

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΜΑΘΗΣΗΣ

7.1. ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ Η ΜΑΘΗΣΗ

Αρκετοί ερευνητές υποστήριξαν, ότι ο υπολογιστής μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών κατά τη διαδικασία της μάθησης και χαρακτήρισαν ορισμένα περιβάλλοντα λογισμικού ως γνωστικά περιβάλλοντα (Hillel, 1993; Laborde, 1993; Dreyfus, 1993). Ο εσωτερικός γνωστικός χαρακτήρας που δύναται να εμπεριέχεται στα περιβάλλοντα μάθησης που δημιουργούνται με τη βοήθεια της τεχνολογίας της πληροφορικής είναι μοναδικός, σε σύγκριση με άλλα μαθησιακά υλικά (Balacheff & Karut, 1996, σελ. 469). Ο υπολογιστής όπως αναφέρει η Hoyles (1987) ίσως είναι το μοναδικό μέσο που επιτρέπει στο μαθητή να κατασκευάσει γραφικές αναπαραστάσεις, να βλέπει τα αποτελέσματα των κατασκευών του, να τα διαχειρίζεται και να τα τροποποιεί χρησιμοποιώντας τα σε πιο έξυπνους και περίτεχνους (sophisticated) σχεδιασμούς.

7.1.1. Το εκπαιδευτικό λογισμικό ως μέρος του πλαισίου συμφραζομένων (context) στο οποίο συντελείται η μάθηση

Οι Noss & Hoyles (1992) όταν αναφέρονται σε περιβάλλον λογισμικού, ως πλαίσιο συμφραζομένων συμπεριλαμβάνουν το μαθητή, το δάσκαλο, τις αλληλεπιδράσεις δάσκαλου - μαθητή, όπως και τη δραστηριότητα την οποία οι μαθητές καλούνται να φέρουν σε πέρας. Οι ίδιοι ερευνητές, έδωσαν έμφαση στη διερεύνηση της επίδρασης του λογισμικού σαν το "πολύ σημαντικό μέσο" (very medium) στο οποίο απέδωσαν κεντρικό καθολικό και διαπεραστικό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης. Επιπλέον, έδωσαν έμφαση στη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης του μαθητή με το μέσο, από την άποψη της δυνατότητας έκφρασης των ιδεών του μαθητή και από την άποψη της δόμησης αυτών των ιδεών με την επίδραση του μέσου (Noss & Hoyles, 1992). Οι προσεγγίσεις που ανέπτυξαν οι μαθητές ενεργώντας σε πλαίσιο συμφραζομένων που περιελάμβανε και κάποιο περιβάλλον λογισμικού φάνηκε ότι ήταν επηρεασμένες από αυτό το πλαίσιο (Hoyles & Noss, 1989). Πιο συγκεκριμένα, οι προσεγγίσεις που οι μαθητές ανέπτυξαν στο περιβάλλον χαρτί-μολύβι και στο περιβάλλον του υπολογιστή προκειμένου να αντιμετωπίσουν προβλήματα λόγων και αναλογιών ήταν ποιοτικά διαφορετικές. Η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του υπολογιστή καθοδηγούσε το μαθητή να επικεντρωθεί στα βασικά σημεία των εννοιών και βοηθούσε τους μαθητές να ξεκαθαρίσουν τις αναλογικές σχέσεις που εμπεριέχονταν στο περιβάλλον. Επιπλέον, η τυποποίηση των αναλογικών σχέσεων που απαιτούνται από ένα υπολογιστικό περιβάλλον

επέδρασε καταλυτικά στην παραπέρα ανάπτυξη των στρατηγικών των μαθητών. Από μια ευρύτερη οπτική το περιβάλλον του υπολογιστή έδωσε την ευκαιρία στους μαθητές να κάνουν γενικεύσεις μέσα από τις ειδικές περιπτώσεις (Hoyles & Noss, 1989). Οι ίδιοι ερευνητές υποστήριξαν ότι το περιβάλλον του υπολογιστή μπορεί να παίζει το ρόλο "σκαλωσιάς" (scaffolding) και μπορεί να λειτουργήσει υποστηρικτικά στην ανάπτυξη της μαθηματικής δραστηριότητας των μαθητών. Οι Borba & Confrey (1996) μιλούν για "διαμόρφωση σχέσης" μεταξύ του μαθητή και των σχεδιαστών του λογισμικού αφ' ενός διά της μεσολάβησης του λογισμικού στις ενέργειες του μαθητή και αφ' ετέρου μέσα από τη διεύρυνση των δυνατοτήτων του περιβάλλοντος από το μαθητή.

7.1.2. Η δυνατότητα διεπιστημονικής προσέγγισης στη μάθηση μέσα από προσομοιώσεις πραγματικών καταστάσεων

Οι τεχνολογίες της πληροφορικής δίνουν τη δυνατότητα προσομοίωσης πραγματικών καταστάσεων όπως π.χ. φυσικών φαινομένων, επιχειρήσεων, λειτουργίας μηχανών ή μέσων μεταφοράς κ.α. Η διαχείριση αυτών των φαινομένων σε πραγματική μορφή πολλές φορές θα ήταν αδύνατο να διατεθεί στους μαθητές. Οι μαθητές με αυτό τον τρόπο συνδέουν τη γνώση με την επιστήμη ή την καθημερινή ζωή. Επιπλέον, είναι δυνατόν να προσομοιωθούν καταστάσεις που να αποτελούν ενοποίηση πολλών επιστημονικών αντικειμένων όπως φυσική, γεωγραφία, χημεία, μαθηματικά (Clements, 1989). Είναι έτσι δυνατό να μάθει ο μαθητής κάποιες έννοιες μέσα από τις εφαρμογές τους στα πλαίσια μιας διεπιστημονικής προσέγγισης. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να προσεγγίσουν τη γνώση ως ανθρώπινη δραστηριότητα με ενεργητικό τρόπο και όχι να την αποδέχονται ως παθητικοί δέκτες.

7.1.3. Η δυνατότητα πειραματισμού

Στη διδασκαλία, σημαντικές αλλαγές έχουν συντελεστεί με τη χρήση των αλληλεπιδραστικών ηλεκτρονικών μέσων. Αυτές οι αλλαγές οι οποίες αντικατοπτρίζουν πιο διερευνητικές προσεγγίσεις στηρίζονται στη δυνατότητα αλληλεπίδρασης του μέσου και στη δυνατότητα εμπλοκής του μαθητή με πιο πραγματικά προβλήματα που είναι δυνατό να υλοποιηθούν στο περιβάλλον του υπολογιστή (Fey, 1989). Στα περιβάλλοντα μάθησης με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι δυνατή η μάθηση μέσα από πειραματισμό των μαθητών με τις ειδικές μορφές έκφρασης των εννοιών. Η δυνατότητα γενίκευσης με βάση τις εμπειρίες των μαθητών μέσα από αυτές τις ειδικές περιπτώσεις έχει επίσης διερευνηθεί. Οι Hoyles & Noss (1987a) αναφέρουν περιπτώσεις όπου οι

μαθητές γενικεύουν μέσα από πειραματισμό σε περιβάλλον Logo για την έννοια του παραλληλογράμμου, ενώ οι Yerushalmy, Chazan, Gordon, & Houde, (1986) αναφέρουν ότι οι μαθητές που είχαν πειραματιστεί στο περιβάλλον Geometric Supposer ήταν ικανότεροι να τεκμηριώσουν τις γενικεύσεις τους από άλλους μαθητές που δεν συμμετείχαν σε αυτά τα πειράματα. Συνδέσεις μεταξύ επαγωγικής σκέψης που ανέπτυξαν οι μαθητές ύστερα από πειραματισμό σε περιβάλλον Logo και παραγωγικής σκέψης αναφέρθηκαν και από τον Κυνηγό (1993). Σε περιβάλλον Logo επίσης, οι ερευνητές Kieran & Hillel (1990) παρατήρησαν ότι οι περισσότεροι μαθητές ύστερα από πειραματισμό με ισοσκελή τρίγωνα και τις ιδιότητές τους μπορούσαν να επιλύσουν προβλήματα μεγαλύτερης πολυπλοκότητας στο ίδιο θέμα. Επιπλέον, οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι οι μαθητές κατάφεραν να πραγματοποιούν ποσοτικές συσχετίσεις που αφορούν το μέγεθος της γωνίας σε συνάρτηση με τη στροφή της. Με βάση τις έρευνες που πραγματοποίησε σε αλγεβρικές έννοιες η Hillel (1993) διαμόρφωσε την άποψη ότι οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διδασκαλία όχι ως περιβάλλοντα υποστήριξης αλλά ως περιβάλλοντα αναδιοργάνωσης, δηλαδή ένα πεδίο που δίνει έμφαση στις έννοιες, στην επίλυση προβλημάτων και γενικά σε διερευνητικές δραστηριότητες πειραματισμού και που αποτελεί πρόκληση για συναγωνισμό ένα είδος "διερεύνησης αγοράς" (window shopping) για αποτελέσματα. Αυτή η δυνατότητα πειραματισμού βρίσκεται κρυμμένη στα παραδοσιακά μέσα διδασκαλίας.

Οι στρατηγικές επίλυσης που ανέπτυξαν οι μαθητές σε περιβάλλοντα ψηφιακής εικονικής ανατροφοδότησης φάνηκε ότι έχουν ομοιότητα με τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι μαθηματικοί για την παραγωγή νέας μαθηματικής γνώσης. Χαρακτηρίζονται δηλαδή από πειραματισμό-λάθος-διόρθωση, διαίσθηση, επαγωγή, συμπεράσματα και αναιρέσεις. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται και στην περιγραφή της μαθηματικής ανακάλυψης από τον Lakatos 1976 (ό.π. η Villarreal, 1997)

7.1.4. Ο υπολογιστής ως εκφραστικό αλληλεπιδραστικό μέσο

Ο υπολογιστής αποτελεί μια συσκευή που μπορεί να υλοποιήσει διαδικασίες υψηλής αλληλεπίδρασης. Η δυνατότητα αυτή μπορεί να δώσει ευκαιρίες στο μαθητή για "δραστήρια" μάθηση (Clements, 1989). Στα παραδοσιακά αδρανή περιβάλλοντα, όπως το περιβάλλον χαρτί-μολύβι, ή στα φυσικά αντικείμενα ο μαθητής μπορεί να πραγματοποιήσει ενέργειες οι οποίες όμως δεν συνδέονται με κάποια αποτελέσματα και οι οποίες επιπλέον βρίσκονται σε απόσταση από τις μαθηματικές τους σημασίες (Noss, Healy, & Hoyles, 1997). Οι διαφορές ανάμεσα στα "αδρανή" και στα δυναμικά αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα ενεργοποιούν διαφορετικούς τρόπους σκέψης και επιπλέον σηματοδοτούν μια αργή αλλά βαθιά ιστορική εξέλιξη που οδηγεί στο κατώφλι

μιας νέας εκπαιδευτικής εποχής (Karut, 1994). Οι υπολογιστές δίνουν τη δυνατότητα για σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού στο οποίο να γίνεται πλήρης εκμετάλλευση των αυτοεκφραστικών τους δυνατοτήτων. Μέσα από τέτοιου είδους σχεδιασμό είναι δυνατή η σύνδεση της εικονικής με τη συμβολική πληροφορία (Noss, Healy, & Hoyles, 1997).

7.1.5. Οι αναπαραστάσεις μέσα από περιβάλλοντα ηλεκτρονικού υπολογιστή

"Οι υπολογιστές μπορούν να ανοίξουν νέους ορίζοντες (new windows) στην κατασκευή σημασιών μέσα από τη συνάντηση των δραστηριοτήτων του μαθητή των πρακτικών του καθηγητή και τα μη καθορισμένα σύνορα της Μαθηματικής γνώσης" (Noss & Hoyles, 1996b).

Ο όρος "παράθυρο" χρησιμοποιείται προκειμένου να δώσει τη διάσταση του διαμεσολαβητικού χαρακτήρα των υπολογιστών (Noss & Hoyles, 1996b). Ένα παράθυρο επηρεάζει το τι βλέπουμε και το πως το βλέπουμε. Οι υπολογιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία πλούσιων γνωστικών εμπειριών για τους μαθητές. Ο υπολογιστής μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να εκφράσουν άμεσα αυτό που αντιλαμβάνονται έμμεσα. Ο διαμεσολαβητικός ρόλος του υπολογιστή καθορίζεται μέσα από το διαμεσολαβητικό ρόλο της γλώσσας και των συμβολικών αναπαραστάσεων που παρέχει (Noss & Hoyles, 1996b). Ποσοτικές κυρίως μεθοδολογίες έχουν δανειστεί οι ερευνητές προκειμένου να διερευνήσουν ένα τόσο σύνθετο θέμα όπως το θέμα των υπολογιστών σε σχέση με τον πολιτισμό και τη μάθηση. Ανοικτά παραμένουν τα ερωτήματα που δημιουργούνται καθώς και οι απαντήσεις στα ερωτήματα που ήδη τίθενται.

Από μεθοδολογική άποψη, οι ερευνητές ψάχνουν το τι και το πως μαθαίνουν οι άνθρωποι με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Έτσι χρησιμοποιούνται ποιοτικές μεθοδολογίες με στόχο τη δημιουργία αναλυτικών κατασκευών που δίνουν έμφαση στην όλη μαθησιακή κατάσταση στην οποία ενυπάρχουν και ηλεκτρονικοί υπολογιστές.

Ο υπολογιστής είναι ένα μέσο. Το μέσο σημαίνει ότι δια μέσου αυτού μεταφέρεται πληροφορία. Τα μέσα μπορεί να είναι σύνθετα, δηλαδή να διαθέτουν διαφορετικές διαστάσεις μεταφοράς πληροφορίας. Η πληροφορία μεταφέρεται μέσα από τα συμβολικά συστήματα. Επομένως τα μέσα μπορεί να διαθέτουν διαστάσεις μεταφοράς διαφορετικών συμβολικών συστημάτων (Karut 1987b). Ένα σημείο που προέκυψε από την ανάλυση των Noss & Hoyles (1996b) είναι ότι οι αναπαραστάσεις και οι επικοινωνιακές μηχανές στις οποίες υλοποιούνται αποτελούν τους νευραλγικούς παράγοντες στη διαδικασία κατασκευής νοημάτων. Στους μαθητές δεν δίνεται συχνά η ευκαιρία να εκφράσουν τον εαυτό τους μέσα από τη φυσική γλώσσα και τα σχέδια και αυτό αποτελεί ένα λόγο για το

ότι βρίσκουν δύσκολο να επικοινωνούν ή να εκφράζονται μέσα από εικονικά ή προτασιακά συστήματα (Sutherland, 1995). Με τη χρήση των υπολογιστών δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να εκφράσουν τον εαυτό τους καλύτερα στα συμβολικά συστήματα από το χαρτί-μολύβι. Η Sutherland (1995) υποστηρίζει ότι η χρήση ενός περιβάλλοντος όπως το Cabri-Geometry αποτελεί έναν αποδοτικό τρόπο εικονικής επικοινωνίας μαθηματικών ιδεών. Επιπλέον, όταν οι μαθητές εργάστηκαν με τις εικόνες των λογιστικών φύλλων τις χρησιμοποίησαν με αναλυτικό αλλά και με δυναμικό τρόπο σκεπτόμενοι για την έννοια της μεταβλητής, όπως και ολιστικά διαισθητικά, αποδίδοντας μια συνολική δομή στο πρόβλημα (Sutherland, 1995). Οι μαθητές φάνηκε ότι ανέπτυξαν νοητική φαντασία στηριγμένοι στην εμπειρία τους με τα λογιστικά φύλλα, πρώτα με τη διαχείριση εικόνων (των λογιστικών φύλλων) και μετά με τον κώδικα αυτών των φύλλων. Αυτή η εξωτερική επικοινωνία αργότερα εσωτερικεύτηκε ενεργοποιώντας τα παιδιά να λύνουν προβλήματα χωρίς τη χρήση των λογιστικών φύλλων. Η Sutherland (1995) υποστηρίζει ότι τα εικονικά συστήματα μπορεί να χρησιμοποιούνται αναλυτικά και ολιστικά διαισθητικά όπως και τα προτασιακά συστήματα. Επίσης, υποστηρίζει ότι ένας λόγος που τα παιδιά δυσκολεύονται στο σχολείο είναι γιατί δεν τους δίνεται η ευκαιρία να επικοινωνούν με τις εικονικές τους ιδέες. Από τις Dettori & Lemut (1995) αναφέρεται ότι οι αναπαραστάσεις μέσα από περιβάλλον υπερμέσων :

- διεγείρουν τις αναπαραστατικές ικανότητες των παιδιών.
- έδωσαν δυνατότητες διαφορετικής αφετηρίας στους μαθητές μέσα από τη διαφορετικότητα τους, ώστε να αντιμετωπίζονται τα προβλήματα δυσκολιών που παρουσιάζονται, όταν χρησιμοποιείται μια μόνο αναπαράσταση
- έδωσαν τη δυνατότητα στους μαθητές για αναστοχασμό πάνω σε αυτές θεωρώντας τις ως αντικείμενα των μικροκόσμων.

7.1.6. Ο υπολογιστής ως μέσο έκφρασης πολλαπλών αναπαραστάσεων

" Η δυνατότητα κλειδί των μαθησιακών περιβαλλόντων που υλοποιούνται με τη βοήθεια του υπολογιστή είναι το ότι υπολογίζει τυπικές αναπαραστάσεις και σχέσεις μαθηματικών αντικειμένων " (Balacheff & Kaput, 1996, σελ. 469).

Έχει αναπτυχθεί η προσέγγιση σύμφωνα με την οποία η εννοιολογική κατανόηση απορρέει από τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων (Noss & Hoyles, 1996b). Οι ίδιοι ερευνητές τονίζουν το σημαντικό ενδιαφέρον που αποκτά η διερεύνηση των χαρακτηριστικών κάθε αίσθησης που διαμορφώνεται μέσα από τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, όπως και η διερεύνηση του εάν η χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων δημιουργεί κάποια σύγκλιση ανάμεσα στις αναπαραστάσεις. Η Εθνική

ένωση συμβούλων των καθηγητών των μαθηματικών της Αμερικής (NCTM) (1989, ό.π. η Afamasaga-Fuata'i, 1993) συνιστά την εξερεύνηση προτύπων και λειτουργικών σχέσεων με τη χρήση πολλαπλών αναπαραστασιακών συστημάτων, όπως και τη διερεύνηση των διασυνδέσεων μεταξύ αναπαραστασιακών συστημάτων. Επιπλέον, η ίδια ερευνήτρια τονίζει τη σημασία σχεδιασμού περιβαλλόντων μάθησης που να δίνουν ευκαιρίες για πολλαπλές επιλύσεις του ίδιου προβλήματος. Η Confrey, et al. (1991 ό.π. η Gomes Ferreira, et al. 1997, σελ.322) υποστηρίζει ότι "οι ιδέες και οι έννοιες είναι αλληλοδιαπλεκόμενες με τρόπο αδιαχώριστο. Οι ιδέες πάντα αναπαρίστανται, και μέσα από αλληλοδιαπλοκή των ενεργειών μας και των αναπαραστάσεων κατασκευάζουμε τα μαθηματικά νοήματα." Οι συσχετίσεις και οι διαφορές μεταξύ των αναπαραστάσεων αναφέρονται σαν "επιστημολογία των πολλαπλών αναπαραστάσεων" από τους Borba & Confrey (1996). Επιπλέον, οι ίδιοι συγγραφείς υποστήριξαν ότι οι νέες μορφές αναπαραστάσεων αλλάζουν τα μαθηματικά που διδάσκονται. Η υλοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων για την επίλυση των εξισώσεων σε ένα περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστή προσέφερε εναλλακτικούς τρόπους επίλυσης στους μαθητές. Οι μαθητές που συναντούσαν δυσκολίες με τις αναπαραστάσεις που ήταν όμοιες με αυτές που υπάρχουν στο τυποποιημένο πρόγραμμα της σχολικής γνώσης, βρήκαν άλλους τρόπους να εκφραστούν στο ηλεκτρονικό περιβάλλον (Day, 1993). Όπως προέκυψε από έρευνες του Cuoco (1994), ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων σε υπολογιστή βοήθησε τους μαθητές να αναπτύξουν "έννοιες-διεργασίες" (process-concepts). Ειδικότερα, "έννοιες διεργασίες" αναπτύχθηκαν μέσα από ένα περιβάλλον πολλαπλών αναπαραστάσεων σε υπολογιστή για τις συναρτήσεις (Harel & Dubinsky, 1991). Η επιλογή των αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση περιβαλλόντων μάθησης σε υπολογιστή παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση των στρατηγικών που αναπτύσσουν οι μαθητές στα προβλήματα που τους τίθενται. Για παράδειγμα ο Guttenberger (1991) δεν ανέφερε διαφορά στις προσεγγίσεις των μαθητών στο ηλεκτρονικό περιβάλλον και στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι. Όπως ο ίδιος αναφέρει οι μαθητές χρησιμοποίησαν το περιβάλλον του λογισμικού ως ηλεκτρονικό μαυροπίνακα, ενώ άλλοι ερευνητές, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, παρουσιάζουν διαφορετικές προσεγγίσεις των μαθητών στα διαφορετικά μέσα. Σχετικά με τη γνωστική αξία των "αδιαφανών αναπαραστάσεων" αναφέρεται ότι, όταν οι μαθητές καλούνται να δώσουν εξηγήσεις για τις έννοιες που υπονοούνται σε μια εικονική αναπαράσταση, μαθαίνουν όχι μόνο να ικανοποιήσουν μια ανάγκη τους αλλά και το ότι αυτό αποτελεί μέρος της μάθησης της γεωμετρίας (Hadas & Arcavi, 1997).

7.1.7. Οι υπολογιστές και η αλληλεπίδραση της εικόνας με την έννοια

Εάν είναι σωστό το ότι υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στις εικόνες και τις έννοιες τότε είναι λογικό να υποθέσουμε ότι υπάρχει μια βαθιά επίδραση των εξωτερικών εικόνων ή σχεδίων στις εσωτερικές διεργασίες (Mariotti, 1995). Η γενική ιδέα σύμφωνα με την ίδια ερευνήτρια είναι, ότι οι εξωτερικές εικόνες αλληλεπιδρούν με τις εσωτερικές οι οποίες μπορεί να ερμηνεύονται σε εικονικές έννοιες με τον ακόλουθο τρόπο. Οι εξωτερικές εικόνες παρέχουν αισθητική παρότρυνση για τις εικονικές έννοιες. Η βασική ερώτηση αφορά την επίδραση των εξωτερικών εικόνων στη διαλεκτική σχέση του εικονικού με το εννοιολογικό μέρος. Υπάρχει μια σχέση μεταξύ της διαδικασίας επίλυσης και του σχεδιαγράμματος που συνοδεύει τις νοητικές διεργασίες και η σχέση μεταξύ της ανάπτυξης γεωμετρικής λογικής και των εικόνων που σχεδιάζονται στην οθόνη του υπολογιστή. Στο περιβάλλον χαρτί - μολύβι υπάρχει συμφωνία για τη χρησιμότητα της σχεδίασης στην ανάπτυξη της γεωμετρικής λογικής. Δεν υπάρχει πολλή γνώση για την αλληλεπίδραση τους. Το ερώτημα είναι πως οι νοητικές διεργασίες της επίλυσης επηρεάζονται από τη χρήση εικονικής βοήθειας, ειδικά στο χώρο της γεωμετρίας;

Η Mariotti (1995) υποστηρίζει ότι η γεωμετρία είναι ένας χώρος όπου οι εικόνες και οι έννοιες πρέπει να βρίσκονται σε αλληλεπίδραση. Επίσης, είναι ένας χώρος για νοητικούς πειραματισμούς εικόνας-λογικής. Γενικότερα πιστεύει ότι η αλληλεπίδραση ανάμεσα στις εικόνες και στις έννοιες αποκτούν ενδιαφέρον σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης της μαθηματικής λογικής. Τα σχήματα στη γεωμετρία έχουν ένα σύνθετο ρόλο στην παρουσίαση της γεωμετρικής γνώσης. Τα θεωρητικά και τα αισθητηριακά στοιχεία του σχήματος αλληλοσυνδέονται. Κάτω από αυτή τη θεώρηση τα σχήματα αποτελούν ένα είδος "εικονικών εννοιών" (figural concepts) (Fischbein, 1993, σελ. 139) Η ικανότητα αναγνώρισης της εικονικής πληροφορίας που περιέχουν τα σχήματα, όπως και η ικανότητα της εικονικής τους επεξεργασίας έχει υπογραμμισθεί και από τον Bishop (1983, σελ.184). Ο Parzysz (1988) έκανε ένα διαχωρισμό ανάμεσα στο σχήμα και στο σχέδιο. Το σχέδιο αποτελεί εικονική έκφραση σε κάποιο μέσο μιας νοητικής εικόνας. Το σχήμα δεν αποτελεί απλά ένα συγκεκριμένο αντικείμενο-εικόνα, αποτελεί εκπρόσωπο μιας κλάσης άπειρων αντικειμένων που έχουν κάποιες κοινές ιδιότητες σαφώς ορισμένες (Laborde, 1992). Έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι στο χώρο της υπολογιστικής γεωμετρίας, κατάλληλοι να ερμηνευτούν σε γλώσσα προγραμματισμού, που επιτρέπουν την εικονική αναπαράσταση απείρων αντικειμένων μιας κλάσης σχημάτων. Ουσιαστικά γίνεται υλοποίηση με χρήση λογικού (software) ενός μοντέλου που ανταποκρίνεται στην έννοια-σχήμα. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η εξεικόνιση της αλληλοσυσχέτισης του σχεδίου και του σχήματος. Είναι δυνατή σε περιβάλλον υπολογιστή η αλληλεπίδραση της εικόνας (σχέδιο) με την έννοια την οποία υλοποιεί.

Η Γεωμετρία είναι ένας χώρος που στηρίζεται σε αυτή την αλληλεπίδραση χρησιμοποιώντας τις αισθήσεις ως διαμεσολαβητές μεταξύ σχημάτων και εννοιών (Strasser & Capponi, 1991). Οι δυνατότητες αυτές των ηλεκτρονικών υπολογιστών για πολλαπλότητα εικονικής αναπαράστασης του ίδιου σχήματος έχουν χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού. Οι εικόνες που δημιουργούνται με τη βοήθεια των μικρόκοσμων δεν είναι φτωχές αναπαραστάσεις αισθητηριακού επιπέδου γιατί έχουν μια δικιά τους εσωτερική λογική που εξαρτάται από τη διαδικασία που τις παράγει και τις εμφανίζει στην οθόνη του υπολογιστή. Η λογική της μηχανής γίνεται λογική της σχεδίασης. Για να δουλέψει κάποιος παραγωγικά με τα σχήματα αυτά πρέπει προηγουμένως να καταλάβει και να μπορεί να διαχειριστεί αυτή τη λογική. Ο διαμεσολαβητικός ρόλος των σχεδίων αυτών του υπολογιστή διαφοροποιείται ανάλογα με το πως παράγονται οι εικόνες, ανάλογα με την συνεισφορά της αισθητηριακής και της εννοιολογικής διάστασης και της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Εκπαιδευτικό λογισμικό όπως για παράδειγμα το Cabri-Geometry βοηθά στην ανάπτυξη της αλληλεπίδρασης μεταξύ του εικονικού και του εννοιολογικού μέρους της γεωμετρικής λογικής. Η αλληλεπίδραση με το μηχάνημα διαμεσολαβείται μέσα από τις εντολές που βρίσκονται στο περιβάλλον διεπαφής του λογισμικού οι οποίες κάθε φορά αντανakλούν ένα σκοπό εννοιολογικό και ταυτόχρονα αισθητηριακό. Η εικόνα στην οθόνη του υπολογιστή παριστά μόνο το ένα μέρος της φύσης της. Η εσωτερική λογική με την οποία κατασκευάστηκε δεν εμφανίζεται άμεσα αλλά μόνον όταν ένα στοιχείο της μετακινείται. Με τη λειτουργία του συρσίματος μπορεί να γίνεται μετακίνηση ενός στοιχείου της εικόνας, ενώ όλες οι υπονοούμενες γεωμετρικές σχέσεις παραμένουν αμετάβλητες. Έτσι η εικόνα φαίνεται διαφορετική αλλά οι γεωμετρικές της ιδιότητες διατηρούνται. Η ανάγκη αξιολόγησης αυτής της διεργασίας μας αναγκάζει να φανερώσουμε τις γεωμετρικές σχέσεις που βρίσκονται κρυμμένες. Τέτοιες εικόνες μπορεί κανείς να τις δει, αλλά προκειμένου να τις διαχειριστεί, πρέπει να κατανοήσει το εννοιολογικό τους περιεχόμενο.

7.1.8. Ο υπολογιστής ως μέσο εικονικής ανατροφοδότησης

Η Laborde (1992) επισημαίνει τη σημασία της αισθητηριακής αντίληψης στη λύση των γεωμετρικών προβλημάτων. Η αισθητηριακή αντίληψη (perception) και μόνον δεν φτάνει για την επίλυση ενός γεωμετρικού προβλήματος. Στην περίπτωση του εκπαιδευτικού λογισμικού η εικονική ανατροφοδότηση σε συνδυασμό με τη δυνατότητα μεταβολής του σχήματος στην οθόνη του υπολογιστή διατηρώντας βασικές του ιδιότητες διαμορφώνει ένα νέο είδος αισθητηριακής αντίληψης. Αυτή η ανατροφοδότηση δεν είναι μόνο αισθητηριακή αλλά περιέχει και πληροφορία που μπορεί να βοηθήσει το μαθητή να ανακαλύψει ότι οι υποθέσεις που έκανε σχετικά με τις ιδιότητες του σχήματος στην αρχική

κατάσταση δεν ισχύουν. Αναφερόμενοι στο ρόλο της ανατροφοδότησης οι Noss & Hoyles (1992) υποστηρίζουν ότι ανάλογα με το είδος της (ποιοτική ή ποσοτική ανατροφοδότηση) βοηθά το μαθητή να κάνει ποιοτικούς ή ποσοτικούς ελέγχους στις στρατηγικές που αναπτύσσει.

7.1.9. Η δυνατότητα άμεσης διαχείρισης των σχημάτων στην οθόνη του υπολογιστή

Με τα σχεδιαστικά πακέτα όπως πχ το Mac Paint ή το Paint Brush μπορεί κανείς να σχεδιάσει και να διαχειριστεί ένα σχήμα. Μπορεί δηλαδή πραγματοποιώντας κάποιες ενέργειες να τροποποιήσει τη μορφή του, παράγοντας ένα νέο σχέδιο. Το σχήμα όμως το οποίο παράγεται δεν έχει καμιά σχέση με το αρχικό. *Η σχεδίαση του σχήματος* με τη βοήθεια των σχεδιαστικών εργαλείων που διατίθενται από τους μικρόκοσμους ή με τη βοήθεια κάποιας γλώσσας προγραμματισμού γίνεται πιο συνειδητά επιλέγοντας εντολές από το περιβάλλον διεπαφής (interface) του μικρόκοσμου ή γράφοντας τις κατάλληλες εντολές της γλώσσας προγραμματισμού. Με αυτό τον τρόπο η σχεδίαση του σχήματος ακολουθεί τα βασικά σημεία-έννοιες της γεωμετρικής κατασκευής του (Laborde, 1992). Επιπλέον, βοηθά στην συνειδητοποίηση και εξωτερίκευση εννοιών και ενεργειών που υπονοούνται κατά τη διάρκεια κατασκευής ενός σχήματος. *Η διαφοροποίηση του σχήματος* στην περίπτωση των εξειδικευμένων ηλεκτρονικών περιβαλλόντων μάθησης γίνεται με διαφορετικό τρόπο διαμεσολάβησης, είτε μέσω των εντολών του περιβάλλοντος διεπαφής είτε μέσω του drag mode. Όταν κάποια στοιχεία μιας γεωμετρικής κατασκευής "σύρονται", (dragged) όλες οι ιδιότητες που χρησιμοποιήθηκαν για τη γεωμετρική κατασκευή του σχήματος διατηρούνται (Holzl, 1996; 1995). Η διαφοροποίηση του σχήματος σε αυτά τα περιβάλλοντα μάθησης δίνει τη δυνατότητα κατασκευής μιας απειρίας σχημάτων της ίδιας κλάσης των οποίων διατηρεί κάποιες από τις βασικές ιδιότητες (Laborde, 1992). Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στο μαθητή να δει πολλαπλές όψεις του ίδιου σχήματος.

7.1.10. Η δυνατότητα δημιουργίας εννοιών-διεργασιών και εννοιών-αντικειμένων

Οι Harel & Dubinsky (1991) χρησιμοποίησαν τους όρους "αντίληψη ενέργειας" (action conception) και "αντίληψη διαδικασίας" (process conception) για έρευνες που πραγματοποίησαν σε περιβάλλον υπολογιστή. Τον πρώτο όρο χρησιμοποίησαν προκειμένου να περιγράψουν την κατανόηση μιας ενέργειας διανοητικής ή φυσικής διαχείρισης αντικειμένων (με τη γενική έννοια πχ μια συνάρτηση στον υπολογιστή μπορεί να θεωρείται αντικείμενο) με στατικό τρόπο, ενώ το δεύτερο προκειμένου να περιγράψουν

τη δυνατότητα δυναμικής διαχείρισης των αντικειμένων. Ως δυναμική διαχείριση αναφέρουν τη δυνατότητα μετασχηματισμού μιας οντότητας σε άλλη διατηρώντας τα ποσοτικά της χαρακτηριστικά και μετασχηματίζοντας άλλα. Από αυτούς τους ερευνητές αλλά και από τον Cuoco (1994) τονίστηκε η δυνατότητα "αντίληψης διαδικασίας" με τη χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων μιας έννοιας σε περιβάλλον υπολογιστή. Η δυνατότητα αυτή βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν πιο δυναμικές έννοιες τις "έννοιες διεργασίες" (concept process). Από τον τελευταίο ερευνητή αναφέρθηκε επίσης ότι στα περιβάλλοντα πολλαπλών αναπαραστάσεων οι βασικές έννοιες που υλοποιούνται στον υπολογιστή και παίρνουν εικονική μορφή στην οθόνη του ονομάζονται αντικείμενα "πρώτης κλάσης" (first-class objects). Με τη δυνατότητα ανάπτυξης διαφορετικών διεργασιών πάνω σε αυτά τα αντικείμενα με το ίδιο αποτέλεσμα οι μαθητές βοηθούνται να αναπτύξουν τις "έννοιες διεργασίες" προς μια γενικότερη θεώρηση της έννοιας ως "αντικείμενο" (object concept). Στην περίπτωση των συναρτήσεων παρατηρήθηκε η οικοδόμηση του αντικειμένου της έννοιας της συνάρτησης από τους μαθητές (Cuoco, 1994).

7.2. Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού αφορά σε 3 επίπεδα

- Στον εννοιολογικό σχεδιασμό
- Στο σχεδιασμό παρουσίασης
- Στην ανάπτυξη την αξιολόγηση και στη διάθεση

Όσον αφορά στον εννοιολογικό σχεδιασμό αυτός εμπεριέχει την αρχιτεκτονική του συστήματος για τη μάθηση. Δηλαδή τις διαθέσιμες μορφές αλληλεπίδρασης του μαθητή καθώς και τη γνώση σε δομημένη μορφή η οποία προσφέρεται στο μαθητή προς μάθηση. Ο σχεδιασμός παρουσίασης αφορά στο τι παρουσιάζεται στην οθόνη, τα χρώματα και τις εικόνες καθώς και τη χρήση ξεχωριστών μέσων.

7.2.1. Η επίδραση της συμπεριφοριστικής γνωσιοθεωρητικής προσέγγισης στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού

Το μοντέλο του "συμπεριφορισμού" (behaviorism) για τη γνώση χρησιμοποιήθηκε από τους σχεδιαστές του εκπαιδευτικού λογισμικού στα πρώτα βήματα της κατασκευής λογισμικού για την εκπαίδευση (Merrill, Li, & Jones, 1990). Σύμφωνα με το μοντέλο

αυτό η γνώση είναι απόλυτη, δεν εξαρτάται από το ποιος τη μαθαίνει και επομένως η έμφαση δίνεται στη μετάδοση της γνώσης με τη διδασκαλία και στον έλεγχο των αποτελεσμάτων της και όχι στη διαδικασία της μάθησης. Η μάθηση σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο αποτελεί μια διαδικασία παρατηρήσιμη η οποία μπορεί να περιγραφεί με κάποιους κανόνες. Το πιο ενδιαφέρον στην προσέγγιση αυτή είναι ότι η μάθηση θεωρείται ως μια λειτουργική κατάσταση η οποία καθορίζεται από τα αποτελέσματά της σύμφωνα με την οποία η ανθρώπινη συμπεριφορά τροποποιείται με την επιβράβευση. Η θεώρηση αυτή προσεγγίζει τη μάθηση από μια τεχνική σκοπιά, υπονοεί για την εκπαίδευση τον προσδιορισμό στόχων συμπεριφοράς και εξειδικεύει τα προϊόντα της μάθησης ως μετρήσιμους στόχους επιθυμητής συμπεριφοράς. Η επιθυμητή συμπεριφορά τεμαχίζεται σε επιμέρους στόχους με την κατάκτηση των οποίων φθάνει ο μαθητής στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Θεωρείται επομένως αναγκαίο να διατυπώνονται οι εκπαιδευτικοί στόχοι κάθε διδακτικής παρέμβασης και να γίνεται έλεγχος της πραγματοποίησής τους. Από αυτή τη γνωσιοθεωρητική τοποθέτηση ο μαθητής αντιμετωπίζεται ως "άδειο δοχείο" που πρέπει να γεμίσει με την πληροφορία που θα πάρει από το δάσκαλο. Έτσι βασικό μέλημα του δάσκαλου είναι να βρεί τους κατάλληλους τρόπους μετάγγισης της πληροφορίας από τον εαυτό του τον οποίο θεωρεί ως αυθεντία και ως ειδικό, στο μαθητή που πρέπει να επαναλάβει οτιδήποτε βλέπει και ακούει από το δάσκαλο.

Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού σύμφωνα με το συμπεριφοριστικό μοντέλο μάθησης έδινε έμφαση στην παρουσίαση της γνώσης από το δάσκαλο και όχι στο πώς ο μαθητής μαθαίνει. Η επίδραση της προσέγγισης αυτής στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού είχε ως αποτέλεσμα το σχεδιασμό περιβαλλόντων μάθησης στα οποία το μαθησιακό υλικό παρουσιαζόταν με μια καθορισμένη σειρά στο μαθητή. Η βελτίωση της παρουσίασης αναμενόταν να έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της διαδικασίας της μάθησης. Τα προκαθορισμένα σειριακά μονοπάτια στα οποία γράφτηκε το λογισμικό εκείνης της εποχής αντικαταστάθηκαν στο τέλος του 1960 από προγράμματα που στηρίζονταν στη διαθεσιμότητα τεχνολογίας που μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικές διαδρομές οι οποίες κάθε φορά εξαρτώνται από τις απαντήσεις του μαθητή. Ο σχεδιασμός του λογισμικού επικεντρωνόταν στην παρουσίαση των εννοιών του αντικειμένου που είχε επιλεγεί για τη διδασκαλία, στην επιβράβευση του μαθητή σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της προσπάθειάς του ταίριαζαν με αυτά που ο σχεδιαστής του λογισμικού θεωρούσε σωστά και στην παρότρυνσή του να συνεχίσει στην περίπτωση λάθους. Τα εκπαιδευτικά πακέτα αυτής της εκπαιδευτικής θεώρησης δεν έδιναν ανοικτά ερωτήματα στο μαθητή, διότι

δεν φαίνεται να αναγνώριζαν τη δυνατότητα εναλλακτικής ορθής αντιμετώπισης ενός προβλήματος και δεν του διέθεταν εργαλεία να κατασκευάσει τη δική του γνώση, διότι δεν τον θεωρούσαν ικανό να το κάνει. Κάτω από αυτή την οπτική το εκπαιδευτικό λογισμικό ήταν φτωχό, αντέγραφε τα βιβλία και χρησιμοποιούσε τα παραδοσιακά μέσα αναπαράστασης και συμβολισμού, χωρίς επιπλέον να διαθέτει εργαλεία ειδικά φτιαγμένα για το μαθητή.

7.2.2. Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού από μια κοινωνική εποικοδομιστική προοπτική

Υπάρχει έντονο ενδιαφέρον, προβληματισμός και συζήτηση για τις αρχές σχεδιασμού εκπαιδευτικού λογισμικού το οποίο θα υλοποιεί ως μαθησιακό περιβάλλον βασικές αρχές του εποικοδομισμού (Reigeluth, 1991; Winn, 1991). Ενώ ο εποικοδομισμός είναι αποδεκτός ως θεωρία μάθησης από πολλούς ερευνητές, η μετατροπή των βασικών αρχών του σε αρχές σχεδιασμού εκπαιδευτικού λογισμικού είναι ένα θέμα που παραμένει ακόμη ανοικτό. Στην προσπάθειά τους να εισάγουν την εποικοδομιστική προοπτική στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού οι Kember & Murphy (1990) τονίζουν ότι ο εκπαιδευτικός σχεδιασμός θα πρέπει να μη μεταδίδει απλά γνώση αλλά να βοηθά τους μαθητές να πραγματοποιήσουν εννοιολογικές αλλαγές. Επιπλέον, οι δυσκολίες των μαθητών με το περιεχόμενο των εννοιών που έχουν επιλεγεί για την ανάπτυξη του λογισμικού θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν. Σύμφωνα με τον Jonassen (1985, ο.π. οι Kember & Murphy, 1990) "οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες θα πρέπει εντελώς απλά να διδάσκουν τους μαθητές πώς να μαθαίνουν και όχι πώς να ενεργούν σαν παθητικοί δέκτες πληροφοριών ή τεχνικών εις βάρος της μαθησιακής τους εμπλοκής στη διαδικασία της μάθησης". Η ομάδα The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1991) ξεκαθαρίζει ότι βλέπει το εκπαιδευτικό λογισμικό από την εποικοδομιστική θεώρηση ως υλικό που υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία και όχι ως υλικό που αντικαθιστά το δάσκαλο.

Η κοινωνική εποικοδομιστική θεώρηση για τη γνώση έχει επίδραση στη θεώρηση για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Η έμφαση πια μεταφέρεται από την προσπάθεια σωστής επανάληψης από το μαθητή των πρακτικών του δάσκαλου, στην επιτυχή οργάνωση της εμπειρίας του από τον ίδιο. Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού κάτω από αυτή τη θεώρηση υπονοεί τη διαθεσιμότητα τέτοιων εργαλείων που από τη μια μεριά να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του παιδιού και από την άλλη να του προσφέρουν τις δυνατότητες και τα επιτεύγματα του πολιτισμού για πειραματισμό στην ενεργητική του προσπάθεια για την οικοδόμηση της γνώσης του.

7.2.3. Περιβάλλοντα μάθησης που σχεδιάστηκαν με βάση την γνωσιοθεωρητική προσέγγιση του εποικοδομισμού : Το παράδειγμα της γλώσσας LOGO

Μια διαφορετική προσέγγιση στην υποστήριξη της μάθησης από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή αναπτύχθηκε από τον Papert . Οι ιδέες στις οποίες στηρίχθηκε ο Papert προέρχονταν από την γενετική επιστημολογία του Piaget με τον οποίο ο Papert συνεργάστηκε για 2 χρόνια. Ο Piaget διετύπωσε την **εποικοδομιστική** (constructivist) προσέγγιση για την κατασκευή της γνώσης σύμφωνα με την οποία το παιδί αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον του και προκειμένου να προσαρμοσθεί σ αυτό κατασκευάζει τη γνώση του με ενεργητικό τρόπο. Η προσέγγιση αυτή έρχεται σε αντιπαράθεση με την **εμπειριστική** (empiricist) προσέγγιση σύμφωνα με την οποία οι αισθήσεις μας δίνουν μια ακριβή πληροφόρηση για τις βασικές αρχές της πραγματικότητας καθώς και με την **πραγματιστική** (rational) προσέγγιση σύμφωνα με την οποία προυπάρχουν δομές οι οποίες μας ενεργοποιούν στο να κατανοήσουμε τον κόσμο. Ο Papert κατασκεύασε τη γλώσσα Logo προκειμένου να δώσει στα παιδιά την ευκαιρία να κατασκευάσουν γνώση που αφορά σε μαθηματικές έννοιες με ενεργητικό τρόπο και όχι για να μάθουν μια γλώσσα προγραμματισμού. Η βασική ιδέα των αντικειμένων του περιβάλλοντος Logo είναι ότι αποτελεί ένα μεταβατικό πλαίσιο (transitional context) συμφραζομένων το οποίο διαμεσολαβεί μεταξύ του συγκεκριμένου κόσμου και του αφηρημένου κόσμου των μαθηματικών εννοιών. Βασικό στοιχείο αυτού του πλαισίου αποτελεί η ‘χελώνα’ (turtle) η οποία χαρακτηρίζεται επίσης ως μεταβατικό αντικείμενο ‘transitional object’. Ο Papert χαρακτηρίζει τη χελώνα ως ‘ανθρωπομορφικό’ αντικείμενο και θεωρεί ότι τα παιδιά χρησιμοποιώντας την προκειμένου να λύσουν προβλήματα σε συνδυασμό με τις εντολές τις γλώσσας (οι οποίες αποτελούν προγραμματιστική προσομοίωση των αισθησιοκινητικών τους ενεργειών στο επίπεδο) αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν με συνειδητό τρόπο τις αισθησιοκινητικές τους ενέργειες σε αντιπαράθεση με τον αυθόρμητο τρόπο που τις χρησιμοποιούν στο φυσικό περιβάλλον. Στο περιβάλλον Logo οι μαθητές μπορούν να εκφράσουν τη διαισθητική (intuitive) τους γνώση και μέσα από διαδικασίες αναστοχασμού και κοινωνικής αλληλεπίδρασης με τους συμμαθητές τους να κατασκευάσουν πιο αφηρημένες μαθηματικές έννοιες. Από μια μαθηματική οπτική η γλώσσα αυτή εκφράζει με τη βοήθεια εντολών μια προσομοίωση των πολικών συντεταγμένων. Από την εποικοδομιστική προσέγγιση

αναγνωρίζεται η σημασία της εμπλοκής του παιδιού στην επίλυση προβλημάτων με διερευνητικό χαρακτήρα τα οποία επίσης έχουν σημασία γι αυτό όπως είναι τα προβλήματα από την καθημερινή ζωή. Τα λάθη του παιδιού αντιμετωπίζονται ως αντιλήψεις του παιδιού οι οποίες αποτελούν ευκαιρίες για μάθηση. Η αυτοδιόρθωση των λαθών παίζει σημαντικό ρόλο στην τροποποίηση των αντιλήψεων του παιδιού. Η γλώσσα Logo δεν αποτελεί περιβάλλον διδασκαλίας αλλά ένα περιβάλλον που δίνει έμφαση στο μαθητή και στηρίζεται στη θεώρηση του εποικοδομισμού και στη γνωστική ψυχολογία για τη μάθηση.

7.2.4. Βασικά ερωτήματα κατά το σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού

Από την εμπειρία ερευνητών στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού για τα μαθηματικά προέκυψαν ορισμένα βασικά σημεία που θα πρέπει να προβληματίζουν τον σχεδιαστή του λογισμικού, ώστε αυτό να συμβάλλει ουσιαστικά στη μάθησή τους. Τέτοια σημεία – επιλογές αναφέρονται από τον Dreyfus (1993) και είναι οι παρακάτω :

- *Το μέρος των μαθηματικών που θα υλοποιηθεί στο ηλεκτρονικό περιβάλλον*
- *Η δομή του μαθηματικού περιεχομένου*
- *Ο ρόλος και το είδος των αναπαραστάσεων που σχετίζονται με το μαθηματικό θέμα. Η επιλογή των αναπαραστάσεων θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός εικονικών και δυναμικών όψεων των μαθηματικών.*
- *Ο τύπος της δραστηριότητας που θα δώσει στους μαθητές ευκαιρίες για μάθηση του μαθηματικού θέματος*
- *Το σύνολο των επιτρεπομένων δραστηριοτήτων ως αδιάσπαστο μέρος του περιβάλλοντος.*
- *Τα εργαλεία που θα διαθέτει το περιβάλλον θα πρέπει να συμβάλλουν στην κατανόηση του μαθηματικού θέματος και όχι να βοηθούν απλά στο τεχνικό μέρος της επίλυσης ενός προβλήματος.*
- *Το περιβάλλον του λογισμικού θα πρέπει να μπορεί να συνεισφέρει στην αφαιρετική διεργασία σκέψης των μαθητών που σχετίζεται με το μαθηματικό θέμα του εκπαιδευτικού λογισμικού.*
- *Το είδος της αλληλεπίδρασης και η ελευθερία εξερεύνησης του περιβάλλοντος από το μαθητή*
- *Το είδος της ανατροφοδότησης*
- *Ο σχεδιασμός θα πρέπει να ικανοποιεί τις γνωστικές απαιτήσεις του μαθητή.*

Έμφαση στην επίδραση της σκέψης των μαθητών στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού, δόθηκε επίσης και από τους Borba & Confrey (1996). Επιπλέον, οι Steffe &

Tzur, (1994a) αναφέρουν ότι κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του λογισμικού θα πρέπει να λαμβάνονται υπ όψη οι πιθανές ενέργειες των παιδιών κατά την εμπλοκή τους στις δραστηριότητες που τους τίθενται. Σχετικά με το σχεδιασμό του μοντέλου των εννοιών που καλείται να μάθει ο μαθητής ο Edwards (1991) υποστηρίζει ότι θα πρέπει να μην παρουσιάζονται άμεσα αλλά με ένα έμμεσο εσωτερικό τρόπο (intrinsic). Όσον αφορά στο είδος της ανατροφοδότησης (feedback), ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι θα πρέπει να βοηθά τους μαθητές να διορθώνουν μόνοι τους τα λάθη τους. Επίσης, αναφέρει ότι το περιβάλλον θα πρέπει να ενσωματώνει ενδιαφέροντα προβλήματα τα οποία να μπορούν να εξερευνηθούν από μαθητές διαφορετικών ικανοτήτων. Οι Hoyles & Noss (1987) αναφερόμενοι στην κατασκευή του μοντέλου των μαθηματικών εννοιών κατά το σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού υπογραμμίζουν την ανάγκη να λαμβάνονται υπ' όψη οι περιορισμοί που προέρχονται από τη γλώσσα υλοποίησης, σε συνδυασμό με τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα και την ερμηνεία των προβλημάτων που θα κληθούν να επιλύσουν. Οι ίδιοι ερευνητές, επιπλέον, αναφέρουν ότι θα πρέπει να καθορίζεται το είδος της εκπαιδευτικής βοήθειας που θα πρέπει να δίνεται στους μαθητές. Σχετικά με περιβάλλοντα γραφικών, δίνεται έμφαση στη γραφική εισαγωγή δεδομένων, στη δυνατότητα απλής μετακίνησης των δεδομένων-σημείων με τη λειτουργία του dragging, στη διαχείριση γραμμών και σχημάτων για τη δημιουργία πειραματικών καταστάσεων και στη χρήση γραφικών στατιστικών διαγραμμάτων (Biehler, 1993).

Σε ειδικές περιπτώσεις που αφορούσαν στην κατασκευή μικροκόσμων ο σχεδιασμός τους στηρίχθηκε στη μοντελοποίηση. Ως παράδειγμα αναφέρεται ο σχεδιασμός του μικρόκοσμου Cabri - Geometry του οποίου ο σχεδιασμός προέκυψε από τη σύνθεση 3 μοντέλων. Το πρώτο μοντέλο αφορούσε στις μαθηματικές έννοιες που θα υλοποιούνταν στο μικρόκοσμο, το δεύτερο αφορούσε στις αντιλήψεις του σχεδιαστή σχετικά με τη μάθηση της γεωμετρίας και το τρίτο αφορούσε στον τρόπο επικοινωνίας των μαθητών με το λογισμικό (Laborde & Strasser, 1990). Οι Noss & Hoyles (1992) αναφέρουν επίσης ότι ένας μικρόκοσμος σε υπολογιστή, εμπεριέχει την κατασκευή ενός μοντέλου κάποιων μαθηματικών δομών και σχέσεων που είναι διαχειρίσιμες με τρόπο που είναι συμβατός και να αντιστοιχεί σε τυπικούς κανόνες.

7.2.5. Προδιαγραφές ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού

Ο σχεδιασμός ενός εκπαιδευτικού λογισμικού γενικά πρέπει να υπακούει σε μια σειρά προδιαγραφών ποιότητας. Από μια τεχνική σκοπιά υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικό λογισμικό σημαίνει : "κατάλληλο, φιλικό, απλό, ευέλικτο, δυναμικό, δομημένο, επαληθεύσιμο και λιτό" (Zimmer, 1985, ο.π. η Damarin, 1986). Η Damarin (1986)

ερμήνευσε αυτές τις τεχνικές προδιαγραφές από μια εκπαιδευτική σκοπιά με τον παρακάτω τρόπο :

Κατάλληλο: οι εκπαιδευτικοί στόχοι του προγράμματος θα πρέπει να ανταποκρίνονται στο επίπεδο των μαθητών. Η παρουσίαση των εννοιών θα πρέπει να αντανakλά κάποια θεωρία μάθησης.

Φιλικό: ο χρήστης θα πρέπει να μπορεί να αλληλεπιδρά με το λογισμικό εύκολα χωρίς να δημιουργούνται συγχύσεις.

Απλό: η ροή του προγράμματος θα πρέπει να είναι απλή και οι κανόνες χρήσης του προγράμματος όχι πολύ σύνθετοι.

Ευέλικτο: Το λογισμικό θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία από μαθησιακές καταστάσεις. Επιπλέον θα πρέπει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δασκάλους και μαθητές με διαφορετικές ανάγκες.

Δυναμικό: Το λογισμικό θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί έτσι, ώστε αν πραγματοποιηθεί κάποιος ασυνήθιστος τρόπος αλληλεπίδρασης από κάποιο χρήστη να μπορεί να τον επεξεργαστεί με ένα κατανοητό γι αυτόν τρόπο.

Δομημένο : Οι απαιτήσεις του εκπαιδευτικού θέματος που έχει επιλεγεί για ανάπτυξη θα πρέπει να ταιριάζουν με τις δυνατότητες των διατιθέμενων εργαλείων από το υλικό και το λογικό.

Επαληθεύσιμο: Οι προδιαγραφές του λειτουργικού σχεδιασμού του λογισμικού θα πρέπει με μεγάλη ακρίβεια να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές που προέκυψαν από τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό.

Λιτό: Το λογισμικό θα πρέπει να εκμεταλλεύεται με οικονομία, ταχύτητα και χωρίς υπερβάσεις ή υπερβολές τρόπο τις διαθέσιμες δυνατότητες του υπολογιστή πχ. μνήμη, ταχύτητα κλπ.

7.2.6. Η μοντελοποίηση βασικό εργαλείο στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού λογισμικού : Το παράδειγμα σχεδιασμού ενός μικρόκοσμου για τη μάθηση Γεωμετρικών εννοιών

Ο σχεδιασμός εκπαιδευτικού λογισμικού εκφράζει τις αντιλήψεις του σχεδιαστή σχετικά με το τι είναι γνώση και πώς κατασκευάζεται, όπως και αντιλήψεις του για τα Μαθηματικά τη διδασκαλία και τη μάθησή τους (Karut, 1992).

Η μοντελοποίηση έχει χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση, προκειμένου να υποστηρίξει τη μάθηση με τεχνητό τρόπο (Mellar & Bliss, 1994). Αυτό γίνεται με την παροχή υπολογιστικών εργαλείων (computer tools) στα παιδιά, ώστε να τα ενεργοποιήσει να δημιουργήσουν τους δικούς τους κόσμους της γνώσης, να εκφράσουν τις αναπαραστάσεις

τους για τον κόσμο ή να διερευνήσουν τις αναπαραστάσεις κάποιου άλλου (Mellar & Bliss, 1994).

Κατά το σχεδιασμό ενός περιβάλλοντος μάθησης σημαντικό ενδιαφέρον αποκτά η απάντηση σε τρία βασικά ερωτήματα: ποιος μαθαίνει, τι μαθαίνει και πώς μαθαίνει (Laurillard, 1993). Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα υπονοεί τη δημιουργία ενός μοντέλου για το μαθητή και τις ανάγκες του, ενός μοντέλου για το αντικείμενο της μάθησης, όπως επίσης και ενός μοντέλου που θα στηρίζεται σε κάποια γνωσιοθεωρητική προσέγγιση για τη μάθηση. Ως παράδειγμα αναφέρεται ο σχεδιασμός του μικρόκοσμου που αφορά στη διατήρηση και στη μέτρηση της επιφάνειας ο οποίος προήλθε από τη σύνθεση τριών μοντέλων. Το πρώτο μοντέλο αφορά στις έννοιες που επιλέχθηκαν να αποτελέσουν το αντικείμενο της μάθησης. Το μοντέλο αυτό αποτελείται από τις έννοιες της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας. Η κατασκευή του στηρίχθηκε στην ανάλυση των παραπάνω εννοιών όπως αυτό προέκυψε από τη μελέτη των προηγούμενων ερευνών στις περιοχές αυτές. Για την κατασκευή του μοντέλου πάρθηκαν επιπλέον υπ' όψιν οι δυσκολίες των παιδιών κατά την εμπλοκή τους σε προβλήματα που αφορούν στις παραπάνω έννοιες. Το δεύτερο μοντέλο αποτελείται από τις πιθανές αισθησιοκινητικές ενέργειες των μαθητών κατά την εμπλοκή τους σε προβλήματα διατήρησης ή μέτρησης της επιφάνειας. Η μοντελοποίηση και η υλοποίηση των ενεργειών αυτών έδωσαν νέες διαστάσεις στο μοντέλο των εννοιών της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας. Το τρίτο μοντέλο αποτελεί μια προσπάθεια έκφρασης της γνωσιοθεωρητικής τοποθέτησης του εποικοδομισμού σε συνδυασμό με την κοινωνικοπολιτισμική διάσταση για τη γνώση. Και τα τρία μοντέλα αντικατοπτρίζουν τις αντιλήψεις του σχεδιαστή για το μαθηματικό περιεχόμενο που υλοποιείται στο μικρόκοσμο, τη φύση, τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών.

Η κατασκευή των μοντέλων που προαναφέρθηκαν πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες των τεχνολογιών της πληροφορικής, όπως αυτές αναλύθηκαν σε προηγούμενες ενότητες, προς όφελος της διδασκαλίας και της μάθησης. Επιπλέον κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού και του λειτουργικού σχεδιασμού, όπως και στη φάση της υλοποίησης, πρέπει να γίνεται προσπάθεια ικανοποίησης των προδιαγραφών υψηλής ποιότητας εκπαιδευτικού λογισμικού που προαναφέρθηκαν όπως αυτές προέκυψαν από την ερευνητική εμπειρία άλλων ερευνητών στο χώρο του σχεδιασμού και της ανάπτυξης εκπαιδευτικού λογισμικού και παρατέθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Η μαθηματική γνώση που χρησιμοποιείται στη φάση της ανάπτυξης, είναι ενσωματωμένη στο πρόγραμμα και επομένως ο μαθητής έμμεσα αλληλεπιδρά με αυτήν με αποτέλεσμα να του δίνονται περισσότερες ευκαιρίες για μάθηση (Bliss, 1994). Τα εργαλεία τα οποία συνθέτουν το περιβάλλον του μικρόκοσμου θεωρούνται ως εννοιολογικά εργαλεία, διότι αποτελούν προσομοιώσεις μαθηματικών εννοιών. Όταν ο μαθητής πειραματίζεται στο περιβάλλον του λογισμικού, έχει την ευκαιρία να μάθει τις

έννοιες που άμεσα αλλά και έμμεσα ενσωματώνονται σε αυτό. Η αλληλεπίδραση του μαθητή με το περιβάλλον του μικρόκοσμου του δίνει τη δυνατότητα να εκφράσει τις ιδέες του σχετικά με έννοιες της διατήρησης και της μέτρησης της επιφάνειας, να αναστοχασθεί πάνω σε αυτές, όπως επίσης και να συγκρουσθεί ή όχι με τη γνώση που ο σχεδιαστής έχει χρησιμοποιήσει για την υλοποίηση του προγράμματος και πιθανό να κατασκευάσει νέα γνώση (Bliss, 1994). Ο σχεδιασμός μικροκόσμων σύμφωνα με την παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται και στα άρθρα των Kordaki & Potari, (1998a) και Κορδάκη & Πόταρη, (1997). Κατά την κατασκευή των 3 μοντέλων που προαναφέρθηκαν και από τα οποία προήλθε η σύνθεση του μοντέλου του μικρόκοσμου που υλοποιήθηκε, έχει πραγματοποιηθεί μια "υπολογιστική" (computational transitivity) και μια "διδασκτική" (didactical transitivity) μεταφορά (Balacheff, 1993). Οι εκπαιδευτικές ή γνωστικές προδιαγραφές μετατρέπονται σε λειτουργικές προδιαγραφές παίρνοντας υπ όψιν τους περιορισμούς της γλώσσας προγραμματισμού, του λειτουργικού συστήματος και γενικά τους περιορισμούς που τίθενται από την τεχνολογία (computational transitivity) καθώς και τους διδακτικούς περιορισμούς (didactical transitivity) που σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να είναι δυνατή η μάθηση των εννοιών που υλοποιούνται στο εκπαιδευτικό λογισμικό από τους μαθητές.

7.2.7. Η μάθηση και οι εκπαιδευτικές προδιαγραφές του λογισμικού

Από τις βασικές αρχές για την κατασκευή της γνώσης οι οποίες αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2 κατασκευάστηκαν ορισμένες από τις εκπαιδευτικές προδιαγραφές του σχεδιασμού του λογισμικού με τρόπο που να εκφράζουν όσο γίνεται περισσότερο το παραπάνω γνωσιοθεωρητικό μοντέλο. Αυτές οι προδιαγραφές μπορούν σύντομα να διατυπωθούν ως οι απαιτήσεις για να δίνεται στο μαθητή η δυνατότητα:

- ενεργητικής κατασκευής της γνώσης του
- ανάπτυξης προσωπικών στρατηγικών επίλυσης
- χρήσης εργαλείων που να ανταποκρίνονται στον τρόπο που μαθαίνει
- αλληλεπίδρασης με γνώση που είναι κατασκευασμένη από τον πολιτισμό για τις έννοιες τις οποίες ο μαθητής καλείται να μάθει με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού, ώστε να μπορεί να διευρύνει τη ζώνη της πλησιέστερης ανάπτυξής του (zone of proximal development).
- πειραματισμού με τις έννοιες για τη μάθηση των οποίων έχει σχεδιαστεί ο μικρόκοσμος
- να αντιμετωπίζει και να επιλύει προβλήματα που αφορούν στις έννοιες για τις οποίες έχει σχεδιαστεί ο μικρόκοσμος
- εικονικής ανατροφοδότησης των ενεργειών του έτσι, ώστε να μπορεί να αναστοχάζεται στα αποτελέσματά τους.

- ανάπτυξης περισσότερων από μιας αναπαράστασης που αφορούν στις έννοιες για τις οποίες έχει σχεδιαστεί ο μικρόκοσμος
- διάθεση εργαλείων για την ανάπτυξη μεθόδων ελέγχου της ορθότητας επίλυσης των δραστηριοτήτων από τον ίδιο το μαθητή και τη μη διάθεση από το περιβάλλον ενός συστήματος αυτόματης αξιολόγησης της ορθότητας της επίλυσης ενός προβλήματος.

7.3. Η αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού

Τη βάση για το σχεδιασμό αποτελεσματικών μελετών αξιολόγησης αποτελούν οι στόχοι που έχουν τεθεί κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξης του λογισμικού. Η μελέτη αξιολόγησης τότε επικεντρώνεται σε δύο περιοχές : στο εάν η υλοποίηση του λογισμικού ικανοποιεί τους στόχους (εκπαιδευτικές προδιαγραφές) που τέθηκαν κατά το σχεδιασμό, και στο κατά πόσον αυτοί οι στόχοι είναι αξιόπιστοι σε σχέση με τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το λογισμικό (Gunn, 1995).

Οι μελέτες αξιολόγησης του εκπαιδευτικού λογισμικού χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία που ονομάζεται *διαμορφωτική αξιολόγηση* (formative evaluation) εντάσσονται οι μελέτες που έχουν ως σκοπό από τη μια μεριά τη βελτίωση του λογισμικού προκειμένου να μπορούν να επιτευχθούν οι στόχοι του και από την άλλη τη βελτίωση της λειτουργίας του. Στη δεύτερη κατηγορία που ονομάζεται *συνολική αξιολόγηση* (summative evaluation) εντάσσονται οι μελέτες που έχουν ως σκοπό τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας του λογισμικού από εκπαιδευτική σκοπιά σε σχέση με τους στόχους που έχουν τεθεί από το σχεδιασμό, τον έλεγχο της συμβατότητάς του με τις ανάγκες των μαθητών, με τις δραστηριότητες που τίθενται ή τη σύγκρισή του με άλλα μέσα. Οι μελέτες συνολικής αξιολόγησης είναι απαραίτητες, προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις σχετικές με τη συνέχιση ή μη της χρήσης του λογισμικού.

Γενικά η ερευνητική μελέτη που έχει σκοπό την αξιολόγηση χρησιμοποιείται, όταν εισάγεται μια καινοτομία σε έναν ανθρώπινο πληθυσμό. Για την πραγματοποίησή της μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιεσδήποτε μέθοδοι έρευνας.(Babbie, 1989, σελ.326). Βασικό θέμα για τις έρευνες αξιολόγησης είναι ο καθορισμός των επιθυμητών αποτελεσμάτων της καινοτομίας τα οποία σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας θεωρούνται επιτυχή για τον ερευνητή.

Ως μέθοδοι αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού προτείνονται μέθοδοι αξιολόγησης που έχουν χρησιμοποιηθεί γενικότερα στις επιστήμες της Αγωγής (Knussen, Tanner, & Kibby, 1991). Οι μέθοδοι αυτές που προτείνονται είναι η κλασσική πειραματική μέθοδος, η μισοεμπειρική μέθοδος σύγκρισης με τη χρήση ομάδας ελέγχου (quasi - naturalistic approach), η "διαφωτιστική μεθοδολογία" (illuminative methodology), οι μελέτες

περίπτωσης, η αξιολόγηση από τον καθηγητή και η αξιολόγηση από εξωτερικούς αξιολογητές με γενικότερα πολιτικά ή κοινωνικά κριτήρια (ο όρος 'διαφωτιστική μεθοδολογία' δεν είναι ένας επίσημος όρος που αντιστοιχεί στον όρο *illuminative methodology*, αποτελεί απόδοση στα ελληνικά σύμφωνα με την ερευνήτρια). Ένα ενδιαφέρον μοντέλο αξιολόγησης έχει επίσης προταθεί από τους Draper, Brown, Henderson, & Mcateer (1996), βασικό σημείο του οποίου αποτελεί η ένταξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στο αναλυτικό πρόγραμμα σε κάποιο μάθημα που διδάσκεται, ώστε το λογισμικό να αξιολογείται σε πραγματικές συνθήκες (*integrative evaluation*). Η πραγματοποίηση ερευνών αξιολόγησης σύμφωνα με το παραπάνω μοντέλο, ειδικότερα στη χώρα μας με τους περιορισμούς του αναλυτικού προγράμματος και του υπολογιστικού εξοπλισμού, είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη.

Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει πραγματοποιηθεί με στόχο την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Οι Owston & Dudley - Marling (1988) αναφέρουν στην ερευνά τους 40 έως 50 διαφορετικές προσεγγίσεις. Οι μεθοδολογίες που κυρίως χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού είχαν ποσοτικό χαρακτήρα με τη μορφή συμπλήρωσης κάποιου έντυπου ή τη συγγραφή μιας κριτικής έκθεσης από κάποιον ειδικό. Οι προσεγγίσεις αυτές, όπως αναφέρουν οι παραπάνω ερευνητές, ξεκινούν από συμπλήρωση ερωτηματολογίων τα οποία μπορεί να περιέχουν ερωτήσεις τύπου ΝΑΙ - ΟΧΙ ή ερωτήσεις διαβαθμισμένης απάντησης όπως για παράδειγμα με τη χρήση της κλίμακας Likert έως και ερωτήσεις ανοικτότερου τύπου. Τα άτομα που χρησιμοποιούνται ως αξιολογητές μπορεί να είναι τυχαίοι ή επιλεγμένοι καθηγητές της εκπαίδευσης, ειδικοί ή υπηρεσίες αξιολόγησης λογισμικού. Ερωτηματολόγια έχουν παραχθεί και από επίσημους φορείς. Όμως κανένα ερωτηματολόγιο ή κριτική έκθεση δεν μπορεί να θεωρηθεί ως το τέλειο εργαλείο αξιολόγησης που είναι ιδανικό για να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις καταστάσεις. Η αξιολόγηση είναι καλύτερα να θεωρείται ως διαδικασία και τα ερωτηματολόγια ή οι κριτικές εκθέσεις να δρουν υποβοηθητικά στον εμπλουτισμό των αποφάσεων επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού (Schueckler & Shuell, 1989). Συνήθως, όμως, οι αποφάσεις επιλογής εκπαιδευτικού λογισμικού λαμβάνονται με βάση το κόστος του, και το κόστος των απαραίτητων συσκευών με τη βοήθεια των οποίων λειτουργεί.

Επιπλέον αναφέρεται ως μέθοδος αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού η κλασσική πειραματική μέθοδος η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε έναν μεγάλο αριθμό ερευνών (Kulik & Kulik, 1986). Τις περισσότερες φορές στόχος της αξιολόγησης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του κάθε ξεχωριστού πακέτου λογισμικού στα αποτελέσματα της μάθησης. Οι Kulik & Kulik (1986) σε μετα-αναλυτική έρευνα που πραγματοποίησαν χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα από 59 ανεξάρτητες έρευνες αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού για μαθητές κολλεγίων διεπίστωσαν ότι όλες σχεδόν οι έρευνες αξιολόγησης αναφέρουν ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό επιδρά θετικά στα αποτελέσματα της μάθησης και επιπλέον μειώνει το χρόνο της απαιτούμενης διδασκαλίας. Όμως στα πλαίσια της ίδιας έρευνας διαπιστώθηκε

ότι υπάρχει πολύ μικρή σχέση μεταξύ των δυνατοτήτων ή/και των στόχων του λογισμικού, όπως αναφέρονται στη μελέτη σχεδίασης, και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη χρήση του. Επιπλέον, δεν ήταν δυνατός ο καθορισμός των παραγόντων εκείνων του σχεδιασμού του λογισμικού που είχαν θετική ή αρνητική επίδραση στα αποτελέσματα της μάθησης. Η αδυναμία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της δυνατότητας βελτίωσης της ποιότητας του εκπαιδευτικού λογισμικού. Η αδυναμία εύρεσης της επίδρασης των δυνατοτήτων που προκύπτουν από το σχεδιασμό του εκπαιδευτικού λογισμικού στα αποτελέσματα της μάθησης αποδόθηκε στη μεθοδολογία, με την οποία έγινε η αξιολόγησή του (Gunn, 1995).

Η "κλασσική" πειραματική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση εκπαιδευτικών μέσων έχει το μειονέκτημα της αδυναμίας ελέγχου όλων των μεταβλητών που εμπλέκονται και επηρεάζουν ένα τόσο σύνθετο πρόβλημα, όπως είναι το πρόβλημα της διδασκαλίας και της μάθησης. Το πειραματικό περιβάλλον είναι τεχνητό και επομένως όχι τόσο αξιόπιστο όσον αφορά στην παροχή πληροφοριών σχετικά με την πραγματική επίδραση των εκπαιδευτικών μέσων στη διαδικασία της μάθησης. Η έμφαση στην ποσοτική μέτρηση της μαθησιακής επίδοσης και η χρήση στατιστικών ελέγχων παραμερίζει τις ατομικές διαφορές στη μάθηση (Marton & Saljo, 1976) και επιπλέον δεν μπορεί να μετρήσει τις μικρές διακυμάνσεις, γιατί δεν είναι ικανοποιητικά "στατιστικά σημαντικές". Η επιλογή της "κλασσικής" πειραματικής μεθόδου εκφράζει την ανάγκη για αποτελέσματα που θα επιδέχονται γενίκευση, επιλογή που έρχεται σε βάρος της ανάγκης για σημαντικά αποτελέσματα από άποψη των σημασιών τους (Gunn, 1996). Η υλοποίηση της "κλασσικής" πειραματικής μεθόδου μερικές φορές υλοποιείται με τρόπο που δεν λαμβάνει υπ' όψιν του το βασικό θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο στηρίζεται η μέθοδος ή άλλες φορές εφαρμόζεται σε καταστάσεις στις οποίες δεν ταιριάζει. Επιπλέον, οι περισσότερες από τις έρευνες αξιολόγησης εκπαιδευτικών μέσων πραγματοποιούνται χωρίς να εντάσσονται σε κάποιο θεωρητικό πλαίσιο, κυρίως όσον αφορά στην αξιολόγηση των διδακτικών και μαθησιακών διαστάσεων του εκπαιδευτικού μέσου. Επομένως υπάρχει ανάγκη να διατυπωθεί ένα θεωρητικό πλαίσιο με βάση το οποίο να γίνεται η αξιολόγηση των εκπαιδευτικών μέσων (Bates, 1981). Επιπλέον υπάρχει ανάγκη να διατυπωθούν έγκυρα κριτήρια ουσιαστικής αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού που να αφορούν αρχές της διδασκαλίας και της μάθησης (Schueckler & Shuell, 1989). Οι κριτικές εκθέσεις των ειδικών κοστίζουν πάρα πολύ και έχουν υποκειμενικό χαρακτήρα. Επιπλέον, τονίζεται ότι το εκπαιδευτικό λογισμικό δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν αντικείμενο αξιολογούμενο από εξωτερικούς αξιολογητές έξω από τη μαθησιακή διαδικασία, αλλά να αξιολογείται μέσα από τη χρήση του (Tucker, 1989, ό.π. οι Jones, et all, 1996). Ο Bates, (1981) υποστηρίζει ότι οι πιο έγκυρες μελέτες αξιολόγησης είναι οι μελέτες που δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στη διαδικασία από το αποτέλεσμα. Εάν υπάρχει χρόνος διαθέσιμος για την αξιολόγηση και χρήματα, τίποτε δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον έλεγχο στο πεδίο του εκπαιδευτικού λογισμικού όπως και

κανένα βιβλίο δεν μπορεί να αξιολογηθεί με έγκυρο τρόπο έξω από την τάξη (Schueckler & Shuell, 1989). Η ανάγκη της προσεκτικής παρατήρησης της διαδικασίας της διδασκαλίας και της μάθησης σε διαφορετικά μέσα καθώς και η προσεκτική διατύπωση υποθέσεων για τις συνθήκες που επηρεάζουν τη μάθηση στα διαφορετικά μέσα κρίνεται απαραίτητη για το σχεδιασμό επιτυχών μαθησιακών πειραμάτων (Bates, 1981). Ειδικότερα τονίζεται (Dudley-Marling & Owston, 1988) η ανάγκη παρατήρησης των μαθητών κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με το εκπαιδευτικό λογισμικό, προκειμένου να αξιολογηθεί το παιδαγωγικό του περιεχόμενο και η τεχνική του αρτιότητα. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρονται στην καταλληλότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού σε συνάρτηση με την κατάσταση στην οποία δοκιμάζεται. Επιπλέον, με αυτού του είδους την αξιολόγηση (field-testing) δοκιμάζεται η καταλληλότητα του λογισμικού από τη μεριά του χρήστη "Second order perspective" (Marton, 1981). Για παράδειγμα μπορεί ο σχεδιαστής του λογισμικού να τεκμηριώνει με μια σειρά επιχειρήματα τις δυνατότητες του όμως πρέπει να διερευνηθεί μέσα από την έρευνα πεδίου κατά πόσον αυτές δυνατότητες βοηθούν τους μαθητές να κατασκευάσουν μάθηση μέσα σε αυτό το περιβάλλον (Dudley-Marling & Owston, 1988). Ακόμα, μέσα από έρευνες αυτής της μορφής είναι δυνατό να ελεγχθεί σε πραγματικές συνθήκες η καλή λειτουργία του προγράμματος. Η έρευνα πεδίου θεωρείται ως η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές.

Η προσοχή των ερευνητών έχει αρχίσει να μην εστιάζεται πια στο πόσο "αυξάνει" η γνώση αλλά στο πως αλλάζει η φύση του αντικειμένου που μαθαίνουν οι μαθητές με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού (Mason, 1995, ό.π. οι Jones, et al, 1996). Ερευνητές που έχουν αφιερώσει πολύ χρόνο της ερευνητικής τους δραστηριότητας στην επίδραση των τεχνολογιών της πληροφορικής στην εκπαίδευση, έχουν δώσει έμφαση κατά τη διάρκεια της έρευνας τους για την αξιολόγηση εκπαιδευτικού λογισμικού αποκλειστικά στο τι μαθαίνουν οι μαθητές μέσα στο ηλεκτρονικό περιβάλλον και στο γιατί συντελείται αυτή η μάθηση (Hoyles, Sutherland, & Noss, 1991; Schwartz & Dreyfus, 1991). Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού με κριτήριο το είδος της γνώσης που κατασκευάζουν οι μαθητές σε αλληλεπίδραση με αυτό έχει χρησιμοποιηθεί και από άλλους ερευνητές (Panoutsopoulos & Potari, 1995; Barron, Bowers, & McClain, 1996). Επιπλέον, η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού θα πρέπει απαραίτητα να αναγνωρίζει τις πολλαπλές ατομικές διαφορές των μαθητών και το εύρος της "δυνατής μάθησης" (potential learning) (Noss & Hoyles, 1992).

Η αξιολόγηση μιας καινοτομίας στην εκπαίδευση σε σχέση με το είδος της γνώσης που παράγουν οι μαθητές όταν τη χρησιμοποιούν υποστηρίχθηκε και από τον Stenhouse (1989). Μοντέλα αξιολόγησης που δίνουν έμφαση στο πλαίσιο των συμφραζομένων στο οποίο συντελείται η μάθηση έχουν αναπτύξει και άλλοι ερευνητές, όπως το μοντέλο SECAL (Situating Evaluation for Computer Aided Learning) που αναπτύχθηκε από την Gunn, (1995)

και το μοντέλο Principled Approach to Evaluation το οποίο χρησιμοποιείται από το Ανοικτό Πανεπιστήμιο της Αγγλίας και αναπτύχθηκε από τους Jones, et all. (1996). Το μοντέλο αξιολόγησης που χρησιμοποιείται στο Ανοικτό Πανεπιστήμιο δίνει έμφαση στην αξιολόγηση α) του πλαισίου συμφραζομένων στο οποίο εντάσσεται το εκπαιδευτικό λογισμικό β) στο είδος των αλληλεπιδράσεων των μαθητών με το λογισμικό και γ) στα αποτελέσματα της μάθησης. Κατά την αξιολόγηση του πλαισίου συμφραζομένων στο οποίο εντάσσεται το λογισμικό εξετάζονται οι στόχοι του σχεδιαστή του μέσα από τα εγχειρίδια που το συνοδεύουν ή μέσω συνεντεύξεων με τον ίδιο. Κατά την αξιολόγηση, μέσω του είδους της αλληλεπίδρασης των μαθητών με το λογισμικό, καταγράφονται ηλεκτρονικά αρχεία του συνόλου των αλληλεπιδράσεων, τηρούνται ημερολόγια παρατήρησης και γίνεται καταγραφή οποιουδήποτε λέγεται από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής τους με το πρόγραμμα. Η αξιολόγηση του λογισμικού μέσω των μαθησιακών αποτελεσμάτων δίνει έμφαση στις αλλαγές των αντιλήψεων ή των συμπεριφορών των μαθητών, όπως προκύπτει από συνεντεύξεις ερωτηματολόγια ή άλλα μέσα.