

# Μέθοδοι και Εργαλεία Αναπαράστασης Δραστηριοτήτων Συνεργατικής Μάθησης

Μελέτης Μαργαρίτης<sup>1</sup>, Νικόλαος Αβούρης<sup>1</sup>, Βασίλης Κόμης<sup>2</sup>,

Πανεπιστήμιο Πατρών

<sup>1</sup>Ερ. Ομάδα Αλληλεπίδρασης Ανθρώπου-Υπολογιστή, Τμήμα Ηλ. Μηχ. & Τεχν. Υπολογιστών

<sup>2</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια σημαντική απαίτηση παιδαγωγών και ερευνητών οι οποίοι εμπλέκονται στη σχεδίαση, την επίβλεψη, καθοδήγηση και ανάλυση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν συνεργασία ομάδων μαθητών είναι η γρήγορη δημιουργία εύληπτων αναπαραστάσεων που περιγράφουν την συμπεριφορά της ομάδας. Οι αναπαραστάσεις αυτές οι οποίες μπορεί να παραχθούν από ένα υπολογιστικό εργαλείο με βάση δεδομένα συμπεριφοράς των μελών της ομάδας είναι χρήσιμες κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και κατά την εκ των υστέρων ανάλυσή της, μπορούν δε να αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία για την διάγνωση της συμπεριφοράς της ομάδας την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εργαλείων και της διδακτικής προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκαν. Στην εργασία αυτή περιγράφεται ένα γενικό μοντέλο περιγραφής συνεργατικής συμπεριφοράς μιας ομάδας που επιλύει ένα δοσμένο πρόβλημα και στη συνέχεια προτείνονται παράμετροι οι οποίες μπορεί να αναπαρασταθούν γραφικά. Το άρθρο περιγράφει ακόμη εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση των συνεργατικών αυτών δεικτών στα πλαίσια δραστηριοτήτων συνεργατικής μάθησης.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Συνεργατική μάθηση υποστηριζόμενη από υπολογιστή, ανάλυση συνεργασίας, αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα ολοένα περισσότερα πρωτότυπα εργαλεία και δραστηριότητες που υποστηρίζουν συνεργασία ομάδων μαθητών σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται σε καθημερινή πρακτική στα σχολεία. Υπάρχει ισχυρή ένδειξη ότι οι προσεγγίσεις αυτές ενθαρρύνουν την οικοδόμηση της γνώσης και τη βαθύτερη κατανόηση, ευνοούν την ενεργό μάθηση και την σε βάθος επεξεργασία της πληροφορίας αφού απαιτείται από τους μαθητές επένδυση σημαντικής νοητικής προσπάθειας (Dillenbourg, 1999), ενώ στο πλαίσιο των προσεγγίσεων αυτών, είναι δυνατόν να αναπτυχθούν δεξιότητες κριτικής σκέψης, επικοινωνίας και να συνειδητοποιηθούν οι μηχανισμοί οικοδόμησης της γνώσης (Steeples & Mayers, 1998).

Ένα από τα προβλήματα που οι εκπαιδευτικοί και ερευνητές αντιμετωπίζουν κατά την σχεδίαση, την επίβλεψη, την καθοδήγηση και την ανάλυση δραστηριοτήτων αυτής της φύσεως είναι η υποστήριξη της διάγνωσης και ανάλυσης των σύνθετων φαινομένων που παρατηρούνται. Κατά τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια της ερευνητικής περιοχής της Συνεργατικής μάθησης υποστηριζόμενης από υπολογιστή (Computer-supported collaborative learning, CSCL) έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα και αναπαραστάσεις, οι οποίες επιτρέπουν την ανάλυση και διάγνωση συνεργατικής συμπεριφοράς. Για παράδειγμα η μοντελοποίηση και ανάλυση διαλόγων

(Baker et al., 1999), η μοντελοποίηση και ανάλυση επί μέρους εργασιών (task analysis, Tselios et al. 2003), ανάλυση και περιγραφή στρατηγικής επίλυσης προβλημάτων (Hoppe & Ploetzner, 1999), η μοντελοποίηση της συνεργασίας μέσω της παραγόμενης λύσης (Avouris et al. 2003) ή ο συνδυασμός ποιοτικής ανάλυσης και ανάλυσης κοινωνικών αλληλεπιδράσεων (Martinez et al., 2004) είναι κάποιες από τις προτεινόμενες προσεγγίσεις. Κάποιες από αυτές επιτρέπουν την αναπαράσταση παραμέτρων της συνεργατικής συμπεριφοράς κατά τη διάρκεια της συνεργασίας ενώ άλλες απαιτούν επεξεργασία των παρατηρήσεων και των δεδομένων που προκύπτουν από τη συνεργατική δράση, εκ των υστέρων.

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση σχετίζεται με την συνεργατική επίλυση προβλημάτων σε πραγματικό χρόνο στα πλαίσια μιας σχολικής τάξης με υποστήριξη υπολογιστή. Κατά το σενάριο αυτό οι μαθητές σχηματίζουν ομάδες και αλληλεπιδρούν μέσω υπολογιστικών συσκευών με στόχο την οικοδόμηση λύσης σε ένα πρόβλημα σχεδιαστικού ή διερευνητικού χαρακτήρα. Αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί (Petrou & Dimitracopoulou, 2003, Voyiatzaki et al. 2004) ότι έχει ενδιαφέρουσες επιπτώσεις στο μαθησιακό αποτέλεσμα. Για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών που εμπλέκονται σε τέτοιου είδους δραστηριότητες είναι χρήσιμη η ανάπτυξη μοντέλων της συμπεριφοράς κάθε ομάδας, τα οποία είναι σε θέση να παράγουν εύληπτες αναπαραστάσεις της συνεργατικής διαδικασίας σε επίπεδο ομάδας και τάξης. Ο στόχος της έρευνας που περιγράφεται στην εργασία αυτή είναι η πρόταση ενός γενικού μοντέλου σύγχρονης συνεργατικής συμπεριφοράς που αφορά την επίλυση προβλημάτων. Το μοντέλο αυτό, όπως περιγράφεται στη συνέχεια, επιτρέπει τον υπολογισμό δεικτών της δραστηριότητας, οι οποίοι παράγονται από το υπολογιστικό σύστημα υποστήριξης συνεργασίας και παίζουν το ρόλο διαγνωστικών εργαλείων του καθηγητή που επιθυμεί να επιβλέψει παρεμβαίνοντας στην συνεργατική δραστηριότητα. Το προτεινόμενο μοντέλο, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην θεωρία δραστηριότητας (Nardi 1995) και στο μοντέλο ανάλυσης συνεργατικής συμπεριφοράς OCAF (Avouris et al. 2003) το οποίο προβλέπει την αποτύπωση της διαδικασίας συνεργατικής επίλυσης ενός προβλήματος στην παραγόμενη λύση ενώ στηρίζεται στην παραδοχή ισοδυναμίας μεταξύ δια-λόγου δράσεων και χειρισμών εκ μέρους των συνεργατών. Το OCAF έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την ανάλυση συνεργατικής συμπεριφοράς (Fidas et al. 2004, Komis et al. 2003). Το προτεινόμενο εδώ μοντέλο επεκτείνει το OCAF ενσωματώνοντας αφενός την έννοια του *αφηρημένου αντικείμενου*- συστατικού της λύσης, το οποίο μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο συνεργασίας και διαπραγμάτευσης, πέραν των φυσικών αντικείμενων, ενώ εισάγει ένα εκτεταμένο αριθμό δεικτών και αναπαραστάσεων. Τέλος περιγράφεται μια υλοποίηση του μοντέλου υπό την μορφή εργαλείων ανάλυσης και αναπαράστασης της συνεργασίας, ενώ παρέχεται ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου και των εργαλείων στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας.

## ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται η καταγραφή των βασικών παραμέτρων μέσω των οποίων είναι δυνατή η περιγραφή μιας συνεργατικής δραστηριότητας με στόχο την μάθηση. Ο στόχος της καταγραφής είναι η ανάλυση και αξιολόγηση της δραστηριότητας. Υποθέτουμε ότι η δραστηριότητα αυτή εμπλέκει ένα αριθμό συνεργατών (μαθητών ή εκπαιδευτικών) οι οποίοι χειρίζονται ένα σύνολο από αντικείμενα, ενώ αλληλεπιδρούν είτε μέσω των αντικείμενων είτε απευθείας μέσω συνομιλίας. Για παράδειγμα, η αλληλεπίδραση των συνεργατών γίνεται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον με απευθείας χειρισμό (direct manipulation) των αντικείμενων στην επιφάνεια εργασίας, είτε έμμεσα, με λεκτικό τρόπο, μέσα από τον γραπτό ή προφορικό διάλογο που πραγματοποιείται ανάμεσα στους συνεργάτες κατά τη διάρκεια της συνεργασίας, κάποια τμήματα του οποίου μπορούν να συσχετισθούν με τα χειριζόμενα αντικείμενα. Η άμεση ή έμμεση δράση, κάποιου συνεργάτη σε κάποιο αντικείμενο χαρακτηρίζεται ως *συμβάν* (event),

διότι είναι ένα γεγονός που έχει σκοπό σύμφωνα με τα παραπάνω, είτε να αλλάξει την κατάσταση του αντικειμένου, είτε να προσδώσει έναν χαρακτηρισμό σε αυτό.

Σύμφωνα με το προτεινόμενο εδώ μοντέλο, η δραστηριότητα αυτή μπορεί να περιγραφεί μέσω ενός τετραδιάστατου χώρου του οποίου οι τέσσερις άξονες ορίζονται ως εξής:

**Ο άξονας του χρόνου (Time axis):** Η συνεργατική δραστηριότητα λαμβάνει χώρα στη διάσταση του χρόνου και η φύση του προβλήματος υπαγορεύει την εξέταση της εξέλιξης των δεικτών της συνεργασίας στο χρόνο. Ο χρόνος στην περίπτωση μας είναι διακριτός, όπως εξηγείται στην συνέχεια της ενότητας αυτής.

**Ο άξονας των συνεργατών (Actor axis):** Είναι ο άξονας πάνω στον οποίο βρίσκεται το σύνολο των συνεργατών, πεπερασμένου πλήθους  $k$ , και ο οποίος ορίζεται από το σύνολο:  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ .

**Ο άξονας των αντικειμένων (Object axis):** Είναι ο άξονας πάνω στον οποίο βρίσκεται το σύνολο των αντικειμένων, πεπερασμένου πλήθους  $\ell$ , και ο οποίος ορίζεται από το σύνολο:  $O = \{O_1, O_2, \dots, O_\ell\}$ . Τα αντικείμενα αυτά είτε προϋπάρχουν είτε δημιουργούνται από τους συνεργάτες με χρήση διαθέσιμων εργαλείων, συνθέτουν δε την λύση σε ένα δοθέν πρόβλημα διερευνητικού ή σχεδιαστικού χαρακτήρα. Στο παράδειγμα που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα τα αντικείμενα αυτά είναι τα στοιχεία ενός εννοιολογικού χάρτη (concept map).

Εν γένει τα αντικείμενα που απαρτίζουν το σύνολο  $O$  ανήκουν σε τρεις επί μέρους κατηγορίες:

- αντικείμενα που συνθέτουν την τελική λύση στο πρόβλημα,
- αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διαδικασία επίλυσης του προβλήματος αλλά δεν περιλαμβάνονται στην τελική λύση
- αφηρημένα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της λύσης αντιπροσωπεύοντας το πρόβλημα και άλλες σχετικές έννοιες που το αφορούν, όπως η στρατηγική επίλυσης του ή επί μέρους τμήματα της λύσης του.

**Ο άξονας των τυπολογιών των ενεργειών-συμβάντων (Typology axis):** Είναι ο άξονας πάνω στον οποίο βρίσκεται το σύνολο των τύπων των συμβάντων, πεπερασμένου πλήθους  $r$ , και ο οποίος ορίζεται από το σύνολο:  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_r\}$ . Δηλαδή, κάθε στοιχείο του συνόλου αυτού υποδηλώνει το είδος της ενέργειας και όχι την ίδια την ενέργεια. Η κατηγοριοποίηση των ενεργειών χειρισμού ή διαλόγου γίνεται με βάση κάποιο θεωρητικό σύστημα και είναι ανεξάρτητη από το προτεινόμενο μοντέλο. Το OCAF προτείνει ένα τέτοιο σύνολο κατηγορικών, το οποίο όμως μπορεί να επεκταθεί κατά περίπτωση.

Με βάση τους παραπάνω άξονες κατά την παρατήρηση της συνεργατικής δραστηριότητας έστω ότι καταγράφονται  $m$  το πλήθος διακριτά συμβάντα, τα οποία περιγράφονται από το διαταγμένο σύνολο  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ . Τα συμβάντα αυτά παράγονται διαδοχικά από τους συνεργάτες, αφορούν δε νοηματοδοτημένες ενέργειες χειρισμού των αντικειμένων η τμημάτων διαλόγου. Κάθε τέτοιο συμβάν περιγράφεται από την πλειάδα  $E_{i_{\text{ιστ}}} = (t_i, A_i, [O_i], [T_i])_i$  όπου  $i \in [1, m]$ ,  $t_i$  η χρονοσήμανση του συμβάντος, ένδειξη της χρονικής στιγμής κατά την οποία το συμβάν έλαβε χώρα,  $A_i$  ο συνεργάτης που παρήγαγε το συμβάν,  $O_i$  το αντικείμενο το οποίο αφορά το συμβάν, και  $T_i$  ο τύπος του συμβάντος με βάση το πλαίσιο ανάλυσης.

Παρατηρούμε στον παραπάνω ορισμό ενός συμβάντος, ότι το μοντέλο αυτό ανάλυσης υποθέτει συμβάντα μηδενικής διάρκειας, γεγονός που επιτρέπει την απόλυτη χρονική διάταξη τους, αφού η πιθανότητα απόλυτης σύμπτωσης δύο συμβάντων τείνει στο μηδέν καθώς η διάρκεια τους τείνει επίσης στο μηδέν. Η αποτύπωση ενεργειών μεγάλης διάρκειας, πρέπει να αποδοθεί από δύο συμβάντα σημαίνοντα την έναρξη και λήξη της ενέργειας αντίστοιχα.

Το μοντέλο περιγραφής δραστηριότητας είναι κατάλληλο για αποτύπωση παρατηρούμενων δραστηριοτήτων στα πλαίσια εθνογραφικών μελετών. Για το σκοπό αυτό δεν περιλαμβάνει τελεστές ή δείκτες που αφορούν γνωστικές ή νοητικές παραμέτρους των υποκειμένων. Τυπική χρήση του μοντέλου είναι η αποτύπωση και καταγραφή παραμέτρων και συμβάντων κατά την ανάλυση ενός βίντεο ή ενός ιστορικού αρχείου συμβάντων που παράγεται κατά την διάρκεια συνεργατικών δραστηριοτήτων με χρήση υπολογιστή. Η σημασία του μοντέλου αυτού έγκειται στην δυνατότητα του να παράγει ένα σύνολο από δευτερογενείς δείκτες η οποίοι περιγράφουν ποσοτικά ή εικονικά τη δραστηριότητα. Μάλιστα αν το μοντέλο συνδυαστεί με ένα σχετικό εργαλείο το οποίο αυτοματοποιεί την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των συμβάντων, όπως αυτό που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα, η παραγωγή των δεικτών και των εικονικών αναπαραστάσεων γίνεται με εύκολο και γρήγορο τρόπο, συμβάλει δε στην αποτελεσματική και έγκαιρη αποτύπωση της δραστηριότητας ώστε να καταστεί δυνατή η διάγνωση του μαθησιακού αποτελέσματος σε συνθήκες πραγματικού χρόνου ή η συναγωγή συγκριτικών συμπερασμάτων σε συνθήκες εμπειρικών μελετών.

### Παραδείγματα δεικτών καταγραφής συνεργασίας

#### (α) Δείκτες πυκνότητας δραστηριότητας (*Measures of density of activity*)

Αν οριστεί ένα κατάλληλο κβάντο χρόνου διάρκειας  $t_q$ , δείκτες της πυκνότητας της δραστηριότητας μπορεί να παραχθούν καθώς η δραστηριότητα εξελίσσεται. Αυτοί οι δείκτες αποδίδουν ποσοτικά την εξέλιξη του πλήθους των συμβάντων ορισμένου τύπου ανά κβάντο χρόνου, κατά τη διάρκεια της συνεργατικής δραστηριότητας. Δείκτες αυτής της μορφής είναι ιδιαίτερα εύκολο να υπολογιστούν και μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε επίπεδο ενός συνόλου ομάδων, όπως έχει ήδη προταθεί (Anouris et al. 2003). Παραδείγματα τέτοιων δεικτών για κάθε χρονική περίοδο της δραστηριότητας ( $t_i - t_i + t_q$ ) είναι:  $D_A =$  το πλήθος συμβάντων  $E_i$  ανά συνεργάτη  $A$ , όπου  $t_i \in [t_i - t + t_q]$  και  $A_i = A$

#### (β) Δείκτες συμμετρίας δραστηριότητας (*Measures of balance of activity*)

Μια σημαντική παράμετρος η οποία συχνά απαιτείται να καταγραφεί είναι αυτή που αποδίδει το βαθμό συμμετρίας της δραστηριότητας της ομάδας. Αυτός είναι ένας δείκτης που αποδίδει τη σχετική συμμετοχή των μελών της ομάδας στη δραστηριότητα και συνεπώς έμμεσα τον βαθμό συνεργατικότητας της ομάδας. Διάφοροι εμπειρικοί ή αναλυτικοί δείκτες συμμετρίας μπορεί να υπολογιστούν. Ένα παράδειγμα υπολογισμού ενός δείκτη συμμετρίας δραστηριότητας που αφορά την παραγωγή από μια ομάδα μιας διαγραμματικής αναπαράστασης μιας λύσης η οποία συντίθεται από ένα σύνολο συσχετιζόμενων αντικείμενων  $O_i$ , παρατίθεται στη συνέχεια.

Για τον υπολογισμό του δείκτη συμμετρίας που ονομάζεται στη συνέχεια *Collaboration Factor (CF)* είναι απαραίτητο να ορίσουμε ένα σύνολο από δείκτες βαρύτητας, οι οποίοι περιγράφουν τη σχετική σημασία των συνεργατών, τμημάτων της λύσης και τύπων συμβάντων στη συνεργατική δραστηριότητα, ως εξής:

Κάθε συνεργάτης  $A_i$  χαρακτηρίζεται από ένα βάρος  $W_{A_i}$  τέτοιο ώστε:  $\forall A \exists W_{A_i} \in (0,1]$ .

Για παράδειγμα στον καθηγητή, μπορούμε να αποδώσουμε διαφορετική βαρύτητα.

Κάθε αντικείμενο  $O_i$  χαρακτηρίζεται από ένα βάρος  $W_{O_i}$  τέτοιο ώστε:  $\forall O \exists W_{O_i} \in (0,1]$ . Για παράδειγμα σε ένα διάγραμμα ροής ενός αλγορίθμου οι διάφορες κατηγορίες στοιχείων πιθανόν να σχετισθούν με διαφορετικά βάρη.

Κάθε τύπος συμβάντος  $T_i$  χαρακτηρίζεται από ένα βάρος  $W_{T_i}$  τέτοιο ώστε:  $\forall T \exists W_{T_i} \in [0,1]$ . Για παράδειγμα η μικρή τροποποίηση μιας έννοιας σε ένα εννοιολογικό

χάρτη, πιθανόν έχει λιγότερη βαρύτητα από την σύνδεση μεταξύ δύο εννοιών.

Επίσης για τον ορισμό του δείκτη CF, είναι απαραίτητο να ορισθούν ενδιάμεσοι βοηθητικοί συντελεστές οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια:

Ο συντελεστής συνεισφοράς AC των συνεργατών ανά αντικείμενο.

Από το σύνολο των συμβάντων  $E$ , όπως ορίστηκε παραπάνω, μπορούμε να εξάγουμε ένα πλήθος υποσυνόλων συμβάντων χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα κριτήρια. Με κριτήριο τον διαχωρισμό όλων των στοιχείων του  $E$  τα οποία έχουν κοινό τον παράγοντα  $O$ , δημιουργούνται τα υποσύνολα  $OE$  (Object Events), πλήθους  $\ell$  (όσο και το πλήθος του συνόλου  $O$ ). Κάθε ένα από τα υποσύνολα  $OE$  αφορά το σύνολο των συμβάντων που σχετίζονται με το αντικείμενο  $O$ .

Εν συνεχεία, για κάθε σύνολο  $OE$ , με κριτήριο όλα τα στοιχεία να έχουν κοινό τον παράγοντα  $A$ , παίρνουμε τα υποσύνολα  $AC$  (Actors' Contributions), των οποίων το πλήθος δεν είναι σταθερό και ανήκει στο  $[1, k]$ , όπου,  $k$  είναι το πλήθος των συνεργατών, αφού δεν είναι απαραίτητο να έχουν συμμετάσχει όλοι οι συνεργάτες στην δημιουργία ενός αντικειμένου  $O$ .

Το αποτέλεσμα των προηγούμενων είναι ότι κάθε υποσύνολο  $AC$  περιέχει έναν αριθμό  $N$  συμβάντων  $E_{i_{AOT}} = (t_i, A_A, O_O, T_T)_i$ , τα οποία έχουν κοινούς παράγοντες  $A_A$  και  $O_O$ . Από το κάθε υποσύνολο  $AC$  υπολογίζουμε την συνεισφορά του καθενός εμπλεκόμενου συνεργάτη στο εν λόγω αντικείμενο  $O$ , λαμβάνοντας υπόψη τα βάρη  $W_T$  των τύπων  $T_T$  όλων των συμβάντων  $E_{i_{AOT}}$  που απαρτίζουν το  $AC$ . Έτσι συνάγουμε ότι η συνεισφορά  $AC$  του συνεργάτη  $A$  στο

$$\text{αντικείμενο } O \text{ ισούται με: } AC_{AO} = W(A) \cdot \sum_{i=1}^N W(T_i) \quad (1)$$

όπου  $W(A)$  είναι το βάρος του συνεργάτη και  $W(T_i)$  είναι το βάρος του τύπου συμβάντος  $T_i$ . Σύμφωνα με τα δεδομένα, ο δείκτης  $AC_{AO}$  παίρνει τιμές στο διάστημα  $[0, \infty)$ .

Ο συντελεστής ιστορίας HF του αντικειμένου.

Από την προηγούμενη παράγραφο προκύπτει ότι για κάθε αντικείμενο υπάρχει ένα σύνολο  $AC = \{AC_1, AC_2, \dots, AC_k\}$ , τα στοιχεία του οποίου λαμβάνουν τιμές με βάση την σχέση (1), όπου  $k$  το πλήθος όλων των συνεργατών. Το σύνολο αυτό περιέχει όλες τις συνεισφορές των συνεργατών που έχουν συμμετάσχει στη δημιουργία του αντικειμένου αυτού.

Αν  $stdev(AC)$  είναι η τυπική απόκλιση (standard deviation) των στοιχείων  $AC_i$  του συνόλου  $AC$ ,  $\bar{M}$  είναι η μέση τιμή τους και  $k$  το πλήθος τους, τότε ορίζουμε ως συντελεστή ιστορίας (History Factor)  $HF$  του αντικειμένου  $O$ , την ποσότητα:

$$HF_O = 1 - \frac{stdev(AC)}{\bar{M}\sqrt{k}}, \text{ όπου } HF \in [0, 1] \quad (2)$$

Ο συντελεστής αυτός είναι το κανονικοποιημένο μέτρο της συμμετρίας συμμετοχής των συνεργατών στην ιστορία του αντικειμένου  $O$  κατά τη διάρκεια της συνεργασίας. Δηλαδή λαμβάνει τιμές κοντά στο 1 όταν όλοι οι συνεργάτες με συμμετρικό τρόπο έχουν συμμετάσχει στην τελική λύση.

Παρόλο που ο συντελεστής ιστορίας  $HF$  είναι ήδη ένας πρώτος δείκτης με τον οποίο θα μπορούσε να μετρηθεί η συνεργασία στο κάθε αντικείμενο, αυτό δεν είναι αρκετό, διότι δεν φτάνει να εξετασθεί το κάθε αντικείμενο μεμονωμένα αλλά μέσα στο πλαίσιο του συνολικής λύσης. Για το λόγο αυτό και με τη βοήθεια των παραπάνω μεγεθών, μπορούμε εν συνεχεία να ορίσουμε τον δείκτη συνεργασίας του αντικειμένου ( $CF_O$ ), ο οποίος λαμβάνει υπόψιν του α) τον συντελεστή ιστορίας  $HF$  του αντικειμένου που υπολογίζεται από τη σχέση (2), β) το «βάρος»  $W_O$  του αντικειμένου και, γ) το μήκος της ιστορίας του αντικειμένου αυτού σε σχέση με το

αθροιστικό μήκος των ιστορικών όλων των αντικειμένων, ώστε αντικείμενα που έχουν απασχολήσει περισσότερο την ομάδα να έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα. Έτσι λοιπόν ο δείκτης συνεργασίας του αντικειμένου  $O$  ορίζεται ως:

$$CF_o = HF_o \cdot W_o \cdot \frac{L(OE_o)}{m}, \quad CF_o \in [0,1] \quad (3)$$

Όπου  $L(OE_o)$  είναι το πλήθος των στοιχείων του υποσυνόλου  $OE$  και  $m$  το πλήθος των στοιχείων του συνόλου  $E$ . Η σχέση (3) σταθμίζει το δείκτη συνεργασίας αντικειμένου με βάση το μήκος της ιστορίας του και τη βαρύτητα του.

Τέλος ο συνολικός δείκτης συνεργασίας  $CF$ , προκύπτει ως η μέση τιμή όλων των δεικτών συνεργασίας των αντικειμένων που συμμετέχουν στη διαδικασία λύσης του προβλήματος. Άρα,

$$\text{συνολικά: } CF = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} CF_o}{\ell}, \quad CF \in [0,1] \quad (4)$$

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις (1)-(4) μπορούμε ανά πάσα χρονική στιγμή να υπολογίσουμε το δείκτη συνεργασίας της ομάδας από την αρχή της συνεργασίας μέχρι τη στιγμή εκείνη. Ο ανά τακτά χρονικά διαστήματα υπολογισμός του δείκτη αυτού μπορεί να παρέχει μια ποιοτική αλλά και ποσοτική ένδειξη της συμπεριφοράς της ομάδας, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

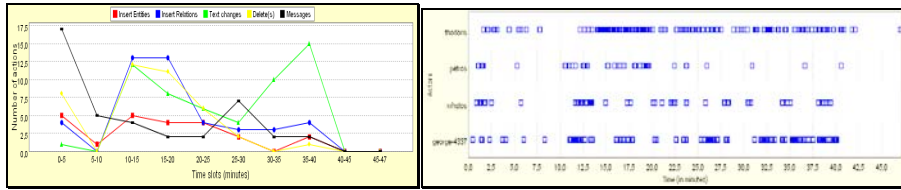
(c) *Χωρική περιγραφή της δραστηριότητας (Spatial representation of the activity)*

Επιπροσθέτως, εναλλακτικές εικονικές αναπαραστάσεις της δραστηριότητας αφορούν την αντιστοίχιση των υποσυνόλων συμβάντων σε γραφική ή διαγραμματική αναπαράσταση των συνιστωσών της δραστηριότητας, όπως τα συνεργαζόμενα υποκείμενα και τα συστατικά μέρη της παραγόμενης λύσης. Ως παράδειγμα της προσέγγισης αυτής προτείνεται η αναπαράσταση των υποσυνόλων  $OE$  σε κάθε συστατικό αντικείμενο της παραγόμενης λύσης. Τέτοια πρόταση εικονοποίησης και χωρικής διάταξης των υποσυνόλων  $OE$  περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

## ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Προκειμένου να υλοποιηθεί το παραπάνω μοντέλο συνεργασίας και να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα των παραγόμενων αναπαραστάσεων, αναπτύχθηκε μια σειρά από εργαλεία υπολογισμού και οπτικοποίησης συντελεστών συνεργασίας. Τα εργαλεία αυτά συνδυάστηκαν αρχικά με το περιβάλλον ModellingSpace (Avouris et al. 2004) το οποίο επιτρέπει την συνεργατική μοντελοποίηση από απόσταση και στη συνέχεια πήραν την τελική τους μορφή που παρουσιάζεται εδώ στα πλαίσια του περιβάλλοντος Synergo, ενός νέου περιβάλλοντος συνεργατικής ανάπτυξης διαγραμμάτων, όπως διαγραμμάτων ροής και εννοιολογικών χαρτών, το οποίο δίδει ιδιαίτερη έμφαση στην αναπαράσταση συνεργασίας. Τα περιβάλλοντα αυτά υποστηρίζουν τη συνεργασία και καταγράφουν συμβάντα που παράγονται από τους συνεργάτες στον κοινό χώρο ή μηνύματα που ανταλλάσσονται μέσω ενός ενσωματωμένου εργαλείου ανταλλαγής γραπτών μηνυμάτων. Ως αποτέλεσμα, παράγονται αρχεία συμβάντων σε μορφή XML και τα οποία περιγράφουν τη συνεργατική διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος.

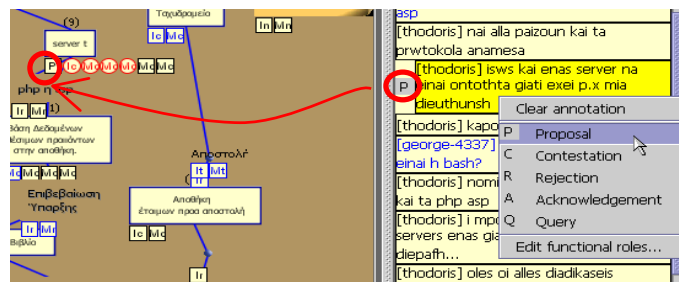
Αναλύοντας τα συμβάντα αυτά, τα εργαλεία μπορούν να οπτικοποιήσουν διάφορους δείκτες συνεργασίας όπως φαίνεται στα επόμενα σχήματα. Συγκεκριμένα στο σχήμα 1a φαίνεται η πυκνότητα διαφόρων τύπων συμβάντων με κβάντο χρόνου  $t_q = 5 \text{ min}$ . για μια συνεργατική δραστηριότητα δημιουργίας εννοιολογικού χάρτη διάρκειας 45 λεπτών. Όπως φαίνεται στο συγκεκριμένο παράδειγμα, στο πρώτο πεντάλεπτο παρατηρήθηκε έντονη ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων ενώ στο διάστημα μεταξύ 35-40 έγιναν σημαντικές τροποποιήσεις των κειμένων των εννοιών του εννοιολογικού χάρτη.



Σχήμα 1. Αναπαράσταση της πυκνότητας συμβάντων ανά χρονική διάρκεια ( $D_T$ ) & ανά συνεργάτη ( $D_A$ ).

Στο σχήμα 1b φαίνεται μια αναπαράσταση της ίδιας δραστηριότητας ανά συνεργάτη. Η αναπαράσταση αυτή επιτρέπει την παρακολούθηση της πυκνότητας συμβάντων όπως και προηγουμένως, (πχ. φαίνεται και εδώ ότι στο διάστημα 5-10 min υπήρχε μικρή δραστηριότητα), όμως εδώ η δραστηριότητα παρουσιάζεται ανά συμμετέχοντα συνεργάτη. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα που φαίνεται στο σχήμα ενέπλεξε 4 συνεργάτες, ο πρώτος εκ των οποίων (*thodoris*) παρουσιάζει πολύ πιο έντονη δραστηριότητα από τους άλλους τρεις ενώ ο τέταρτος (*george*) φαίνεται να εντατικοποιείται κύρια κατά το τελευταίο διάστημα.

Στο σχήμα 2 φαίνεται η χωρική αναπαράσταση του ιστορικού παραγωγής της λύσεως. Σε κάθε αντικείμενο της λύσης επισυνάπτεται το σύνολο των συμβάντων που αφορούν το συγκεκριμένο αντικείμενο. Για παράδειγμα η έννοια «server t» ήταν αντικείμενο μιας ακολουθίας επτά συμβάντων (PIMMMM) εκ των οποίων το πρώτο και τα δύο τελευταία έχουν παραχθεί από τον ένα συνεργάτη ενώ τα υπόλοιπα από τον άλλο. Η αναπαράσταση αυτή αποκαλύπτει τα τμήματα της λύσης που υπήρξαν αποτέλεσμα διαπραγμάτευσης, ή περιοχές της λύσης στις οποίες υπάρχει δραστηριότητα ενός μόνο συνεργάτη.



Σχήμα 2. Η διαδικασία κατηγοριοποίησης (annotation) των συμβάντων του διαλόγου.

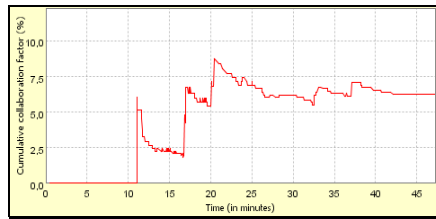
### Διαδικασία κατηγοριοποίησης συμβάντων

Τα εργαλεία συνεργασίας *ModellingSpace* και *Synergo* που χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία παράγουν πλούσια αρχεία συμβάντων, επιχειρούν σε μεγάλο βαθμό την αυτόματη κατηγοριοποίηση των συμβάντων που καταγράφουν. Η αυτόματη κατηγοριοποίηση προκύπτει εύκολα από το εργαλείο ή την εντολή που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή του συμβάντος. Έτσι για παράδειγμα όλα τα συμβάντα εισαγωγής μιας νέας έννοιας στο χώρο εργασίας είναι συμβάντα τύπου «Proposal» ενώ όλα τα συμβάντα κατά τα οποία ο χρήστης επιχειρεί την τροποποίηση της λεκτικής περιγραφής μιας έννοιας κατατάσσονται στην κατηγορία «Modify».

Όμως ένα τμήμα των συμβάντων συνεργασίας είναι αδύνατον να κατηγοριοποιηθούν αυτόματα χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Για παράδειγμα τα μηνύματα άμεσης επικοινωνίας (γραπτά ή προφορικά) που ανταλλάσσονται αφορούν σε μεγάλο βαθμό το προς επίλυση

πρόβλημα και πρέπει να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με το μοντέλο ανάλυσης που χρησιμοποιείται. Στο σχήμα 2 φαίνεται επίσης ένα παράδειγμα κατηγοριοποίησης ενός τέτοιου συμβάντος με διαδικασία απευθείας χειρισμού. Στο παράδειγμα ο *thodoris* προτείνει μια έννοια στον εννοιολογικό χάρτη να είναι ο Server. Συνεπώς αυτό το συμβάν κατηγοριοποιείται ως συμβάν τύπου (*P*)*roposal* και επισυνάπτεται στο αντικείμενο server *t*. Με τον τρόπο αυτό είναι πλέον δυνατόν να υπολογιστούν με περισσότερη ακρίβεια οι δείκτες συνεργασίας.

Μετά από αυτό το στάδιο, σε κάθε αντικείμενο έχει αποτυπωθεί η πλήρης ιστορία δημιουργίας του από τους συνεργάτες, έχει υπολογισθεί δηλαδή ο συντελεστής ιστορίας του. Έτσι είναι δυνατός ο υπολογισμός του συντελεστή συνεργασίας για κάθε ένα αντικείμενο και για την συνολική λύση. Ο δείκτης συνεργασίας *CF* υπολογίζεται και αναπαρίσταται με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος θεωρεί τον δείκτη ως ένα αθροιστικό μέγεθος και αφορά τη συμπεριφορά της ομάδας μέχρι τη στιγμή αυτή. Από την άλλη μεριά, στην δεύτερη περίπτωση, ο δείκτης συνεργασίας υπολογίζεται ανά χρονική περίοδο. Στο παράδειγμα που φαίνεται στο σχήμα 3, παρουσιάζεται το διάγραμμα τιμών του δείκτη συνεργασίας για τη δραστηριότητα της τετραμελούς ομάδας που παρήγαγε τον εννοιολογικό χάρτη του παραδείγματός μας.



Σχήμα 3. Αναπαράσταση του αθροιστικού και περιοδικού δείκτη συνεργασίας.

Στην εικόνα φαίνεται η εξέλιξη του αθροιστικού δείκτη συνεργασίας κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας. Όπως προκύπτει κατά τα πρώτα 10 λεπτά ο δείκτης έχει μηδενική τιμή, αφού τα μέλη της ομάδας δεν έχουν εμπλακεί σε συνεργατικές δραστηριότητες. Στη συνέχεια σταδιακά η συνεργασία αναπτύσσεται κατά το διάστημα 10-20 min όπου ο δείκτης παίρνει τη μέγιστη τιμή (0.077). Στη συνέχεια η συνεργασία φθίνει και η τελική τιμή είναι (0.054).

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ

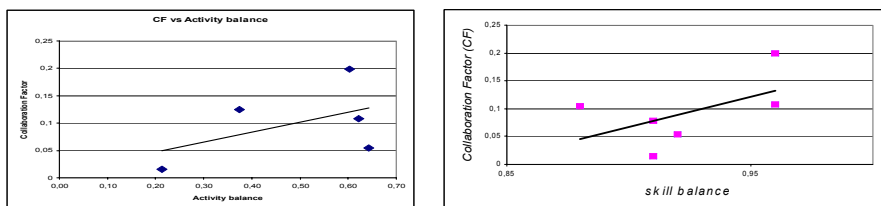
Στη συνέχεια επιχειρείται μια περιγραφή του ρόλου των δεικτών συνεργασίας και των αναπαραστάσεων συνεργατικών δραστηριοτήτων που έγιναν στα πλαίσια μιας αυθεντικής συνεργατικής δραστηριότητας. Η δραστηριότητα αυτή αφορούσε την δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη μιας υπηρεσίας του διαδικτύου, στα πλαίσια ενός σχετικού εργαστηριακού μαθήματος στο τμήμα μας από 6 ομάδες φοιτητών οι οποίες είχαν από 2 έως 4 μέλη (σύνολο 18 φοιτητές). Οι ομάδες αυτές συνεργάστηκαν στα πλαίσια ενός 45λεπτου εργαστηρίου και όλες παρήγαγαν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η καταγραφή του *Δείκτη Συνεργασίας* (*CF*) για μια από τις ομάδες αυτές φαίνεται στο σχήμα 3. Μια πλήρης περιγραφή της μελέτης αυτής περιλαμβάνεται στην εργασία (Avouris, Margaritis, Komis, 2004). Από το σχήμα, το οποίο παράγεται σε πραγματικό χρόνο ο επιβλέπων παρατηρεί τη διαφορετική εξέλιξη της δραστηριότητας για τις ομάδες μιας τάξης.

Επίσης μπορεί να γίνει συσχέτιση άλλων χαρακτηριστικών των ομάδων με τον δείκτη συνεργασίας. Παρατηρείται ότι η σύγκριση του βαθμού συμμετρίας της δραστηριότητας, ο οποίος μετρείται με απλό τρόπο με βάση την τυπική απόκλιση του αριθμού των συνολικών συμβάντων που προκύπτουν ανά συνεργάτη προς τον δείκτη συνεργασίας είναι μεν θετική



(correlation=0,540, βλέπε σχήμα 4) όμως δεν υπάρχει απόλυτα γραμμική συσχέτιση, δηλαδή δεν προκύπτει ότι η απλή καταγραφή του όγκου των συμβάντων και της συσχέτισης τους με τον μέσο όρο είναι επαρκής προσέγγιση έναντι του πιο σύνθετου δείκτη *CF* που προτείνεται εδώ.



Σχήμα 4. Συσχέτιση του δείκτη συνεργασίας *CF* με τον (α) βαθμό συμμετρίας δραστηριότητας (activity balance) και (β) βαθμό συμμετρίας ικανότητας (skill balance) των μελών των ομάδων.

Παρόμοια είναι η συσχέτιση του βαθμού συμμετρίας της ικανότητας της ομάδας στο γνωστικό αυτό αντικείμενο (skill balance), όπως αυτή μετρήθηκε από την τυπική απόκλιση της απόδοσης των μελών της στην τελική εξέταση του μαθήματος με τον δείκτη συνεργασίας. Η συσχέτιση ήταν θετική με τιμή correlation=0,554. Δηλαδή διαπιστώθηκε ότι οι πιο συμμετρικές ομάδες, ως προς την απόδοση των μελών τους στο γνωστικό αντικείμενο, είχαν περισσότερο συνεργατική συμπεριφορά, χωρίς όμως η συσχέτιση να είναι ιδιαίτερα ισχυρή.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε ένα αναλυτικό μοντέλο καταγραφής συνεργατικής δραστηριότητας με στόχο τη μάθηση, το οποίο επιτρέπει τον υπολογισμό δεικτών και την παραγωγή αναπαραστάσεων από εργαλεία ανάλυσης και παρακολούθησης της δραστηριότητας σε πραγματικό χρόνο. Η γενικός χαρακτήρας του μοντέλου, το οποίο μπορεί να συνδυαστεί με διάφορα θεωρητικά αναλυτικά πλαίσια, καθώς και η δυνατότητα του να υπολογίζει δείκτες που αναπαριστούν δυναμικά τη συνεργατική συμπεριφορά μιας ομάδας, κάνουν το προτεινόμενο μοντέλο αφενός ένα ισχυρό αναλυτικό εργαλείο που μπορεί να υποστηρίξει ερευνητικές δραστηριότητες συνεργατικής μάθησης, αφετέρου δε ένα εργαλείο υποστήριξης του καθηγητή που οργανώνει και καθοδηγεί συνεργατικές δραστηριότητες.

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε και τα υπολογιστικό εργαλείο Synergo ([www.ee.upatras.gr/hci/synergo](http://www.ee.upatras.gr/hci/synergo)) που υλοποιεί τις αναλυτικές εξισώσεις των δεικτών και των αναπαραστάσεων που το συνοδεύουν, μπορούν να προσαρμοστούν σε διαφορετικές απαιτήσεις αφού οι δείκτες και οι αναπαραστάσεις μπορεί να καθοριστούν από τον τελικό χρήστη.

Το μοντέλο ανάλυσης συνεργατικής συμπεριφοράς που παρουσιάστηκε αποτελεί μια επέκταση και βελτίωση του μοντέλου OCAF (Anouris et al. 2003), το οποίο έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό σε μελέτες συνεργατικής μάθησης με υπολογιστή. Η κύρια επέκταση του OCAF που περιγράφηκε στην εργασία αυτή αφορά στην εισαγωγή *αφηρημένων αντικειμένων* - συστατικών της λύσης, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διαπραγμάτευσης, πέραν των φυσικών αντικειμένων, ενώ ορίστηκε ένας αριθμός δεικτών και αναπαραστάσεων.

Τέλος στην εργασία αυτή περιγράφηκε μια υλοποίηση του μοντέλου υπό την μορφή εργαλείων ανάλυσης και αναπαράστασης της συνεργασίας, ενώ έγινε αναφορά σε ένα παράδειγμα εφαρμογής του μοντέλου και των εργαλείων στα πλαίσια μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας που περιλάμβανε την συνεργατική ανάπτυξη εννοιολογικών χαρτών από μικρές ομάδες στα πλαίσια ενός πανεπιστημιακού μαθήματος. Η παράθεση ενδεικτικών αναπαραστάσεων των δραστηριοτήτων των ομάδων της μελέτης αυτής (βλέπε σχ.3) αποτελεί

παράδειγμα της δυνατότητας παρακολούθησης και κατανόησης της εξέλιξης της συμπεριφοράς ομάδας μαθητών που συνεργάζονται στα πλαίσια μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας, μέσω του προτεινόμενου μοντέλου και εργαλείου.

### Ευχαριστίες

Η υλοποίηση των εργαλείων που περιγράφηκαν στην εργασία αυτή έχει χρηματοδοτηθεί από τα Έργα IST/2000 *ModellingSpace* της Ευρωπαϊκής Ένωσης και *Ηράκλειτος* του ΥΠΕΘΠ.

### ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Avouris N., Komis V., Margaritis M., Fidas K., (2004), *ModellingSpace: A tool for synchronous collaborative problem solving*, *Proc. AACE ED-Media, Lugano*, June.

Avouris N., Margaritis M., Komis V., (2003), *Real-Time Collaborative Problem Solving: A Study on Alternative Coordination Mechanisms*, Proc. of 3rd IEEE Intern. Conf. Advanced Learning Technology (ICALT), pp.86-90, Athens, July.

Avouris N., Margaritis M., Komis V., (2004), *The effect of group size in synchronous collaborative problem solving activities*, Proc. AACE ED-Media 2004, Lugano, June 2004.

Avouris N.M., Dimitracopoulou A., Komis V., (2003), *On analysis of collaborative problem solving: An object-oriented approach*, Computers in Human Behavior, 19, (2), pp. 147-167.

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.

Dillenbourg, (1999), (Edited by) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches. Advances in Learning and Instruction series*, Pergamon, Elsevier,

Fidas C., Komis V., Tzanavaris S., Avouris N., (2004), *Heterogeneity of learning material in synchronous computer-supported collaborative modeling*, Computers & Education, (in press).

Hoppe, U., & Ploetzner, R. (1999). *Can analytic models support learning in groups?* In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: cognitive and computational approaches* (pp. 147–169). Advances in Learning and Instruction Series Pergamon.

Komis V., Avouris N., Fidas C., (2003), *A study on heterogeneity during real-time collaborative problem solving*, In Proc. CSCL 2003, pp. 411-420, Kluwer Academic Publ.

Martinez, A., Dimitriadis, Y., Rubia, B., Gomez, E., & de la Fuente, P. (2003). *Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions*. Computers & Education, 41, pp. 353–368.

Nardi B. (1995), *Activity Theory and Human-Computer Interaction*, MIT Press, Cambridge

Petrou A., Dimitracopoulou A., (2003), *Is synchronous computer mediated collaborative problem solving only by distance? Teachers views on co-located groups*, Proc. CSCL 2003, pp. 441-450, Kluwer Academic Publ.

Steeple, C., Mayers, T. (1998), A special section on computer – supported collaborative learning. Computers and Education, 30(3/4), 219–221.

Tselios N. K. and Avouris N. M., (2003), *Cognitive Task Modeling for system design and evaluation of nonroutine task domains*, in E. Hollnagen (ed.) *Handbook of Cognitive Task Design*, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 307-332.

Voyiatzaki E., Christakoudis C., Margaritis M., Avouris N., (2004), *Algorithms Teaching in Secondary Education: A collaborative Approach*, Proc. ED-Media 2004, Lugano, June 2004.