

Η υπολογιστική μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θετικών επιστημών

Κώμης Βασίλης, Ράπτης Αριστοτέλης

Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών,
komis@upatras.gr

Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών,
araptis@primedu.uoa.gr

Περίληψη: Η χρήση μοντέλων, η διαδικασία μοντελοποίησης καθώς και η κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα σε νοητικά, φυσικά και μαθηματικά μοντέλα παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διαδικασία οικοδόμησης και κατανόησης των επιστημονικών θεωριών. Στην εργασία αυτή μελετώνται οι έννοιες του μοντέλου και της διαδικασίας μοντελοποίησης και οι δυνατότητες που προσφέρουν στη διδασκαλία και τη μάθηση των θετικών επιστημών όταν υποστηρίζονται από σύγχρονα υπολογιστικά περιβάλλοντα μοντελοποίησης. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται για τα υπολογιστικά περιβάλλοντα που υποστηρίζουν το πέρασμα από τον ποιοτικό στον ποσοτικό συλλογισμό.

1. Η έννοια του μοντέλου και της μοντελοποίησης

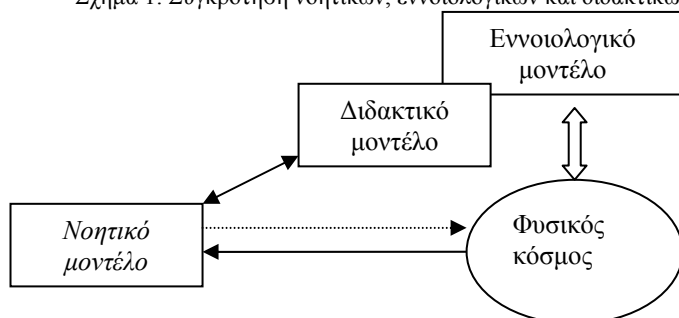
1.1 Φυσικά και συμβολικά μοντέλα

Οι άνθρωποι στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τον κόσμο, να ερμηνεύσουν τα διάφορα φαινόμενα, να κάνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά διαφόρων συστημάτων αλλά και για να ενεργήσουν πάνω σε αυτά, επιστρατεύουν τις συμβολικές, παραστατικές και δημιουργικές τους ικανότητες δημιουργώντας πραγματικά ή συμβολικά κατασκευάσματα που μιμούνται ή αναπαριστούν – σε μια ιδεατή μορφή – στοιχεία ή πτυχές της πραγματικότητας (Ράπτης & Ράπτη, 2002). Τα κατασκευάσματα αυτά ονομάζονται μοντέλα και μπορούν να έχουν – σε επίπεδο δομής - αναλογικές και τοπολογικές ομοιότητες (φυσικά μοντέλα δύο ή τριών διαστάσεων ή ομοιώματα) ή να συνιστούν συμβολικές κατασκευές που δεν σχετίζονται φαινομενολογικά με το προς αναπαράσταση σύστημα (Κουλαϊδής, 1994, Βοσνιάδου, 1998). Στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει το καθεστώς εγκυρότητάς τους αναφερόμαστε σε νοητικά μοντέλα και εννοιολογικά μοντέλα (Gentner & Stevens, 1983).

1.2 Νοητικά και εννοιολογικά μοντέλα

Όταν αλληλεπιδρούμε με τον κόσμο (τους άλλους ανθρώπους, το περιβάλλον, τα εργαλεία) δημιουργούμε νοητικά μοντέλα τα οποία στη συνέχεια μας παρέχουν ένα πλαίσιο με προβλεπτική και επεξηγηματική ισχύ για την κατανόηση αυτής της αλληλεπίδρασης. Τα νοητικά μοντέλα δημιουργούνται από τους ανθρώπους και απαιτούν ένα σύστημα – στόχο ή ένα φαινόμενο, ενώ συνήθως δεν ταυτίζονται με το εννοιολογικό μοντέλο αυτού του συστήματος (Norman, 1983). Το εννοιολογικό μοντέλο είναι μια ανακάλυψη των επιστημόνων, των μηχανικών ή των εκπαιδευτικών που προσφέρει μια κατάλληλη αναπαράσταση του συστήματος που αναπαριστά υπό την έννοια ότι είναι ορθό, συνεπές και πλήρες. Τα εννοιολογικά μοντέλα που κατασκευάζονται από τους επιστήμονες αποκαλούνται και επιστημονικά μοντέλα ενώ τα εννοιολογικά μοντέλα που κατασκευάζονται από τους εκπαιδευτικούς ή τους δημιουργούς αναλυτικών προγραμμάτων και εγχειριδίων ονομάζονται διδακτικά μοντέλα. Τα διδακτικά μοντέλα προκύπτουν συνήθως μέσω διαδικασιών διδακτικού μετασχηματισμού των επιστημονικών μοντέλων και θεωριών (σχήμα 1).

Σχήμα 1: Συγκρότηση νοητικών, εννοιολογικών και διδακτικών μοντέλων



Τα νοητικά μοντέλα έχουν μια σειρά από χαρακτηριστικά, η κατανόηση των οποίων είναι απαραίτητη για την αξιοποίησή τους σε μαθησιακές και επιστημονικές δραστηριότητες. Αφενός, είναι ατελή και ασταθή με δυσδιάκριτα όρια εφαρμογής. Αφετέρου, η επιστημονική εγκυρότητά τους είναι σε μεγάλο βαθμό αμφισβητήσιμη ενώ ο χώρος εφαρμογής τους είναι συνήθως περιορισμένος (Norman, 1983).

Η γνώση των νοητικών μοντέλων των μαθητών φαίνεται να είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την κατανόηση των γνωστικών τους δομών. Τα νοητικά μοντέλα στο πλαίσιο μιας δομητιστικής προσέγγισης θεωρούνται ατομικές κατασκευές, οι οποίες προκύπτουν μέσω της αλληλεπίδρασης με τους άλλους και την πραγματικότητα (Doise & Mugny, 1981) ενώ στο πλαίσιο μιας κοινωνικο-πολιτισμικής προσέγγισης ως συλλογικά

κατασκευάσματα, προϊόν της εσωτερικεύσης κοινωνικών διεργασιών και αλληλεπιδράσεων (Vygotsky, 1962). Τα εννοιολογικά μοντέλα είναι κοινωνικές κατασκευές που συνδέονται στενά με την ανάπτυξη της επιστήμης και της επιστημονικής σκέψης. Ως δημιουργίες επιστημονικών θεωριών, έχουν παραδειγματική ισχύ και εξελίσσονται ή διαψεύδονται μέσα στην ανθρώπινη ιστορία και τον πολιτισμό.

Ένα μοντέλο, ως μια αναπαράσταση ενός προβλήματος, μιας διαδικασίας, μιας ιδέας ή ενός συστήματος δεν είναι ποτέ ένα ακριβές αντίγραφο αλλά αναπαριστά κάποια ή κάποιες πτυχές της δομής, των ιδιοτήτων ή της συμπεριφοράς αυτού που είναι το μοντέλο. Παίρνει διάφορες μορφές όπως διαγράμματα, μαθηματικούς τύπους, φυσικές κατασκευές ή σύνολο από λογικές καταστάσεις. Ένα μοντέλο αποτελείται από μια συλλογή *οντοτήτων* που έχουν σαφώς προκαθορισμένες *ιδιότητες* και μπορούν να συσχετιστούν μεταξύ τους με καλώς προσδιορισμένους *κανόνες* ή *σχέσεις*. Σκοπός του μοντέλου είναι να προσομοιώσει με ακρίβεια τις ουσιαστικές πτυχές ενός συγκεκριμένου χώρου της πραγματικότητας.

Τα μοντέλα έχουν συνεπώς λειτουργίες *επεξηγηματικές* και *αναπαραστασιακές* καθώς και λειτουργίες *πρόβλεψης*. Για τον επιστήμονα, το έργο της μοντελοποίησης συνίσταται στο να βρει μια σειρά από παραμέτρους και καταστάσεις που επιτρέπουν να εξηγήσει τα φαινόμενα που μελετά. Επιπρόσθετα, ένα μοντέλο είναι ένα νέο αντικείμενο (συγκεκριμένο ή συμβολικό) που δημιουργείται κατά κανόνα για να αναπαραστήσει ένα αντικείμενο που δεν είναι άμεσα προσβάσιμο. Η μοντελοποίηση συνίσταται στην οικοδόμηση ερμηνειών που έχουν κατά κάποιο τρόπο αυτόνομη λειτουργία με στόχο την πρόβλεψη μιας εξελικτικής διαδικασίας και μεταβολής ενός συστήματος χωρίς να υπάρχει ανάγκη να παρατηρείται άμεσα η πραγματικότητα.

1.3 Επιστημολογικές προεκτάσεις της μοντελοποίησης

Η επιστημονική πρακτική εμπερικλείει την οικοδόμηση, την εγκυροποίηση και την εφαρμογή επιστημονικών μοντέλων ενώ η επιστημονική κατανόηση αναδύεται από τη δημιουργία και τη χρήση μοντέλων, δηλαδή από τη μοντελοποίηση (Hestenes, 1992). Τα μοντέλα είναι σημαντικά στην επιστημονική έρευνα αφού χρησιμεύουν για τη διατύπωση υποθέσεων που πρέπει να ελεγχθούν και για την περιγραφή επιστημονικών φαινομένων. Συνακόλουθα, η διδασκαλία των επιστημών πρέπει να σχεδιάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εμπλέκει τους μαθητές στο σχεδιασμό και στη χρήση μοντέλων. Το μοντέλο στις φυσικές επιστήμες είναι μια αναπαράσταση της δομής ενός φυσικού συστήματος και των ιδιοτήτων του.

Η μοντελοποίηση εκτός από κύριο συστατικό της ανθρώπινης δραστηριότητας συνιστά βασικό μεθοδολογικό εργαλείο στην επιστημονική έρευνα και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μαθησιακής δραστηριότητας. Η ανάπτυξη μοντέλων παρέχει τη δυνατότητα χειρισμού τους (και όχι χειρισμού των ίδιων των αντικειμένων), και επιτρέπει τη δυνατότητα υπολογισμών, την ανακάλυψη νέων σχέσεων, την οικοδόμηση νέων γνωστικών σχημάτων, την κατάκτηση νέων βεβαιοτήτων αλλά και την ανατροπή κάποιων άλλων (Bliss, 1994). Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες και περισσότερο εκπαιδευτικά συστήματα εντάσσουν δραστηριότητες μοντελοποίησης, και την ολοκληρωμένη προσέγγιση διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων που αυτές προσφέρουν, στην προβληματική τους.

Η επιστημονική δραστηριότητα συνίσταται σε μεγάλο βαθμό στη δημιουργία εννοιολογικών (χρησιμοποιώντας διάφορους φορμαλισμούς) μοντέλων των φαινομένων και των αντικειμένων τα οποία μελετά. Τα μοντέλα αυτά μπορεί να είναι αναλυτικά (όπως στη φυσική με τα μαθηματικά μοντέλα) ή να παρέχουν μια απλή και πρακτική αναπαράσταση (όπως στη βιολογία με τη χρήση εικόνων και μεταφορών από την καθημερινή ζωή).

2. Η μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση

Οι διαδικασίες μοντελοποίησης συντελούν ουσιαστικά στη βαθύτερη κατανόηση των προς μελέτη φαινομένων και για το λόγο αυτό θεωρούνται ως ουσιαστικές διδακτικές και μαθησιακές δραστηριότητες. Κάτω από ποιες προϋποθέσεις μπορούμε να αξιοποιήσουμε τα μοντέλα και τη διαδικασία μοντελοποίησης στη διδασκαλία και τη μάθηση και ειδικότερα στη μάθηση των θετικών επιστημών; Οι σύγχρονες διδακτικές θεωρήσεις υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να εμπλέκονται σε δραστηριότητες μοντελοποίησης αναγνωρίζοντας σε αυτές τα πλεονεκτήματα της διεπιστημονικής προσέγγισης και της χρήσης μεθόδων και πρακτικών που μοιάζουν με τις αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες (Weil-Barais, 1994; Gilbert & Boulter 2000). Υπό το πρίσμα αυτό, το ζητούμενο της μάθησης δεν περιορίζεται μόνο στην πρόσκτηση αυτού καθαυτού του μοντέλου (είτε πρόκειται για επιστημονικό είτε για διδακτικό μοντέλο) αλλά επεκτείνεται και στην ανάπτυξη όλων εκείνων των γνωστικών εργαλείων που επιτρέπουν τις πρακτικές της μοντελοποίησης (Ραβάνης, 1999). Η προσέγγιση που βοηθά τους μαθητές να εκφράζουν και να σκέφτονται με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις φαίνεται ότι ενισχύουν την κατανόησή τους και όχι την στείρα απομνημόνευση (Βοσνιάδου, 1998).

Είναι επίσης σημαντικό, η διδακτική μέθοδος που βασίζεται σε δραστηριότητες μοντελοποίησης να λαμβάνει υπόψη της τη συγκρότηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών και τις αναπαραστάσεις που βασίζονται στην πρότερη εμπειρία τους σχετικά με τα προς μελέτη φαινόμενα ή επιστημονικές έννοιες (σχήμα 1). Στο πλαίσιο αυτό, οι προτεινόμενες στους μαθητές διδακτικές δραστηριότητες πρέπει να αφορούν στην επίλυση προβλημάτων που να έχουν νόημα για τα παιδιά και να βασίζονται στις καθημερινές τους πολιτισμικές εμπειρίες.

Οι μελέτες σχετικά με τα νοητικά μοντέλα των μαθητών οδηγούν σε μια αντίληψη της μάθησης με όρους εννοιολογικής αλλαγής, της αντικατάστασης δηλαδή λανθασμένων γνώσεων με γνώσεις πιο συμβατές από την επιστημονική κοινότητα. Οι διαδικασίες που πρέπει να λάβουν χώρα ώστε να επιτευχθεί η εννοιολογική αλλαγή (με όρους ανασυγκρότησης των νοητικών μοντέλων των μαθητών ώστε να προσεγγίζουν τα εννοιολογικά

μοντέλα των επιστημόνων) πρέπει να πλαισιώνονται με κατάλληλα εργαλεία (όπως πραγματικά αντικείμενα, εκπαιδευτικό λογισμικό, κτλ.) και να ενισχύονται με την ανθρώπινη αλληλεπίδραση.

Η χρήση εργαλείων και η ανάπτυξη σύμμετρων (με άλλους μαθητές) ή ασύμμετρων (με τον εκπαιδευτικό) αλληλεπιδράσεων συνιστά το κατάλληλο πλαίσιο δημιουργίας γνωστικών και κοινωνικογνωστικών συγκρούσεων που είναι απαραίτητες στη διαδικασία ανασυγκρότησης των νοητικών μοντέλων.

Συνοψίζοντας τις προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία των θετικών επιστημών μπορούμε να αναφερθούμε στα ακόλουθα:

Έκφραση και διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών

Παροχή αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο επίλυσης προβλημάτων που έχουν νόημα για τους μαθητές

Ενίσχυση ενός πλαισίου μάθησης στη ζώνη της επικείμενης γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών

Ανάπτυξη διδακτικών καταστάσεων με στόχο την εννοιολογική αλλαγή

Προσφορά εργαλείων και ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης για τη δημιουργία γνωστικών και κοινωνικογνωστικών συγκρούσεων

Ενίσχυση των μεταγνωσιακών δεξιοτήτων.

3. Υπολογιστικά περιβάλλοντα μοντελοποίησης

Η ανάπτυξη υπολογιστικών περιβαλλόντων μάθησης, που να εντάσσονται στο πλαίσιο που αναπτύχθηκε προηγούμενα οφείλει να προσανατολίζεται στο χειρισμό εικονικών και συμβολικών παραστάσεων που αναπαριστούν αντικείμενα, έννοιες, ιδιότητες ή πράξεις πάνω στον πραγματικό κόσμο καθώς και στη δυνατότητα σύνδεσής τους επιτρέποντας την έκφραση της δομής και των αλληλεξαρτήσεών τους. Μια μεγάλη κατηγορία εκπαιδευτικού λογισμικού που εμπερικλείει στις λειτουργίες του τέτοιου τύπου δραστηριότητες, είναι το λογισμικό μοντελοποίησης (Teodoro, 1994; Mellar et al., 1994). Η ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων παρέχει τη δυνατότητα χειρισμού τους (και όχι χειρισμού των ίδιων των αντικειμένων), και επιτρέπει τη δυνατότητα έκφρασης (δραστηριότητες μοντελοποίησης, με δημιουργία νέων μοντέλων) και διερεύνησης (δραστηριότητες διερεύνησης έτοιμων μοντέλων μέσω της προσομοίωσής τους) συλλογισμών τους οποίους μπορούμε να κατατάξουμε σε τρεις άξονες: ποιοτικός (qualitative), ημιποσοτικός (semi-quantitative) και ποσοτικός (quantitative) (πίνακας 1).

Το ποσοτικά μοντέλα λειτουργούν πάνω σε μετρήσιμα μεγέθη και οι σχέσεις που δημιουργούνται ανάμεσα στα μεγέθη εκφράζονται από αλγεβρικούς τύπους. Τα ημιποσοτικά (semi-quantitative) μοντέλα, αν και στηρίζονται πάνω σε μετρήσιμα μεγέθη, δεν εκφράζουν την τιμή αλλά το είδος της επιρροής ενός μέρους του συστήματος σε κάποιο άλλο μέρος. Αφορούν συνεπώς μοντέλα που λειτουργούν με ποιοτικό ουσιαστικά τρόπο. Τα ποιοτικά (qualitative) μοντέλα αναπαριστούν τις γνώσεις που δεν είναι δυνατόν να εκφραστούν με μετρήσιμο τρόπο. Τέτοιου τύπου γνώσεις (συνήθως μια επιλογή από ένα πεπερασμένο πλήθος δυνατοτήτων) των οποίων τα όρια εγκυρότητας δεν είναι αυστηρά αποσαφηνισμένα και δεδομένα συνιστούν μεγάλο μέρος των σύγχρονων αναλυτικών προγραμμάτων.

Με βάση το προηγούμενο πλαίσιο μπορούμε να κατατάξουμε τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μοντελοποίησης σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

Περιβάλλοντα ποσοτικού και συμβολικού συλλογισμού και στο μαθηματικό φορμαλισμό που τον συνοδεύει

Περιβάλλοντα ποιοτικού συλλογισμού

Περιβάλλοντα ημιποσοτικού συλλογισμού (και το πέρασμα από ποιοτικές σε ποσοτικές νοητικές διεργασίες) και περιβάλλοντα που υποστηρίζουν ταυτόχρονη έκφραση ποιοτικού, ημιποσοτικού και ποσοτικού συλλογισμού.

Τύπος μοντελοποίησης	Έκφραση	Διερεύνηση
ποσοτικός	Συστήματα μαθηματικών μοντέλων, με βασικά εργαλεία τις μαθηματικές εξισώσεις και τα λογιστικά φύλλα	Διερεύνηση επιστημονικών προσομοιώσεων, εξισώσεων
ημιποσοτικός	Δημιουργία ποιοτικών μοντέλων των σχέσεων μεταξύ παραγόντων (ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές)	Ποιοτικές προσομοιώσεις σχέσεων ανάμεσα σε παράγοντες και μεταβλητές, με βάση την τάξη μεγέθους και τη σχέση ανάμεσα στις δυνατές τιμές
ποιοτικός	Έμπειρα συστήματα, σημασιολογικά δίκτυα, εννοιολογικοί χάρτες	Προσομοιώσεις λήψης απόφασης και συνεπειών, ροή λογικών σχέσεων

Πίνακας 1: Τύπος μοντελοποίησης και δυνατές χρήσεις

3.1 Τα περιβάλλοντα ποσοτικής / συμβολικής μοντελοποίησης

Τα περιβάλλοντα ποσοτικής – συμβολικής μοντελοποίησης είναι τα πιο διαδεδομένα και έχουν μεγαλύτερη χρήση στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μπορούμε να τα ταξινομήσουμε σε λογισμικά γενικής χρήσεως τα οποία εντάσσονται σε επιμέρους γνωστικά αντικείμενα ή χρησιμοποιούνται για διεπιστημονικές δραστηριότητες. Με την ευρεία έννοια, σε αυτή την κατηγορία λογισμικών μπορούμε να εντάξουμε πολλά λογισμικά γενικής χρήσεως (κυρίως για μαθηματικούς υπολογισμούς), διάφορα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση και τα λογισμικά για CAD / CAM (πίνακας 2).

Ποσοτική / Συμβολική Μοντελοποίηση: Γενικού τύπου λογισμικό		
<i>Λογισμικό γενικής χρήσεως</i>	<i>Προγραμματιστικά περιβάλλοντα</i>	<i>Λογισμικό για CAD/CAM</i>
Λογισμικό για μαθηματικά: Mathematica, MathLab, MathCAD, Maple	Μικρόκοσμοι με χρήση γλωσσών προγραμματισμού: Logo, Boxer, ToonTalk, Modelica	ModelBuilder, Power Sim, Eprobe, 20-Sim
Λογιστικά φύλλα (Excel, Lotus)	Microworlds, StageCast, NetLogo	Εργαλεία μηχανικών (π.χ. AutoCAD)
Ποσοτική / Συμβολική Μοντελοποίηση: εκπαιδευτικά λογισμικά		
<i>Για διαθεματική χρήση</i>	<i>Για φυσικές επιστήμες</i>	<i>Για μαθηματικά</i>
Modellus	Φυσική: Interactive Physics Explore It	SimCalc
Stella, Ithink, Vensim	Χημεία: ActivChemistry, ChemLab	Cabri Géomètre, Geometer's Sketchpad®, Cinderella
SimQuest, Theory Builder	Βιολογία: Explore It, ModelMaker	

Πίνακας 2: Κατηγορίες λογισμικού ποσοτικής μοντελοποίησης

3.2 Τα περιβάλλοντα ποιοτικής μοντελοποίησης

Τα λογισμικά αυτά μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε σε περιβάλλοντα για ανάπτυξη έμπειρων διδακτικών συστημάτων και σε περιβάλλοντα σημασιολογικών δικτύων και εννοιολογικής χαρτογράφησης (πίνακας 3).

Ποιοτική Μοντελοποίηση		
<i>Εργαλεία ανάπτυξης εφαρμογών</i>	<i>Έμπειρα διδακτικά συστήματα</i>	<i>Εννοιολογική χαρτογράφηση & Σημασιολογικά Δίκτυα</i>
Γλώσσες προγραμματισμού: Prolog, Lisp	Εφαρμογές: Energy Expert, WorldMaker, Aplusix, Explore Your Options	Inspiration, KidSpiration, MOT, MindMan, SmartDraw, CMap
Κελύφη ανάπτυξης συστημάτων: Expert System Builder, ACQUIRE®		SemNet, AXON Idea, Decision Explorer, MindMapper, Activity Map, Class, Belvedere, PiVit
		Representation Tool, SmartIdeas, VisiMap

Πίνακας 3: Κατηγορίες λογισμικού ποιοτικής μοντελοποίησης

3.3 Περιβάλλοντα ημιποσοτικής μοντελοποίησης (Τα λογισμικά «Δημιουργός Μοντέλων» και ModellingSpace)

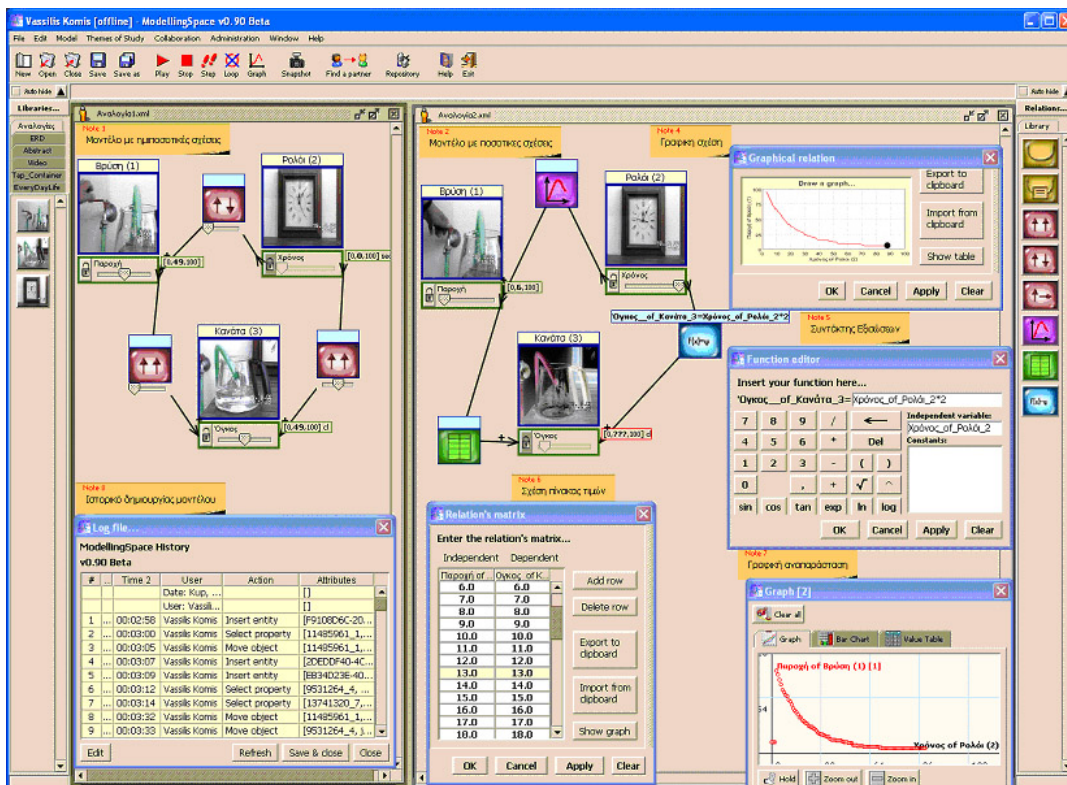
Μια ενδιαφέρουσα – παρότι χρησιμοποιείται ελάχιστα - κατηγορία συστημάτων μοντελοποίησης αφορά τα περιβάλλοντα ημιποσοτικής μοντελοποίησης και τη δυνατότητα παράλληλης ή ταυτόχρονης χρήσης διαδικασιών ποιοτικής, ημιποσοτικής και ποσοτικής μοντελοποίησης (πίνακας 4).

Ημιποσοτική Μοντελοποίηση		
<i>Ημιποσοτικός συλλογισμός</i>	<i>Ποσοτικός, ποιοτικός και ημιποσοτικός συλλογισμός</i>	
IQON, LinkIt, Model-It, Stella, IThink	Δημιουργός Μοντέλων	ModellingSpace

Πίνακας 4: Κατηγορίες λογισμικού ημιποσοτικής μοντελοποίησης

Τα λογισμικά «Δημιουργός Μοντέλων» και ModellingSpace συνιστούν ανοικτά υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης που επιτρέπουν στους μαθητές την επινόηση και το σχεδιασμό μοντέλων, τη διερεύνηση της συμπεριφοράς τους, τη βελτίωσή τους και ενδεχομένως τον έλεγχο των ορίων της εγκυρότητάς τους. Πρόκειται για περιβάλλοντα μοντελοποίησης, με έμφαση στον ποιοτικό και στον ημιποσοτικό τύπο συλλογισμού, καθώς και στους εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης και οπτικοποίησης μοντέλων. Με τον όρο «ημιποσοτικός συλλογισμός» εννοείται η δυνατότητα του χρήστη να εκφράζει ποσοτικές σχέσεις με ποιοτικό τρόπο, χωρίς δηλαδή να χρησιμοποιεί μαθηματικούς φορμαλισμούς (Dimitracoulou et al., 1999, Komis et al., 2001). Για να δημιουργήσει ο μαθητής ένα μοντέλο με το Δημιουργό Μοντέλων ή το ModellingSpace είναι απαραίτητο να καθορίσει με τη χρήση των εργαλείων του συστήματος:

- τις *οντότητες* του μοντέλου,
- τις *ιδιότητες* της κάθε οντότητας,
- τις *σχέσεις* ανάμεσα στις οντότητες αυτές.



Εικόνα 1: Ένα μοντέλο εκφρασμένο με ημιποσοτικό και ποσοτικό τρόπο στο λογισμικό ModellingSpace

Στην εικόνα 1 φαίνεται ένα απλό μοντέλο (αριστερά, στο παράθυρο με τίτλο Αναλογία1, το μοντέλο έχει εκφραστεί με ημιποσοτικό τρόπο ενώ δεξιά, στο παράθυρο με τίτλο Αναλογία2, με ποσοτικό τρόπο) όπου ο μαθητής μπορεί να πειραματιστεί με τις σχέσεις αναλογίας και αντίστροφης αναλογίας ανάμεσα στις έννοιες *χρόνος*, *όγκος* και *παροχή*. Το αντίστοιχο πρόβλημα βρίσκεται στα βιβλία μαθηματικών του Δημοτικού και του Γυμνασίου και μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

«α. Ποια σχέση συνδέει το χρόνο με τον όγκο του νερού που μπαίνει σε ένα βαρέλι όταν η παροχή της βρύσης είναι σταθερή;

β. Ποια σχέση συνδέει τον όγκο νερού με την παροχή σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα;

γ. Ποια σχέση συνδέει τον χρόνο με την παροχή όταν ο όγκος του νερού είναι συγκεκριμένος;».

Το εκπαιδευτικό λογισμικό στην περίπτωση αυτή επιτρέπει στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν συγκεκριμένα αντικείμενα (ρολόι, βρύση, κανάτα, τα οποία έχουν βιντεοσκοπηθεί κατά τη διάρκεια μιας πραγματικής κατάστασης και έχουν εισαχθεί ως οντότητες στο λογισμικό) που εμπεριέχουν ως ιδιότητες τις υπό μελέτη αφηρημένες έννοιες (χρόνος, παροχή, όγκος) συγκεκριμενοποιώντας τις κατ' αυτόν τον τρόπο και προσφέροντας ποιοτικά εργαλεία χειρισμού τους: ο μαθητής χρησιμοποιεί κατάλληλα χειριστήρια ώστε να μεταβάλλει τις τιμές των ιδιοτήτων ενώ μπορεί να τις συνδέσει με σχέσεις που του προσφέρει το σύστημα, όπως «αυξάνει – αυξάνει», «αυξάνει – ελαττώνεται», κλπ.

Ο μαθητής κατασκευάζει το μοντέλο του μεταφέροντας στο χώρο εργασίας τα αντικείμενα «ρολόι», «βρύση» και «κανάτα», επιλέγοντας τις αντίστοιχες ιδιότητες και συνδέοντας με σχέση αναλογίας («αυξάνει – αυξάνει») το «χρόνο» του ρολογιού με τον «όγκο νερού» (το μοντέλο της ερώτησης α) που μπαίνει στο βαρέλι ενώ αποδίδει ως σταθερά τιμή την τιμή της μεταβλητής «παροχή». Στο πλαίσιο αυτό δημιουργεί ένα μοντέλο της προς μελέτη κατάστασης πολύ πιο κοντά στις βιωματικές του γνώσεις και τις πρότερες εμπειρίες (εικόνα 1, το μοντέλο Αναλογία1).

Από τα χειριστήρια μπορεί στη συνέχεια να μελετήσει το μοντέλο του ώστε να παρατηρήσει τη συμπεριφορά του καθώς επίσης και να δει μια σειρά από εναλλακτικές ταυτόχρονες αναπαραστάσεις όπως το ραβδόγραμμα, ο πίνακας τιμών και η γραφική παράσταση. Τέλος, ο χρήστης είναι σε θέση να μελετήσει το ιστορικό κατασκευής του μοντέλου του.

Ο χρήστης μπορεί επίσης να εκφράσει το μοντέλο του με ποσοτικό τρόπο (εικόνα 1, το μοντέλο Αναλογία2) χρησιμοποιώντας είτε το *συντάκτη μαθηματικών εκφράσεων* $\Phi(\chi)=\psi$, είτε τη *σχέση πίνακας* που επιτρέπει να συνδέονται δύο μεταβλητές με έναν πίνακα τιμών, είτε τη *σχέση γράφημα* που επιτρέπει να σχεδιάζεται στο καρτεσιανό επίπεδο η γραφική συσχέτιση δύο μεταβλητών. Μπορεί συνεπώς να συγκρίνει δύο μοντέλα εκφρασμένα με διαφορετικές σχέσεις, να μελετήσει τη συμπεριφορά τους και να συνάγει τα απαραίτητα συμπεράσματα.

Συζήτηση – συμπεράσματα

Οι έρευνες στη διδακτική των επιστημών και στη γνωστική ψυχολογία έχουν δείξει ότι οι δραστηριότητες μοντελοποίησης συνιστούν μια διαδικασία μάθησης για το μαθητή που τις εφαρμόζει. Μέσω της διατύπωσης

της κατάστασης-πρόβλημα, του αρχικού σχεδιασμού του μοντέλου, της αντιπαραβολής με άλλα μοντέλα (αυτά των συμμαθητών του) της ίδιας κατάστασης, της διερεύνησής τους, του ελέγχου και της τροποποίησής τους, μπορεί να επέλθει η σταδιακή οικοδόμηση μοντέλων που προσεγγίζουν τα επιστημονικά, επιτρέποντας έτσι την αναδόμηση των αναπαραστάσεων, την οικοδόμηση των εννοιών, την κατανόηση των θεωριών. Όπως περιγράψαμε όμως στις προηγούμενες ενότητες, τα περισσότερα περιβάλλοντα μάθησης που εντάσσουν στην προβληματική τους διαδικασίες μοντελοποίησης, δίνουν έμφαση στον ποσοτικό συλλογισμό και στο μαθηματικό φορμαλισμό που τον συνοδεύει, γεγονός που τα καθιστά σε μεγάλο βαθμό αναποτελεσματικά όταν χρησιμοποιούνται από μαθητές της γενικής παιδείας. Αντίθετα, στα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα Μοντελοποίησης «Δημιουργός Μοντέλων» και ModellingSpace δίνεται έμφαση στις διαδικασίες ποιοτικής και ημιποσοτικής μοντελοποίησης. Στο πλαίσιο αυτό

δεν γίνεται χρήση τυπικών μαθηματικών όπως συμβαίνει με τα κλασσικά συστήματα μοντελοποίησης αλλά ευνοείται ο ποιοτικός και ο ημιποσοτικός συλλογισμός,

είναι εφικτή η μοντελοποίηση με βάση την ανάλυση των προβλημάτων και των καταστάσεων σε οντότητες ή αντικείμενα, σε ιδιότητες τους καθώς και σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων,

επιτρέπεται η έκφραση μέσω οπτικοποίησης τόσο των οντοτήτων, και των ιδιοτήτων τους όσο και των σχέσεων ή των κανόνων που τις διέπουν ή επιδρούν πάνω σε αυτές,

υποστηρίζονται ποικίλες και κατάλληλες συμβολικές και γραφικές αναπαραστάσεις, που συνιστούν γνωστικά εργαλεία και μαθησιακά βοηθήματα,

επιτρέπεται στο μαθητή η ανάπτυξη μεταγνωστικών ικανοτήτων, σημαντικών για την οικοδόμηση των γνώσεων,

υποστηρίζονται συνεργατικές δραστηριότητες μεταξύ ομάδων μαθητών αλλά και διδασκόντων τόσο σε επίπεδο τοπικού δικτύου, όσο και σε επίπεδο διαδικτύου.

Κάτω από το πρίσμα αυτό, η μοντελοποίηση μπορεί να ευνοήσει ουσιαστικά τη μαθησιακή δραστηριότητα τόσο στη διερευνητική όσο και στην εκφραστική της διάσταση. Παράλληλα, δεδομένης της αναγνωρισμένης σημασίας των μοντέλων και της διαδικασίας μοντελοποίησης στη διδακτική των επιστημών φαίνεται όλο και περισσότερο η ανάγκη για τη διατύπωση μιας θεωρίας διδασκαλίας και μάθησης που να βασίζεται στα μοντέλα (model-based) (Mellar et al., 1994, Gilbert & Boulter, 2000).

Βιβλιογραφία

- Bliss J., (1994). From Mental Models to Modelling. In H. Mellar, J. Bliss, R. Boohan, J. Ogborn, C. Tompsett (Eds). *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. pp. 27-32, London: The Falmer Press.
- Βοσνιάδου Σ., (1998). *Γνωστική Ψυχολογία*. Αθήνα: Gutenberg.
- Dimitracopoulou A., Komis V., Politis P., Apostolopoulos 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*, Le Mans, France, IOS Press Ohmsha, pp. 109-120.
- Doise W., Mugny G., (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris, Interéditions.
- Gentner, D., & Stevens, A.L., Eds. (1983). *Mental Models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gilbert J., & Boulter C., (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hestenes D., (1992). Modeling games in the Newtonian World. *American Journal of Physics*, 60, pp. 732-748.
- Komis, V., Dimitracopoulou, A., Politis, P., Avouris, N., (2001). Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves, *Sciences et techniques éducatives*, Hermes, Vol. 8, No 1-2, Avril 2001, pp. 75-86.
- Κουλαϊδής Β. (επιμ.), (1994). *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου*. Αθήνα: Gutenberg.
- Mellar H., Bliss J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, (Eds), (1994). *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*, London: The Falmer Press.
- Norman D., (1983). Some Observations on Mental models. In Gentner, D., & Stevens, A.L., Eds. *Mental Models*. pp. 7-14. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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, Serie F: Computer and Systems Sciences, Vol. 137, pp.179-186. Berlin: Springer Verlag.
- Ραβάνης Κ., (1999). *Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και Γνωστική Προσέγγιση*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Ράπτης Α. & Ράπτη Α, (2002). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Ολική Προσέγγιση*. Αθήνα.
- Vygotsky L., (1962). *Thought and Language*, MIT PRESS.
- Weil-Barais A., (1994). Les Apprentissages en Sciences Physiques, In G. Vergnaud (Ed) *Apprentissages et Didactiques, ou en est-on?* Serie: Former, Organiser pour Enseigner, Paris : HACHETTE Education.