

Ποιοτικά Διερευνητικά Λογισμικά Θετικών Επιστημών: Ποιες κεντρικές αρχές σχεδιασμού τα προσδιορίζουν;

Αγγελική Δημητρακοπούλου

Επίκουρος Καθηγήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών,
Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λ. Δημοκρατίας 1, 85100, Ρόδος,
adimitr@rhodes.aegean.gr

Λέξεις-Κλειδιά: αρχές σχεδιασμού, διερευνητικά εκπαιδευτικά λογισμικά, αναπαραστάσεις, γνωστικά εργαλεία, μεταγνώση, συνεργατική μάθηση, μαθηματικά, φυσική

Περίληψη: Ποιες είναι οι αρχές που έχουν εφαρμοστεί σε ένα σημαντικό αριθμό διερευνητικών εκπαιδευτικών λογισμικών για τη μάθηση των θετικών επιστημών; Το άρθρο αυτό επιχειρεί μια σύνθεση των κεντρικών και κρίσιμων αρχών που έχουν καθορίσει μια σειρά τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης που προέρχονται από ερευνητικά εργαστήρια του χώρου της διδακτικής των επιστημών ή/και της γνωστικής ψυχολογίας. Κρίσιμο ρόλο φαίνεται να έχουν παίξει οι αρχές που εστιάζουν στην επιλογή των κατάλληλων αναπαραστάσεων, στην επινόηση νέων συστημάτων αναπαραστάσεων καθώς και ειδικών γνωστικών εργαλείων, με στόχο τη στήριξη του μαθητή στη διαδικασία της μάθησης. Από την πλευρά της γνωστικής ψυχολογίας οι σχετικά πρόσφατες θεωρήσεις πάνω στη διαδικασία της μάθησης, το ρόλο των μεταγνωστικών δεξιοτήτων, αλλά και την κοινωνική διαδικασία ανάπτυξης της γνώσης, έχουν οδηγήσει επίσης στη διατύπωση κεντρικών αρχών που επηρέασαν τα χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων μάθησης.

Abstract: What are the principles that have determined in a crucial way the exploratory technology-based learning environments? This paper attempts to make a synthesis of the central principles derived from cognitive psychology, mathematics education and science education. Crucial role have played the principles focusing on the use of appropriate systems of representation, as well as on the conception of new systems of representation and cognitive tools, in the purpose of supporting students in the learning process. From the field of the cognitive psychology, the recent considerations on the role of metacognitive skills in learning, as well as on the social process of knowledge development have determined the characteristics of the learning environments developed during the last decade.

Θέμα Συνεδρίου: Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού

Επίπεδο Εκπαίδευσης: Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο

Κατηγορία Εργασίας: Θεωρητική

1. Εισαγωγή

Στη διεθνή αγορά καταγράφεται η έλλειψη ενός ικανοποιητικού αριθμού αξιόλογων εκπαιδευτικών λογισμικών: λογισμικά που να είναι επεξεργασμένα όχι μόνο στην τεχνολογική ή στην αισθητική τους διάσταση αλλά και στη διδακτική τους διάσταση. Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι ότι συχνά οι τρέχουσες πρακτικές μεταφέρονται στα τεχνολογικά μέσα, με πενιχρή αξιοποίηση των δυνατοτήτων του υπολογιστή και δίχως ιδιαίτερο αναλογισμό πάνω στο βέλτιστο σχεδιασμό τους: αποτελούν ουσιαστικά μεταφορά των σχολικών εγχειριδίων σε ηλεκτρονική μορφή.

Ως ερευνητές που εργαζόμαστε στο πεδίο της εκπαίδευσης διατηρώντας ως απώτερο στόχο τη βελτίωσή της, επιθυμούμε την ανάπτυξη λογισμικών που να μπορούν να συνεισφέρουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, να ανοίγουν νέους ορίζοντες, να προσφέρουν νέες πιο πλούσιες δραστηριότητες, υποστηρίζοντας νέους τρόπους έκφρασης και νέες παιδαγωγικές στρατηγικές, με σκοπό να προωθήσουν και να υποστηρίξουν ουσιαστικά τη μάθηση.

Ένα πλήρες έργο σχεδιασμού απαιτεί αναλύσεις πάνω στους εμπλεκόμενους πόλους: τεχνολογικό περιβάλλον, μαθητής, γνωστικό αντικείμενο, κοινωνικό πλαίσιο χρήσης (Δημητρακοπούλου 1998). Απαιτεί ουσιαστικά να ληφθούν υπόψη τα ερευνητικά πορίσματα και οι θεωρήσεις που προέρχονται από τον χώρο της Διδακτικής των Επιστημών και της Γνωστικής Ψυχολογίας καθώς και οι έρευνες που έχουν γίνει πάνω στο πώς μαθαίνουν τα παιδιά μέσα από την αλληλεπίδραση με τα περιβάλλοντα αυτά. Σκοπός είναι τόσο να μελετήσουμε πώς μπορούμε να διευκολύνουμε τη μάθηση, όσο και να προσφέρουμε πραγματικά νέα περιβάλλοντα που παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παραδοσιακά διδακτικά μέσα.

Σε αντίθεση με τις απλοϊκές εφαρμογές απλής μεταφοράς, αναλύσεις τέτοιας μορφής, οδηγούν σε ένα σύνολο αρχών σχεδιασμού, των οποίων η εφαρμογή επηρεάζει τόσο τα βασικά χαρακτηριστικά του τεχνολογικού περιβάλλοντος και τη διεπιφάνεια επικοινωνίας του, όσο και τις μαθησιακές δραστηριότητες και την παιδαγωγική προσέγγιση αξιοποίησής του: καταλήγουν να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά εκείνα που είναι κρίσιμα στη μάθηση.

Ο σχεδιασμός που βασίζεται σε αρχές και ο οποίος συνιστά σήμερα απαίτηση κάθε ερευνητικής παραγωγής στον χώρο της μαθησιακής τεχνολογίας, καθοδηγείται από ένα σύνολο θεωρητικών αρχών και ειδικών παιδαγωγικών/μαθησιακών υποθέσεων ενώ επιβεβαιώνεται από πολλαπλές διαδικασίες δοκιμών και αξιολογήσεων.

Αντικείμενο της εισήγησης αυτής είναι, μέσα από τη μελέτη ενός σημαντικού αριθμού διερευνητικών τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης (εκπαιδευτικά λογισμικά ή ακόμα συστήματα αλληλεπίδρασης και συνεργασίας μέσω διαδικτύου), να καταγράψει και να αναλύσει ορισμένες κοινές κεντρικές αρχές που φαίνεται να διέπουν τα χαρακτηριστικά των συστημάτων που έχουν παραχθεί από ερευνητικά εργαστήρια κατά την τελευταία δεκαετία.

Δύο σημαντικές πηγές αρχών, που εμφανίζονται να έχουν παίξει κεντρικό ρόλο στο σχεδιασμό των διερευνητικών λογισμικών είναι αυτές που αναφέρονται στις αναπαραστάσεις και αυτές που καταλήγουν να εισαγάγουν την χρήση νέων γνωστικών εργαλείων. Και οι δύο προέρχονται ουσιαστικά από έρευνες του χώρου της διδακτικής των θετικών επιστημών.

Δύο άλλες εξ ίσου κεντρικές αρχές που άρχισαν να επηρεάζουν τη μορφή και τη λειτουργικότητα των τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης κατά την τελευταία δεκαετία, είναι αυτές που προέρχονται από τον χώρο της γνωστικής ψυχολογίας και εστιάζουν στο ρόλο των μεταγνωστικών δεξιοτήτων στη μάθηση, καθώς και εκείνες που λαμβάνουν υπόψη τη κοινωνική διαδικασία της οικοδόμησης της γνώσης και το ρόλο της συνεργατικότητας.

2. Σημαντικές αρχές που απορρέουν από τη Διδακτική των Επιστημών

Η διδακτική των επιστημών συνεισφέρει στο σχεδιασμό και στη διαδικασία ανάπτυξης τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης τόσο σε θεωρητικό όσο και σε μεθοδολογικό επίπεδο (Δημητρακοπούλου, 1998). Μια σημαντική συνεισφορά της Διδακτικής τόσο των Μαθηματικών όσο και των Φυσικών Επιστημών αποτελούν οι έρευνες που αφορούν στη φύση και στο ρόλο των αναπαραστάσεων, καθώς και στην επινόηση κατάλληλων γνωστικών εργαλείων που υποστηρίζουν τη διαδικασία μάθησης. Συναφή ερευνητικά πορίσματα έχουν προσδιορίσει ένα σημαντικό αριθμό διερευνητικών λογισμικών.

2.1. Οι αναδυόμενες μορφές των αναπαραστάσεων

Αναφερόμαστε εδώ όχι στις εσωτερικές αναπαραστάσεις που οικοδομούνται νοητικά από το μαθητή, αλλά στις «εξωτερικές αναπαραστάσεις» οι οποίες συνιστούν κοινωνικά αποδεκτά, εξωτερικά συστήματα συμβόλων και μέσα έκφρασης ιδεών. Στις θετικές επιστήμες χρησιμοποιείται μια ποικιλία διαφορετικών αναπαραστάσεων όπως διαγράμματα, γραφήματα, μαθηματικές αλγεβρικές σχέσεις, κλπ.

Κατά την ανάπτυξη της διδακτικής των θετικών επιστημών και μέσα από την προσπάθεια της κατανόησης των δραστηριοτήτων της μάθησης και της διδασκαλίας, ένας αριθμός ερευνητών έστρεψε τη προσοχή του προς τα συστήματα αναπαραστάσεων των βασικών ιδεών των μαθηματικών και της φυσικής (Karut 1989, DiSessa 1993, Greeno 1991). Ο υπολογιστής αποτελεί ένα κατ' εξοχήν εργαλείο επεξεργασίας και παρουσίασης συμβόλων, και η δυνατότητά του να παρουσιάζει ταυτόχρονα πολλαπλές αναπαραστάσεις μιας ιδέας, η ακόμα να εισάγει νέους δυναμικούς τρόπους αναπαράστασης, έκανε ακόμα πιο επιτακτικό το ενδιαφέρον της μελέτης του ρόλου των αναπαραστάσεων στη μάθηση.

Αντικείμενο της ενότητας είναι να εξετάσουμε, ποιες είναι οι αρχές που καθορίζουν την επιλογή των αναπαραστάσεων (συμβατικές ή νέες) που εμπεριέχονται στα διερευνητικά λογισμικά, με σκοπό την υποστήριξη της διαδικασίας της μάθησης στα μαθηματικά και στις φυσικές επιστήμες. Μια σειρά έξι βασικών αρχών φαίνεται να εφαρμόζεται, οι οποίες είτε αφορούν στην τροποποίηση της παρουσίασης των συμβατικών αναπαραστάσεων (γραφήματα, σύμβολα), είτε αφορούν στην επινόηση νέων και στην αναγκαιότητα κατάλληλης σύνδεσης μεταξύ των δυνατών εναλλακτικών αναπαραστάσεων.

i) Αρχή 1^η: *«Να παρέχονται οι γραφικές παραστάσεις που είναι κατάλληλες για το επίπεδο των μαθητών στους οποίους απευθύνεται»*

Αν εξετάσουμε την απλή περίπτωση των κλασικών γραφικών παραστάσεων συνμεταβολής μεγεθών (π.χ.: $y \rightarrow x$, $S \rightarrow t$, $V \rightarrow t$). Σχεδόν όλα τα εκπαιδευτικά λογισμικά, αξιοποιούν τις δυνατότητες που προσφέρει ο υπολογιστής παρουσιάζοντας με δυναμικό τρόπο τη δημιουργία τους: σταδιακή εμφάνιση της γραφικής παράστασης δύο μεγεθών, ενδεχομένως παράλληλα με την εξέλιξη του υπό μελέτη φαινομένου. Επιπρόσθετες, χρήσιμες επιλογές είναι αυτές του χειρισμού της δυναμικής παρουσίασης, όπως οι επιλογές εμφάνισης «βήμα προς βήμα», παγώματος και εκ νέου ενεργοποίησης του σχεδιασμού της γραφικής παράστασης.

Στα ποιοτικά διερευνητικά λογισμικά παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις στη μορφή των γραφικών παραστάσεων: η γραμμή του γραφήματος είναι συνεχής ή εμφανίζονται μόνο τα σημεία των πειραματικών τιμών, δίνεται έμφαση στις γραμμές συνιστωσών που παράγουν το σημείο τομής, ή όχι, κλπ. Απλές επιλογές αυτού του είδους είναι σημαντικές όταν σχεδιάζουμε

περιβάλλοντα που περιέχουν γραφήματα και απευθύνονται σε μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού σχολείου ή του Γυμνασίου, οπότε απαιτείται να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στον τρόπο δημιουργίας μιας γραφικής παράστασης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει όμως η επινόηση νέων πιο απλών μορφών γραφημάτων, που εμπεριέχονται σε λογισμικά που στοχεύουν να στηρίξουν το μαθητή στην σταδιακή κατανόηση των γραφημάτων. Ένα διαφορετικό είδος γραφικής παράστασης της εξέλιξης μίας μεταβλητής αποτελεί το ραβδόγραμμα. Ένα ραβδόγραμμα παρουσιάζει την εξέλιξη της τιμής μιας μόνο μεταβλητής, κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του προσομοιούμενου φαινομένου, και έχει τη μορφή ράβδου μεταβαλλόμενου μήκους (ή ύψους, ανάλογα με την οριζόντια ή κάθετη τοποθέτηση του ραβδογράμματος στην οθόνη).

Στο ThinkerTools (White, 1993), ένα περιβάλλον για την κατανόηση των εννοιών της δυναμικής για παιδιά Δημοτικού σχολείου, χρησιμοποιήθηκε το ραβδόγραμμα για την αναπαράσταση της εξέλιξης του μέτρου της ταχύτητας. Εφαρμόστηκε με τη μορφή διπλού ραβδογράμματος σε μορφή σταυρού (datacross) για την αναπαράσταση της μεταβολής του μέτρου της ταχύτητας σε κάθε μία από τις δύο κατευθύνσεις y και x .

Ραβδογράμματα εμπεριέχονται επίσης στο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ_MONTEΛΩΝ (Komis et al. 1998, Dimitracopoulou et al. 1999), ένα περιβάλλον μοντελοποίησης που απευθύνεται σε μαθητές Γυμνασίου. Εφαρμόζεται με τη μορφή μεμονωμένων ή ταυτόχρονων παράλληλων ραβδογραμμάτων που παρουσιάζουν την εξέλιξη διαφορετικών μεταβλητών. Πειραματικές δοκιμές με μαθητές έδειξαν ότι, τα παράλληλα ραβδογράμματα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα όταν οι μαθητές βρίσκονται σε μια διαδικασία ανακάλυψης του παραγόντων/μεγεθών που επηρεάζουν ένα φαινόμενο, καθώς και των σχέσεων συνμεταβολής των εμπλεκόμενων μεγεθών.

ii) Αρχή 2^η: Τα σύμβολα και οι προτεινόμενες αναπαραστάσεις θα πρέπει να συνιστούν για τους μαθητές «κοινωνικά αποδεκτές αναπαραστάσεις».

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μαθητές μικρής ηλικίας δεν έχουν ακόμα οικοδομήσει τις επιστημονικές έννοιες που διαπραγματεύονται τα σχολικά εγχειρίδια, κατά συνέπεια τα σύμβολα που εμπεριέχονται σε αυτά δεν αποτελούν για τους μαθητές κοινωνικά αποδεκτές αναπαραστάσεις.

Η αναζήτηση κοινά αποδεκτών αναπαραστάσεων για την κοινωνία των μαθητών, οδήγησε σε ειδικές λύσεις στην έκφραση και παρουσίαση των μεταβλητών στα διερευνητικά λογισμικά: SkaterWorld, SIMrw, και ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ MONTEΛΩΝ. Οι μεταβλητές στο SkaterWorld (Pheasy et al, 1997) και στο SIMrw (Dimitracopoulou et al. 1997), εκπαιδευτικά λογισμικά για την οικοδόμηση εννοιών φυσικής (κινηματική – δυναμική) από μαθητές 10-12 ετών, παρουσιάζονται μόνο με λεκτικό τρόπο, αποφεύγοντας την χρήση συμβόλων. Επιπλέον στο SIMrw, η λεκτική παρουσίαση των μεταβλητών δεν είναι εμφανής σε ένα αρχικό στάδιο της αλληλεπίδρασης, προκειμένου να επιτραπεί πραγματικά στους μαθητές να αναζητήσουν διερευνώντας την ταυτότητα των μεγεθών που επηρεάζουν τα υπό μελέτη φαινόμενα (η εμφάνιση των λεκτικών προσδιορισμών των μεγεθών στη συνιστώσα προσδιορισμού τιμών των μεγεθών γίνεται δυνατή μετά από κατάλληλη ενεργοποίηση από το διδάσκοντα).

Οι μεταβλητές στο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ_MONTEΛΩΝ, εμφανίζονται με μικτό τρόπο, τόσο λεκτικό όσο και συμβολικό, έτσι ώστε η χρήση τους να αντιστοιχεί κατάλληλα στη φάση μάθησης που μπορεί να βρίσκεται ένας μαθητής του Γυμνασίου, κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης με το λογισμικό. Εκτός όμως από το μικτό, κατ' επιλογήν τρόπο έκφρασης των μεταβλητών, το περιβάλλον αυτό, υποστηρίζει τη διαδικασία αφαίρεσης, και χρήσης συμβόλων με πιο

ολοκληρωμένο τρόπο. Αρχικά, ο μαθητής μπορεί να εργαστεί με μεταβλητές που είναι συνδεδεμένες με τις οντότητες/αντικείμενα από τις οποίες απορρέουν, στη συνέχεια με λεκτικές εκφράσεις μεταβλητών δίχως άμεση συνεχή σύνδεση με τα αντικείμενα πηγές και τέλος, με συμβολική έκφραση. Στη διαδικασία δημιουργίας αλγεβρικών σχέσεων, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εκφράσει μαθηματικές σχέσεις των μεγεθών αυτών είτε σε μορφή λεκτική είτε σε συμβολική μορφή. Παράλληλα, οι τιμές των μεγεθών καθορίζονται με ποιοτικό τρόπο (για μεταβλητές διακριτών τιμών -π.χ. $M_1 = \{K, \Lambda, M\}$ -), ή με ημιποσοτικό τρόπο (όπου η μεταβολή των τιμών έχει συνέπειες στην εικονική παράσταση του αντικειμένου πηγής) ή τέλος με ποσοτικό τρόπο.

iii) Αρχή 3^η: Αναζήτηση της κατάλληλης «οπτικοποίησης» ή το αφηρημένο μετατρέπεται σε συγκεκριμένο

Ένα από τα πιο διακριτά χαρακτηριστικά των διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης είναι η νέα υπόσταση που λαμβάνουν ορισμένες οντότητες τις οποίες ο Hebenstreit (1987) αποκάλεσε *συγκεκριμένα- αφηρημένα Αντικείμενα* (concrete-abstract objects). Τα αντικείμενα αυτά (είναι συγκεκριμένα με την έννοια ότι μπορεί να τα χειριστεί κάποιος ως πραγματικά (real) στην οθόνη του υπολογιστή, ενώ συγχρόνως παραμένουν αφηρημένες οντότητες με την έννοια ότι αποτελούν φυσικά ή μαθηματικά οικοδομήματα (constructs).

Ένα απλό παράδειγμα των οντοτήτων αυτών είναι τα άνυσματα. Στο NEWTON (Teodoro, 1994), ένα διερευνητικό περιβάλλον για τη μελέτη της κίνησης των υλικών σωμάτων, το άνυσμα της ταχύτητας ενός σώματος μετατρέπεται σε κάτι που μπορούμε να το χειριστούμε με το ποντίκι, να το συνδέσουμε ή να το αποσυνδέσουμε από την προσομοίωση της κίνησης του σωματιδίου, να το δούμε ως σύνθεση των συνιστωσών του, κλπ.

Στο περιβάλλον του Cabri-Geomètre (Laborde & Laborde, 1995) οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να χειριστούν και να διαχειριστούν τις έννοιες της Ευκλείδειας Γεωμετρίας ως υλικές οντότητες.

Στα πλαίσια της αρχής αυτής, κοινή στην πλειονότητα των διερευνητικών λογισμικών των μαθηματικών ή των φυσικών επιστημών, είναι σημαντικό να εκπληρώνονται τουλάχιστον δύο συνθήκες:

- η ευκολία και η καταλληλότητα των επιλογών διαχείρισης των αφηρημένων οντοτήτων, σε σχέση με άλλα σημειώματα με τα οποία εμπλέκονται.
- τήρηση της επιστημολογικής πιστότητας (epistemic fidelity) κατά τη διαχείριση των οντοτήτων αυτών (Balacheff, 1993).

iv) Αρχή 4^η: Θα πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα δημιουργίας νέων συστημάτων αναπαραστάσεων που υποστηρίζουν τη διαδικασία μάθησης, εφαρμόζοντας τη μεγαλύτερη δυνατή οπτικοποίηση

«Πως μπορούμε να αναπτύξουμε νέα συστήματα αναπαραστάσεων που αναπτύσσουν πιο αποτελεσματική μάθηση και επίλυση προβλημάτων;» το ερώτημα αυτό είχε τεθεί από τον Goldin το 1991, ενώ νωρίτερα ο DiSessa 1979, είχε θέσει παρόμοιο ερώτημα: «Ο σκοπός είναι να μετασχηματίσουμε παλιές ή να επινοήσουμε νέες αναπαραστάσεις φυσικής, μαθηματικών ή οποιοδήποτε γνωστικού αντικείμενου, τα οποία εκφράζουν τις ισχυρές λογικές δομές του αντικείμενου, ενώ συγχρόνως εναρμονίζονται με τη γνωστική πραγματικότητα των μαθητών.»

Η δημιουργία υπολογιστικών μοντέλων για μαθηματικά ή φυσική μας δίνει τη δυνατότητα και την ευκαιρία να θεωρήσουμε, επινοήσουμε σχεδιάσουμε και αξιολογήσουμε νέα συστήματα

αναπαραστάσεων. Εφαρμόζεται εδώ, η διδακτική στρατηγική, σύμφωνα με την οποία τα μαθηματικά σύμβολα μπορούν να αποκτήσουν ‘νόημα’ για τους μαθητές αν τους αποδώσουμε συγκεκριμένες αναφορές. Η «αρχή της μετατροπής του αφηρημένου σε συγκεκριμένο» βρίσκει εδώ την πιο εξελιγμένη της μορφή. Πέρα δηλαδή από τη δυναμική διαχείριση των συμβόλων, έχουμε στην περίπτωση αυτή αναζήτηση της μέγιστης δυνατής και συγχρόνως κατάλληλης οπτικοποίησης εννοιών, συλλογισμών, και διαδικασιών.

Η αναζήτηση αυτή οδηγεί σε «ενδιάμεσες αφαιρέσεις», οι οποίες επινοούνται για να βοηθήσουν την οικοδόμηση μαθηματικών και φυσικών επιστημονικών εννοιών παρουσιάζοντας οντότητες των οποίων η λειτουργία μπορεί να εξηγηθεί στη βάση της διαισθητικής γνώσης. Οι ενδιάμεσες αφαιρέσεις ή αναπαραστάσεις συνδέονται τόσο με τα συγκεκριμένα αντικείμενα και τα φαινόμενα (για τα οποία έχουν επινοηθεί ώστε να τα μοντελοποιούν) όσο και με τις αφηρημένες οντότητες. Το βασικό επιχείρημα για την χρήση τους είναι ότι οι έννοιες που θα πρέπει να οικοδομηθούν είναι αφηρημένες ενώ το μοντέλο είναι ορατό, πιο οικείο από την έννοια στόχο, και μπορεί ο μαθητής να το χειριστεί.

Για παράδειγμα, στο σύστημα Planner (Schwarz, 1998) ένα περιβάλλον για τη μάθηση επίλυσης απλών πραγματικών αριθμητικών προβλημάτων, τα αριθμητικά σύμβολα, και οι πράξεις συνδέονται με συγκεκριμένες σημασίες. Το περιβάλλον περιέχει τραίνα, μηχανές τρένων και σιδηροτροχιές. Τα βαγόνια των τρένων αναπαριστούν αριθμούς, ενώ το μήκος του τραίνου παριστά την ποσότητα. Οι γραμμές της σιδηροτροχιάς χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν τους στόχους των προβλημάτων, ενώ οι μηχανές αναπαριστούν πράξεις μεταξύ αριθμών, οι οποίες συνδέουν ή αποσυνδέουν τραίνα. Η δομή ελέγχου μιας αριθμητικής πράξης αναπαριστάται από αρκετές μηχανές που συνδέονται μέσω ενός μικρού προγράμματος. Το πρόγραμμα της αριθμητικής πράξης συνιστά και το ίδιο ένα αντικείμενο, το οποίο μπορεί να συζητηθεί, να ελεγχθεί, να μοιραστεί με άλλους, να εκτελεστεί, να αποθηκευθεί, να τροποποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό, μια προηγουμένως μη ορατή λειτουργία αριθμητικής πράξης, γίνεται τώρα διατυπώσιμη και ελέγξιμη.

Βασιζόμενο στην αρχή αυτή, το λογισμικό Model -It (Soloway et al. 1993), επιτρέπει την έκφραση σχέσεων εξαρτημένης μεταβολής μεταξύ των μεγεθών, μέσω αιτιακών διαγραμμάτων σύνδεσης μεταξύ των μεταβολέων που αντιστοιχούν σε κάθε φυσικό μέγεθος.

Το περιβάλλον του ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥ_ ΜΟΝΤΕΛΩΝ, οπτικοποιεί τις σχέσεις μεταξύ μεταβλητών και επιτρέπει την έκφραση των μεταβολών μέσω χρήσης ειδικών συμβόλων ($\uparrow\uparrow$: όταν το ένα μέγεθος αυξάνει και το άλλο αυξάνει, $\uparrow\downarrow$: όταν το ένα μέγεθος αυξάνει το άλλο ελαττώνεται, $\uparrow\leftrightarrow$: όταν το ένα μέγεθος αυξάνει, το άλλο παραμένει αμετάβλητο, κ.ά.), ενώ οι μεταβλητές διατηρούν τις συνδέσεις τους με τα αντικείμενα που μοντελοποιούν (μέσω εικόνων).

Πρωτοπόρο στην αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα σε μεταβλητές είναι το σύστημα IQON (Bliss et al., 1992), με αντίστοιχη χρήση των συμβόλων (+) και (-), που εκφράζουν σχέσεις άμεσης ή μη αλληλεξάρτησης.

v) Αρχή 5^η: *«Το περιβάλλον πρέπει καταρχάς να επιτρέπει στο μαθητή να εκφράζει τα νοητικά του μοντέλα και τους συλλογισμούς του και στη συνέχεια να τον υποστηρίζει στη μετάβαση στον επιστημονικό συλλογισμό.»*

Στην αρχή αυτή εμπεριέχεται η υπόθεση ότι, για να διδάξουμε στους μαθητές μια αφηρημένη έννοια, θα πρέπει να τους επιτρέψουμε να οικοδομήσουν πάνω στις γνώσεις και στους τρόπους συλλογισμού που κατέχουν ήδη.

Για να υποστηρίξουμε το μαθητή στη μετάβαση στον επιστημονικό συλλογισμό, θα πρέπει καταρχάς να του επιτρέψουμε να εκφραστεί με τις υπάρχουσες γνωστικές του πηγές (γνωστική βάση και τρόποι συλλογισμού) και στη συνέχεια, με τα κατάλληλα μέσα, να τον οδηγήσουμε σταδιακά να αποδεχθεί την αναγκαιότητα αλλαγής, ανακαλύπτοντας ή υποδεικνύοντάς του αποτελεσματικότερους τρόπους συλλογισμού.

Όσον αφορά στο πρώτο σκέλος της αρχής, σπάνια βλέπουμε να εφαρμόζεται πλήρως στα εκπαιδευτικά λογισμικά. Με επιστημονικές ή ενδιάμεσες αναπαραστάσεις, με συμβολική ή ημιδιαισθητική έκφραση, θα πρέπει να εξετάζουμε αν τα συστήματα αυτά επιτρέπουν πράγματι την έκφραση των νοητικών μοντέλων των μαθητών, ή μόνο των μοντέλων εκείνων που προσεγγίζουν τα επιστημονικά. Αν ερευνήσουμε για παράδειγμα, τα λογισμικά φυσικής που επιτρέπουν τη δημιουργία διαγράμματος δυνάμεων, θα διαπιστώσουμε ότι δίνουν τη δυνατότητα άσκησης μόνο σταθερών δυνάμεων. Όμως πολλαπλές έρευνες (Halloun & Hestenes 1985) έχουν δείξει ότι οι μαθητές εξηγούν για παράδειγμα την ομαλά επιβραδυνόμενη κίνηση, ως κίνηση κατά την οποία η αρχική δύναμη που ασκείται στο κινητό φθίνει ομαλά (στην πραγματικότητα πρόκειται για ελάττωση της αρχικής ταχύτητας). Τη διαισθητική αυτή αντίληψη, οι μαθητές δεν έχουν τελικά τη δυνατότητα να την εκφράσουν ως επεξηγηματικό μοντέλο, έτσι ώστε να διερευνήσουν την ισχύ της και να οδηγηθούν να την ανατρέψουν, ανακαλύπτοντας κάποια άλλη.

Η εφαρμογή της αρχής αυτής, στο περιβάλλον του SIMrw, οδήγησε στην ύπαρξη ειδικής διεπιφάνειας επικοινωνίας για τον σχεδιασμό των δυνάμεων και τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τους. Δίνεται, δηλαδή η δυνατότητα στο μαθητή να δηλώσει κατά πόσο η δύναμη που σχεδιάζει έχει σταθερό μέτρο, ελαττώνεται ή αυξάνεται κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του φαινομένου, και σε ποιο χρονικό διάστημα συμβαίνει αυτό.

Όσον αφορά στο δεύτερο σκέλος της αρχής και την υποστήριξη κατά την οικοδόμηση του επιστημονικού μοντέλου, τα συστήματα “ThinkerTools” και SIMrw προτείνουν στους μαθητές να εργαστούν σταδιακά με καταστάσεις προβλήματα που απαιτούν πιο σύνθετα μοντέλα, τα οποία προσεγγίζουν τα επιστημονικά.

Η ίδια αρχή έχει εφαρμοστεί και στο περιβάλλον QUEST (Frederiksen, 1993) για την κατανόηση λειτουργίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, όπου βρίσκουμε μια διαδοχή μικρόκοσμων ποιοτικού και ποσοτικού συλλογισμού αυξανόμενης πολυπλοκότητας.

Η εν λόγω αρχή, εφαρμοζόμενη στην περίπτωση του ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥ_ΜΟΝΤΕΛΩΝ, είχε ως συνέπεια τη δημιουργία ειδικών συνιστωσών του λογισμικού. Λήφθηκε υπόψη το γεγονός ότι γνωρίζουμε πως οι μαθητές συλλογίζονται περισσότερο με όρους αντικειμένων και σχέσεων ανάμεσα σε αντικείμενα παρά με αφηρημένες οντότητες. Κατά συνέπεια, το περιβάλλον σχεδιάστηκε με τρόπο ώστε να επιτρέπει αρχικά στο μαθητή να συλλογίζεται ευρισκόμενος σε σύνδεση με τα αντικείμενα-οντότητες αναφοράς, ενώ μέσα από σταδιακή αφαίρεση για την οικοδόμηση της έννοιας της μεταβλητής, να περνά από τον ποιοτικό στον ποσοτικό συλλογισμό. Ειδικός σχεδιασμός έγινε για να υποστηρίξει τον ημιποσοτικό συλλογισμό, έναν τρόπο έκφρασης που διευκολύνει τη μετάβαση στον ποσοτικό συλλογισμό.

vi) Αρχή 6^η: Η αναγκαιότητα δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ των αναπαραστάσεων

Αν και η ποικιλία των δυνατών αναπαραστάσεων είναι ένα από τα πιο ισχυρά χαρακτηριστικά της φυσικής και των μαθηματικών, μπορεί να αποτελέσει και αιτία σύγχυσης στους μαθητές, αν δεν κατοχυρώσουν αντιστοιχίες και συνδέσεις ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα συστήματα αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν την ίδια ιδέα ή πλευρές αυτής (Sakonidis 1994). Η αναγκαιότητα της υποστήριξης των μαθητών στην κατανόηση, χρήση και σύνδεση των αναπαραστάσεων έχει ήδη επισημανθεί από τη Διδακτική των Επιστημών και ο

σχεδιασμός κατάλληλων πληροφορικών περιβαλλόντων μάθησης μπορεί να συνεισφέρει προς αυτήν την κατεύθυνση.

Τα περισσότερα συστήματα ερευνητικών μικρόκοσμων συνδέουν παραπάνω από μία αναπαραστάσεις των μαθηματικών ή φυσικών οντοτήτων. Οι μικρόκοσμοι του Boxer (diSessa 1985) έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν τους μαθητές να δημιουργήσουν συνδέσεις ανάμεσα σε δράσεις πάνω σε συστήματα συμβόλων και σε αναδράσεις ή ενέργειες πάνω σε αναπαραστάσεις. Το Multiplication Microworlds (Nelson et al., 1990) παρέχει εναλλακτικούς τρόπους αναπαράστασης των αριθμών (με γραμμή, με ένδειξη των δεκάδων και των μονάδων, με μορφή πίνακα διπλής εισόδου, με αλγεβρικούς αριθμούς και σύμβολα) επιτρέποντας στο μαθητή τόσο να επιλέξει την κατάλληλη κάθε φορά αναπαράσταση, όσο και να μεταβεί από τη μία μορφή αναπαράστασης στην άλλη.

Παρόμοια, η ταυτόχρονη εργασία με τις διάφορες εναλλακτικές αναπαραστάσεις είναι δυνατή στο λογισμικό OPERA (Schwarz, in press), το οποίο υποστηρίζει ενδιάμεσες αναπαραστάσεις του συνόλου των βασικών μαθηματικών πράξεων: τα διαφορετικά αντικείμενα του συστήματος εμπεριέχουν την πράξη ως διαδικασία (τα τραίνα και οι μηχανές), την πράξη ως δομή (μονάδες διαμερισμάτων συνιστούν ένα κτίριο), ως συνδυασμό (mapping), ή ως αφηρημένο σύμβολο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα περιβάλλοντα που επιτρέπουν όχι μόνο συνδέσεις και μεταβάσεις από τη μία αναπαράσταση στην άλλη, αλλά και αντίστροφες μεταβάσεις από τις αναπαραστάσεις στις συνιστώσες δράσεων. Στο Modellus (Teodoro 1997) ο μαθητής μπορεί να σχεδιάσει με το ποντίκι μια γραφική παράσταση, και να παρατηρήσει στη συνέχεια τόσο την αλγεβρική μαθηματική σχέση που θα μπορούσε να παράγει το γράφημα που σχεδίασε όσο και την προσομοίωση του αντίστοιχου φαινομένου. Το σύστημα E-Slate Αβάκειο (Kynigos et al., 1997) επιτρέπει την αμοιβαία συνέργια ανάμεσα στις διάφορες συνιστώσες του είτε αυτές αποτελούν χώρους προσδιορισμού οντοτήτων είτε αποτελούν χώρους αναπαράστασης.

Ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά που μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν εσωτερικεύσεις για τις σχέσεις ανάμεσα στις διάφορες αναπαραστάσεις είναι:

- η δυνατότητα εμφάνισης των επιθυμητών κάθε φορά αναπαραστάσεων,
- η επιλογή της ενεργοποίησης ή μη των ορατών συνδέσεων ανάμεσα στις αναπαραστάσεις έτσι ώστε να δίδεται στο μαθητή η δυνατότητα να αναλογίζεται πάνω σε αυτές και να προβλέπει,
- να δίδεται η δυνατότητα δράσης σε κάθε μορφή αναπαράστασης, με ταυτόχρονη ανάδραση σε πραγματικό χρόνο στις υπόλοιπες εναλλακτικές αναπαραστάσεις.

2.2. Η επινόηση κατάλληλων γνωστικών εργαλείων

Μία σημαντική αρχή που εφαρμόστηκε σε ένα αριθμό διερευνητικών λογισμικών, προήλθε από τη προσπάθεια «Να παρέχουμε στους μαθητές γνωστικά εργαλεία υποστήριξης της σκέψης και της επικοινωνίας».

Μέσα από μια γενική θεώρηση, ως γνωστικό εργαλείο αναφέρεται ορισμένες φορές είτε συνολικά ο ίδιος ο υπολογιστής, είτε συγκεκριμένης ποιότητας τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης (Kommers et al. 1992). Στο παρόν κείμενο όμως αναφερόμαστε σε συγκεκριμένα γνωστικά εργαλεία που αποτελούν ενδιάμεσες αναπαραστάσεις ανάμεσα στο φαινομενολογικό μοντέλο και το επιστημονικό μοντέλο και τα οποία επινοούνται ειδικά για να στηρίξουν τη μάθηση. Αναπαραστάσεις της μορφής των γνωστικών εργαλείων προέρχονται από αναλύσεις του γνωστικού αντικείμενου και των γνωστικών ικανοτήτων των μαθητών. Το χαρακτηριστικό τους, και αυτό που άλλωστε τα διαφοροποιεί από τα νέα συστήματα αναπαραστάσεων, στα οποία

αναφερθήκαμε σε προηγούμενη ενότητα, είναι ότι συνιστούν αυτόνομα εργαλεία με τα οποία ο μαθητής μπορεί να διαχειριστεί μόνος του τη γνωστική του λειτουργία.

Αποτελούν διαλογικά εργαλεία οικοδόμησης γνώσης που υποστηρίζουν την ανθρώπινη σκέψη, και τη μάθηση, καθιστώντας ρητές σχέσεις και λειτουργικές διαδικασίες. Κατά συνέπεια επιτρέπουν την επανεξέταση και τον αναλογισμό από τον ίδιο τον μαθητή, ενώ η διαγραμματική τους μορφή τα μετατρέπει σε αντικείμενο επικοινωνίας και συλλογικού αναλογισμού, λαμβάνοντας υπόσταση μεταγνωστικού εργαλείου.

Ως γνωστικά εργαλεία για την αναπαράσταση και τη διατύπωση σχέσεων χρησιμοποιούνται συχνά οι *σημασιολογικοί χάρτες*, ή *χάρτες εννοιών* (concept maps). Επιτρέπουν στο χρήστη να αναπαραστήσει έννοιες και σχέσεις μεταξύ εννοιών με έναν λεκτικό ή εικονικό τρόπο, να οργανώσει δίκτυα εννοιών και να αναπαραστήσει διαφορών ειδών συνδέσεων.

Ένα είδος γνωστικού εργαλείου, που εξωτερικεύει λειτουργικές διαδικασίες είναι το «Διάγραμμα Αντικειμένων Αλληλεπιδράσεων», που προτείνεται στον χρήστη του συστήματος ARPIA, (Δημητρακοπούλου, 1995) ένα διδακτικά νοήμων σύστημα για την αναπαράσταση προβλημάτων μηχανικής. Το διάγραμμα αυτό χρησιμεύει ως νοητικό βοήθημα στην υλοποίηση και στην επαλήθευση των διαγραμμάτων των δυνάμεων. Καθιστά ρητή και διατυπώνει τη λειτουργική βάση των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών για την παραγωγή του διαγράμματος, που είναι η ανάλυση των αλληλεπιδράσεων εξ επαφής και από απόσταση όλων των αντικειμένων με τα οποία αλληλεπιδρά ένα σύστημα. Αποστασιοποιεί από τη φαινομενολογική αναπαράσταση (τη διάταξη των αντικειμένων) κωδικοποιώντας όλα τα αντικείμενα σε μορφή παραλληλογράμμου ενώ οι αλληλεπιδράσεις αναπαριστώνται με γραμμές συνεχείς και διακεκομμένες.

Τέλος, χαρακτηριστικό παράδειγμα γνωστικού εργαλείου για την επίλυση προβλημάτων, αποτελεί το «δένδρο επίλυσης» στο HERON (Reusser, 1994), ένα περιβάλλον για την κατανόηση και την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Επιτρέπει τον πολυεπίπεδο, βήμα προς βήμα μετασχηματισμό της λεκτικής περιγραφής του προβλήματος σε γνωστικά πιο αποτελεσματικά νοητικά μοντέλα της κατάστασης έως την τελική αριθμητική ή αλγεβρική μορφή της εξίσωσης.

Ο τρόπος αναπαράστασης των προτεινόμενων γνωστικών εργαλείων πρέπει να αρμόζει στις γνωστικές ικανότητες των μαθητών. Είναι σημαντικό επίσης να μη λησμονούμε ότι οι αναπαραστάσεις αυτές είναι ακατέργαστες προσεγγίσεις των νοητικών δομών και ότι τις χρησιμοποιούμε για να ενεργοποιήσουν και να ενδυναμώσουν το συλλογισμό και όχι για να μεταφέρουμε αναπαραστάσεις στο μαθητή.

3. Σημαντικές αρχές που απορρέουν από τη Γνωστική Ψυχολογία

Κατά την τελευταία δεκαετία, από τον χώρο της γνωστικής ψυχολογίας ιδιαίτερη επίδραση στο σχεδιασμό και στα χαρακτηριστικά των τεχνολογικών περιβαλλόντων μάθησης είχαν από τη μια πλευρά, οι θεωρητικές υποθέσεις και τα ερευνητικά πορίσματα που αφορούν στο ρόλο των μεταγνωστικών δεξιοτήτων στη διαδικασία της μάθησης και από την άλλη, οι θεωρήσεις για την κοινωνική διαδικασία της μάθησης και τη σημασία της συνεργατικότητας.

3.1. Η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων

Τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης ουσιαστικά απαιτούν από το μαθητή τόσο γνωστικές όσο και μεταγνωστικές δεξιότητες. *Γνωστικές δεξιότητες*, με την έννοια ότι θα πρέπει να ενεργήσει για να χειριστεί και να οργανώσει πληροφορίες. *Μεταγνωστικές δεξιότητες*, με την

έννοια ότι θα πρέπει να ρυθμίσει και να ελέγξει τις ενέργειές του και τις γνώσεις του προκειμένου να οικοδομήσει νέα γνώση.

Τα διερευνητικά περιβάλλοντα γίνονται αποτελεσματικά στην ανάπτυξη της μάθησης μόνο όταν ο μαθητής γίνεται ικανός να ταυτοποιεί τα προβλήματα, να ενεργεί, να κάνει προβλέψεις, να συνάγει στρατηγικές, να αξιολογεί, να αντιθέτει ιδέες και λύσεις, να εκφράζει ελέγχους, να επιλύει προβλήματα, κλπ. Αυτές είναι μερικές από τις γνωστικές και μεταγνωστικές λειτουργίες τις οποίες ο μαθητής πρέπει να επιτελέσει, έτσι ώστε να οικοδομήσει τη γνώση του κατά την αλληλεπίδρασή του με το τεχνολογικό περιβάλλον και τη διερεύνηση.

Πολλά συστήματα προσομοίωσης φαινομένων φαίνεται να έχουν σχεδιαστεί θεωρώντας ότι ένα μη αναμενόμενο αποτέλεσμα των ενεργειών των μαθητών επιφέρει και την αναθεώρηση των υποθέσεων των μαθητών. Έρευνες έχουν όμως δείξει ότι οι μαθητές ορισμένες φορές αρνούνται να αποδεχθούν το αποτέλεσμα ή επιμένουν να το εξηγούν με βάση τις αρχικές αντιλήψεις τους (Brown & Burton, 1987). Αυτό συμβαίνει επειδή όταν παρουσιάζεται στους μαθητές μια νέα πληροφορία που είναι μη συμβατή με αυτές που υπάρχουν στη βάση των γνώσεών τους, αυτοί συχνά είτε βρίσκονται σε σύγχυση και γίνονται εσωτερικά μη συνεπείς, είτε τροποποιούν τη νέα πληροφορία με τρόπο ώστε να γίνει συμβατή με τις υπάρχουσες γνώσεις τους. Ένας από τους βασικούς λόγους που δημιουργούνται αυτές οι τροποποιήσεις των πληροφοριών ή οι μη συνεπείς αναπαραστάσεις προέρχεται από το ότι οι μαθητές δεν έχουν μεταγνωστική επίγνωση (Vosniadou, 1994) των νοητικών τους μοντέλων και των θεωρητικών τους πεποιθήσεων, κάτι το οποίο εμποδίζει τις προσπάθειές τους να αποκτήσουν νέα γνώση. Αν οι μαθητές είχαν επίγνωση της ερμηνευτικής και υποθετικής φύσης των πεποιθήσεών τους, θα ήταν πολύ περισσότερο επιδεκτικοί στο να αναρωτιούνται, στο να θέτουν ερωτήματα ή να δοκιμάζουν εναλλακτικές απόψεις που παρουσιάζονται μέσω της διδασκαλίας.

Τα τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης είναι πολλές φορές αναγκαίο να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη της μεταγνωσιακής επίγνωσης.

Για το σκοπό αυτό, στο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ ΜΟΝΤΕΛΩΝ έχουν αναπτυχθεί ειδικά Ντοσιέ Σημειώσεων, κατάλληλα ώστε οι μαθητές να σημειώσουν τις αρχικές τους αναλύσεις της υπό μελέτη κατάστασης, τις προβλέψεις τους, τις παρατηρήσεις και τις ερμηνείες τους. Οι σημειώσεις αυτές αποθηκεύονται μαζί με το μοντέλο που έχουν δημιουργήσει και τις διερευνήσεις που έχουν κάνει ως ένα ενιαίο σύνολο. Οι σημειώσεις αυτές χρησιμεύουν, στη συνέχεια, για να αναλύσουν οι μαθητές τα έργα και την πορεία τους, καθώς και για να παρουσιάσουν στο σύνολο της τάξης τη σύνθεση των εργασιών τους.

Το λογισμικό ANDES (Van Lehn, 1996) έχει αναπτυχθεί με σκοπό να βοηθήσει τους μαθητές που επιλύουν προβλήματα μηχανικής να αναπτύξουν μεταγνωστικές δεξιότητες μέσα από διαδικασίες αυτοεξήγησης. Για το σκοπό αυτό, το περιβάλλον παρέχει μια σειρά κανόνων και λεκτικών εκφράσεων μέσα από τις οποίες ο μαθητής καλείται να αιτιολογήσει κάθε ενέργειά του. Στο CSILE (Scardamalia & Bereiter 1997), παρέχονται στους μαθητές κατάλληλα εικονίδια που τους βοηθούν να βάζουν ετικέτες στα κείμενά τους σύμφωνα με την ανάλυση των «τύπων σκέψης», που θεωρούν ότι αντιστοιχεί στο γραπτό κείμενο που έχουν παράγει.

3.2. Η μάθηση ως μια κοινωνική διαδικασία και η συνεργατικότητα

«Να προεκτείνουμε τα τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης από ατομικά περιβάλλοντα μάθησης σε συλλογικά περιβάλλοντα μάθησης»

Τα περισσότερα διερευνητικά λογισμικά, έχουν σχεδιαστεί για ένα μόνο χρήστη, δίχως να λαμβάνεται υπόψη ότι από τη μια μεριά, σε όλα τα σχολεία, παγκόσμια, οι μαθητές εργάζονται

στον υπολογιστή σε ομάδες τουλάχιστον δύο μαθητών και από την άλλη, οι μαθητές δε μαθαίνουν μόνοι τους απομονωμένοι. Η νοημοσύνη και η γνώση δεν είναι 'ιδιότητα' μόνο του νου, αλλά κυρίως ένα χαρακτηριστικό μοιραζόμενο σε όλες τις συνιστώσες και τους συμμετέχοντες στις μαθησιακές δραστηριότητες: μαθητές, διδάσκοντες, εργαλεία, και πρακτικές ενός μαθησιακού περιβάλλοντος.

Η επαναανακάλυψη, κατά την τελευταία δεκαετία, των θεωριών του Vygotsky, οδήγησε ένα σημαντικό αριθμό ερευνητών να λάβει υπόψη του την κοινωνική διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης και να διαμορφώσει κατάλληλα τα τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης.

Σημαντικές είναι οι τεχνικές που παράχθηκαν για την ταυτόχρονη αλληλεπίδραση πολλαπλών χρηστών με το ίδιο λογισμικό και για την κατάλληλη εργονομία της αντίστοιχης διεπιφάνειας επικοινωνίας στην ανάπτυξη συνεργατικών λογισμικών (O'Malley, 1992). Παράδειγμα ολοκληρωμένης εφαρμογής συνεργατικού τεχνολογικού περιβάλλοντος μάθησης αποτελεί το σύστημα Belvedere (Suthers, 1999), ένα περιβάλλον που υποστηρίζει την συνεργατική μάθηση ικανοτήτων ανακάλυψης και βασίζεται στη χρήση ενός κοινού χώρου εργασίας για τη δημιουργία «χαρτών με επιχειρήματα».

Τεχνικές συνεργατικής επίλυσης προβλημάτων με παραγωγή αλληλεπιδράσεων παροχής και διατύπωσης επιχειρημάτων συναντάμε στο Chene (Quignard & Baker, 1999), ένα περιβάλλον για τη μάθηση των εννοιών που σχετίζονται με την κατανόηση της ενέργειας. Το περιβάλλον αυτό παρέχει χωριστά παράθυρα για τη γραπτή διατύπωση επιχειρημάτων για τον κάθε ένα από τους συνεργαζόμενους μαθητές.

Τα τελευταία χρόνια, για την υποστήριξη συνεργατικών δραστηριοτήτων μέσω του διαδικτύου (Internet) αναπτύσσονται με εντατικούς ρυθμούς μεμονωμένα εργαλεία (για παράδειγμα τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για το Virtual Campus του TECFA, (Dillenbourg et al. 1997, Jermann et al. 1999) ή πιο ολοκληρωμένα περιβάλλοντα (για παράδειγμα, το EXPLORA, Girard et al., 1999).

4. Συμπεράσματα

Έχει νόημα να σχεδιάζουμε τεχνολογικά περιβάλλοντα μάθησης, όταν προσφέρουν πράγματι κάτι διαφορετικό από τα υπάρχοντα παραδοσιακά μέσα και όταν συνεισφέρουν ουσιαστικά στη διαδικασία της μάθησης. Σε πολλά από τα υπάρχοντα στο εμπόριο εκπαιδευτικά λογισμικά μαθηματικών και φυσικής, διαπιστώνουμε την αυτούσια μεταφορά των προσεγγίσεων και των αναπαραστάσεων των σχολικών εγχειριδίων.

Ο σχεδιασμός των περιβαλλόντων μάθησης που βασίζονται στις νέες τεχνολογίες της πληροφορίας και της επικοινωνίας, απαιτεί αναλύσεις πολυδιάστατες μέσα από τις οποίες απορρέει ένα σύνολο αρχών. Ο σχεδιασμός με βάση συγκεκριμένες και καλά καθορισμένες αρχές αποτελεί σήμερα απαίτηση για την ανάπτυξη κάθε νέου περιβάλλοντος.

Επιχειρήσαμε να διακρίνουμε και να αναλύσουμε τις κεντρικές αρχές με βάση τις οποίες σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν χαρακτηριστικά τεχνολογικά μαθησιακά περιβάλλοντα της τελευταίας δεκαετίας, τα οποία προάγουν τη μάθηση των θετικών επιστημών μέσω διερεύνησης.

Μία από τις βασικές αρχές που επέδρασε αφορά στην αναζήτηση της κατάλληλης μορφής γραφημάτων, που ξεπερνά τους τρόπους δυναμικής παρουσίασης τους φτάνοντας στην επινόηση νέων μορφών (π.χ. ραβδογράμματα). Η αρχή που καλεί σε αναλογισμό πάνω στην πρώιμη χρήση των συμβόλων, οδηγεί είτε στην χρήση λεκτικών αναπαραστάσεων είτε στην υποστήριξη του

μαθητή κατά τη διαδικασία οικοδόμησης μιας έννοιας και χρήσης των αντίστοιχων αφηρημένων συμβόλων. Η αρχή της μετατροπής του αφηρημένου σε συγκεκριμένο μέσα από τη δυνατότητα χειρισμού της δυναμικής αναπαράστασης αφηρημένων οντοτήτων, απαιτεί αναλύσεις ελέγχου της επιστημολογικής πιστότητας. Κεντρική αρχή που έχει καθορίσει τη δημιουργία των διερευνητικών λογισμικών σε μαθηματικά και φυσική, είναι αυτή που οδηγεί στην επινόηση νέων συστημάτων αναπαραστάσεων με σύνδεση συγκεκριμένων αναφορών σε αφηρημένες οντότητες. Συνέπεια της χρήσης πολλαπλών και εναλλακτικών αναπαραστάσεων, είναι η αναγκαία βοήθεια στη δημιουργία συνδέσεων ανάμεσα στις αναπαραστάσεις, θέτοντας στο επίκεντρο τη δυνατότητα ελεύθερης δράσης και μετάβασης από τη μία στην άλλη. Τέλος, από τον χώρο της διδακτικής των επιστημών, η έρευνα πάνω στην επινόηση κατάλληλων γνωστικών εργαλείων με τα οποία ο μαθητής μπορεί να αναλάβει τη γνωστική του λειτουργία, βρίσκει ενδιαφέρουσες εφαρμογές.

Θέματα που βρίσκονται κατά την τελευταία δεκαετία στο επίκεντρο της γνωστικής ψυχολογίας, όπως αυτά για το ρόλο των μεταγνωστικών ικανοτήτων, έχουν επιδράσει στο σχεδιασμό οδηγώντας είτε στο να προστεθούν νέα χαρακτηριστικά ή συνιστώσες σε υπάρχοντα συστήματα είτε στην ανάπτυξη εξ ολοκλήρου νέων συστημάτων. Τέλος, η σημασία που αποδίδεται στην κοινωνική δόμηση της γνώσης έχει αρχίσει να επιδρά, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες για συνεργατική χρήση και αλληλεπίδραση με τα περιβάλλοντα αυτά τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και μέσω διαδικτύου.

Πέρα από τις κεντρικές αρχές στις οποίες αναφερθήκαμε, πιο ειδικές αρχές προσδιορίζουν τα τεχνολογικά περιβάλλοντα, και οι οποίες προέρχονται συνήθως από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του γνωστικού αντικειμένου ή/και από τις ιδιαιτερότητες των μαθητών και των συνθηκών χρήσης.

Σε όλες τις περιπτώσεις και ειδικά για τα νέα συστήματα αναπαραστάσεων και γνωστικών εργαλείων, απαιτούνται επισταμένες έρευνες και αναλύσεις για να διαπιστώσουμε την καταλληλότητά τους καθώς και τη συνεισφορά τους στη μάθηση (Olshon, 1998).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- BALACHEFF N. (1992). Exigéances épistémologiques des recherches en EIAO. *Génie Educatif*, No 4-5, pp. 4-14
- BLISS J., OGBORN J., BOOHAN R., BROSNAN, T., BROUGH D., MELLAR (1992). Tools for Exploratory Learning Program End of Award Review Report, London, University of London.
- BROWN J.-S. & BURTON R. (1987). Reactive Learning Environments for Teaching Troubleshooting. *Advances in Man-Machine Systems Research*, Vol.3, pp. 65-98.
- DiSESSA A. (1985). A principled Design for an Integrated Computational Environment, *Human Computer Interaction*, Volume 1, pp.1-47, LEA.
- DILLENBOURG P., JERMANN P., SCHNEIDER D., TRAUM D., BUIU C. (1997). The design of MOO agents: Implications from a study on a multi-modal collaborative problem solving In B. duBoulay and R. Mizoguchi (Eds), 8th International Conference of *Artificial Intelligence in Education*: IOS Press Ohmsha..
- DIMITRACOPOULOU A., KOMIS V., APOSTOLOPOULOS P. & POLITIS P. (1999). Design Principles of a New Modelling Environment Supporting Various Types of Reasoning and Interdisciplinary Approaches, in S.P. Lajoie and M. Vivet (Eds), Proceedings of 9th International Conference of *Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments- New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration*, IOS Press Ohmsha., pp. 109-120

- DIMITRACOPOULOU A., VOSNIADOY S., IOANNIDES C. (1977). Exploring and Modelling the real world through special designed technology-based environments for young children. In 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, August 26-30, 1997, Athens, Greece
- DiSESSA A. (1979). On Learnable Representations of Knowledge: a meaning for the computational metaphore. In J. Lochead & J. Clement (Eds.) *Cognitive Process Instruction: Research on Teaching Thinking Skills*, pp. 239-266, Philadelphia: The Franklin Institute Press
- DiSESSA A. (1993). Towards an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, 10/2-3, pp.105-225.
- EDWARDS L. (1995). Microworlds as Representations in A. DiSessa, C. Hoyles, R. Noss (Eds). *Computers and Exploratory Learning*. Nato ASI Series, Serie F. Computer and Systems Science, Vol. 146, pp. 121-154. Springer Verlag: Berlin.
- GIRARD J., PAQUETTE G., MIARA A., LUNDGREN K. (1999). Intelligent Assistance for Web-based TeleLearning, in S.P. Lajoie and M. Vivet (Eds), *Proceedings of 9th International Conference of Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments- New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration*, IOS Press Ohmsha., pp. 561-569
- GOLDIN G. (1991) The IGPM working group on representations, in F. Furinghetti (Ed) *Proceedings of the XV Conference of International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Assisi, Italy
- GREENO J. (1991) Number sense as situated knowledge in a conceptual domain, *Journal for Research in Mathematics Education*, 22/3, pp.170-218.
- HALLOUN I. & HESTENES D. (1985) Common sense concepts about motion. *Am. J. Phys.* Vol. 53, No 11, November 1985, pp. 1056-1065
- HEBENSTREIT J. (1987) Simulation et Pédagogie, une rencontre de troisième type. Gif Sur Yvette: Ecole Supérieure d' Electricité
- JANVIER C. (1987). (Ed.) *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- JERMANN P., DILLENBOURG P., BROUZE J.-C. (1999).Dialectics for collective activities: an approach to virtual campus design, in S.P. Lajoie and M. Vivet (Eds), *Proceedings of 9th International Conference of Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments- New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration*, IOS Press Ohmsha., pp. 561-569
- KAPUT J. (1987) Representation systems in Mathematics, in C. Janvier (Ed) *Problems of representation in the teaching and learning in Mathematics*, Hillsdale, N.J. LEA
- KAPUT J.J. (1989) Linking Representations in the symbol systems of algebra. In S. Wagner, C. Kieran (eds) *Research issues in the learning and teaching of algebra*, 167-194. Reston, VI: The National Council of Teachers of Mathematics.
- KOMIS V., DIMITRACOPOULOU A., POLITIS P. (1998). "Contribution à la création d'un environnement informatique de modélisation", 4^{ème} colloque Hypermédias et Apprentissages, Poitiers, 15-17 Octobre, 1998, pp. 167-169.
- KOMMERS P., JONASSEN D., MAYES T (Eds) (1992) *Cognitive Tools for Learning*, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Mindtools, held in Enschede, The Netherlands, July 4-10, 1990
- KYNIGOS C., KOUTLIS M., HADZILACOS T. (1997) "Mathematizing with Component Oriented Exploratory Software", to appear in *International Journal of Computers in Mathematical Learning*, Kluwer Academic.
- LABORDE C. & LABORDE J.-M. (1995). What about a Learning Environment where Euclidean Concepts are Manipulated with a mouse? In A. DiSessa, C. Hoyles, R. Noss (Eds). *Computers and Exploratory Learning*. Nato ASI Series, Serie F. Computer and Systems Science, Vol. 146, pp. 241-262. Springer Verlag: Berlin.
- LABORDE C. & VERGNAUD G. (1994). L'apprentissage et l'enseignement des mathématiques. In *Apprentissages et didactiques ou en est-on?*. (Coord.) G.Vergnaud, Serie Education: former organiser pour enseigner), Paris: Hachette Education
- OHLSSON S. (1998) Representation and Process in Learning Environments for Mathematics: A Commentary on three systems. *Interactive Learning Environments*, Vol. 5, pp. 205-215.

- ORHUM E. (1995) Design of Computer-based Cognitive Tools. In A. DiSessa, C. Hoyles, R. Noss (Eds). *Computers and Exploratory Learning*. Nato ASI Series, Serie F. Computer and Systems Science, Vol. 146, pp. 305-319. Springer Verlag: Berlin.
- PHEASY K., O'MALLEY C., DING S. (1997). A distributed, collaborative microworld to teach Newtonian mechanics. In 7th European Conference for Research on Learning and Instruction, August 26-30, 1997, Athens, Greece
- QUIGNARD M., BAKER M (1999). Favouring modellable computer-mediated argumetative dialogue in collaborative problem-solving situations In S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds) Proceedings of 9th International Conference of Artificial Intelligence in Education, *Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning Exploration and Collaboration*, IOS PressOhmsha., pp.129-136.
- REUSSER K. (1994) Tutoring mathematical text problems: from cognitive task analysis to didactic tools. In S. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Eds.), *Technology -Based Learning Environments : Psychological and Educational Foundations*, NATO ASI Series, Serie F: Computer and Systems Sciences, Vol. 137, pp.174-182. Berlin : Springer Verlag.
- SACONIDES H. (1994). Representation systems in mathematics and science: The era of computers. In S. Vosniadou, E. DeCorte, H. Mandl (Eds.) *TechnologyBased Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*, NATO ASI Serie F: Vol. 137, pp.174-182. Springer Verlag.
- SCARDAMALIA M., & BEREITER, C. (1996). Adaptation and understanding: A case for new cultures of schooling. In S. Vosniadou, E. DeCorte, R. Glaser, and H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology-supported learning environments* (pp 149-163). Mahwah, NJ: LEA
- SCHWARZ B. (1998) Why can intermediate abstractions help acquire robust representations? *Interactive Learning Environments*, Vol. 5, pp. 181-203
- SCHWARZ B. (in press) Understanding symbols with computerised models: An analysis of the construction of mathematical meaning In L.B. Resnick., C. Pontecorvo., & R. Saljo (Eds) *Discourse, tools, and reasoning: Situated cognition and technologically supported environments*. Springer Verlag.
- SOLOWAY E., GUZDIAL M., HAY K.E. (1994). Learner Centered Design: The challenge for HCI in the 21st Century, *Interactions*, Vol. 1. No 2, April, pp. 36-48.
- SUTHERS D. (1999). Representational Bias as Guidance for Learning Interactions: A Research Agenda, in S.P. Lajoie and M. Vivet (Eds), Proceedings of 9th International Conference of *Artificial Intelligence in Education: Open Learning Environments- New Computational Technologies to Support Learning, Exploration and Collaboration*, IOS Press Ohmsha., pp. 121-128
- TEODORO V. D. (1994). Learning with Computer-Based Exploratory Environments in Science and Mathematics. in S. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Eds.), *Technology -Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*, NATO ASI Series, Vol. 137, pp.179-186. Springer Verlag.
- TEODORO V.D. (1997). Modellus: Using a Computational Tool to Change the Teaching and Learning of Mathematics and Science, Paper presented at the UNESCO Colloquium "New Technologies and the Role of the Teacher" Open University, Milton Keynes, UK, 26-29 April 1997.
- Van LEHN K. (1996) Conceptual and MetaLearning During Coached Problem Solving. *Proceedings of ITS-96*.
- VOSNIADOU S. (1994). From cognitive theory to educational technology. In S. Vosniadou, E. De Corte, H. Mandl (Eds.), *Technology-Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*, NATO ASI Serie F : Computer and Systems Sciences, Vol. 137, pp.11-18. Springer Verlag.
- WHITE B. & FREDERIKSEN (1987). Causal model progressions as a foundation for Intelligent Learning Environments, *Report No 6686*, BBN Inc.
- WHITE B. (1993). ThinkerTools: Causal Models, Conceptual Change and Science Education, *COGNITION AND INSTRUCTION*, 10(1), pp.1-100.
- ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Α. (1994). ΑΡΡΙΑ: Ένα διδακτικά νοήμων σύστημα για την αρχική αναπαράσταση των προβλημάτων της μηχανικής. Πρακτικά 1^{ου} συνεδρίου «Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση», Ιωάννινα, 6-9 Οκτωβρίου 1993.
- ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ Α. (1998) Σχεδιάζοντας εκπαιδευτικά λογισμικά: Από τις εμπειρικές προσεγγίσεις στη διεπιστημονική θεώρηση. *ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ* No100, 114-123, No101, 95-103.