώσεις διάπραξης λάθους από μέρους των μαθητών είναι καλύτερο α) να δίνουν απλά τη σωστή απάντηση αν το λάθος εμπλέκει μόνο δηλωτική γνώση β) να αναφέρονται στους κανόνες, τις διαδικασίες ή τα βήματα που πρέπει να γίνουν, αν το πρόβλημα εμπλέκει πιο σύνθετες νοητικές δεξιότητες γ) να ζητούν από το μαθητή να διορθώσει την απάντηση και δ) να ζητούν από το μαθητή να εξασκηθεί με κάποια επιπλέον προβλήματα.

Άλλοι πάλι ψυχολόγοι (Rodgers & Iwata, 1991) συμβουλεύουν τους εκπαιδευτικούς να μην επικεντρώνονται εξαντλητικά στο λάθος του μαθητή γιατί τότε δημιουργούν σ' αυτόν συναισθήματα άγχους και απέχθειας για τη σχολική δουλειά, τα οποία συναισθήματα τον ενθαρρύνουν να απεμπλακεί από τη διαδικασία μάθησης. Αντίθετα, ισχυρίζονται, η μάθηση θα εμφανιστεί γρηγορότερα αν, απλά, πουν στους μαθητές που δίνουν λανθασμένη απάντηση, τι να κάνουν και τους ενθαρρύνουν να προσπαθήσουν ξανά και τους δώσουν ευκαιρίες εξάσκησης με συμπληρωματικά προβλήματα. Οι Hasazi και Hasazi (1972) και ο Stromer (1975) με εμπειρικές έρευνες σε τάξεις όπου οι εκπαιδευτικοί δίνουν περισσότερη προσοχή στα παιδιά που δεν συμπεριφέρονται σωστά (μιλάνε ή δεν ακολουθούν τις οδηγίες), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εστίαση του εκπαιδευτικού στο λάθος ενέχει τον κίνδυνο να ενισχυθεί η λανθασμένη απάντηση.

Το λάθος στη Μαθηματική Εκπαίδευση.

Η διαχείριση του λάθους στις τάξεις των Μαθηματικών δεν αποτελεί εξαίρεση. Σύμφωνα με την Borasi (1996), καθηγητές και μαθητές διακατέχονται από αρνητικά συναισθήματα απέναντι στο μαθηματικό λάθος, το αντιμετωπίζουν ως ατυχές γεγονός που πρέπει να εξουδετερωθεί και αν είναι δυνατόν να αποφεύγεται πάντοτε. Καθηγητές και μαθητές θεωρούν το λάθος επικίνδυνο. Ενδεικτικά αναφέρει ότι α) η διάπραξη λαθών σε μια δοκιμασία προόδου συνεπάγεται αυτόματα μείωση του βαθμού β) οι λανθασμένες απαντήσεις σε ερώτηση που θέτει ο καθηγητής στην τάξη απορρίπτονται ή αγνοούνται έως ότου προκύψει η σωστή απάντηση και γ) οι καθηγητές προσπαθούν να θέτουν εργασίες τις οποίες οι καλοί μαθητές είναι ικανοί να τις ολοκληρώσουν χωρίς να διαπράξουν λάθος. Δηλαδή, οι υπάρχουσες πεποιθήσεις, στάσεις και συμπεριφορές των καθηγητών στηρίζονται και εξηγούνται από τη συμπεριφορική θεωρία (για μια συζήτηση του κλασικού συμπεριφορισμού δες Borish & Tombari, 1997) σύμφωνα με την οποία το ερώτημα πρέπει να συνδεθεί με τη σωστή απάντηση και μόνο.

Ο Οικονόμου (1984, 1995) διαπιστώνει ότι η μεγάλη πλειοψηφία των ελλήνων καθηγητών Μαθηματικών εκδηλώνονται αρνητικά απέναντι στο λάθος και δυσανασχετούν με την εμφάνισή του. Πιστεύουν ότι το λάθος εκφράζει ελλειψίες στο σύστημα των γνώσεων του μαθητή και αποτελεί ένδειξη του ενδιαφέροντος του μαθητή για το μάθημα και τις προσπάθειες που καταβάλλει. Η πρακτική που ακολουθούν στην τάξη είναι να επισημαίνουν συνήθως οι ίδιοι τα λάθη και συχνά να αναθέτουν τη διόρθωση στους μαθητές. Η πρακτική αυτή των καθηγητών αποδίδεται σε ελλιπή εκπαίδευση και επιμόρφωσή τους.

O Schoenfeld (1992) υποστηρίζει ότι το λάθος μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στις μαθηματικές δραστηριότητες των μαθητών. Η Borasi (1996) αναφέρεται σε «δραστηριότητες λάθους» που μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η διαπραγμάτευση αντιφάσεων, οι προσπάθειες για διατύπωση υποθέσεων και ορισμών, η αντιμετώπιση αντιθετικών αποτελεσμάτων, η συζήτηση αποτελεσμάτων που δεν έχουν νόημα. Τέτοιες δραστηριότητες κεφαλαιοποιούν τη δυναμική του λάθους και μισούν και υποστηρίζουν τους μαθητές στην έρευνα.

Συμπερασματικά, τα λάθη ιδωμένα από τη θέση του ειδικού μπορεί να βοηθούν τους μαθητές να τα διαγνώσουν αλλά όχι να τα αναλύσουν οι ίδιοι. Έτσι, οι μαθητές χάνουν μια πολύτιμη ευκαιρία να αναγνωρίσουν την αξία των λαθών τους και άρα να αναπτύξουν τη μεταγνώση και την προσωπική επιστημολογία τους (Kaldrymidou & Ikonomou, 1998). Η ευκαιρία αυτή θα χάνεται όσο δε θα γίνεται συλλογική διαπραγμάτευση του λάθους στην τάξη

και θα αποφασίζουν γι' αυτό μόνο οι καθηγητές ή μια άλλη αυθεντία που μπορεί να προκύψει, ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (Η/Υ).

2. Διδασκαλία με τη Βοήθεια Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

Προγράμματα τύπου προσωπικού εκπαιδευτή.

Στον κλασικό προσωπικό εκπαιδευτή (Μενεξές, 1997), εμφανίζεται στη οθόνη ένα πλαίσιο εκπαιδευτικού κειμένου. Ο μαθητής διαβάζει το κείμενο και καλείται να απαντήσει σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής. Ο μαθητής απαντάει και το πρόγραμμα επεξεργάζεται την απάντηση και πληροφορεί αμέσως το μαθητή για την ορθότητα ή μη της απάντησης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται ένα νέο πλαίσιο κειμένου, ανάλογα με την απάντηση που δόθηκε στο προηγούμενο στάδιο. Το σύστημα, το οποίο στην περίπτωση αυτή παίζει το ρόλο του προσωπικού εκπαιδευτή ή καθοδηγητή (Σακονίδης, 1997), συνήθως παρέχει στο μαθητή πρόσθετες πληροφορίες και συγκεκριμένα παραδείγματα για τη συζήτηση και την κατανόηση μιας έννοιας ή διαδικασίας, συνήθως με τη μορφή ενός αλληλεπιδραστικού διαλόγου (Παπάς, 1989). Επίσης, συνήθως, καταγράφει και διατηρεί αρχείο με πλήρη στοιχεία σχετικά με την πρόοδο και το επίπεδο γνώσεων του μαθητή που το χρησιμοποιεί.

Προγράμματα τύπου εκγύμνασης-εξάσκησης.

Τα προγράμματα εκγύμνασης και εξάσκησης (Σολομωνίδου 2001, Μικρόπουλος 2000) είναι η πιο απλή και η πιο συνηθισμένη μορφή εκπαιδευτικών λογισμικών στην τάξη. Χρησιμοποιούνται κυρίως (Ζαβλανός, 1991) για την εξάσκηση πάνω σε θέματα που αποτελούν τη βάση για τη διδασκαλία γνωστικών δεξιοτήτων υψηλότερων επιπέδων, και για την εμπέδωση και κατανόηση βασικών εννοιών και δεξιοτήτων που διδάσκονται σε όλα σχεδόν τα μαθήματα.

Έχουν απλή σχεδίαση και παρόμοια λειτουργία με τα προγράμματα τύπου προσωπικού εκπαιδευτή. Όμως, η εφαρμογή τους, σε κάποιο μάθημα, προϋποθέτει να έχει προηγηθεί διδασκαλία σχετική με το μάθημα αυτό (Παπάς, 1989). Επίσης, οι ερωτήσεις που παρουσιάζονται στο μαθητή επιλέγονται από ένα κατάλογο προκατασκευασμένων ερωτήσεων, που είναι αποθηκευμένες μαζί με τις σωστές απαντήσεις στον Η/Υ, ή παράγονται από αλγόριθμο ανάλογα με το επίπεδο απόδοσης του μαθητή σε μια δεδομένη στιγμή.

Η αξιολόγηση των εκπαιδευτικών λογισμικών.

Η αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού είναι σύνθετη και πολυεπίπεδη διαδικασία (Μικρόπουλος 2000, Ράπτης & Ράπτη 1999, Αρβανιτάκης 1993, Bleas 1988) που, για να είναι πλήρης, επιτελείται συνήθως από διεπιστημονική ομάδα συμπληρωματικών ειδικοτήτων (Τζεκάκη 1997, Μικρόπουλος 2000). Τα χαρακτηριστικά ως προς τα οποία γίνεται η αξιολόγηση δεν είναι αυτονότα. Κάθε ένα από αυτά χρήζει σαφούς ορισμού, ανάλυσης και κωδικοποίησης. Με τη σειρά του, το σύνολο των χαρακτηριστικών χρήζει ιεράρχησης και στάθμισης (Bleas, 1988). Οι βασικοί άξονες αξιολόγησης είναι ο επιστημονικός, ο παιδαγωγικός-διδακτικός, ο τεχνικός και ο οικονομικός. Η αξιολόγηση γίνεται από ομάδες ειδικών που είναι σχετικοί με τη διδακτική, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται και το γνωστικό αντικείμενο (Μικρόπουλος, 2000). Αξιολογητές, βέβαια, είναι σε κάθε περίπτωση και οι χρήστες, δηλαδή, οι καθηγητές και οι μαθητές.

3. Η ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους στα λογισμικά εκμάθησης Μαθηματικών: μελέτη περιπτώσεων.

Η ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους εντάσσεται στη γενικότερη μελέτη της διαδικασίας ελέγχου στα εκπαιδευτικά λογισμικά Μαθηματικών (Τζεκάκη 1997, Καργιωτάκης 1997). Με τον όρο ανατροφοδότηση εννοούμε μια διαδικασία ελέγχου που περιλαμβάνει σε έναν πρώτο άξονα:

- 1) την αξιολόγηση των σχετικών γνώσεων που έχει ο μαθητής πριν ασχοληθεί με το εκπαιδευτικό μέρος του προγράμματος και μετά από αυτό,
- 2) το είδος της πληροφορίας που παρέχει το πρόγραμμα μετά από κάθε απάντηση του μαθητή, που μπορεί να είναι ένα ή περισσότερα από τα παρακάτω:
 - § «Σωστό» «Λάθος» και αυτόματη μετάβαση στην επόμενη ερώτηση ή «δοκίμασε ξανά»,
 - § η σωστή απάντηση με επεξηγήσεις,
 - § επεξηγήσεις για όλες τις απαντήσεις (ιδιαίτερα για τις σχεδόν σωστές απαντήσεις),
 - § συνδέσεις με άλλα τεστ ή ενότητες για συμπληρωματική μελέτη,
- 3) τον τρόπο βαθμολόγησης των απαντήσεων,
- 4) τον αριθμό των προσπαθειών που επιτρέπονται στο μαθητή,
- 5) την παροχή συμβουλών στο μαθητή για να προσπαθήσει ξανά,

- 6) την καταγραφή του ιστορικού των προσπαθειών και της επίδοσής του και, τέλος,
 7) τη δυνατότητα από μέρους του μαθητή να εξετάζει μόνος του την εγκυρότητα μιας απάντησης και να ερμηνεύει τις αιτίες που τον οδήγησαν στην απάντηση αυτή.

Ένας δεύτερος άξονας αφορά τα κίνητρα που συνδέονται με την ανατροφοδότηση. Έτσι η ανατροφοδότηση κρίνεται ενθαρρυντική με βάση

- α) την καταλληλότητα της χρονικής στιγμής που δίνεται,
- β) τα αντιληπτικά ερεθίσματα που ακολουθούν τις απαντήσεις (οπτικά, ηχητικά),
- γ) την καταλληλότητα της πληροφορίας και του υποστηρικτικού υλικού που δίνει,
- δ) την καταλληλότητα του ήχου και της εικόνας που τη συνοδεύουν,
- ε) την προσαρμογή στα χαρακτηριστικά του μαθητή με διακλαδιζόμενα στοιχεία για μεγαλύτερη εξατομίκευση,
- στ) την απουσία στοιχείων που ενδεχομένως θα λειτουργούσαν διαταρακτικά για τη συναισθηματική ισορροπία του μαθητή, και
- ζ) την απουσία ανεπιθύμητων μεροληψιών (φυλετικών, σεξιστικών, εθνικών, θρησκευτικών).

Ένας τρίτος άξονας περιλαμβάνει

- α) τη δυνατότητα δημιουργίας αναφορών προόδου για κάθε μαθητή,
- β) τη δυνατότητα ανάλυσης των ερωτήσεων και απαντήσεων ώστε να μπορούν οι δάσκαλοι και οι μαθητές να εκτιμήσουν πόση και τι είδους δουλειά επιπλέον απαιτείται και
- γ) τη δυνατότητα ρύθμισης των χρονικών ορίων (διάρκεια προστάθειας, στιγμή ανατροφοδότησης), της εμφάνισης υποδείξεων και συμβουλών, της απάντησης των ερωτήσεων με οποιαδήποτε σειρά και της επιστροφής σε προηγούμενες ερωτήσεις.

Συμπερασματικά, ο πρώτος άξονας αφορά κυρίως στη διδακτική θεώρηση της ανατροφοδότησης, ο δεύτερος στην ψυχοπαιδαγωγική και ο τρίτος στη λογιστική, αν και τα όρια δεν είναι απόλυτα.

Σε αυτό το πλαίσιο της ανατροφοδότησης εμείς θα επικεντρωθούμε μόνο στην περίπτωση λανθασμένης απάντησης από το μαθητή. Η Δημητρακοπούλου (1997) παρουσίασε τα αποτελέσματα ομάδας εργασίας που ασχολήθηκε με την αναζήτηση της μαθησιακής αξιοποίησης του λάθους στα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης. Θα κρατήσουμε τις συνιστώσες ανατροφοδότησης που αναδείχτηκαν και βασίζονται στη θεωρία οικοδόμησης της γνώσης (Θ.Ο.Γ.) (Miller 1997, Σολομωνίδου 2001) παρουσιάζοντάς τες σε αντιπαράθεση με ό,τι η συμπεριφορική θεωρία (Σ.Θ.) έχει να προτείνει (Πίνακας 1).

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 1, θα παρουσιάσουμε, στη συνέχεια, την ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους όπως τη συναντάμε σε δύο ελληνικά και ένα ξένο λογισμικό για τα Μαθηματικά. Πρόκειται για γραμμικά λογισμικά (Κόλλιας 1999, Μικρόπουλος 2000) που συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών λογισμικών τύπου προσωπικού εκπαιδευτή και εκγύμνασης-εξάσκησης. Τα λογισμικά δε διαθέτουν «γενερεικούς» (generative) αλγόριθμους που θα επέτρεπαν την παρουσίαση της ύλης και των ασκήσεων προσαρμοσμένη στις δυνατότητες και το επίπεδο κάθε μαθητή.

Πίνακας 1. Αντιπαράθεση της θεωρίας οικοδόμησης της γνώσης με τη συμπεριφορική θεωρία.

1. Η γνώση επιτυγχάνεται:

Σ.Θ. ως αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενης σύνδεσης ενός ερεθίσματος με μια απόκριση. Η γνώση έχει συσσωρευτικό χαρακτήρα.

Θ.Ο.Γ. ως αποτέλεσμα εφαρμογής ενεργειών που στηρίζονται σε δομές, οι οποίες είναι ακολουθίες μαθησιακών καταστάσεων.

Τα δομημένα περιβάλλοντα μάθησης περιλαμβάνουν ειδικά επιλεγμένες καταστάσεις-προβλήματα.

2. Η αναγνώριση ύπαρξης του λάθους από το μαθητή γίνεται:

Σ.Θ. με χαρακτηρισμό από το δάσκαλο ή το πρόγραμμα μιας ενέργειάς του ως λανθασμένης

Θ.Ο.Γ. με διαδικασίες ελέγχου ορθόπτητας της ενέργειάς του από τον ίδιο με ή χωρίς βοήθεια από το δάσκαλο ή το πρόγραμμα.

3. Ο εντοπισμός του λάθους:

Σ.Θ. γίνεται από το δάσκαλο ή το πρόγραμμα με την εκδήλωση της συμπεριφοράς από το μαθητή

Θ.Ο.Γ. γίνεται από το μαθητή με ή χωρίς βοήθεια από το δάσκαλο ή το πρόγραμμα.

4. Η αναζήτηση του ορθού (η τροποποίηση της συμπεριφοράς) γίνεται:

Σ.Θ. με ορισμένο αριθμό ευκαιριών που δίνονται στο μαθητή να επανορθώσει ή με υπόδειξη του ορθού

Θ.Ο.Γ. με κατάλληλες νύξεις, υποδείξεις ή διαδικασίες ελέγχου του συλλογισμού που ενεργοποιούν το γνωστικό σύστημα του μαθητή με αποτέλεσμα την τροποποίηση της αρχικής του απάντησης, αναπαράστασης ή λύσης.

5. Η συνειδητοποίηση της αιτίας του λάθους (η αποσαφήνισή του):

Σ.Θ. δεν κρίνεται αναγκαία.

Θ.Ο.Γ. γίνεται με τη μεταγνώση που είναι αποτέλεσμα και ενεργειών του δασκάλου ή του προγράμματος που αποσκοπούν στο να στοχαστεί ο μαθητής πάνω στον ίδιο του το συλλογισμό και να καταφέρει τελικά να εντοπίσει τη αιτία του λάθους του.

6. Η διατύπωση επεξηγηματικής επιχειρηματολογίας

Σ.Θ. δεν κρίνεται αναγκαία.

Θ.Ο.Γ. συμπληρώνει τη διαδικασία θεραπείας του λάθους και θεωρείται απόδειξη της κατανόησης και υπέρβασής του.

The Complete Algebra¹

Η ύλη είναι χωρισμένη σε κεφάλαια και υποκεφάλαια. Κάθε υποκεφάλαιο περιλαμβάνει ασκήσεις πολλαπλής επιλογής ή Σωστού-Λάθους. Κάθε απάντηση συνοδεύεται από ανατροφοδότηση και συγκεκριμένα από κατάλληλο οπτικό μήνυμα και ηχητικό σήμα επιτυχίας ή αποτυχίας. Αν ο μαθητής επιλέξει τη σωστή απάντηση τότε παρουσιάζεται η επόμενη ερώτηση. Αν ο μαθητής απαντήσει λάθος, η ερώτηση παραμένει, ενώ το πρόγραμμα δίνει “άπειρες” ευκαιρίες στο μαθητή να ξαναπροσπαθήσει. Επίσης, ο μαθητής μπορεί να παρακάμψει τη σειρά παρουσίασης των ερωτήσεων και μπορεί να εγκαταλείψει το υποκεφάλαιο στο οποίο εργάζεται και να επιστρέψει στην προηγούμενη οθόνη του προγράμματος, χωρίς να ολοκληρώσει τις προσπάθειές του στο συγκεκριμένο μάθημα. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να αποθηκεύσει τη δουλειά του και να επανέλθει για να συνεχίσει αργότερα.

Σε περίπτωση λάθους, η ανατροφοδότηση περιορίζεται μόνο σε ένα απλό οπτικό μήνυμα και ηχητικό σήμα. Δεν παρέχονται άμεσα οδηγίες με σκοπό την ανάκληση ή διόρθωση της γνώσης του μαθητή. Για παράδειγμα, σε μια άσκηση ζητείται να υπολογιστεί το γινόμενο $(4/5)X(1/2)$.

Η επιλογή “C” αντιστοιχεί στην απάντηση $\frac{4 \cdot 1}{5} = \frac{5}{2}$

Είναι λογικό να υποθέσει κανείς, ότι ένας μαθητής που επέλεξε με την πρώτη προσπάθεια την απάντηση “C”, πιθανώς να σκέφτηκε ότι $4+1=5$, $5+2=7$

και άρα $\frac{4 \cdot 1}{5} = \frac{5}{2}$

Στην περίπτωση αυτή, όπου ο συλλογισμός που οδηγεί σε λανθασμένη απάντηση είναι αρκετά εύκολο να προβλεφθεί (συχνό και συστηματικό λάθος), θα μπορούσε, το συγκεκριμένο πρόγραμμα, να παρέχει την κατάλληλη ανατροφοδότηση π.χ. να εμφανίσει ένα πλαίσιο κειμένου που να υπενθυμίζει στο μαθητή τους κανόνες πολλαπλασιασμού των κλασμάτων.

Σχετικά με την επίδοση του μαθητή, το λογισμικό ενώ δίνει “άπειρες” ευκαιρίες στο μαθητή για να επιλέξει τη σωστή απάντηση, καθώς, επίσης, και τη δυνατότητα να παρακάμψει τη σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι ερωτήσεις, έχει μια σημαντική έλλειψη. Δεν καταγράφει τον αριθμό των αποτυχημένων προσπαθειών του μαθητή σε κάθε ερώτηση. Μια διαφορετική προσέγγιση στο σχεδιασμό του προγράμματος θα μπορούσε να είναι η στάθμιση του τελικού βαθμού επίδοσης με βάση και τον αριθμό των προσπαθειών του μαθητή σε κάθε ερώτηση.

Επίσης, δεν καταγράφεται και η σειρά με την οποία ο μαθητής εξετάζει και απαντά στις διάφορες ερωτήσεις. Το γεγονός αυτό δεν επιτρέπει στο δάσκαλο να παρακολουθήσει, εκ των υστέρων, την πορεία, τα στάδια και τις στρατηγικές του μαθητή στην αντιμετώπιση των προβλημάτων. Η μελέτη του ιστορικού μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας του μαθητή βοηθά τον εκπαιδευτικό στην ξαναγωγή χρήσιμων διδακτικών-παιδαγωγικών συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα της διδασκαλίας.

Ένα άλλο μειονέκτημα του προγράμματος είναι η έλλειψη εργαλείων για τη συγγραφή και ενσωμάτωση νέων ερωτήσεων και προβλημάτων. Έτσι, ο δάσκαλος είναι υποχρεωμένος να ακολουθήσει τη σειρά και το περιεχόμενο παρουσίασης της ύλης, όπως αυτή έχει καθοριστεί από τους δημιουργούς της εφαρμογής.

¹Παραγωγή: Pro One Software (P.O. Box 16317, Las Cruces, NM 88004). Copyright 1994-95 by Philip Neal Faircloth and Harry V. Lassiter (LF Software).

²Ανάπτυξη εφαρμογής: ARKTOS MULTIMEDIA. Διάθεση: MLS.

Μαθηματικά πρωτης τάξης Γυμνασίου. Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για μαθητές².

Η ύλη χωρίζεται σε κεφάλαια και ενότητες. Ο μαθητής επιλέγει πρώτα κεφάλαιο και ενότητα και στη συνέχεια επιλέγει μεταξύ θεωρίας, παραδειγμάτων, ασκήσεων και διαγωνίσματος. Η θεωρία και τα παραδείγματα παρουσιάζονται με κείμενο, αφήγηση, εικόνα και σε ορισμένες περιπτώσεις κινούμενο σχέδιο (animation). Οι ασκήσεις είναι αντικειμενικού τύπου (συμπλήρωσης κενού, σωστού-λάθους, πολλαπλής επιλογής και αντιστοίχισης) και παρουσιάζονται πάντα με συγκεκριμένη σειρά. Δίνεται άμεση ανατροφοδότηση με οπτικά και ηχητικά μηνύματα. Το λάθος δηλώνεται με κόκκινο χρώμα και το σωστό με πράσινο. Η ηχητική ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους είναι “διασκεδαστικοί” ήχοι, όπως γκάρισμα γαϊδάρου, σπάσμο γυαλιών, θόρυβος από τρακάρισμα αυτοκινήτων, κ.λπ.. Υπάρχουν ξεχωριστοί ήχοι σε περίπτωση που ο μαθητής κάνει λάθος σε πέντε συνεχόμενες ερωτήσεις. Σε περίπτωση λάθους παρουσιάζεται η σωστή απάντηση. Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να κινηθεί στο πεδίο των ασκήσεων και να επιλέξει με ποια θα ασχοληθεί κάθε φορά. Τα διαγωνίσματα είναι ανακεφαλαιωτικά, οι ασκήσεις παρουσιάζονται με τυχαία σειρά και δεν υπάρχει δυνατότητα περάσματος στην επόμενη άσκηση αν προτιγουμένως δεν έχει απαντηθεί, σωστά ή λάθος, η τρέχουσα άσκηση. Υπάρχει δυνατότητα ακύρωσης του διαγωνίσματος.

Το λογισμικό διαθέτει ευρετήριο όρων και τη δυνατότητα να παίξει ο μαθητής με διάφορα παζλ, ανάλογα με τη βαθμολογία του. Επίσης, διαθέτει άμεση βοήθεια μέσω ειδικού πλήκτρου.

Τέλος, το λογισμικό δημιουργεί ένα αρχείο που κρατάει πληροφορίες και στατιστικά σχετικά με την επίδοση του μαθητή στα διαγωνίσματα, τον αριθμό των ασκήσεων που έλυσε, τον αριθμό των σελίδων της θεωρίας που επισκέφτηκε, των παραδειγμάτων, κ.λπ., ανά ημέρα και ώρα.

Ο Γαλαξίας των Αριθμών. Αριθμητική Δημοτικού - Γυμνασίου³

Πρόκειται για μια εφαρμογή πολυμέσων με μουσική, τραγούδια και κινούμενο σχέδιο. Υπάρχουν πρωταγωνιστές που μεταφέρονται στο Γαλαξία των Αριθμών μέσω χρονομηχανής. Εκεί, εμπλέκονται σε διάφορες δοκιμασίες, η επιτυχής έκβαση των οποίων εξαρτάται από την επίλυση διαφόρων ασκήσεων που καταλήγουν σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Σε κάθε περίπτωση υπάρχουν τρεις εναλλακτικές απαντήσεις μία σωστή και δύο λάθος. Ο μαθητής μπορεί να δοκιμάσει τρεις φορές μέχρι να βρει τη σωστή απάντηση. Σε κάθε λάθος απομακρύνεται από το στόχο της δοκιμασίας. Για παράδειγμα: βρισκόμαστε στον πλανήτη των κλασματικών αριθμών και στο βάθος του πηγαδιού βρίσκεται το κουτί με τους αριθμούς που έχουν χαθεί από τη χρονομηχανή. Σκοπός είναι να ανέβει η στάθμη του νερού ώστε να μπορέσουν οι πρωταγωνιστές να πάρουν το κουτί με τους αριθμούς. Για κάθε σωστή απάντηση ανεβαίνει η στάθμη του νερού στο πηγάδι ενώ για κάθε λάθος κατεβαίνει. Για κάθε λάθος απάντηση υπάρχει ηχητική ανατροφοδότηση (καμπανάκι) ενώ για κάθε σωστή ήχος σχετικός με τη δοκιμασία. Στο παράδειγμα ακούγεται ήχος νερού που γεμίζει δοχείο.

4. Συμπεράσματα – προτάσεις.

Θα περιμέναμε ότι τα σύγχρονα εμπορικά λογισμικά για τα Μαθηματικά θα ήταν εφαρμογές συμβατές με το πλαίσιο που καθορίζει η Διδακτική των Μαθηματικών. Αντί γι' αυτό όμως, τα λογισμικά που εξετάσαμε ενδεικτικά βρίσκονται, τουλάχιστον όσο αφορά στο λάθος, σε συμφωνία με τις αντιλήψεις των περισσότερων καθηγητών και μαθητών, αντιλήψεις που βρίσκονται σε πλήρη ασυμφωνία με τις σύγχρονες θεωρήσεις για τη διαχείριση και τη χρησιμότητα, τελικά, του λάθους στα Μαθηματικά. Δηλαδή, τα λογισμικά αυτά σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία δεν έρχονται να προσθέσουν τίποτε νέο για τα λάθη πέρα από το μέσο να τα διαπράττεις. Και αυτό παρά τις δυνατότητες που παρέχει αυτό το μέσο για οικοδόμηση λογισμικών βασισμένων σε υψηλή διδακτική ανάλυση.

Ήδη στις μηχανές διδασκαλίας του Skinner καταγράφονταν τα πιο συνηθισμένα λάθη των μαθητών, με σκοπό την τροποποίηση και τον εμπλουτισμό του διδακτικού υλικού, έτσι ώστε τελικά οι απαντήσεις του μέσου μαθητή να είναι σχεδόν πάντα σωστές (Gage & Berliner, 1992). Σαράντα χρόνια μετά, και ενώ η συμπεριφορική θεωρία μάθησης άφησε τη θέση της στη θεωρία οικοδόμησης της γνώσης, στη Μαθηματική Εκπαίδευση στην τάξη αλλά και στα λογισμικά τα πράγματα είναι καθηλωμένα στο παρελθόν.

Συμπερασματικά, τα λογισμικά του τύπου που αξιολογήσαμε δεν διαχειρίζονται το λάθος σύμφωνα με τα πορίσματα της Διδακτικής των Μαθηματικών. Η επισήμανση των αδυναμιών των λογισμικών αυτών γίνεται για την ενημέρωση των χρηστών, κυρίως των εκπαιδευτικών, με σκοπό η τυποποιημένη μορφή του παραδοσιακού εκπαιδευτικού λογισμικού να μην αποτελέσει έναν ακόμη αναστατωτικό παράγοντα της χρήσης των Η/Υ στην εκπαίδευση. Αυτό δεν σημαίνει, επίσης, ότι τα λογισμικά αυτά, χωρίς τα μειονεκτήματα που επισημάναμε, θα εξυπηρετούσαν τους στόχους της διδασκαλίας των Μαθηματικών, από παιδαγωγική, ψυχολογική και διδακτική σκοπιά.

²ISBN: 960-7772-06-7. Παραγωγή: CONCEPTUM, ΑΔΑΜ ΔΑΜΙΑΝΑΚΗΣ Α.Ε. Διάθεση: CONCEPTUM

Είναι δύσκολο να πειστούν οι εκπαιδευτικοί, αλλά και οι μαθητές, για τη χρησιμότητα των Η/Υ όταν τα λογισμικά περιορίζονται, απλά και μόνο, σε τυποποιημένες ασκήσεις και διδασκαλία αμφιβόλου παιδαγωγικής και διδακτικής αξίας.

Παραμένουν λοιπόν ζητούμενα στα εμπορικά λογισμικά διδασκαλίας των Μαθηματικών:

▪ **Η «επιστημονική» ανατροφοδότηση.**

Επιτυγχάνεται με τη συμμετοχή στο σχεδιασμό των λογισμικών επιστημόνων στη Διδακτική των Μαθηματικών και την Παιδαγωγική Ψυχολογία που θα αναλύουν τα πιθανά σε κάθε προβληματική κατάσταση λάθη και θα υποδείξουν τους κατάλληλους τρόπους ανατροφοδότησης. Σε κάθε περίπτωση το λογισμικό πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να ελέγχει μόνος του την ορθότητα της μαθηματικής δραστηριότητάς του και να του παρέχει τα εργαλεία και τα κίνητρα για τη διόρθωση των λαθών του.

▪ **Η παραμετροποιημένη ανατροφοδότηση.**

Επιτυγχάνεται όταν δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό ή στο μαθητή να κάνει μικρές παρεμβάσεις και ρυθμίσεις στο λογισμικό έτσι ώστε το αποτέλεσμα να προσαρμόζεται καλύτερα σε κάθε περίπτωση (εξατομίκευση της διδασκαλίας και της μάθησης).

▪ **Η λογιστική διαχείριση του λάθους.**

Επιτυγχάνεται όταν δίνεται η δυνατότητα καταγραφής του ιστορικού των δραστηριοτήτων κάθε μαθητή και της χρησιμοποίησης των πληροφοριών για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έργου, αλλά και την αξιολόγηση και βελτίωση του λογισμικού.

Η εκτιμήση μας είναι ότι οι αδυναμίες αυτές θα υπάρχουν και στα λογισμικά αυτού του τύπου που θα διατεθούν μελλοντικά στην αγορά κυρίως λόγω κόστους παραγωγής και νοοτροπίας των κατασκευαστών. Η αναμενόμενη λύση, κάποια στιγμή στο μέλλον, είναι η παραγωγή «μικρών» λογισμικών που το καθένα από αυτά θα καλύπτει ένα μόνο εννοιολογικό πλαίσιο και θα λαμβάνει υπόψη του όλα τα σχετικά δεδομένα της Διδακτικής των Μαθηματικών και ειδικότερα ότι αφορά την ανατροφοδότηση σε περίπτωση λάθους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Bleasle, D. (1988). Choosing educational software. In A. Jones and P. Scrimshaw (Eds) *Computers in Education 5-13* (pp. 277-299). Milton Keynes: Open University Press.
- Borasi, R. (1996). *Reconceiving Mathematics Instruction: A Focus on Errors*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Borich, G. & Tombari, M. (1997). *Educational Psychology: A contemporary Approach*. New York: Longman.
- Gage N. L. & Berliner D. (1992). *Educational Psychology*. Houghton Mifflin Company.
- Hasazi, J. E. & Hasazi, S. E. (1972). Effects of teacher attention on didit-reversal behavior in an elementary school child. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 5, 157-162.
- Kaldrimidou M. & Ikonomou A. (1998). Epistemological and metacognitive conceptions as factors involved in the learning of mathematics: a study, which focuses on graphic representations of functions. In Bartolini-Bussi M., Sierpinska A. & Steinbring H. (Eds). *Language and communication in the mathematics classroom*. NCTM Reston, Virginia.
- Menexes, G. (1997). *Computers in Education*. Unpublished MA paper. University of Surrey.
- Miller, P.H. (1983). *Theories of development*. San Francisco. CA: Freeman.
- Rodgers, T. A. & Iwata, B. A. (1991). An analysis of error-correction procedures during discrimination training. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 24, 775-782.
- Schoenfeld, A.H. (1992). Learning and think mathematically: Problem solving, metacognition and sense making in mathematics. In D.A. Grouws (Ed.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). New York: Macmillan.
- Stromer, R. (1975). Modifying letter and number reversals in elementary school children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 8, 211.
- Αρβανιτάκης, Ν. (1993). Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Ένα βοήθημα για τους εκπαιδευτικούς του Δημοτικού Σχολείου. Αθήνα: Εκδόσεις Κορφή.
- Δημητρακοπούλου, Α. (1997). Αναζήτηση της Μαθηματικής Αξιολόγησης του Λάθους στα Υπολογιστικά Περιβάλλοντα Μάθησης: Η συνεισφορά της διδακτικής των Μαθηματικών. Στο Πατρώντς Τ. και Πιντέλας Π. (Επιμέλεια) *Πρακτικά 3^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Μαθηματικών και Πληροφορικής στην Εκπαίδευση*. Αθήνα: Πνευματικός.
- Δημητρίου, Α. (1993). *Γνωστική Ανάπτυξη: Μοντέλα - Μέθοδοι - Εφαρμογές*. Θεσσαλονίκη, ART OF TEXT.
- Ζαβλανός, Μ. (1991). Η πληροφορική στην εκπαίδευση με Basic και Logo. Αθήνα: Σύγχρονη Εκδοτική.
- Καργιωτάκης, Γ. (1997). Ο Ελεγχός κατά τη διάρκεια επιλυσης προβλήματος με χρήση εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Ρόλος της ανάδρασης που τροφοδοτείται από τα μηνύματα του Η/Υ. Στο Καλαβάσης και Μεϊμάρης (επιμέλεια): *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών III: διδακτική Μαθηματικών και Νέες Τεχνολογίες*. Αθήνα, Gutenberg.
- Κόλλας, Α. (1999). *Οι Υπολογιστές στη Διδασκαλία και τη Μάθηση: Μια κριτική προσέγγιση*. Περιστέρι: Εκδόσεις ΕΛΛΗΝ.
- Μικρόπουλος, Τ. (2000). *Εκπαιδευτικό λογισμικό: Θέματα σχεδίασης και αξιολόγησης λογισμικού υπερμέσων*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Οικονόμου, Π. (1984). Η αντιμετώπιση του λάθους από τον καθηγητή των μαθηματικών. *Μαθηματική επιθεώρηση*, τ. 27. Αθήνα, Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία.
- Οικονόμου, Π. (1995). Η αντιμετώπιση του λάθους από τους καθηγητές των μαθηματικών. *Πρακτικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Μαθηματικών και Πληροφορικής στην Εκπαίδευση*. Λευκωσία: Σύγχρονη Εποχή.
- Παπάς, Γ. (1989). *Η Πληροφορική στο Σχολείο: Υλικό, Λογισμικό, Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών*. Αθήνα.
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (1999). *Πληροφορική και Εκπαίδευση: Συνολική Προσέγγιση*. Αθήνα.
- Σακονίδης, Χ. (1997). Ηλεκτρονικοί υπολογιστές και η χρήση τους στην πλαίσια της διδασκαλίας των μαθηματικών. Στο Καλαβάσης και Μεϊμάρης (επιμέλεια): *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών III: διδακτική Μαθηματικών και Νέες Τεχνολογίες*. Αθήνα, Gutenberg.
- Σολομωνίδου, Χ. (2001). *Σύγχρονη Εκπαίδευτική Τεχνολογία: Υπολογιστές και μάθηση στην Κοινωνία της Γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Κώδικας.
- Τζεκάκη, Μ. (1997). Ανάπτυξη και λειτουργία των διαδικασιών ελέγχου σε περιβάλλον Η/Υ. Στο Καλαβάσης και Μεϊμάρης (επιμέλεια): *Θέματα Διδακτικής Μαθηματικών III: διδακτική Μαθηματικών και Νέες Τεχνολογίες*. Αθήνα, Gutenberg.