

## Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον

Β. Κόμης<sup>1</sup>, Μ. Κότσαρη<sup>1</sup>, Κ. Λαβίδας<sup>1</sup>, Χ. Φείδας<sup>2</sup>, Ν. Αβούρης<sup>2</sup>, Α. Δημητρακοπούλου<sup>3</sup>, Π. Πολίτης<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο, 26500, Πάτρα

<sup>2</sup>Τμήμα Ηλ. Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο, 26500, Πάτρα

<sup>3</sup>Τμήμα Επιστημών Προσχολικής Αγωγής και Εκπαίδευσης, Εργαστήριο Μαθησιακής Τεχνολογίας και Διδακτικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λεωφόρος Δημοκρατίας 1, Ρόδος,

<sup>4</sup>Τμήμα Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Δημητρίου 80, 18534, Πειραιάς  
[komis@upatras.gr](mailto:komis@upatras.gr), [kotsari@upatras.gr](mailto:kotsari@upatras.gr), [labidas@upatras.gr](mailto:labidas@upatras.gr), [fidas@clab.ee.upatras.gr](mailto:fidas@clab.ee.upatras.gr),  
[N.Aavouris@ee.upatras.gr](mailto:N.Aavouris@ee.upatras.gr), [adimitr@rhodes.aegean.gr](mailto:adimitr@rhodes.aegean.gr), [ppol@unipi.gr](mailto:ppol@unipi.gr)

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή μελετάται η χρήση εργαλείων αναπαράστασης και η ανθρώπινη διαμεσολάβηση στο πλαίσιο μιας συνεργατικής επίλυσης προβλήματος αναλογιών με τη χρήση ενός υπολογιστικού περιβάλλοντος μοντελοποίησης. Ως μονάδα ανάλυσης θεωρείται η δραστηριότητα μοντελοποίησης και ως δομικά στοιχεία τα άτομα που συμμετέχουν σε αυτή τη δραστηριότητα (μαθητές, διευκολυντής), τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία (υπολογιστής, εκπαιδευτικό λογισμικό - εργαλεία εκτέλεσης και αναπαράστασης) και οι κανόνες που διέπουν τη δραστηριότητα (διδακτικό συμβόλαιο, κανόνες χρήσης των προσφερόμενων από το σύστημα εργαλείων, κλπ.). Έμφαση δίνεται στη μελέτη της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα άτομα που εμπλέκονται στη διαδικασία επίλυσης καθώς και στο πώς η αλληλεπίδραση αυτή επηρεάζεται από τη χρήση των προσφερόμενων από το σύστημα εργαλείων κατά τη διαδικασία της μοντελοποίησης.

### Εισαγωγή

Τελευταία, γίνεται όλο και πιο ισχυρή η πεποίθηση ότι η προσέγγιση των μαθητών στη γνώση, και ειδικά την επιστημονική, οικοδομείται σε ένα πλαίσιο κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Γίνεται συνεπώς, όλο και περισσότερο αποδεκτό ότι δεν μπορούμε να αγνοήσουμε την *κοινωνική φύση της μάθησης*, όταν μελετούμε δραστηριότητες υποκειμένων που συνεργάζονται για την υλοποίηση ενός έργου ή την επίλυση ενός προβλήματος [Vygotsky, 1978, Dillenbourg, 1999]. Επιπρόσθετα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν μπορούν να κατανοηθούν χωρίς την επαρκή ανάλυση του ρόλου των εργαλείων (artifacts) και του τρόπου που ενσωματώνονται στις κοινωνικές πρακτικές [Nardi, 1996]. Για την κατανόηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σημαντικό ρόλο παίζει και η χρήση συμβολικών συστημάτων, όπως οι εξωτερικές αναπαραστάσεις (ειδική κατηγορία οπτικοποίησης που αποκτά πλήρεις διαστάσεις στα σύγχρονα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης), οι οποίες συνιστούν ένα γνωστικό εργαλείο που διευκολύνει τη μνήμη, τη σκέψη, το συλλογισμό και την επιχειρηματολογία. Η χρήση των αναπαραστάσεων καθίσταται συμπληρωματική του γραπτού και του προφορικού λόγου και φαίνεται απαραίτητη κατά την κοινωνική αλληλεπίδραση [Ainsworth, 1999]. Είναι όμως η χρήση των (συνήθως πολλαπλών) εξωτερικών αναπαραστάσεων από μόνη της

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

ικανή για την ανάπτυξη και την υποστήριξη συλλογισμών και την οικοδόμηση νέων γνώσεων; Η αλληλεπίδραση των υποκειμένων που μαθαίνουν σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον με τα εργαλεία του περιβάλλοντος οδηγεί πάντα σε εννοιολογική αλλαγή ή χρειάζεται και η ανθρώπινη διαμεσολάβηση και πλαισίωση; Για την απάντηση αυτών των ερωτημάτων μελετάται η χρήση εργαλείων αναπαράστασης και η ανθρώπινη διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος αναλογιών, με τη χρήση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης.

## **Περιγραφή του πλαισίου έρευνας**

### ***Περιγραφή του λογισμικού και της πειραματικής διαδικασίας***

Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ\_MONTEΛΩΝ, ένα ανοικτό περιβάλλον μάθησης που επιτρέπει στους μαθητές την επινόηση και το σχεδιασμό μοντέλων, τη διερεύνηση της συμπεριφοράς τους και τη βελτίωσή τους. Πρόκειται για ένα αντικειμενοστραφές περιβάλλον μοντελοποίησης, με έμφαση στον ποιοτικό και στον ημιποσοτικό<sup>i</sup> συλλογισμό [Mellar *et al.*, 1994], καθώς και στους εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης, χειρισμού και οπτικοποίησης μοντέλων μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων [Komis *et al.*, 1998, Dimitrakopoulou *et al.*, 1999]. Ο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ\_MONTEΛΩΝ προτείνει ένα περιβάλλον εργασίας εμπλουτισμένο με αντικείμενα που παίζουν ένα ενδιάμεσο (transitional) ρόλο βοηθώντας στο νοητικό χειρισμό, εκ μέρους των μαθητών, αφηρημένων αντικειμένων ή εννοιών. Λειτουργεί ως πέρασμα από τη διαισθητική στη φορμαλιστική μάθηση.

Στην πειραματική διαδικασία έλαβαν μέρος τρία ζευγάρια μαθητών της Β' τάξης Γυμνασίου και ένας ερευνητής, που έπαιζε ρόλο διευκολυντή παρέχοντας οδηγίες και βοήθεια για τη χρήση του λογισμικού και θέτοντας ερωτήματα τα οποία καθοδηγούσαν την εξέλιξη της δραστηριότητας ή προκαλούσαν γνωστικές συγκρούσεις, αναγκαίες για την επίτευξη του αντικειμένου της δραστηριότητας. Ο καταμερισμός εργασίας, (οι μαθητές οφείλουν από κοινού να δημιουργήσουν το μοντέλο, ο διευκολυντής παρέχει επεξηγήσεις αλλά δε δίνει λύσεις), καθορίστηκε πριν την έναρξη της δραστηριότητας. Στις ομάδες των μαθητών δόθηκε ένα ανοικτό πρόβλημα<sup>ii</sup> το οποίο και όφειλαν να επιλύσουν με τη βοήθεια του λογισμικού σε ένα συνεργατικό και όχι ανταγωνιστικό πλαίσιο. Η όλη διαδικασία, η οποία καταγράφηκε με ειδικό εξοπλισμό, διήρκεσε κατά μέσο όρο 70 λεπτά, εκ των οποίων τα 20 λεπτά αφορούσαν στην εκμάθηση χρήσης του λογισμικού. Το βίντεο<sup>iii</sup> της δραστηριότητας συγχρονίστηκε με τις ενέργειες των συμμετεχόντων στη διεπιφάνεια χρήσης του λογισμικού και το τελικό βίντεο (που περιέχει διάλογους και ενέργειες) απομαγνητοφωνήθηκε και κωδικοποιήθηκε σε λογιστικό φύλλο (βλέπε Πίνακα 1 και Πίνακα 2).

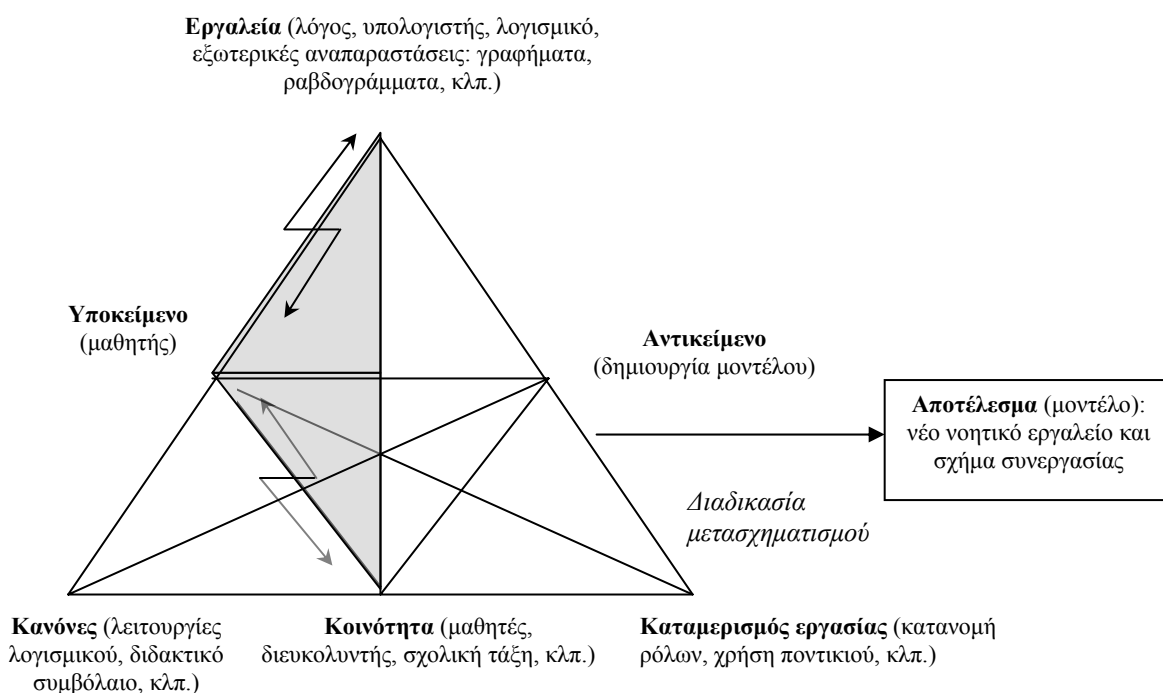
Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

### Μεθοδολογία ανάλυσης αποτελεσμάτων

Η πειραματική διαδικασία και τα αποτελέσματά της μελετήθηκαν κάτω από το πρίσμα της *Θεωρίας της Δραστηριότητας* [Nardi, 1996] που προτείνει ένα πλαίσιο ανάλυσης για την κατανόηση της συνεργατικής και διαμεσολαβημένης από εργαλεία ανθρώπινης προσπάθειας [Lewis, 1997], το οποίο βασίζεται στις παραδόσεις της ιστορικοπολιτισμικής ψυχολογίας των Vygotsky, Luria και Leont'ev [Engeström et al., 1999]. Το πλαίσιο αυτό αναγνωρίζει αφενός το θεμελιώδη ρόλο της *κοινωνικής αλληλεπίδρασης* και της *συνομιλίας* στη μαθησιακή δραστηριότητα και αφετέρου τη σημασία που έχει η χρήση διάφορων *πολιτισμικών εργαλείων* (όπως τα συστήματα αναπαράστασης) στην επίτευξη του στόχου μιας δραστηριότητας.

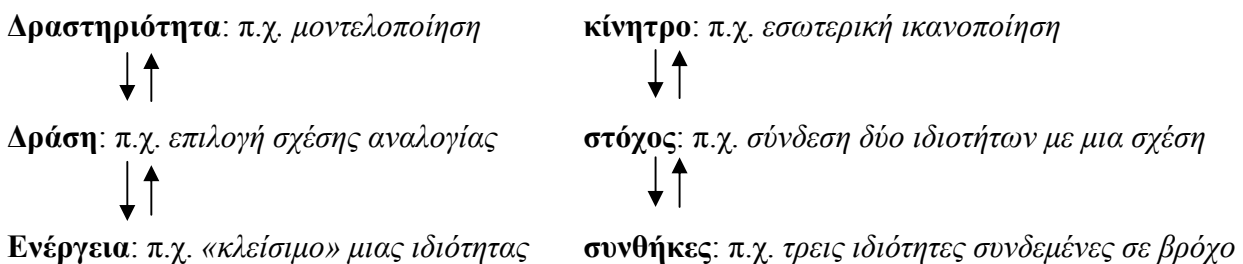
Τα συστατικά μέρη κάθε δραστηριότητας οργανώνονται σε συστήματα, διαμορφώνοντας ένα μοντέλο που περιλαμβάνει το υποκείμενο, το αντικείμενο, το στόχο, τα εργαλεία, τις δράσεις και τις λειτουργίες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα, τους κανόνες, την κοινωνία και τον καταμερισμό της εργασίας (σχήμα 1). Σε αντίθεση με την παραδοσιακή γνωστική ψυχολογία, η οποία ασχολείται κυρίως με τις νοητικές αναπαραστάσεις, η θεωρία της δραστηριότητας επισημαίνει τη σημασία του ρόλου των κοινωνικά σημασιοδοτημένων εργαλείων και συμβόλων, καθώς η χρήση τους διαμορφώνει ανάλογα τον τρόπο σκέψης και δράσης των υποκειμένων.

Με τη βοήθεια ενός τέτοιου πλαισίου ανάλυσης, είναι δυνατόν να μελετηθούν ανωτέρου και κατωτέρου επιπέδου στόχοι, αλλά και στοιχειώδεις ενέργειες οι οποίες δεν έχουν νόημα εάν δεν ειδωθούν στο πλαίσιο της εν εξελίξει δραστηριότητας. Στην παρούσα εργασία έμφαση θα δοθεί στις σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στο υποκείμενο και τα εργαλεία καθώς και ανάμεσα στο υποκείμενο και την κοινότητα μάθησης (σχήμα 1).



### Σχήμα 1: Το πλαίσιο ανάλυσης της Θεωρίας Δραστηριότητας

Πρέπει να τονισθεί ότι οι δραστηριότητες είναι μακροπρόθεσμοι σχηματισμοί των οποίων τα αντικείμενα μετασχηματίζονται σε αποτελέσματα διαμέσου μιας διαδικασίας, η οποία τυπικά συνίσταται σε σημαντικά βήματα και φάσεις [Jonassen & Roher-Murphy 1999] που έχουν την ακόλουθη ιεραρχική δομή: *δραστηριότητες (activities)*, *δράσεις (actions)*, *ενέργειες (operations)*. Οι *δραστηριότητες* πραγματοποιούνται ως ατομικές και συνεργατικές *δράσεις* και σειρές ή δίκτυα από *δράσεις* που σχετίζονται μεταξύ τους μέσω του ίδιου σφαιρικού αντικειμένου και κινήτρου (motive). Συμμετοχή σε μια δραστηριότητα τέτοιου τύπου σημαίνει πραγματοποίηση συνειδητών δράσεων οι οποίες έχουν (και κατευθύνονται από) ένα άμεσο και ορισμένο στόχο (goal). Οι επιμέρους δράσεις δεν μπορούν να κατανοηθούν παρά μέσα στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δραστηριότητας όπου και εκδηλώθηκαν, ενώ υλοποιούνται μέσω συγκεκριμένων *ενεργειών* οι οποίες καθορίζονται από τις τρέχουσες συνθήκες (conditions) της δραστηριότητας. Κάθε δράση, πριν εκπληρωθεί στον πραγματικό κόσμο, σχεδιάζεται με τυπικό τρόπο στη συνείδηση με τη χρήση μιας νοητικής αναπαράστασης [Vygotsky, 1978, Engeström et al., 1999]. Για παράδειγμα, η προς μελέτη πειραματική διαδικασία μπορεί να αναπαρασταθεί με το σχήμα 2 [Leontie'v, 1978]:



Σχήμα 2: Διαγραμματική αναπαράσταση ιεραρχικής δομής πειραματικής διαδικασίας

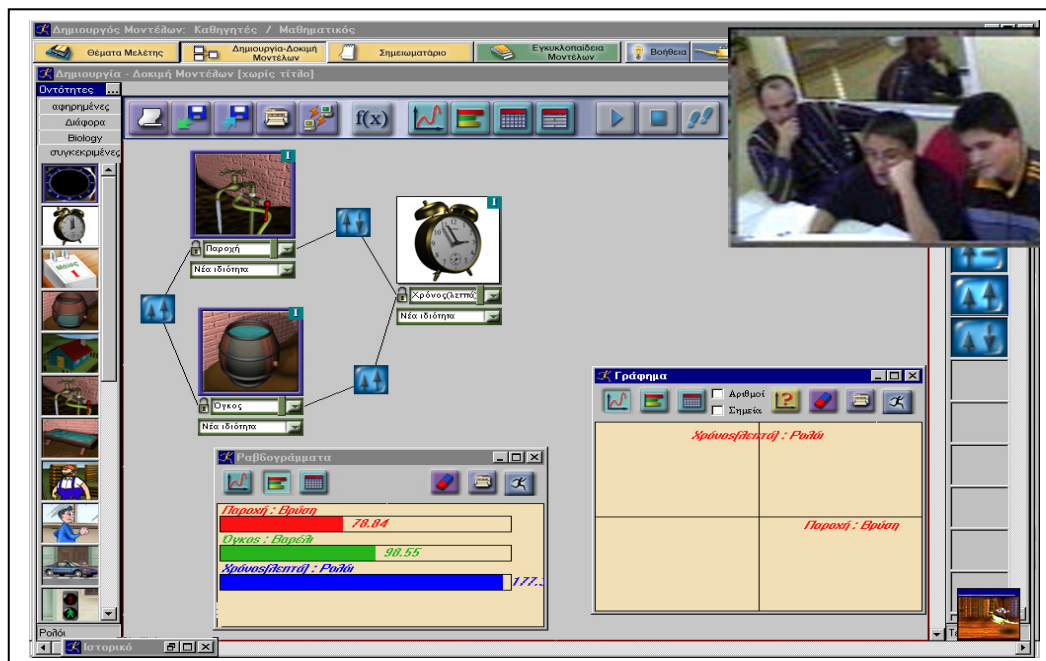
### Ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων

Με βάση το προηγούμενο πλαίσιο θα μελετηθεί η τριάδα που σχηματίζεται από τα υποκείμενα (μαθητές Α και Β, διευκολυντής Δ), την κοινότητα μάθησης (που σχηματίζεται από τα τρία υποκείμενα) και τα εργαλεία (η φυσική γλώσσα, ο υπολογιστής, το λογισμικό, τα εργαλεία αναπαράστασης) που εμπλέκονται στη δραστηριότητα. Θα διερευνηθούν, συνεπώς, οι χρήσεις των εργαλείων (το σύστημα σημείων που παρέχεται από τις εξωτερικές αναπαραστάσεις του λογισμικού) και ο ρόλος της ανθρώπινης διαμεσολάβησης. Η ανάλυση θα κινηθεί σε δύο άξονες:

- Πώς χρησιμοποιούνται – και εάν επαρκούν – τα βασικά εργαλεία του λογισμικού για την υποστήριξη και τον έλεγχο ορθότητας ενός συλλογισμού κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης; Ως βασικά εργαλεία θεωρούνται εδώ οι πολλαπλές αναπαραστάσεις του λογισμικού (προσομοίωση-εκτέλεση του μοντέλου, ραβδόγραμμα, πίνακας τιμών, γραφική παράσταση).

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

- Ποια είναι η φύση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα υποκείμενα κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος και με ποιους τρόπους λαμβάνει χώρα; Ποιοι μηχανισμοί και ποια εργαλεία την υποστηρίζουν; Συντελεί η αλληλεπίδραση στην επίτευξη του αντικειμένου της δραστηριότητας; Πως η ανθρώπινη (ατομική και κοινωνική) διαμεσολάβηση, που στηρίζεται κυρίως στη γλώσσα, υποστηρίζει αυτή την επίτευξη;



Εικόνα 1: Η διεπιφάνεια του λογισμικού και τα υποκείμενα της δραστηριότητας

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά επεισόδια με διάλογους και δράσεις των συμμετεχόντων κατά τη δραστηριότητα και αναλύεται ο τρόπος χρήσης των εργαλείων, καθώς και η ανθρώπινη διαμεσολάβηση (μαθητή και διευκολυντή).

### ***Η χρήση των εργαλείων για την υποστήριξη ενός συλλογισμού***

Στην ενότητα αυτή μελετάται η χρήση των εργαλείων χειρισμού και αναπαράστασης του ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥ\_ΜΟΝΤΕΛΩΝ και ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται κατά την επίλυση του προβλήματος.

*Επεισόδιο<sup>iv</sup> 1<sup>ο</sup>*

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φειδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

Στη διεπιφάνεια χρήσης του λογισμικού έχουν τοποθετηθεί τα τρία αντικείμενα του μοντέλου (βρύση, βαρέλι, ρολόι), έχουν επιλεγεί οι κατάλληλες ιδιότητες (παροχή, όγκος νερού, χρόνος) και οι μαθητές αναζητούν τις κατάλληλες σχέσεις.

α/α	Δρών	Χρόνος σε sec	Διάρκεια σε sec	Διάλογος	Δράση
73	B	459	3	<i>Κλείσ' το</i>	Ο μαθητής Α «κλειδώνει» την παροχή (σταθεροποιεί την τιμή της).
74	Δ	462	3	<i>Εντάξει συμφωνούμε;</i>	
75	A	465	13	<i>Ναι, και αυτά εδώ τα έχουμε ανοιχτά, και εγώ πιστεύω ότι είναι αυτό, γιατί.</i>	Δείχνει με το ποντίκι τα αντικείμενα Βαρέλι και Ρολόι και αμέσως συνδέει τις ιδιότητες χρόνο και όγκο με σχέση αναλογίας.
76	Δ	478	2	<i>Πες μας Α γιατί, εγώ δεν καταλαβαίνω καλά τι συμβαίνει.</i>	
77	A	480	10	<i>Χα, χα, γιατί όσο κυλάει ο χρόνος τόσο γεμίζει</i>	Μετακινεί το μεταβολέα του χρόνου και αμέσως μετά δίνει εκτέλεση του μοντέλου όσο μιλάει.
78	B	490	2	<i>Μεγαλώνει ο όγκος</i>	
79	A	492	4	<i>Ναι</i>	
80	Δ	496	2	<i>Σας φαίνεται φυσιολογικό</i>	
81	A	498	2	<i>Ναι,</i>	
82	B	500	3	<i>Ναι, πολύ φυσιολογικό</i>	

**Πίνακας 1:** Διάλογος και δράση με τα εργαλεία χειρισμού και αναπαράστασης

Σε όλη σχεδόν τη δραστηριότητα που μελετάται, ο μαθητής Α είναι αυτός που χειρίζεται το ποντίκι (ο κανόνας αυτός υιοθετήθηκε χωρίς διαπραγμάτευση στην αρχή της δραστηριότητας και δεν αμφισβητήθηκε από κανέναν) και προφανώς είναι αυτός που εκτελεί τις περισσότερες δράσεις<sup>v</sup>. Εντούτοις οι παρεμβάσεις του μαθητή Β είναι ουσιαστικές κατά την εξέλιξή της, γιατί προτείνει συχνά ενέργειες που πρέπει να υλοποιηθούν οι οποίες και γίνονται αποδεκτές από το μαθητή Α, όπως για παράδειγμα στη γραμμή 73 του Πίνακα 1. Στην περίπτωση αυτή, οι δράσεις του μαθητή Α δεν είναι αποτελέσματα εξωτερίκευσης δικών του νοητικών διεργασιών, αλλά προϊόντα κοινωνικής αλληλεπίδρασης που παράγονται μέσω της αποδοχής μιας ιδέας που προτείνει κάποιος άλλος (στην περίπτωσή μας ο μαθητής Β). Ο διευκολυντής (Δ) – γραμμή 74 – συνεπικουρεί την πρόταση του μαθητή Β βοηθώντας την εσωτερίκευσή της από το μαθητή Α. Η εσωτερίκευση αυτή ενισχύεται από τις εξωτερικές αναπαραστάσεις (τις εικόνες *Βαρέλι* και *Ρολόι* της διεπιφάνειας χρήσης) όπως φαίνεται από το λόγο και τη δράση του μαθητή Α (γραμμή 75). Ένα άλλο αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης αυτής, είναι η επίτευξη ενός στόχου που είχε τεθεί προηγούμενα (δεν εμφανίζεται στον Πίνακα 1), αυτού της τοποθέτησης της σχέσης *Αναλογίας* ανάμεσα στις ιδιότητες *Χρόνος* και *Όγκος*. Ο στόχος αυτός, απόρροια αντίστοιχου συλλογισμού που δε διατυπώνεται λεκτικά, υλοποιείται μέσω μιας δράσης του μαθητή Α (τοποθέτηση της σχέσης *Αναλογίας*). Στη συνέχεια, μέσω παρέμβασης του διευκολυντή ζητείται η αιτιολόγηση του συλλογισμού του Α (γραμμή 76). Ο μαθητής Α λεκτικοποιεί (περιγράφει και αιτιολογεί) τη δράση του ενώ χρησιμοποιεί το μεταβολέα<sup>vi</sup> της ιδιότητας *Χρόνος* (γραμμή 77) και αμέσως μετά εκτελεί το μοντέλο για να δει τη συμπεριφορά του και να ελέγξει συνεπώς την ορθότητα της σχέσης *Αναλογίας* που έχει τοποθετήσει.

Δεν πρόκειται στο σημείο αυτό για έλεγχο συμπεριφοράς του μοντέλου ως όλου, αλλά για τοπικό έλεγχο που αφορά σε ένα συλλογισμό αυτόν που σχετίζεται με τη σχέση *Αναλογίας* που μόλις



Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

τοποθέτησε. Ο συλλογισμός αυτός υποστηρίζεται άμεσα τόσο με τη χρήση του εργαλείου άμεσου χειρισμού (μεταβολέας) που προσφέρει το λογισμικό, όσο και με το εργαλείο εκτέλεσης (δοκιμή της συμπεριφοράς μέσα στο χρόνο) για τη δυναμική αναπαράσταση του μοντέλου. Ο μαθητής Β επιβεβαιώνει το συλλογισμό του μαθητή Α ολοκληρώνοντας την αιτιολόγηση που δίνει ο τελευταίος ενώ ο Δ αποδέχεται την έκβαση του αποτελέσματος. Αξιοπρόσεκτο είναι ότι στο επεισόδιο αυτό δεν γίνεται η χρήση του μαθηματικού όρου «Αναλογία» από τους μαθητές μολονότι μέσα από το λόγο και τις δράσεις τους φαίνεται ότι έχει κατακτηθεί το νόημά του.

### **Η σημασία της διαμεσολάβησης για τον έλεγχο ορθότητας με προσομοίωση**

Η χρήση εργαλείων δεν οδηγεί πάντα στην ορθή επίτευξη ενός στόχου και τότε καταλυτικό ρόλο διαδραματίζει η ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Ένα παράδειγμα αναλύεται στην ενότητα αυτή.

#### **Επεισόδιο 2<sup>ο</sup>**

Α/α	Δρών	Χρόνος σε sec	Διάρκεια σε sec	Διάλογος	Δράση
159	Δ	902	8	Για δοκίμασε το με την εκτέλεση	Δίνει ο Α εκτέλεση.
160	Α	910	2	Αδειάζει μεγάλώνει, κατάλαβες Β	
161	Δ	912	13	Για κάντο βήμα - βήμα να το σκεφτούμε καλύτερα	
162	Α	925	3		Πατά ο Α το βήμα- βήμα.
163	Δ	928	4	Πάτα το ζανά- ζανά τι βλέπεις; Ότι είναι ταυτόχρονα ρε παιδί μου τι να σου πω όταν ανεβαίνει το ένα, ... είναι αυτή η σχέση	Δείχνει ο Δ το κουμπί βήμα-βήμα.
164	Α	932	8	Χαμηλώνει το ένα ανεβαίνει το άλλο	Δείχνει τη σχέση αντίστροφης αναλογίας.
165	Β	940	1	Αδειάζει το ένα γεμίζει το άλλο	
166	Α	941	3	Σας φαίνεται λογικό αυτό;	
167	Δ	944	3	Λογικότατο	
168	Α	947	1	Ωραία, για να κάνουμε κάτι άλλο τώρα..	
169	Δ	948	7	Τι;	
170	Α	955	3	Για τρέξτο Α να το δούμε λίγο, όσο λιγοστεύω το νερό που φεύγει από την βρύση το νερό που μπαίνει στο βαρέλι ...	Ο Α πατά εκτέλεση.
171	Δ	958	10	Γεμίζει, ά να σου πω, αυτό είναι αυτό και αυτό είναι αυτό	Ο Α δείχνει τις σχέσεις με το χέρι του.
172	Α	968	3	Ναι	
173	Δ	971	2	Αρα αυτό εδώ δεν πάει έτσι; πρέπει να τα βάλουμε	
174	Α	973	7	Ανάλογα, σωστός;	
175	Β	980	2	Αφού κατεβαίνει ο άλλος αυτό δεν ανεβαίνει	

**Πίνακας 2:** Διάλογος και δράση για έλεγχο ορθότητας με προσομοίωση

Στην περίπτωση αυτή ο μαθητής Α έχει τοποθετήσει σχέση *Αντίστροφης Αναλογίας* ανάμεσα στις ιδιότητες *Παροχή* και *Όγκος* (πιθανώς επειδή διαθέτει ένα αντίστοιχο νοητικό μοντέλο) την οποία και δεν αμφισβητεί ούτε μετά από την προσομοίωση του μοντέλου. Στη συνέχεια, ο διευκολυντής προτείνει εκτέλεση βήμα – βήμα (γραμμή 161), με στόχο να προκαλέσει γνωστική σύγκρουση, ενώ στην επόμενη στιχομυθία ζητά από το μαθητή Α να εκφράσει λεκτικά αυτό που εξελίσσεται κατά το χειρισμό. Η λεκτική εξήγηση δείχνει σύγχυση εκ μέρους του μαθητή Α, αφού μιλά για

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φειδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

«ταυτόχρονα» (γραμμή 164), εννοώντας ότι όταν το ένα αυξάνει το άλλο ελαττώνεται, το οποίο και εκφράζει λεκτικά ο μαθητής Β στην αμέσως επόμενη στιχομυθία (γραμμή 165) και επιβεβαιώνει ο Α (γραμμή 166: «αδειάζει (εννοώντας προφανώς ελαττώνεται) το ένα γεμίζει το άλλο»). Η σύγκρουση που επεδίωκε ο διευκολυντής διαμέσου της προσομοίωσης φαίνεται να μην επιτυγχάνεται και για το λόγο αυτό ζητά εκ νέου εκτέλεση του μοντέλου προτείνοντας και ένα πλαίσιο στήριξης σχετικό με την επίλυση (γραμμή 171: «να το δούμε λίγο, όσο λιγοστεύω το νερό που φεύγει από τη βρύση το νερό που μπαίνει στο βαρέλι ...»). Μετά τη νέα εκτέλεση του μοντέλου ο μαθητής Α αμφισβητεί την ορθότητά του και προτείνει αλλαγή της σχέσης *Αντίστροφης Αναλογίας* με σχέση *Αναλογίας*.

### **Συζήτηση - συμπεράσματα**

Οι συνεργατικές μαθησιακές δραστηριότητες εμπεριέχουν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε πολλούς συμμετέχοντες, οι οποίοι απαιτείται να διατηρούν ένα βαθμό αμοιβαίας κατανόησης. Η διαδικασία μέσω της οποίας εκπληρώνεται η συνεργατική μαθησιακή δραστηριότητα βασίζεται στη θεμελίωση (grounding) [Baker et al., 1999]. Από την ανάλυση που προηγήθηκε φαίνεται ότι η κοινή αυτή θεμελίωση διαμεσολαβείται τόσο από τα διάφορα εργαλεία που προσφέρει το λογισμικό, όσο και από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Πως όμως λειτουργεί η διεπαφή χρήσης και πως στηρίζει τη διαδικασία μοντελοποίησης και τη μαθησιακή διαδικασία; Ποια είναι εκείνα τα σημεία της διεπαφής χρήσης που βοηθούν ουσιαστικά;

Οι μαθητές χρησιμοποιούν τα εργαλεία του λογισμικού για να προβούν στον έλεγχο ορθότητας ενός συλλογισμού κατά τη διαδικασία μοντελοποίησης. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να αφορά σε τμήματα του μοντέλου (όπως για παράδειγμα συμπεριφορά ενός αντικειμένου όταν έχει επιλεγεί κάποια ιδιότητά του ή πώς λειτουργεί μια σχέση που συνδέει δύο ιδιότητες αντικειμένων) ή και στο συνολικό μοντέλο. Στο 2<sup>ο</sup> επεισόδιο γίνεται φανερό ότι τα εργαλεία από μόνα τους δεν μπορούν να υποστηρίξουν πλήρως έναν συλλογισμό και δεν καταφέρνουν πάντα να δημιουργήσουν την απαιτούμενη γνωστική σύγκρουση στην περίπτωση που το μοντέλο που έχει δημιουργηθεί δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Καταλυτικό ρόλο στην περίπτωση αυτή παίζει η ανθρώπινη διαμεσολάβηση του διευκολυντή που πλαισιώνει τη σκέψη κάνοντας αναδιατυπώσεις που οδηγούν σταδιακά σε συγκρούσεις κοινωνιογνωστικού χαρακτήρα.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την ανάλυση, δείχνει ότι η χρήση των εργαλείων είναι κυρίως συνέπεια γνωστικών απαιτήσεων που προκύπτουν κατά την εξέλιξη της δραστηριότητας και δευτερευόντως προέρχεται από την ανθρώπινη διαμεσολάβηση και τους κανόνες που διέπουν τη λειτουργία της κοινότητας. Για παράδειγμα, όταν ο διευκολυντής προτείνει χρήση κάποιου εργαλείου (κυρίως για να προκαλέσει γνωστική σύγκρουση ή για να υποστηρίξει



Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φειδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

ένα συλλογισμό) η χρήση αυτή δεν καθίσταται αποτελεσματική (με λίγα λόγια δεν εσωτερικεύεται από το υποκείμενο όπως φαίνεται από το 2<sup>ο</sup> επεισόδιο) αν δε συνιστά γνωστική ανάγκη του μαθητή.

### Ευχαριστίες

Το λογισμικό ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ\_ΜΟΝΤΕΛΩΝ χρηματοδοτήθηκε από το ΥΠΕΠΘ στο πλαίσιο του Έργου «Σειρήνες» ενώ η νέα έκδοση χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του έργου «Πηνελόπη». Η έρευνα με το λογισμικό υποστηρίζεται εν μέρει και από το ερευνητικό πρόγραμμα «Καραθεοδωρή» του Πανεπιστημίου Πατρών.

### Βιβλιογραφικές αναφορές

- Ainsworth S., (1999). The functions of multiple representations, *Computers and Education*, 33, pp. 131-152.
- Baker M., Hansen T., Joiner R. & Traum D., (1999). The role of grounding in collaborative problem solving tasks. In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, pp. 31-64, Pergamon, Elsevier.
- Dillenbourg P., (1999). What do you mean by collaborative learning? In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*, pp. 1-20, Pergamon, Elsevier.
- 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 9<sup>th</sup> International Conference of Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France, IOS Press Ohmsha, pp. 109-120.
- Engeström Y., Miettinen R., Punamaki R.-L. (Eds), (1999). *Perspectives on Activity Theory*, Cambridge University Press.
- Jonassen D., Roher-Murphy L., (1999). Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments, *ETR&D*, No 1, pp. 61-79.
- Komis V., Dimitracopoulou A., Politis P., (1998). Contribution à la conception et au développement d'un environnement informatique de modélisation. In J.-F. Rouet et D. De La Pasardière (Eds), *Quatrième colloque Hypermédias et Apprentissage*, Poitiers, Octobre 1988, EPI-INRP, pp. 263-267.
- Leontie'v A. N., (1978). *Activity, consciousness, and personality*, Englewood Gliffs: Prentice-Hall.
- Lewis R., (1997). An Activity Theory framework to explore distributed communities, *Journal of Computer Assisted Learning*, 13 (4), 210-218.
- Mellar H., Bliss J., Boohan R., Ogborn J. (Eds), (1994). *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*, The Falmer Press, London.
- Nardi B. (ed.), (1996). *Context and Consciousness, Activity Theory and Human-Computer Interaction*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Vygotsky L. S., (1978). *Mind in society*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

### Abstract

*This work studies the use of representation tools and the human mediation in the context of a collaborative problem solving activity with the aid of a computer based modeling environment. The unit of analysis is the modeling activity and the structural elements are the persons involved in this activity (students, facilitator), the tools used (computers, software – representation tools) and the rules governing the activity (didactic contract, rules for using the computational tools offered by the system, etc). Emphasis is given on studying the interaction between the persons involved in the process of problem solving and on the ways this interaction is being affected by the use of the available tools during the process of modeling.*

<sup>i</sup> Με τον όρο «ημιποσοτικός» (semi-quantitative) συλλογισμός εννοείται η ποιοτική προσέγγιση μαθηματικών σχέσεων που εστιάζει στον τρόπο επιρροής μιας μεταβλητής σε μία άλλη (π.χ. αυξάνει – αυξάνει, αυξάνει – ελαττώνεται, κλπ.) και όχι στον πλήρη αναλυτικό τύπο της συσχετίσής τους.

<sup>ii</sup> Η διατύπωση του προβλήματος, όπως δόθηκε στο φύλλο εργασίας, ήταν η ακόλουθη: «Μια βρύση τροφοδοτεί με νερό ένα βαρέλι με τη βοήθεια μιας στέρας. Α. Ποια σχέση συνδέει το χρόνο με τον όγκο του νερού που μπαίνει στο βαρέλι όταν η παροχή της βρύσης παραμένει σταθερή; Β. Σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ποια σχέση πιστεύεις ότι συνδέει την παροχή νερού της βρύσης με τον όγκο του νερού που μπαίνει στο βαρέλι; Δημιούργησε το κατάλληλο μοντέλο στο χώρο δημιουργίας μοντέλων».

<sup>iii</sup> Οι μαθητές γνώριζαν εκ των προτέρων ότι η όλη δραστηριότητα βιντεοσκοπείται και ότι θα χρησιμοποιηθεί για καθαρά ερευνητικούς σκοπούς.

<sup>iv</sup> Η στήλη α/α περιέχει τον αύξοντα αριθμό ενεργειών, η στήλη Δρών τους συμμετέχοντες στη διαδικασία μοντελοποίησης (Α και Β μαθητές, Δ διευκολυντής), η στήλη Χρόνος το συνολικό χρόνο από την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας σε δευτερόλεπτα και η διάρκεια τη χρονική διάρκεια της ενέργειας σε δευτερόλεπτα.

<sup>v</sup> Το ποντίκι περνά στα χέρια του διευκολυντή για πολύ λίγο χρόνο όταν απαιτείται να εξηγηθεί μια λειτουργία του λογισμικού που δεν ήταν γνωστή στους μαθητές.

Κόμης Β., Κότσαρη Μ., Λαβίδας Κ., Φείδας Χ., Αβούρης Ν., Δημητρακοπούλου Α., & Πολίτης Π., (2002). Εργαλεία αναπαράστασης και διαμεσολάβηση κατά τη συνεργατική επίλυση προβλήματος σε υπολογιστικό περιβάλλον, Στο Μ. Τζεκάκη (Επιμ.) *Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Συνεδρίου "Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση"*, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Οκτώβριος 2001, σελ. 500-507.

---

<sup>vi</sup> Κάθε μέγεθος (που αναπαρίσταται από μια ιδιότητα ενός αντικείμενου) στο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟ\_ΜΟΝΤΕΛΩΝ μεταβάλλεται ποιοτικά με τη χρήση ενός μεταβολέα (slider).