

20 Μέθοδοι και Τεχνικές Μοντελοποίησης Συνεργατικών Αλληλεπιδράσεων

Σοφία Χατζηλεοντιάδου, Λεόντιος Χατζηλεοντιάδης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σκοπός

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι η περιγραφή μεθόδων και τεχνικών μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων διαμεσολαβούμενων από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, μέσα από εναλλακτικές διαδικασίες μοντελοποίησης, και με την αξιοποίηση του θεωρητικού υποβάθρου που έχει αποκτηθεί από προηγούμενες ενότητες του βιβλίου αυτού, εξετάζονται δυνατότητες κατανόησης και εκτίμησης χαρακτηριστικών των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Επιπλέον, από την περιγραφή παραδειγμάτων τεχνικών μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, αναδεικνύεται η δυνατότητα αξιοποίησης των παραπάνω χαρακτηριστικών για την παροχή διαμορφωτικής ανατροφοδότησης, με στόχο τη βελτίωση της συνεργασίας.

Έννοιες – Κλειδιά

- Μοντελοποίηση διακριτικών (Discrete) αλληλεπιδράσεων
 - *Lin2k*
 - Ισοζύγιο συνεργατικής δραστηριότητας
 - Ασαφής λογική
 - Ασαφή συστήματα συμπερασμάτων
 - Ασαφή νευρωνικά δίκτυα
 - Ανάλυση ποιοτικού ελέγχου
 - Ανάλυση πολυπλοκότητας
 - Αλγόριθμος Lempel-Ziv
- =====Section Break (Continuous)=====

Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Το παρόν κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερις κύριες ενότητες, στις οποίες γίνεται παρουσίαση μεθόδων και τεχνικών μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, και παρατίθενται παραδείγματα υλοποίησής τους. Στην πρώτη ενότητα εξετάζεται η αναγκαιότητα της μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Στη δεύτερη ενότητα περιγράφεται η διαδικασία μοντελοποίησης και το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο αυτή μπορεί να ενταχθεί. Η τρίτη ενότητα αφορά στην περιγραφή μεθόδων και τεχνικών μοντελοποίησης συνεργατικών δεδομένων, με συνοπτική αναφορά στο απαραίτητο θεωρητικό και μαθηματικό υπόβαθρο για την κατανόησή τους. Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται παραδείγματα μοντελοποίησης στην περιοχή των παραπάνω μεθόδων και τεχνικών. Στην πέμπτη ενότητα εξάγονται συμπεράσματα, και το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τη διατύπωση ερωτημάτων για περαιτέρω συζήτηση και εξοικείωση με το αντικείμενο.

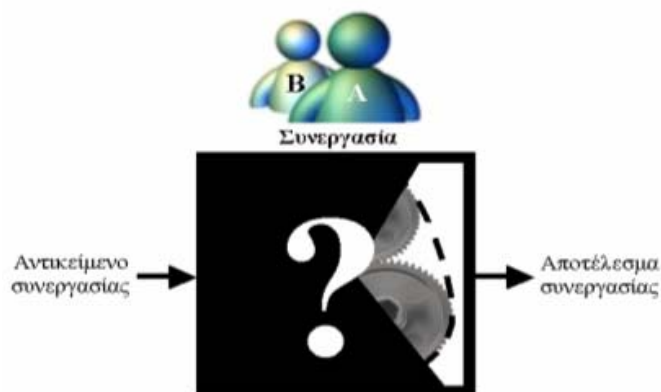
20.1 Η Αναγκαιότητα της Μοντελοποίησης

Ο άνθρωπος, στην προσπάθειά του να αναπαραστήσει τις εννοιολογικές δομές του γνωστικού του συστήματος, μπορεί, μεταξύ άλλων, να χρησιμοποιεί υψηλού επιπέδου νοητικά κατασκευάσματα, τα *νοητικά μοντέλα* (mental models) (Βοσνιάδου, 1998). Η χρήση υπολογιστικών συστημάτων, και η ανάπτυξη κατάλληλων μεθόδων και τεχνικών, επεκτείνουν τη δυνατότητα του ανθρώπου να αναπαραστήσει πιο πολύπλοκα συστήματα κατασκευάζοντας *υπολογιστικά μοντέλα* (computational models). Βάσει αυτών, μπορεί να αντιληφθεί νέες παραμέτρους της λειτουργίας τους, ή/και να επιχειρήσει προβλέψεις της συμπεριφοράς τους, και ενδεχομένως να οδηγηθεί σε αναδιάρθρωση των εννοιολογικών του δομών αναφορικά με τα συστήματα που μελετά (Βοσνιάδου, 1998). Προφανώς τα μοντέλα αυτά, όπως και τα νοητικά, αποτελούν ατελείς αναπαραστάσεις της πραγματικότητας. Συνεπώς, η ανάπτυξή τους συνοδεύεται από διαδικασίες ελέγχου της αξιοπιστίας τους, αλλά, συγχρόνως, και βελτιστοποίησης των χρησιμοποιούμενων μεθόδων και τεχνικών.

Τα τελευταία χρόνια αξιοποιούνται μέθοδοι και τεχνικές για τη μοντελοποίηση συνεργατικών αλληλεπιδράσεων διαμεσολαβούμενων από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Μια τέτοια προσπάθεια στοχεύει στην καλύτερη κατανόηση και πρόβλεψη χαρακτηριστικών των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Η γνώση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί περαιτέρω για την παροχή κατάλληλης υποστήριξης στους συνεργαζόμενους *κατά την εξέλιξη* της συνεργασίας, με στόχο τη βελτιστοποίησή της. Έτσι, η μοντελοποίηση επιχειρεί να αποκαλύψει τους μηχανισμούς που ενεργοποιούνται στο επίπεδο της συνεργασίας όταν, για παράδειγμα, το ζεύγος (A-B) εμπλέκεται σε μια

συνεργατική δραστηριότητα πάνω στο αντικείμενο συνεργασίας, στοχεύοντας σε ένα αποτέλεσμα (Σχήμα 20.1).

"Η συνεργασία δεν πρέπει να θεωρείται ως ένα 'μαύρο' κουτί (black box). Αντίθετα, η εστίαση στις συνεργατικές αλληλεπιδράσεις μπορεί να παρέχει καλύτερη κατανόηση των εμπλεκόμενων μηχανισμών." (Dillenbourg, 1999, p. 17)



Σχήμα 20.1 Εστίαση στις Συνεργατικές Αλληλεπιδράσεις με στόχο την Αποκάλυψη και τη Μοντελοποίηση των Εμπλεκόμενων Μηχανισμών Συνεργασίας

20.2 Διαδικασία Μοντελοποίησης Συνεργατικών Δεδομένων

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι συνεργατικές δραστηριότητες είναι διαμεσολαβούμενες από τον υπολογιστή, η μελέτη και κατανόησή τους βασίζεται στο πλήθος των εμπειρικών δεδομένων που συλλέγονται και καταγράφονται από το σύστημα-διαμεσολαβητή όταν οι συνεργαζόμενοι εκτελούν *ενέργειες* (operations) (π.χ. "κλικ" με το ποντίκι), ή *δράσεις* (actions) (π.χ. *δήλωση ενέργειας* - ΔΕ - και καταχώριση κειμένου σε κατάλληλο πεδίο) στις *διεπαφές* (interfaces) που χρησιμοποιούν. Είναι προφανές ότι η μοντελοποίηση των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων αφορά ουσιαστικά στην ανακάλυψη νέας, αξιόπιστης, κατανοητής και αξιοποιήσιμης γνώσης από τα παραπάνω εμπειρικά δεδομένα, μέσα από μια *διαδικασία* (process) που περιλαμβάνει τα παρακάτω βασικά στάδια (Fayyad et al., 1996, Soller et al., 2004):

- προσδιορισμός του θεωρητικού-παιδαγωγικού υποβάθρου στα πλαίσια του οποίου αποκτά νόημα η μοντελοποίηση και προσδιορίζεται το περιεχόμενο αλλά και ο αποδέκτης της ανατροφοδότησης

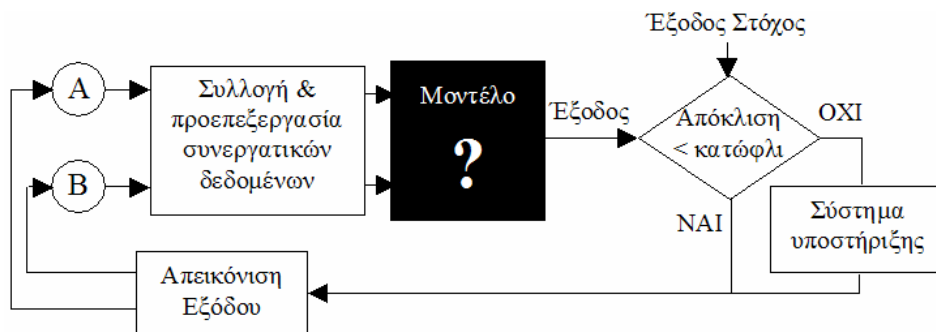
- καθορισμός του πρωτοκόλλου των εμπειρικών δεδομένων τα οποία θα πρέπει να συλλεγούν προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι στόχοι της μοντελοποίησης. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλα προετοιμασμένα πεδία και πλήκτρα των διεπαφών, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη την εκτέλεση συγκεκριμένων ενεργειών. Με τον τρόπο αυτό, οι διεπαφές υλοποιούν ένα σύστημα *διαχείρισης της επικοινωνίας* (communication management) (Churher et al., 1997), το οποίο κατά περίπτωση μπορεί:
 - ο να διαφοροποιεί το βαθμό ελευθερίας της έκφρασης, ποικίλλοντας το είδος και τη χρήση των πλήκτρων και των πεδίων (Barros & Verdejo, 1999, Χατζηλεοντιάδου, 2000, McManus & Aiken, 1995, Jermann & Schneider, 1997, Robertson et al., 1998, Soller et al., 1999, Rosatelli & Self, 2002, Cahn & Brennan, 1999) (βλέπε π.χ., ΑΦ και ΔΕ Κεφ. 11),
 - ο να προκαλεί διαφορετικές νοητικές λειτουργίες στο υποκείμενο (π.χ. σε γνωστικό ή μεταγνωστικό επίπεδο) (Barros & Verdejo, 1999, Χατζηλεοντιάδου, 2000), και
 - ο να επιβάλλει ή όχι δεσμεύσεις που αφορούν στη *διαδοχή* (turn-taking) των αλληλεπιδράσεων (Barros & Verdejo, 1999), π.χ. κατά τη χρήση ΔΕ μετά την πρόταση να ακολουθεί υποχρεωτικά μια αντιπρόταση (Γρηγοριάδου et al., 2004).

Το πρωτόκολλο των εμπειρικών δεδομένων, εκτός από το είδος των ενεργειών και το περιεχόμενο των δράσεων, προβλέπει καταγραφή στοιχείων που αφορούν στο υποκείμενο κάθε ενέργειας, στο χρόνο διεξαγωγής της, καθώς και σε θέματα κωδικοποίησης των δεδομένων κατά την καταχώρισή τους σε αρχεία δεδομένων (logfiles), ή συνήθεστερα σε βάση δεδομένων (database) με την οποία είναι δυναμικά συνδεδεμένες οι διεπαφές.

- προεπεξεργασία των εμπειρικών δεδομένων και ανάπτυξη στρατηγικών σχετικά με τη συμπλήρωση ή απαλοιφή των ελλিপών καταγραφών στο μέσο αποθήκευσης
- επιλογή κατάλληλων μεθόδων και τεχνικών (βλέπε ενότητα 20.3) για τη μοντελοποίηση της τρέχουσας και της επιθυμητής κατάστασης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων
- αξιοποίηση της πληροφορίας που προκύπτει από τη διαδικασία μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, εάν διαπιστωθεί ότι η απόκλιση της εξόδου του μοντέλου από την έξοδο-στόχος είναι μεγαλύτερη από ένα *κατώφλι* (όριο), ενεργοποιείται ένα σύστημα υποστήριξης το οποίο παρέχει κατάλληλη ανατροφοδότηση στους συνεργαζόμενους (π.χ. στο ζεύγος A-B) με στόχο τη σύγκλιση των δύο εξόδων (μοντέλου και στόχου). Η σύγκλιση

αυτή αναμένεται να προκύψει από διαδικασίες *αυτορύθμισης* (self regulation) των συνεργαζόμενων κατά την *εσωτερίκευση* (internalization) (Leontiev, 1978) της πληροφορίας ανατροφοδότησης, η οποία κινείται στο μεταγνωστικό επίπεδο (βλέπε Κεφ.4) (Flavell, 1979, Kluwe, 1982, Flavell, 1987, Brown, 1987, Borkowski et al., 1990, Borkowski & Muthukrishna, 1992, Livingston, 1997, Paris & Winograd, 1990). Με τον τρόπο αυτό, η πρόκληση σκέψεων ανώτερων (μεταγνωστικών) επιπέδων αξιοποιείται ως μέσο άσκησης στρατηγικών βελτίωσης της επίδοσης χαμηλότερων (γνωστικών) επιπέδων. Η παραπάνω ενέργεια είναι συνειδητή και άμεσα αντιληπτή από το υποκείμενο που την ασκεί, συνεπώς είναι διατυπώσιμη. Έτσι, στα πλαίσια της υποστηρικτικής παρέμβασης, η τυχόν προκαλούμενη μεταγνωστική δραστηριότητα του υποκειμένου μπορεί να είναι μεταφράσιμη και μετρήσιμη από το σύστημα κατά την εξέλιξη της δραστηριότητας (Borkowski & Muthukrishna, 1992, Carr et al., 1994, Davidson et al., 1994). Το γεγονός αυτό επιτρέπει την επανεκτίμηση της απόκλισης από τον επιθυμητό στόχο, και τη δυναμική προσαρμογή της υποστήριξης προς την κατεύθυνση της επίτευξής του.

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται στο Σχήμα 20.2, στο οποίο γίνεται φανερή η θέση του μοντέλου στη διαδικασία διαχείρισης της συνεργατικής δραστηριότητας, το οποίο ως *τέχνημα* (Engeström, 1990) αναμένεται να συμβάλλει στη διαμεσολάβηση της νόησης (βλέπε Κεφ. 1, 2). Στις παραγράφους που ακολουθούν εξετάζονται διεξοδικά διάφορες προτάσεις για το "άγνωστο" μοντέλο του σχήματος.



Σχήμα 20.2 Η Διαδικασία Διαχείρισης των Συνεργατικών Δεδομένων, και ο ρόλος του Μοντέλου

20.3 Μέθοδοι και Τεχνικές Μοντελοποίησης

Ως μοντελοποίηση ορίζεται η χρήση μιας μεθόδου που υλοποιείται μέσω τεχνικών για τον προσδιορισμό μιας διαδικασίας που αντιστακλά, όσο το δυνατόν καλύτερα, την πραγματική συμπεριφορά του συστήματος μέσω μιας ή περισσότερων *παραμέτρων* (parameters). Η εκτίμηση των παραμέτρων αυτών περιγράφει τη συμπεριφορά του μοντέλου, η οποία εκφράζεται με κατάλληλους *δείκτες* (indicators) στην έξοδό του.

Οι δείκτες αυτοί (έξοδοι του χρησιμοποιούμενου μοντέλου), ανάλογα με την απαιτούμενη υπολογιστική πολυπλοκότητά τους, περιγράφουν χαρακτηριστικά των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων σε ποικίλα επίπεδα αφαίρεσης. Για παράδειγμα, ένας δείκτης θα μπορούσε να προκύψει από τη μοντελοποίηση του είδους των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων κάθε συνεργαζόμενου, παρέχοντας συμπεράσματα σχετικά με το τρέχον επίπεδο συμμετοχής τους στη συνεργασία (μοντελοποίηση τρέχουσας κατάστασης αλληλεπιδράσεων). Από την άλλη μεριά, η απόκλιση των δεικτών αυτών από μια επιθυμητή τιμή-στόχο αποτελεί μέσω "διάγνωσης" της τρέχουσας κατάστασης, ο δε μηδενισμός της απόκλισης το στόχο της ανατροφοδότησης προς τους συνεργαζόμενους (Soller et al., 2004).

Από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι προσεγγίσεις κυρίως από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, όπως π.χ. αναγνώριση προτύπων (pattern recognition), μηχανική μάθηση (machine learning), δίκτυα Bayes (Bayesian networks), δέντρα αποφάσεων (decision trees), κλπ, έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση και επεξεργασία των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων (Fayyad et al., 1996, Tedesco & Rosatelli, 2004, Soller & Lesgold, 2000a,b, Jermann et al., 2001, Beck & Stern, 1999). Οι προσεγγίσεις αυτές περιλαμβάνουν μοντελοποιήσεις χαρακτηριστικών των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων που έχουν σχέση με το *νόημα του αντικειμένου της συνεργασίας* και την *ανάπτυξη του* (task-based interactions), αλλά και χαρακτηριστικά που αναφέρονται στις *κοινωνικές παραμέτρους των συνεργατικών δεξιοτήτων* (social factors of collaborative skills), δηλαδή που αφορούν στον *τρόπο* με τον οποίο κάθε υποκείμενο συνεργάζεται (π.χ. με βάση το *είδος των συμβολών του* στη συνεργασία).

Στη συνέχεια περιγράφονται μέθοδοι και τεχνικές μοντελοποίησης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων που αφορούν στη χρήση της *ασαφούς λογικής* (fuzzy logic - FL), στα *ασαφή νευρωνικά δίκτυα* (fuzzy neural networks - FNNs), στην *ανάλυση ποιοτικού ελέγχου* (quality control analysis - QCA), και στην *ανάλυση πολυπλοκότητας* (complexity analysis - CA) της διαδοχής των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, αντίστοιχα.

20.3.1 Βασικά Στοιχεία της Ασαφούς Λογικής

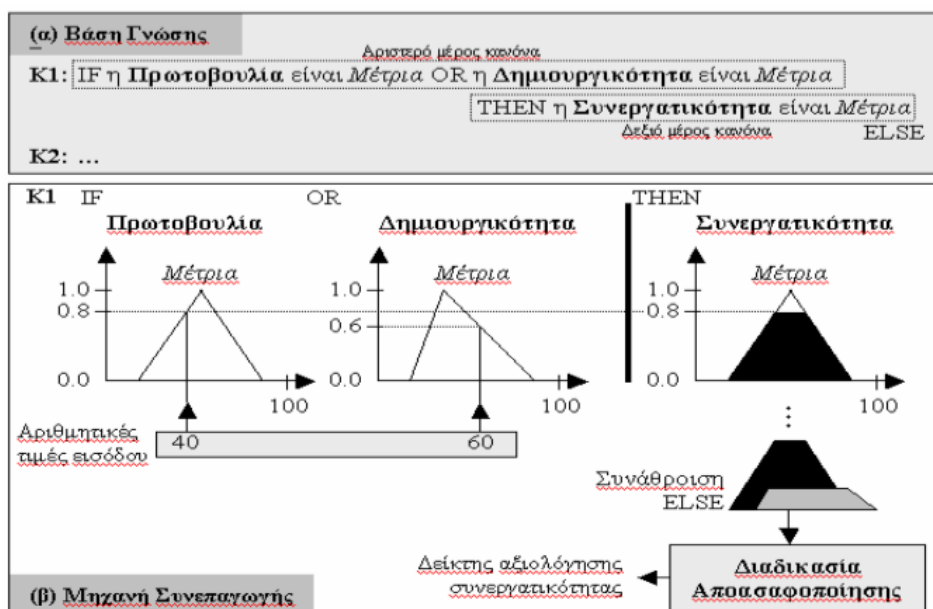
Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, ένα αντικείμενο μπορεί να ανήκει ή να μην ανήκει σε κάποιο σύνολο. Για παράδειγμα, ένας μαθητής ανήκει ή όχι σε μια ομάδα. Στην περίπτωση αυτή, οι δύο καταστάσεις "δεν ανήκει" και "ανήκει" μπορούν να απεικονιστούν σε μαθηματικό επίπεδο με το 0 και το 1, αντίστοιχα. Σε πολλές όμως καταστάσεις, οι οποίες δε μπορούν να προσδιοριστούν με τον παραπάνω αυστηρό τρόπο, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν περιγραφές που απεικονίζουν μια ενδιάμεση κατάσταση. Για παράδειγμα, "η θερμοκρασία των 16° C είναι χαμηλή". Η έκφραση αυτή περιέχει υποκειμενική άποψη και δε μπορεί να απεικονιστεί στο μαθηματικό επίπεδο με το 0 ή το 1, όπως παραπάνω (τα οποία θα απεικόνιζαν το "δεν είναι", ή "είναι χαμηλή", αντίστοιχα). Στην περίπτωση αυτή, απαιτούνται αντιστοιχίες (ενδιάμεσες τιμές μεταξύ του 0 και 1) οι οποίες θα εκφράσουν υποκειμενικές ερμηνείες της έννοιας "χαμηλή", όπως π.χ. "πάρα πολύ χαμηλή", "πολύ χαμηλή", "λίγο χαμηλή", κλπ. Έτσι, από την Αριστοτελική λογική (0 ή 1) μεταβαίνουμε σε μια νέα λογική που λαμβάνει υπόψη της την ασάφεια, την ασαφή λογική (fuzzy logic - FL).

Η FL, που εισήχθη από τον Zadeh το 1965 (Zadeh, 1965), παρέχει τη δυνατότητα να απεικονιστεί η μερική συμμετοχή σε ένα σύνολο με τη χρήση των *συναρτήσεων συμμετοχής* (membership functions - MFs). Πιο συγκεκριμένα, οι MFs αποτελούν συναρτήσεις οι οποίες μπορούν να έχουν διάφορα σχήματα (τριγωνικές, τραπεζοειδείς, κλπ), και περιγράφουν το βαθμό συμμετοχής κάποιου στοιχείου ενός συνόλου στο σύνολο αυτό. Για παράδειγμα, η τιμή της θερμοκρασίας 16° C ανήκει στο σύνολο {χαμηλή θερμοκρασία} με ένα βαθμό συμμετοχής, π.χ. 0.6, ενώ αντίστοιχα η θερμοκρασία 24° C ανήκει στο ίδιο σύνολο με βαθμό συμμετοχής, π.χ. 0.1. Έτσι, θεωρώντας τη "θερμοκρασία" ως μια *γλωσσολογική μεταβλητή* (linguistic variable) η οποία παίρνει *ασαφείς τιμές* (fuzzy values), π.χ. "πολύ χαμηλή", "χαμηλή", κλπ, είναι δυνατή η ευέλικτη απεικόνισή της στο μαθηματικό επίπεδο σε *ασαφείς αριθμούς* (fuzzy numbers) (0.6 και 0.1, στο παράδειγμά μας). Τα παραπάνω αξιοποιούνται στα πλαίσια εξαγωγής συμπερασμάτων.

20.3.2 Ασαφή Συστήματα Εξαγωγής Συμπερασμάτων

Στο χώρο της μοντελοποίησης έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές αξιοποίησης των χαρακτηριστικών της ασαφούς λογικής, όπως το έμπειρο *Ασαφές Σύστημα Εξαγωγής Συμπερασμάτων* (fuzzy inference system - FIS) τύπου Mamdani (Zadeh, 1965). Ένα FIS επιχειρεί να μοντελοποιήσει τη γνώση ενός ειδικού που γνωρίζει το προς μοντελοποίηση σύστημα, και μπορεί να το περιγράψει γλωσσολογικά με μια σειρά από *ασαφείς κανόνες* (fuzzy rules) τύπου IF/THEN. Με τους κανόνες αυτούς αποτυπώνεται η γνώση του ειδικού, και το σύνολό τους αποτελεί τη *βάση γνώσης* (knowledge base). Στο *Σχήμα 20.3α* απεικονίζεται ένα παράδειγμα της δομής της βάσης γνώσης ενός FIS, οι

κανόνες της οποίας έχουν δυο μέρη, το αριστερό και το δεξιό (Tsoukalas & Uhrig, 1997). Στο μαθηματικό επίπεδο του FIS, λειτουργεί η *ασαφής μηχανή συνεπαγωγής* (fuzzy inference engine) (Σχήμα 20.3β), η οποία εκτελεί τους μαθηματικούς υπολογισμούς για να εξάγει ένα συμπέρασμα (με βάση τη γνώση του ειδικού), σχετικά με κάποιες τιμές που εισάγονται στο FIS (Tsoukalas & Uhrig, 1997, Wang, 1997). Στο Σχήμα 20.3β απεικονίζεται ο τρόπος με τον οποίο το FIS, όταν δεχθεί τιμές των γλωσσολογικών μεταβλητών "πρωτοβουλία" και "δημιουργικότητα", 40 και 60 αντίστοιχα, μπορεί να εξάγει ως συμπέρασμα την τιμή της γλωσσολογικής μεταβλητής "συνεργατικότητα" (δείκτης εξόδου του FIS).



Σχήμα 20.3 Λειτουργικό Παράδειγμα Ασαφούς Συστήματος Εξαγωγής Συμπερασμάτων (FIS)

(α) Γλωσσολογικό επίπεδο-Βάση γνώσης και (β) Αναλυτικό επίπεδο όπου η μηχανή συνεπαγωγής αντιστοιχίζει τις αριθμητικές τιμές εισόδου (πρωτοβουλία 40 και δημιουργικότητα 60) στους ασαφείς αριθμούς 0.8 και 0.6 αντίστοιχα, με τη βοήθεια των τριγωνικών συναρτήσεων συμμετοχής. Ο τελεστής OR του κανόνα συνθέτει τους παραπάνω αριθμούς και εξάγει ένα νέο ασαφή αριθμό (0.8) που εκφράζει το αριστερό μέρος του κανόνα. Ο τελεστής IF/THEN, με βάση τον αριθμό αυτό, αποκόπτει τη MF του δεξιού μέρους του κανόνα. Ο τελεστής ELSE συναθροίζει τις περιοχές των MFs που έχουν απομείνει στο δεξιό μέρος των κανόνων, και παράγει μια σύνθετη επιφάνεια-έξοδο του FIS. Ακολούθως, η επιφάνεια αυτή αποασαφοποιείται, δηλαδή υπολογίζεται η ισοδύναμη αριθμητική τιμή, που αποτελεί το ζητούμενο δείκτη αξιολόγησης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων

Η μοντελοποίηση της γνώσης του ειδικού με ένα *έμπειρο σύστημα* (expert system), όπως το FIS τύπου Mamdani, δεν απαιτεί την εξαντλητική περιγραφή (βλέπε Κεφ. 3), καθώς, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά της FL, μπορεί να απεικονίζει την πολυπλοκότητα της γλωσσολογικής περιγραφής σε μαθηματικά σύμβολα. Η προσέγγιση, ωστόσο, υπόκειται σαφώς στον περιορισμό της ύπαρξης της γνώσης του ειδικού σχετικά με το υπό μελέτη θέμα.

20.3.3 Ασαφή Νευρωνικά Δίκτυα

Αντίθετα με τα FIS, τα ασαφή νευρωνικά δίκτυα (FNNs) δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη της γνώσης, αλλά την εξάγουν από τα εμπειρικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, τα FNNs χρησιμοποιούν ένα τροποποιημένο FIS για τη μοντελοποίηση του συστήματος, χρησιμοποιώντας μια μέθοδο *μάθησης* (learning) μέσα από τα εμπειρικά δεδομένα για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του. Ειδικότερα, στο μαθηματικό επίπεδο οι IF/THEN κανόνες απεικονίζονται με ένα πολυεπίπεδο δίκτυο αλληλοσυνδεδεμένων κόμβων, οι οποίοι σε κάθε επίπεδο επιτελούν συγκεκριμένες μαθηματικές πράξεις, οι δε συνδέσεις τους αντιπροσωπεύουν τις άγνωστες παραμέτρους του μοντέλου. Έτσι, το σύστημα αυτό, αρχικά μοιάζει να είναι το μαύρο κουτί όπως απεικονίζεται στο *Σχήμα 20.2*. Από τη διαμεσολαβούμενη συνεργασία, ωστόσο, υπάρχουν καταγεγραμμένα ιστορικά παραδείγματα εισόδου-εξόδου από το σύστημα αυτό, τα οποία χρησιμοποιούνται για την *εκπαίδευση* (training) του μοντέλου. Κατά τη διαδικασία αυτή εισάγονται στο σύστημα τα παραπάνω δεδομένα, και μέσω κατάλληλου αλγορίθμου (π.χ. backpropagation), και μιας επαναληπτικής διαδικασίας (epochs), προσδιορίζονται οι βέλτιστες τιμές των άγνωστων παραμέτρων και το πλήθος των κανόνων του μοντέλου, επιτυγχάνοντας την εκπαίδευσή του. Έτσι, το αρχικά άγνωστο σύστημα προσαρμόζει τη δομή του, ώστε να είναι ικανό να απεικονίζει τα δεδομένα εισόδου στα δεδομένα εξόδου, με ένα αποδεκτό μέσο *τετραγωνικό σφάλμα RMSE*. Το εκπαιδευμένο FNN, ακολούθως, έχει την ικανότητα να παράγει την έξοδο όταν εισαχθούν σε αυτό άγνωστες τιμές εισόδου, δηλαδή να προβλέπει (Tsoukalas & Uhrig, 1997, Horikawa et al., 1992).

Τα FNNs συνδυάζουν την ικανότητα των νευρωνικών δικτύων να εξάγουν τη δομή ενός μοντέλου από εμπειρικά δεδομένα, με την ιδιότητα της FL να καθιστά κατανοητή αυτή τη δομή μέσω της περιγραφής της με κανόνες τύπου IF/THEN. Η αξιοπιστία των FNNs εξαρτάται από το πλήθος και την αντιπροσωπευτικότητα των ιστορικών δεδομένων εισόδου-εξόδου που χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης. Η χρήση των FNNs για τη μοντελοποίηση των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων μπορεί να συμβάλει στην ανάδειξη γνώσης που υπάρχει στα εμπειρικά δεδομένα και δεν είναι δυνατό να ανιχνευτεί από τον άνθρωπο.

20.3.4 Ανάλυση Ποιοτικού Ελέγχου

Η ανάλυση ποιοτικού ελέγχου (quality control analysis - QCA) είναι μια στατιστική μέθοδος ελέγχου της ποιότητας σειράς υποομάδων δειγμάτων που λαμβάνονται από την παραγωγική διαδικασία ενός προϊόντος ή υπηρεσίας. Στόχος του ελέγχου είναι ο εντοπισμός τυχόν αποκλίσεων που μπορεί να προκύψουν ως προς την ποιότητα κάποιου χαρακτηριστικού (Montgomery, 1985).

Η διαδικασία ελέγχου του υπόψη χαρακτηριστικού υποστηρίζεται από την κατασκευή δυο γραφημάτων, το R-chart και X-bar chart. Το πρώτο υπολογίζει το εύρος των δειγμάτων που λαμβάνονται για κάθε υποομάδα, ενώ το δεύτερο εντοπίζει τις υποομάδες με ασυνήθιστα υψηλές (ή χαμηλές) μέσες τιμές. Ανάλογα με το χαρακτηριστικό που ελέγχεται, υπολογίζεται με στατιστικό τρόπο σε κάθε διάγραμμα μια κεντρική γραμμή (centerline) και δυο άλλες, σε απόσταση $\pm 3std$ (τυπική απόκλιση) από αυτή, που υλοποιούν τα αποδεκτά όρια κατά τη διαδικασία ελέγχου (upper and lower limits) (βλέπε Κεφ. 21 σχετικά με την τυπική απόκλιση). Εάν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής παρατηρηθεί μια τάση για απόκλιση από τις γραμμές των ορίων, τότε η διαδικασία δηλώνεται ως *εκτός ελέγχου* (out of control) και ενεργοποιούνται διαδικασίες *συναγερμού* (alert).

Περαιτέρω ερμηνεία των R-chart και X-bar chart μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με τα ιστογράμματα των κανόνων Western Electric Company (WECO) (NIST/SEMATECH). Αυτά απεικονίζουν την ενεργοποίηση κάθε κανόνα κάτω από προκαθορισμένες συνθήκες (NIST/SEMATECH), οι οποίες νοηματοδοτούν τα ιστογράμματα που τους απεικονίζουν (Rada & Hu, 2002, Strauss & Ebenau, 1994).

Θεωρώντας τη συνεργασία ως μια παραγωγική διαδικασία, η μέθοδος QCA μπορεί να αξιοποιηθεί για τον έλεγχο της ποιότητάς της. Πιο συγκεκριμένα, ορίζοντας ως δείκτη αναφοράς την απόκλιση της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων των υποκειμένων, η παραπάνω μέθοδος μπορεί να συμβάλει στον εντοπισμό περιπτώσεων κατά τις οποίες παρατηρείται τάση για αύξηση της απόκλισης αυτής εκτός αποδεκτών ορίων.

20.3.5 Ανάλυση Πολυπλοκότητας

Η ανάλυση πολυπλοκότητας (complexity analysis - CA) μπορεί να αποκαλύψει *πρότυπα* (patterns) σε σειρές δεδομένων, δηλαδή συστηματικά χαρακτηριστικά τους τα οποία δε μπορούν να ανιχνευθούν από τον άνθρωπο, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν για την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων. Προς την κατεύθυνση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αλγόριθμος Lempel-Ziv (Lempel & Ziv, 1976), ο οποίος με δυο απλές διαδικασίες, τη σύγκριση και την άθροιση, οδηγεί στον υπολογισμό ενός δείκτη πολυπλοκότητας *CP* σε

σειρές δεδομένων τα οποία μπορούν να παρασταθούν ως συμβολοσειρά, π.χ. $P = \text{ABAABBAABBAABAAAB ABA AAAABABBABABBBBABB}$. Η συμβολοσειρά σαρώνεται από αριστερά προς τα δεξιά και ένας μετρητής $cc(n)$ (όπου n είναι το πλήθος των προτύπων) μετρά τον αριθμό των διακριτών προτύπων που ανιχνεύονται σε αυτή (π.χ. 9, $\{B^*A^*BB^*ABA^*ABBB^*ABBAA^*BBBABA^*ABBAAAB^*BBABBABA^*\}$ για την παραπάνω συμβολοσειρά P). Πιο συγκεκριμένα, η σάρωση ξεκινά με έλεγχο των δυο πρώτων συμβόλων της P και αρχική τιμή $cc(n) = 1$, (το πρώτο σύμβολο αποτελεί το πρώτο πρότυπο). Το δεύτερο σύμβολο συγκρίνεται με το πρώτο και εφόσον δε διαφέρει, ανήκει στο ίδιο πρότυπο. Στην περίπτωση που διαφέρει, αποτελεί νέο πρότυπο και ο δείκτης $cc(n)$ προσαυξάνεται κατά μια μονάδα. Ακολούθως επιλέγεται το δεύτερο και το τρίτο σύμβολο της σειράς P και συγκρίνονται με τα δυο πρώτα. Στην περίπτωση που αποτελούν διαφορετικό πρότυπο ο δείκτης $cc(n)$ προσαυξάνεται κατά μια μονάδα. Όταν με την παραπάνω διαδικασία σαρωθεί όλος το μήκος της συμβολοσειράς P , τότε ο μετρητής $cc(n)$ έχει καταγράψει το πλήθος των προτύπων. Καθώς ο μετρητής αυτός εξαρτάται από το μήκος της P , αντί αυτού υπολογίζεται η τιμή ενός κανονικοποιημένου δείκτη $CP(n)$ ο οποίος είναι ανεξάρτητος από το μήκος της P .

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι ο αλγόριθμος Lempel-Ziv οδηγεί πολύ εύκολα στον υπολογισμό του $CP(n)$, γεγονός που καθιστά ελκυστική την επιλογή του σε σύγκριση με άλλες πιο πολύπλοκες μεθόδους υπολογισμού του δείκτη πολυπλοκότητας σε σειρές δεδομένων (Pincus, 1995, Tononi & Edelman, 1998, Klonowski et al., 1999). Θεωρώντας ως συμβολοσειρά τη διαδοχή των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων (π.χ. ενδεικτικά όπως παραπάνω η P για δύο συνεργαζόμενους A και B), ο υπολογισμός του δείκτη CP μπορεί να αποτελέσει ένα δείκτη της συστηματικότητας του διαλόγου (Dillenburg et al., 1997). Πιο συγκεκριμένα, όταν επικρατεί το πρότυπο $[A^*B]$ (συστηματική εναλλαγή στην υποβολή των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων από τον A και B συνεργαζόμενο) είναι $CP = 0$, ενώ όταν $CP = 1$ δεν είναι γνωστό ποιος υποβάλει την επόμενη συμβολή, συνεπώς δεν υπάρχει συστηματικότητα στη διαδοχή τους. Ο δείκτης αυτός μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση του ρόλου των συνεργαζόμενων κατά την εξέλιξη της συνεργασίας.

20.4 Εφαρμογές Τεχνικών Μοντελοποίησης Συνεργατικών Αλληλεπιδράσεων κατά τη Μελέτη Θεμάτων Περιβάλλοντος

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται εφαρμογές τεχνικών μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που παρήχθησαν από πειραματικές χρήσεις του διαδικτυακού περιβάλλοντος *Lin2k* (Χατζηλεοντιάδου, 2000, Hadjileontiadou *et. al.*, 2003a) κατά τη μελέτη θεμάτων περιβάλλοντος. Για την καλύτερη κατανόηση των εφαρμογών, αλλά και του ρόλου των δεικτών (έξοδος μοντέλων) που συμβάλλουν στην υποστήριξη της συνεργασίας (βλέπε Σχήμα 20.2), στη αρχή περιγράφεται συνοπτικά το συνεργατικό περιβάλλον *Lin2k*.

20.4.1 Συνεργατικές Αλληλεπιδράσεις στο Περιβάλλον του *Lin2k*

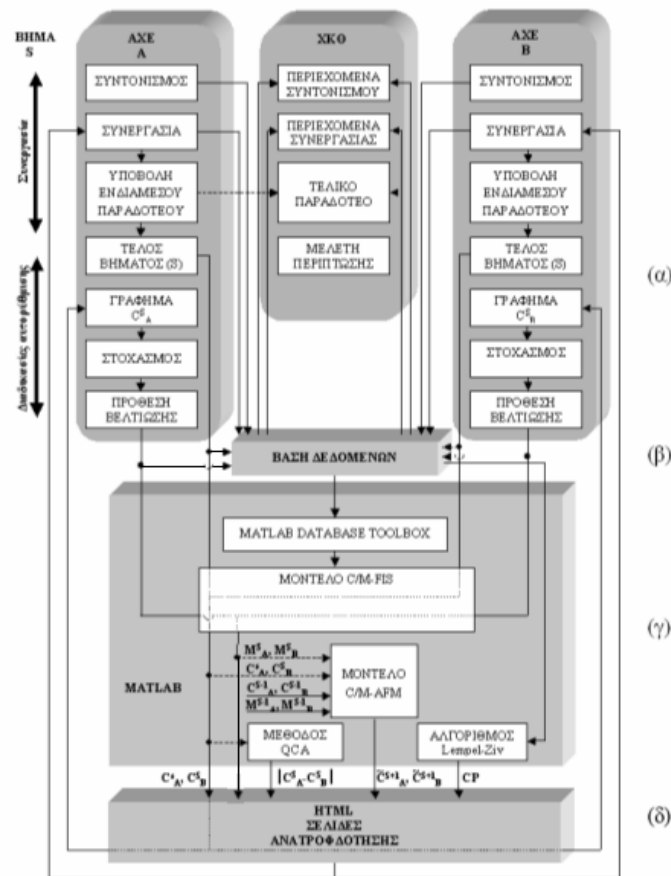
Το *Lin2k* αποτελεί ένα περιβάλλον που υποστηρίζει την ασύγχρονη, διαδικτυακή, γραπτή συνεργασία δυο συνεργαζόμενων Α και Β. Το αντικείμενο συνεργασίας είναι μια μελέτη περίπτωσης (case study).⁵⁶ Η συνεργασία εξελίσσεται σε έξι βήματα (steps), δηλαδή αυτοτελείς περιόδους συνεργασίας σύμφωνα με τη μεθοδολογική προσέγγιση της μελέτης περίπτωσης (Easton, 1982), ως εξής:

Βήμα 1:	Κατανόηση της κατάστασης	Βήμα 4:	Πρόβλεψη των αποτελεσμάτων κάθε λύσης
Βήμα 2:	Διάγνωση των προβληματικών περιοχών	Βήμα 5:	Αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων
Βήμα 3:	Παραγωγή εναλλακτικών λύσεων	Βήμα 6:	Επιλογή της βέλτιστης λύσης

Η διαμόρφωση του τελικού κειμένου (αποτέλεσμα της συνολικής συνεργασίας) γίνεται με τη διαδοχική υποβολή ενδιάμεσων κειμένων-παραδοτέων που αποτελούν το αποτέλεσμα κάθε βήματος συνεργασίας. Σε κάθε βήμα συνεργασίας αναπτύσσεται, επιπλέον, ένας παράλληλος γραπτός διάλογος, ο οποίος αφορά στο συντονισμό της συνεργατικής δραστηριότητας (π.χ. διάλογος που αφορά σε θέματα τήρησης χρονοδιαγράμματος της εργασίας). Για την εξυπηρέτηση των διαλόγων προβλέπονται διεπαφές που αποτελούν χώρους εργασίας, και ανάλογα με τη δυνατότητα θέασής τους

⁵⁶ Η μελέτη περίπτωσης αποτελεί μια εκπαιδευτική μεθοδολογία που επιτρέπει την προσέγγιση σύνθετων, και συνήθως ημιδομημένων προβλημάτων, που τίθενται μέσα από την περιγραφή πραγματικών καταστάσεων. Στόχος δεν είναι η αναζήτηση μιας μοναδικής λύσης των προβλημάτων που μελετώνται, αλλά της βέλτιστης μεταξύ εναλλακτικών, γεγονός που εμπλέκει τους συνεργαζόμενους στην ανάπτυξη διαλόγου.

διακρίνονται σε ατομικούς χώρους εργασίας (ΑΧΕ), ή σε χώρους κοινής θέασης (ΧΚΘ). Η συμμετοχή κάθε συνεργαζόμενου στους παραπάνω διαλόγους γίνεται μέσα από τις ΑΧΕ συνεργασίας και συντονισμού, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 20.4α.



Σχήμα 20.4 Η Αρχιτεκτονική και η Υποστηρικτική Λειτουργία του Lin2k κατά τη διάρκεια ενός βήματος Συνεργασίας

(α) συλλογή δεδομένων, (β) καταγραφή δεδομένων, (γ) εργαλεία υποστήριξης, (δ) παροχή διαμορφωτικής ανατροφοδότησης

Οι συνεργαζόμενοι μπορούν με χρήση κατάλληλων πλήκτρων να μεταφέρονται στους ΑΧΕ και ΧΚΘ που επιθυμούν (Σχήμα 20.5α). Στο Σχήμα 20.5β απεικονίζεται η διαμόρφωση του ΑΧΕ συνεργασίας. Ο υπόψη ΑΧΕ περιλαμβάνει πλήκτρα ΔΕ (βλέπε ενότητα 20.2), μέσω των οποίων κάθε συνεργαζόμενος χαρακτηρίζει το είδος του κειμένου που πρόκειται να υποβάλλει ως πρόταση, αντιπρόταση, σχόλιο, διευκρίνιση, συμφωνία και

ερώτηση χαμηλού επιπέδου (ανάκλησης, κατανόησης, εφαρμογής), ή ερώτηση υψηλού επιπέδου (ανάλυσης, σύνθεσης ή αξιολόγησης) (Χατζηλεοντιάδου, 2000, Hadjileontiadou et al., 2003a). Ακολούθως, η συμβολή ολοκληρώνεται με την πληκτρολόγηση του αντίστοιχου κειμένου σε κατάλληλο πεδίο του ΑΧΕ, και την υποβολή του. Κατά την παραπάνω διαδικασία, δεν υπάρχει κανένας περιορισμός ως προς τη διαδοχή του είδους των ΔΕ. Με τον ίδιο τρόπο διαμορφώνεται και χρησιμοποιείται ο ΑΧΕ για συμμετοχή στο διάλογο συντονισμού.

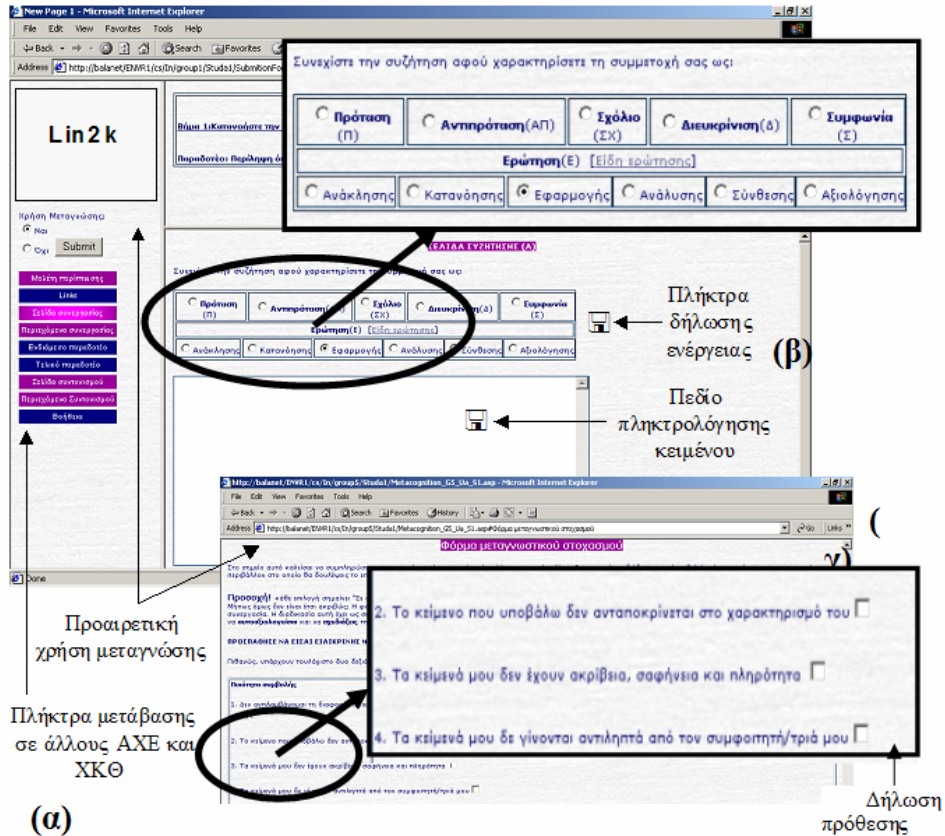
Κάθε φορά που υποβάλλεται μια συμβολή (συντονισμού ή συνεργασίας) καταχωρείται σε μια βάση δεδομένων (Σχήμα 20.4β) η σειρά εγγραφής, το όνομα κάθε υποκειμένου, η ημερομηνία και ώρα υποβολής, το είδος της συμβολής, το κείμενο, και το πέρας του βήματος. Η επαναπροβολή των κειμένων από τη βάση δεδομένων στους αντίστοιχους ΧΚΘ "περιεχόμενα συντονισμού" και "περιεχόμενα συνεργασίας" (Σχήμα 20.4α) επιτρέπει στους συνεργαζόμενους να παρακολουθούν την εξέλιξη της συνεργασίας τους. Όταν το κείμενο του ενδιάμεσου παραδοτέου διαμορφωθεί οριστικά, υποβάλλεται μέσω της ΑΧΕ "υποβολή ενδιάμεσου παραδοτέου" και καταχωρείται στο ΧΚΘ ως "τελικό παραδοτέο" (Σχήμα 20.4 α).

Με την υποβολή του ενδιάμεσου παραδοτέου, δηλώνεται το τέλος της

Ισοζύγιο Συνεργατικής Δραστηριότητας (ΙΣΔ)

Στο παραπάνω πλαίσιο ορίζεται ως Ισοζύγιο της Συνεργατικής Δραστηριότητας (ΙΣΔ) (balance of collaborative activity - BCA) η σύγκλιση στην ισοδύναμη συμμετοχή στη συνεργασία, όπως αυτή εκφράζεται από την ποιότητα των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, μέσα σε ένα αποδεκτό εύρος απόκλισης της (Χατζηλεοντιάδου, 2000). Το ΙΣΔ αυτοπροσδιορίζεται σε ένα σχετικό σύστημα αναφοράς που καθορίζεται από τη δυναμική της ομάδος των συνεργαζομένων, οι οποίοι επιδιώκουν να το επιτύχουν μέσω της δι-υποκειμενικότητας (βλέπε Κεφ. 2).

συνεργασίας του τρέχοντος βήματος και ενεργοποιούνται οι διαδικασίες μοντελοποίησης-ανατροφοδότησης (Σχήμα 20.4γ, Σχήμα 20.4δ). Η εστίαση των διαδικασιών αυτών είναι στην υποστήριξη της κοινωνικής διάστασης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, δηλαδή στη βελτιστοποίηση του τρόπου συνεργασίας.



Σχήμα 20.5 Παράδειγμα Χρήσης του Lin2k

(α) πλήκτρα πλοήγησης σε AXE και XKΘ, (α) AXE συνεργασίας, (γ) φόρμα μεταγνωστικού στοχασμού, (δ) θέσεις υποβολής αντίστοιχων συνεργατικών αλληλεπιδράσεων για καταχώριση

Ως βέλτιστη συνεργασία θεωρείται αυτή στην οποία υπάρχει ισόρροπη συμμετοχή των συνεργαζόμενων, καθώς απόκλιση της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων τους μπορεί να οδηγήσει σε γνωστική ασυμμετρία περί του ορθού τρόπου της συνεργασίας (Festinger, 1957). Η έννοια της συμμετρίας έχει αξιοποιηθεί στα πλαίσια μελέτης της συνεργατικής δραστηριότητας (Χατζηλεοντιάδου, 2000, Dillenbourg, 1999, Soller et al., 2004, Anouris et al., 2004). Καθώς, ωστόσο, δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί απόλυτη συμμετρία σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αλλά επίσης είναι χρήσιμη μια μικρή ασυμμετρία η οποία συντηρεί το διάλογο (Dillenbourg, 1999), είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί με ευέλικτο τρόπο ένα μέτρο της συμμετρίας.

Με το τέλος του βήματος, κάθε συνεργαζόμενος, αφού ενημερωθεί σχετικά με την ποιότητα των συνεργατικών του αλληλεπιδράσεων μέσω κατάλληλου γραφήματος (βλέπε "Απεικόνιση Εξόδου" στο Σχήμα 20.2), καλείται από τη φόρμα "στοχασμός" (Σχήμα 20.4α) να στοχαστεί πάνω στη συνεργατική του δραστηριότητα, και στη συνέχεια να δηλώσει την πρόθεσή του να βελτιωθεί στο επόμενο βήμα, συμπληρώνοντας τη φόρμα "πρόθεση βελτίωσης" (Σχήμα 20.4α). Ειδικότερα, η επιλογή μιας πρότασης υποδηλώνει την πρόθεση βελτίωσης σύμφωνα με το περιεχόμενό της. Απόσπασμα της φόρμας αυτής, η οποία περιλαμβάνει μια σειρά από 33 προτάσεις-δηλώσεις ορθού τρόπου συνεργασίας, απεικονίζεται στο Σχήμα 20.5γ. Για κάθε τέτοια μεταγνωστική αλληλεπίδραση, καταχωρούνται στη βάση δεδομένων η σειρά εγγραφής, το όνομα του υποκειμένου, η ημερομηνία και ώρα υποβολής, ο αριθμός της δήλωσης και το πέρας του βήματος.

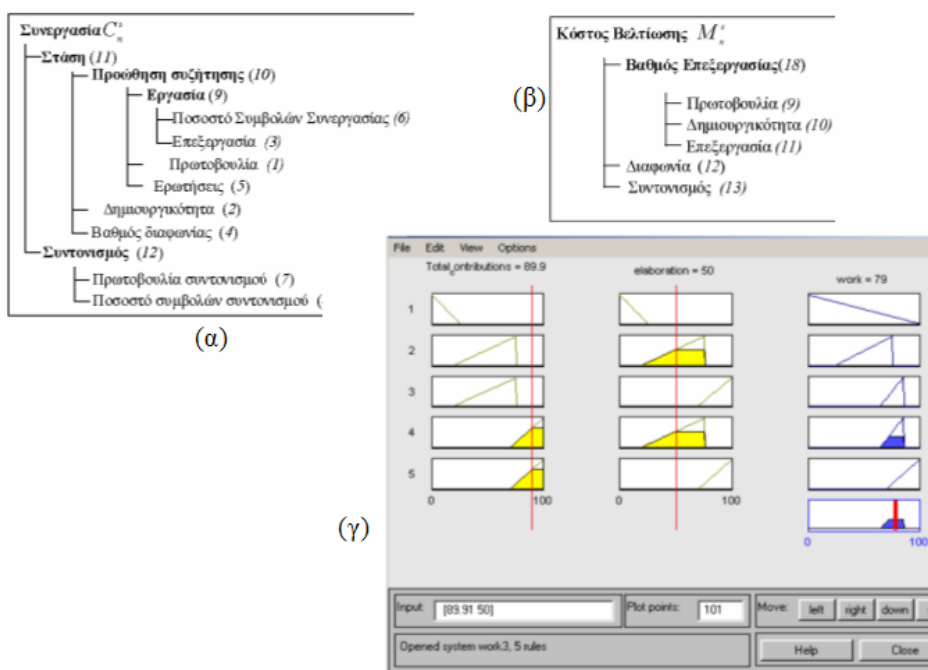
Η χρήση του *Lin2k*, όπως φαίνεται παραπάνω, οδηγεί στην καταγραφή συνεργατικών και μεταγνωστικών αλληλεπιδράσεων. Ακολουθώς, περιγράφονται παραδείγματα τεχνικών μοντελοποίησης αυτών των αλληλεπιδράσεων (Σχήμα 20.4γ), οι οποίες συμπεριλαμβάνονται στη εσωτερική δομή του *Lin2k* (Σχήμα 20.4). Στόχος των τεχνικών αυτών είναι εξαγωγή νέας γνώσης με τη μορφή δεικτών, η οποία αξιοποιείται στα πλαίσια της ανατροφοδότησης (Σχήμα 20.4δ), προκειμένου να επιτευχθεί σύγκλιση στο ΙΣΔ.

20.4.2 Το Μοντέλο C/M-FIS

Το μοντέλο C/M-FIS (collaboration/metacognition-fuzzy inference system) απαντά στα εξής ερωτήματα: μπορεί να υπολογιστεί ένα μέτρο της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων (δείκτης μοντελοποίησης της τρέχουσας κατάστασης); Πώς ορίζεται το εύρος του ΙΣΔ (δείκτης-στόχος); Πώς μπορούν να αξιοποιηθούν οι δείκτες αυτοί στα πλαίσια της ανατροφοδότησης για σύγκλιση στο ΙΣΔ;

Το μοντέλο C/M-FIS, υλοποιημένο στο προγραμματιστικό περιβάλλον Matlab 6.5 (The Mathworks, Inc.), υπολογίζει με αυτοματοποιημένο τρόπο τις τιμές δυο δεικτών που εκφράζουν την ποιότητα της συνεργασίας, $C_n^s(p)$ και το κόστος βελτίωσης $M_n^s(p)$ (όπου p το ζεύγος συνεργασίας, $n = A, B$ οι συνεργαζόμενοι και s το τρέχον βήμα συνεργασίας). Πιο συγκεκριμένα, ο πρώτος δείκτης αξιολογεί τη συνολική συνεργατική δραστηριότητα κάθε συνεργαζόμενου (στα επίπεδα συνεργασίας και συντονισμού), όπως αυτή εκφράζεται μέσα από τις ΔΕ που έχει υποβάλλει, και ο δεύτερος την πρόθεσή του για βελτίωση στο επόμενο βήμα. Κάθε δείκτης προκύπτει από διαδοχικά FIS (βλέπε ενότητα 20.3.1.1), τα οποία οργανώνονται σε επίπεδα εξαγωγής συμπερασμάτων όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 20.6α και Σχήμα 20.6β,

αντίστοιχα. Ως είσοδοι στα FIS των χαμηλότερων επιπέδων χρησιμοποιούνται οι τιμές των αρχικών μεταβλητών (1:13), οι οποίες υπολογίζονται με βάση το πλήθος και το είδος των ΔΕ που έχει υποβάλλει κάθε συνεργαζόμενος. Η εφαρμογή της τεχνικής προϋποθέτει την προεπεξεργασία των εμπειρικών δεδομένων για τη διαγραφή ΔΕ μη σχετιζόμενων με τη συνεργασία, και τη διασφάλιση του σωστού χαρακτηρισμού του είδους των ΔΕ από τους συνεργαζόμενους. Το C/M-FIS υπολογίζει τους δείκτες $C_n^s(p)$ και $M_n^s(p)$ σύμφωνα με τη διαδικασία που περιγράφεται στη συνέχεια.



Σχήμα 20.6 Το Μοντέλο C/M-FIS

(α), (β) σχέση αρχικών (1:13) και ενδιάμεσων (14:18) μεταβλητών για τον υπολογισμό του δείκτη συνεργασίας, και κόστους βελτίωσης κάθε ζεύγους αντίστοιχα. (γ) ενεργοποίηση της βάσης κανόνων του FIS για τον υπολογισμό της ενδιάμεσης μεταβλητής "εργασία" (βλέπε (14) στο Σχήμα 20.6(α)), ίση με 79%, για τιμές των αρχικών μεταβλητών (6) και (3), 89.91% και 50%, αντίστοιχα.

Οι ΔΕ κάθε συνεργαζόμενου αντιστοιχίζονται στις αρχικές μεταβλητές (1:8) (Σχήμα 20.6α) μέσω των εμπειρικών βαρών του Πίνακα 20.1 (Χατζηλεοντιάδου, 2000), ως εξής:

α) πρωτοβουλία, δημιουργικότητα, επεξεργασία, βαθμός διαφωνίας, ως το σύνολο των ΔΕ του κάθε υποκειμένου στο επίπεδο συνεργασίας, πολλαπλασιασμένων με τα αντίστοιχα βάρη, για τα πρώτα πέντε είδη

συμβολής, και πρωτοβουλία συντονισμού, όπως παραπάνω, αλλά για τις συμβολές σε επίπεδο συντονισμού,

- β) ερωτήσεις, όπως παραπάνω, και στη συνέχεια συνάθροιση των δυο ειδών των ερωτήσεων, και
- γ) συμβολές συνεργασίας και συντονισμού, ως το άθροισμα των συμβολών συνεργασίας και συντονισμού, αντίστοιχα.

Οι παραπάνω τιμές των μεταβλητών κανονικοποιούνται ως προς το άθροισμά τους, ανά αρχική μεταβλητή και για κάθε συνεργαζόμενο. Έτσι προκύπτει το ποσοστό συμμετοχής κάθε υποκειμένου στη δυναμική της ομάδας (που ανήκουν τα δυο υποκείμενα), ως προς το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της συνεργασίας. Λαμβάνοντας ως 100% τη δυναμική της ομάδας, το πεδίο τιμών των ποσοστών συμμετοχής κάθε υποκειμένου είναι 0-100% (το πεδίο τιμών δεν έχει καμία φυσική σημασία έξω από το συγκεκριμένο σχήμα της ομάδας και το πλαίσιο της συνεργασίας τους). Με τον τρόπο αυτό υλοποιείται ανάλυση της συνεργατικής δραστηριότητας σύμφωνα με τη θεωρία της *κατανομημένης γνώσης* (distributed cognition) (βλέπε Κεφ. 4), καθώς η ομάδα νοείται ως το γνωστικό σύστημα αναφοράς, και μέσα σε αυτή εξετάζεται η κατανομή της συνεργατικής δραστηριότητας μεταξύ των υποκειμένων (Dillenbourg et al., 1996). Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, τα ποσοστά των υποκειμένων για κάθε μεταβλητή είναι συμπληρωματικά ως προς το 100%.

Είδος συμβολής		Βάρη (ίδια για το επίπεδο συνεργασίας και συντονισμού)			
		Πρωτοβουλία	Δημιουργικότητα	Επεξεργασία	Βαθμός διαφωνίας
1	Πρόταση	10	10	10	10
2	Αντιπρόταση	10	9	9	10
3	Σχόλιο	4	3	2	1
4	Διευκρίνιση	4	2	2	1
5	Συμφωνία	1	1	1	1
6	Ερωτήσεις χαμηλού επιπέδου	4	3	3	3
7	Ερωτήσεις υψηλού επιπέδου	7	3	6	3

Πίνακας 20.1 Βαρύτητα Συμβολών στις Μεταβλητές της Ποιότητας της Συνεργασίας

Με τον ίδιο τρόπο, οι τιμές των (9:13) αρχικών μεταβλητών (Σχήμα 20.6β) προκύπτουν από τις 33 προτάσεις της φόρμας μεταγνωστικού στοχασμού μέσω κατάλληλου πίνακα εμπειρικών βαρών (Χατζηλεοντιάδου, 2000). Η επιλογή του συνόλου των 33 προτάσεων από τον συνεργαζόμενο αντιστοιχεί στο 100% του πεδίου τιμών (0-100%) κάθε μεταβλητής. Έτσι, για κάθε συνεργαζόμενο, και με βάση το πλήθος των προτάσεων που έχει επιλέξει, υπολογίζονται τα

ποσοστά των αρχικών μεταβλητών *πρωτοβουλία, δημιουργικότητα, επεξεργασία, διαφωνία, και συντονισμός*, στο μεταγνωστικό επίπεδο.

Τα ποσοστά (%) των αρχικών μεταβλητών εισέρχονται ως είσοδοι στα FIS των επόμενων επιπέδων, και υπολογίζονται *ενδιάμεσες μεταβλητές*, όπως π.χ. *εργασία, προώθηση συζήτησης, συντονισμός, στάση*, κλπ (Σχήμα 20.6α, β), οι οποίες ακολούθως χρησιμοποιούνται ως είσοδοι σε υψηλότερο επίπεδο (Hadjileontiadou et al., 2003b, Hadjileontiadou et al., 2004). Όλα τα FIS του C/M-FIS είναι τύπου Mamdani (Zadeh, 1965) με τριγωνικές MFs, τα δε αναλυτικά τεχνικά χαρακτηριστικά τους μπορούν να αναζητηθούν στα (Hadjileontiadou et al., 2003b, Hadjileontiadou et al., 2003). Ενδεικτικά, στο Σχήμα 20.6γ απεικονίζεται το FIS για τον υπολογισμό της μεταβλητής "εργασία".

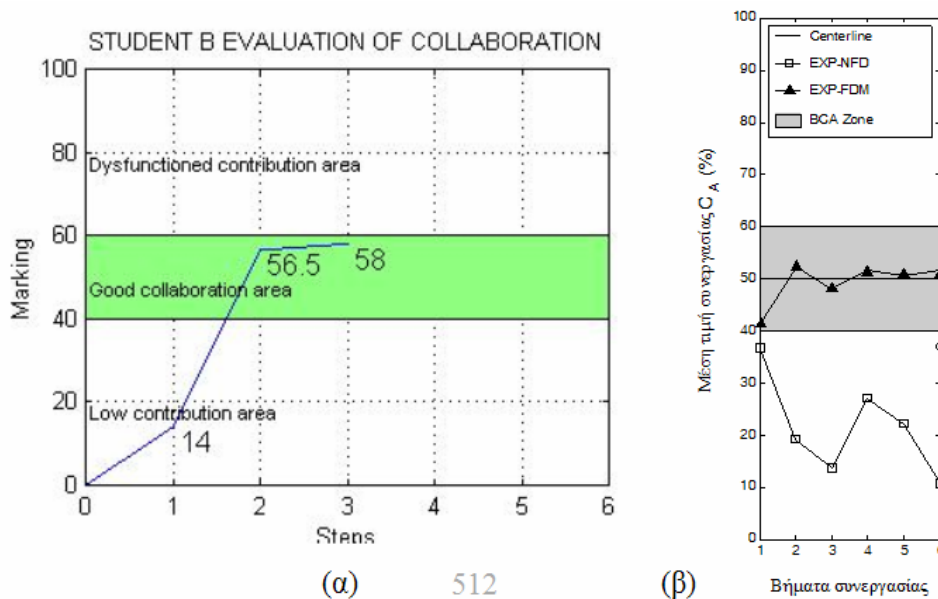
Έτσι, με χρήση πολλών μεταβλητών που αξιοποιούν πολλαπλά χαρακτηριστικά της συνεργατικής δραστηριότητας, το μοντέλο C/M-FIS καταφέρνει να μοντελοποιήσει μια σύνθετη διαδικασία εξαγωγής αξιολογικών κρίσεων μέσω δύο μόνο δεικτών. Επιπλέον, ο αυτοματοποιημένος χαρακτήρας του επιτρέπει την εξαγωγή των κρίσεων και συμπερασμάτων στο τέλος κάθε βήματος συνεργασίας, όπου οι δείκτες $C_n^s(p)$ και $M_n^s(p)$, αξιοποιούνται για την παροχή ανατροφοδότησης σε κάθε συνεργαζόμενο.

Πιο συγκεκριμένα, το C/M-FIS είναι το πρώτο μοντέλο που ενεργοποιείται με την υποβολή του ενδιάμεσου παραδοτέου στο τέλος κάθε βήματος (Σχήμα 20.4α), και υπολογίζει αρχικά το δείκτη $C_n^s(p)$ (Σχήμα 20.4γ). Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι οι τιμές των δεικτών $C_n^s(p)$ των δυο υποκειμένων είναι συμπληρωματικές ως προς το 100%, η σύγκλιση στο ΙΣΔ στο C/M-FIS ορίζεται στο διάστημα $[50 \pm 10\%]$.

Ακολούθως, το σύστημα ανατροφοδότησης παράγει το "γράφημα" στο οποίο απεικονίζεται η εκτιμώμενη τιμή του δείκτη $C_n^s(p)$, σε συνδυασμό με την περιοχή ΙΣΔ (Σχήμα 20.7α). Πρόκειται δηλαδή για απεικόνιση της τρέχουσας ποιότητας της συνεργατικής δραστηριότητας και του επιθυμητού στόχου, αντίστοιχα, η οποία στοχεύει στην πρόκληση διαδικασιών αυτορύθμισης κάθε συνεργαζόμενου για την επίτευξη του στόχου (βλέπε "Απεικόνιση Εξόδου" στο Σχήμα 20.2).

Μετά την ενημέρωση κάθε υποκειμένου και την ολοκλήρωση της μεταγνωστικής δραστηριότητας ("στοχασμός" και "πρόθεση για βελτίωση", Σχήμα 20.4α), ενεργοποιείται και πάλι το C/M-FIS για τον υπολογισμό του δείκτη $M_n^s(p)$ (Σχήμα 20.4γ). Από τη σύγκριση των τιμών των δεικτών $C_n^s(p)$ και $M_n^s(p)$, προκύπτει πληροφορία για νέα ανατροφοδότηση (Σχήμα 20.4δ).

Για παράδειγμα, σε περίπτωση ασυμβατότητας μεταξύ της ποιότητας της συνεργασίας (μεγάλη απόκλιση των δεικτών συνεργασίας) και της πρόθεσης για βελτίωση (χαμηλό ποσοστό του δείκτη κόστος βελτίωσης), δίνεται μήνυμα συναγερμού όπως ενδεικτικά: "Προσοχή! Η εντύπωση που έχετε για την ποιότητα της συνεργασίας σας δεν είναι ορθή. Στο επόμενο βήμα προσπαθήστε να αξιοποιήσετε τον προβληματισμό της μεταγνωστικής φόρμας σχετικά με τον ορθό τρόπο συνεργασίας" (βλέπε "Σύστημα Υποστήριξης" στο Σχήμα 20.2).



Σχήμα 20.7 Απεικόνιση Δείκτη σε Συνδυασμό με την Περιοχή ΙΣΔ

(α) στο γράφημα ανατροφοδότησης κάθε υποκειμένου στο τέλος κάθε βήματος, και (β) σε συγκριτική απεικόνιση πειραματικών αποτελεσμάτων

Η αποτελεσματικότητα των παραπάνω ανατροφοδοτήσεων με βάση τους δείκτες $C_n^s(p)$ και $M_n^s(p)$ ελέγχθηκε με τη διεξαγωγή τριών πειραματικών χρήσεων του *Lin2k*, στο οποίο ενσωματώθηκε το C/M-FIS. Φοιτητές του Τομέα Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., αποτέλεσαν τις ομάδες των πειραματικών εφαρμογών ως εξής:

- πείραμα NFD (No feedback): είκοσι φοιτητές του 6^{ου} εξαμήνου συνεργάστηκαν ανά δυο, πάνω σε μια μελέτη περίπτωσης από το μάθημα "Περιβαλλοντική πολιτική και οικονομία στην Ευρωπαϊκή Ένωση". Οι φοιτητές δεν είχαν καμία ανατροφοδότηση και προχώρησαν μετά την υποβολή του ενδιάμεσου παραδοτέου στο επόμενο βήμα.

- πείραμα FD και FDM (Feedback-Feedback with Metacognition): είκοσι φοιτητές του 8^{ου}, και 44 φοιτητές του 10^{ου} εξαμήνου σπουδών συνεργάστηκαν ανά δυο, πάνω σε δυο μελέτες περίπτωσης από τα μαθήματα "Τεχνική περιβάλλοντος Ι" και "Περιβάλλον και περιβαλλοντικός σχεδιασμός", αντίστοιχα. Οι μισοί φοιτητές κάθε εξαμήνου (FD) έλαβαν ως ανατροφοδότηση το γράφημα $C_n^s(p)$ και προχώρησαν στο επόμενο βήμα, ενώ οι υπόλοιποι (FDM) δέχτηκαν μήνυμα-ανατροφοδότηση μετά τη συμπλήρωση και της μεταγνωστικής φόρμας.

Από την ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η ανατροφοδότηση (FD και καλύτερα η FDM) συνέβαλλε στη βελτίωση της συνεργασίας, καθώς συγκράτησε τις τιμές $C_n^s(p)$ στην περιοχή ΙΣΔ (Hadjileontiadou et al., 2003b, Hadjileontiadou et al., 2004). Ενδεικτικά, στο Σχήμα 20.7β γίνεται παράθεση του μέσου όρου των τιμών C_A που προέκυψαν από τα πειράματα NFD και FDM κατά μήκος των έξι βημάτων συνεργασίας (Hadjileontiadou et al., 2003b, Hadjileontiadou et al., 2004).

20.4.3 Το Μοντέλο C/M-AFM

Το μοντέλο C/M-AFM (collaboration/metacognition-adaptive fuzzy model) απαντά στα εξής ερωτήματα: όπως ένας εκπαιδευτικός μπορεί να κατανοήσει τη συνεργατική συμπεριφορά των μαθητών στη συμβατική τάξη, είναι δυνατό το σύστημα να μοντελοποιήσει (και άρα να κατανοήσει) τη συνεργατική στρατηγική κάθε συνεργαζόμενου κατά μήκος των βημάτων; Με βάση την κατανόηση της συνεργατικής συμπεριφοράς των μαθητών του, μπορεί ο εκπαιδευτικός να κάνει εκτιμήσεις σχετικά με την αναμενόμενη εξέλιξή της; Είναι δυνατό το σύστημα, με βάση την παραπάνω μοντελοποίηση, να προβαίνει σε εκτίμηση της αναμενόμενης ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων κάθε συνεργαζόμενου στο επόμενο βήμα (πριν τη διεξαγωγή του); Πώς θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν οι παραπάνω δυνατότητες στην ανατροφοδότηση για σύγκλιση στο ΙΣΔ;

Το μοντέλο C/M-AFM είναι ένα ασαφές νευρωνικό δίκτυο (βλέπε ενότητα 20.3.3), το οποίο επιχειρεί να μοντελοποιήσει τη σχέση ανάμεσα στους δείκτες $C_n^s(p)$ και $M_n^s(p)$ του τρέχοντος βήματος s , και το δείκτη $C_n^{s+1}(p)$ του επόμενου βήματος ($s+1$). Η μοντελοποίηση αυτή ισοδυναμεί με κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ποιότητα της συνεργασίας και η πρόθεση για βελτίωση σε ένα βήμα συσχετίζονται με την ποιότητα συνεργασίας του επόμενου βήματος. Έτσι, μοντελοποιείται η συνεργατική στρατηγική κάθε υποκειμένου κατά μήκος των βημάτων. Η μοντελοποίηση αυτή προέρχεται μέσα από διαδικασία εκπαίδευσης του C/M-AFM, κατά την οποία

χρησιμοποιούνται ως ιστορικά δεδομένα εισόδου οι δείκτες $C_n^s(p)$, $M_n^s(p)$ κάθε βήματος s και εξόδου ο δείκτης $C_n^{s+1}(p)$.

Ακολούθως, όταν εισαχθούν στο εκπαιδευμένο μοντέλο C/M-AFM νέα δεδομένα εισόδου, τότε αυτό εξάγει μια εκτίμηση του δείκτη του επόμενου βήματος $\tilde{C}_n^{s+1}(p)$, πριν τη διεξαγωγή της συνεργασίας. Στην περίπτωση αυτή, το C/M-AFM αναδεικνύει τη δυνατότητα μοντελοποίησης ανάλογων αξιολογικών εκτιμήσεων του εκπαιδευτικού σε πραγματικές μαθησιακές καταστάσεις (όπως "με τον τρόπο που συνεργάζεσαι προβλέπω..."). Έτσι, το σύστημα ανατροφοδότησης (Σχήμα 20.4δ) εμπλουτίζεται με νέα πληροφορία σε υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης, η οποία μπορεί να εξαχθεί με τη μορφή προειδοποιητικού μηνύματος σχετικά με την εκτιμώμενη ποιότητα της επερχόμενης συνεργασίας, και την τυχόν απόκλιση από το ΙΣΔ (Χατζηλεοντιάδου & Χατζηλεοντιάδης, 2004).

Η υλοποίηση του μοντέλου C/M-AFM έγινε με το λογισμικό Adaptive Fuzzy Model AFM (AFM 2.0, 1998), με τιμές των δεικτών $C_n^s(p)$, $M_n^s(p)$, από τις πειραματικές χρήσεις του C/M-FIS (ενότητα 20.4.2). Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τη συνεργασία 14 ομάδων φοιτητών για $s = 6$. Με κατάλληλη παρεμβολή (interpolation) τιμών, τα δεδομένα αυξήθηκαν σε ισοδύναμο πλήθος 64 ομάδων (προκειμένου να γίνει η εκπαίδευση του C/M-AFM με μεγαλύτερο πλήθος δεδομένων), 50 από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση, και τα υπόλοιπα για τον έλεγχο της απόδοσης του μοντέλου. Από τη διαδικασία εκπαίδευσης, η οποία ολοκληρώθηκε με αποδεκτό $RMSE = 0.03$, προέκυψαν 625 κανόνες τύπου IF/THEN που περιγράφουν η δομή του C/M-AFM. Ακολούθως, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των υπόλοιπων 14 ομάδων για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της πρόβλεψης του C/M-AFM. Πιο συγκεκριμένα, εισήχθησαν σε αυτό μόνο τα δεδομένα εισόδου, με βάση τα οποία το C/M-AFM εκτίμησε τις τιμές εξόδου. Οι τελευταίες συγκρίθηκαν με τις πραγματικές, και υπολογίστηκε $RMSE = 0.063$. Το σφάλμα αυτό είναι μικρότερο από άλλες μεθόδους πρόβλεψης με τις οποίες συγκρίθηκε το C/M-AFM (Χατζηλεοντιάδου & Χατζηλεοντιάδης, 2004). Το υλοποιημένο όπως παραπάνω C/M-AFM μπορεί να εξάγει εκτιμήσεις του δείκτη $C_n^{s+1}(p)$ με βάση νέα δεδομένα εισόδου σε πραγματικό χρόνο. Όπως έχει επισημανθεί για τα FNN, περισσότερα ιστορικά δεδομένα εκπαίδευσης μπορούν να οδηγήσουν στην περαιτέρω βελτιστοποίηση του C/M-AFM, και αύξηση της αξιοπιστίας των εκτιμήσεων που παράγει.

20.4.4 QCA σε Συνεργατικά Δεδομένα από Μελέτες Περίπτωσης Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η χρήση της ανάλυσης ποιοτικού ελέγχου (QCA) απαντά στα εξής ερωτήματα: υπάρχει διαδικασία παρακολούθησης της διαφοράς της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων των συνεργαζόμενων, ώστε να εντοπίζονται περιπτώσεις απόκλισης από το ΙΣΔ; Υπάρχει δυνατότητα να εκτιμώνται εκ των προτέρων τάσεις απόκλισης από το ΙΣΔ; Πώς θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν οι παραπάνω δυνατότητες στην ανατροφοδότηση για σύγκλιση στο ΙΣΔ;

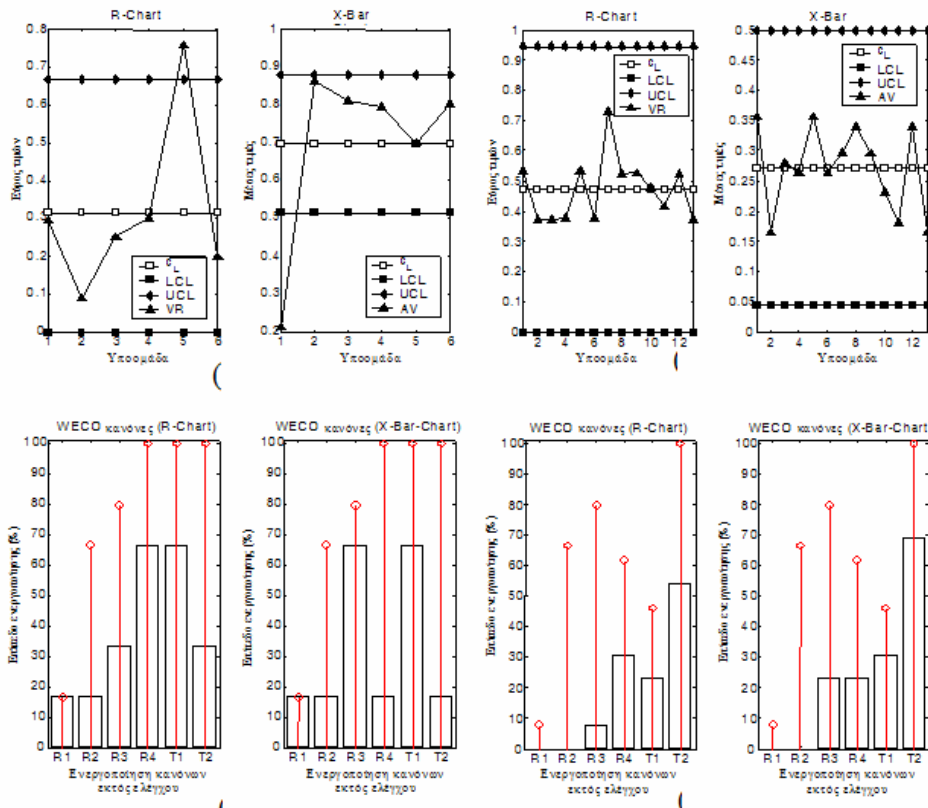
Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι τιμές των δεικτών $C_n^s(p)$ των συνεργαζόμενων είναι συμπληρωματικές, η απόλυτη τιμή της διαφοράς τους $dC_{A,B}^s = |C_A^s - C_B^s|$, αποτελεί μέτρο της απόκλισής τους από το ΙΣΔ. Η δυνατότητα αξιοποίησης της μεθόδου QCA (βλέπε ενότητα 20.3.4) για τη συγκράτηση της απόκλισης μέσα σε αποδεκτά όρια, εξετάστηκε στα πλαίσια πειραματικών χρήσεων του *Lin2k* από 38 φοιτητές (19 ζεύγη) του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ. Η συνεργασία διεξήχθη σε 6 ενότητες των 6 βημάτων κάθε μία, και οι φοιτητές χωρίστηκαν σε υποομάδες με (FDM) ή χωρίς (NFD) ανατροφοδότηση (η ανατροφοδότηση στο πέρας κάθε βήματος αφορούσε σε ενημέρωση σχετικά με την απόκλιση των τιμών $C_n^s(p)$ και τη διενέργεια της μεταγωγστικής δραστηριότητας). Το αντικείμενο αφορούσε στην εξέταση και επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων που έθετε μια μελέτη περίπτωσης από το χώρο της περιβαλλοντικής τεχνικής ([Hadjileontiadou & Hadjileontiadis, 2003](#)). Στο *Σχήμα 20.8* παρουσιάζονται τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθόδου QCA στις υποομάδες χωρίς (*Σχήμα 20.8α*, *Σχήμα 20.8β*), και με ανατροφοδότηση (*Σχήμα 20.8γ*, *Σχήμα 20.8δ*).

Πιο συγκεκριμένα, το *Σχήμα 20.8α* και *Σχήμα 20.8β* παρουσιάζουν τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθόδου QCA στην τιμή $dC_{A,B}^s$ των 6 NFD υποομάδων. Ειδικότερα, στο *Σχήμα 20.8α* απεικονίζονται τα R-chart και X-bar chart, από όπου παρατηρούμε ότι το εύρος των τιμών $dC_{A,B}^s$ της υποομάδας #5 είναι εκτός ορίων στο πρώτο γράφημα, ενώ η μέση τιμή $dC_{A,B}^s$ της υποομάδας #1 εκτός ελέγχου στο δεύτερο. Οι παρατηρήσεις αυτές επιβεβαιώνονται και από τους αντίστοιχους WECO κανόνες (*Σχήμα 20.8β*). Στο σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι και στις δυο περιπτώσεις ο κανόνας R1, που υποδηλώνει τις τιμές που αποκλίνουν από τη μέση τιμή περισσότερο από $\pm 3 \text{ std}$, έχει ενεργοποιηθεί πλήρως και έχει φτάσει στο κατώφλι (το οποίο απεικονίζεται με την κόκκινη γραμμή). Επίσης, από τη σημαντική ενεργοποίηση (65%) των κανόνων R4 και T1 στο πρώτο ιστόγραμμα και R3 και T1 στο δεύτερο (οι

οποίοι ανιχνεύουν την εμφάνιση τάσεων μέσα στις τιμές κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις), καταγράφεται τάση, υπό μορφή πρόβλεψης, για εμφάνιση κατάστασης εκτός ελέγχου.

Στο Σχήμα 20.8γ παρουσιάζονται τα αντίστοιχα γραφήματα που υπολογίστηκαν με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα των ομάδων FDM. Όπως παρατηρείται, δε σημειώνεται υπέρβαση των ορίων και στα δυο γραφήματα. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από τους αντίστοιχους WECO κανόνες (Σχήμα 20.8δ), όπου η τιμή T1 διατηρείται χαμηλά. Από την άλλη μεριά, παρατηρείται ενεργοποίηση του κανόνα T2 και στα δυο ιστογράμματα (55% και 70% αντίστοιχα), ο οποίος υποδηλώνει τάση εναλλαγής των τιμών γύρω από την κεντρική γραμμή. Είναι προφανές ότι για την περίπτωση FDM η απόκλιση των τιμών $C_n^s(p)$ ($dC_{A,B}^s$) έχει ελεγχθεί μέσω των διαδικασιών αυτορύθμισης που προκάλεσε η ανατροφοδότηση και βρίσκεται εντός ορίων, γεγονός που υποδηλώνει πολύ καλύτερη σύγκλιση σε ΙΣΔ σε σχέση με την περίπτωση NFD.

Από τις παραπάνω πειραματικές εφαρμογές αποδεικνύεται η δυνατότητα αξιοποίησης της μεθόδου QCA για την παραγωγή νέας πληροφορίας, με χαρακτήρα ελέγχου αλλά και πρόβλεψης τάσεων που αφορούν στην απόκλιση από το ΙΣΔ, που μπορεί να αξιοποιηθεί στα πλαίσια της ανατροφοδότησης των υποκειμένων. Για παράδειγμα, μπορεί να οδηγήσει στην έξοδο μηνύματος επιβράβευσης στην περίπτωση που ο δείκτης $dC_{A,B}^s$ είναι εντός ορίων, ενώ συναγεμμού σε περίπτωση του τείνει να βρεθεί εκτός αυτών. Περισσότερα μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία (Hadjileontiadou & Hadjileontiadis, 2003).



Σχήμα 20.8 Πειραματικά Αποτελέσματα Μοντέλου QCA

(α), (β) χωρίς (NFD) και (γ), (δ) με ανατροφοδότηση και μεταγνώση (FDM)
cL: κεντρική γραμμή, *LCL*: κάτω όριο ελέγχου (Lower Control Limit), *UCL*: άνω όριο ελέγχου (Upper Control Limit), *VR*: εύρος μεταβλητής (Variable Range), *AV*: μέση τιμή όλων των υποομάδων (Average Value)

20.4.5 Ανάλυση Πολυπλοκότητας σε Συνεργατικά Δεδομένα από Μελέτες Περίπτωσης Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Η χρήση του αλγόριθμου Lempel-Ziv σε συνεργατικά δεδομένα απαντά στα εξής ερωτήματα: δεδομένου του ότι δεν υπάρχει περιορισμός στη διαδοχή των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, μπορούν να ανιχνευτούν πρότυπα διαδοχής; Ποια θα ήταν τα ποιοτικά συμπεράσματα από τον εντοπισμό αυτών των προτύπων; Η ανατροφοδότηση για σύγκλιση σε ΙΣΔ συσχετίζεται με τα παραπάνω πρότυπα;

Η ανάλυση πολυπλοκότητας μέσω του αλγόριθμου Lempel-Ziv (βλέπε ενότητα 20.3.5) εφαρμόστηκε στην επεξεργασία συνεργατικών αλληλεπιδράσεων που καταγράφηκαν από τις πειραματικές εφαρμογές του

μοντέλου C/M-FIS, μετά από τη μετατροπή τους σε συμβολοσειρές (Σχήμα 20.9α). Στο ίδιο σχήμα απεικονίζεται (με διακεκομμένη γραμμή) το κατώφλι μηδενικής τιμής, με βάση το οποίο γίνεται η διάκριση της διαδοχής των υποβολών κάθε φορά που γίνεται μετάβαση από τις αρνητικές στις θετικές τιμές και αντίστροφα (zero-crossing), κι έτσι προκύπτει για το Σχήμα 20.9α η $P=ABAABABBBAAABAAABBAA \quad ABABBBAAABBAABAABAABAB$. Εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο Lempel-Ziv στην επεξεργασία των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων που καταγράφηκαν από τις πειραματικές εφαρμογές του μοντέλου C/M-FIS, μετά από κατάλληλη παρεμβολή, υπολογίστηκε ο δείκτης πολυπλοκότητας CP της διαδοχής των συμβολών των υποκειμένων. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα αφορούσαν στη συνεργατική δραστηριότητα 10 ομάδων του 6^{ου} εξαμήνου του πειράματος NFD (χωρίς ανατροφοδότηση), και 8 ομάδων του 10^{ου} εξαμήνου του πειράματος FDM (ανατροφοδότηση με $C_s(p)$ και μεταγνώση).

Οι μέσες τιμές των δεικτών πολυπλοκότητας NFD/CP και FDM/CP για τα πειραματικά δεδομένα NFD και FDM, αντίστοιχα, απεικονίζονται στο Σχήμα 20.9β και Σχήμα 20.9γ. Από τη σύγκριση των σχημάτων, αυτών παρατηρούμε ότι στην περίπτωση που δεν παρέχεται ανατροφοδότηση στα υποκείμενα, οι τιμές της πολυπλοκότητας είναι χαμηλότερες. Η διαφορά του δείκτη πολυπλοκότητας μεταξύ των δυο καταστάσεων ανατροφοδότησης είναι στατιστικώς σημαντική (βλέπε Κεφ. 21) σε όλα τα βήματα της συνεργασίας (Hadjileontiadou & Hadjileontiadis, 2004a, Hadjileontiadou & Hadjileontiadis, 2004b). Η τάση για αύξηση της πολυπλοκότητας στην FDM περίπτωση μπορεί να ερμηνευτεί ως αντίδραση των υποκειμένων στην ανατροφοδότηση που λαμβάνουν, που τους καλεί να εμπλακούν στη συνεργατική δραστηριότητα. Έτσι παρατηρούνται λιγότερες μεταβάσεις από τη μια περιοχή τιμών στην άλλη (zero-crossings), δηλαδή μια λιγότερο ντετριμινιστική συνεργατική συμπεριφορά (συστηματική εναλλαγή μεταξύ των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων των A, B).

έλλειψη προσαρμογής στις απαιτήσεις επεξεργασίας του αντικειμένου κατά μήκος των βημάτων συνεργασίας.

Τέλος, στο Σχήμα 20.9δ απεικονίζονται οι τύποι και η συχνότητα εμφάνισης προτύπων διαδοχής των συμβολών για τις περιπτώσεις NFD και FDM. Από τη σύγκριση των προτύπων διαπιστώνουμε το μεγαλύτερο πλήθος των τύπων διαδοχής στην περίπτωση που παρέχεται ανατροφοδότηση. Επιπλέον, αναφορικά με τη συχνότητα του απλούστερου προτύπου $A*B$ ή $B*A$ (που προσομοιάζει περισσότερο στην πρόσωπο-με-πρόσωπο επικοινωνία), στην περίπτωση FDM εμφανίζεται μόνο κατά 33%, ενώ στην περίπτωση NFD σε ποσοστό πάνω από 73%.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο δείκτης CP συμβάλλει στην κατανόηση χαρακτηριστικών της διαδοχής των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων των συνεργαζόμενων, και του τρόπου που αυτή επηρεάζεται από τη διαδικασία της ανατροφοδότησης για σύγκλιση στο ΙΣΔ.

Σύνοψη

Η διαμεσολαβούμενη από υπολογιστή συνεργατική δραστηριότητα διενεργείται μέσα από συνεργατικές αλληλεπιδράσεις οι οποίες συμβάλλουν στην εξέλιξη του διαλόγου ως προς το περιεχόμενό του. Παράλληλα, εμπεριέχουν και κοινωνική διάσταση, η οποία εκφράζει τη συνεργατική στρατηγική των συνεργαζόμενων.

Η καταγραφή των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων από τον υπολογιστή επιτρέπει την αξιοποίηση μεθόδων και τεχνικών για τη μοντελοποίησή τους, με στόχο την αποκάλυψη και κατανόηση χαρακτηριστικών της παραπάνω συνεργατικής στρατηγικής, καθώς και τη δυνατότητα εκτιμήσεων εξέλιξής της. Ακολούθως, η γνώση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί σε υποστηρικτικές διαδικασίες, στα πλαίσια διαχείρισης της συνεργατικής δραστηριότητας.

Στο παρόν κεφάλαιο θεωρήθηκε ως βασική προτεραιότητα των υποστηρικτικών διαδικασιών η ανάπτυξη συνεργατικής στρατηγικής για την επίτευξη ισόρροπης συμμετοχής στη συνεργασία. Με βάση αυτόν τον άξονα, συζητήθηκαν μέθοδοι εξαγωγής συμπερασμάτων (inference) και γνώσης από εμπειρικά δεδομένα (learning from data), με αξιοποίηση χαρακτηριστικών της ασαφούς λογικής, της στατιστικής μεθόδου ανάλυσης ποιοτικού ελέγχου (quality control analysis), καθώς και της ανάλυσης πολυπλοκότητας (complexity) σειράς συνεργατικών δεδομένων.

Μέσα από παραδείγματα τεχνικών που βασίζονται στο παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, αναδείχθηκε η δυνατότητα μοντελοποίησης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων με την εκτίμηση μιας σειράς δεικτών που φέρουν πληροφορία σε διάφορα επίπεδα αφάιρεσης. Έτσι, υπολογίστηκαν δείκτες για την οριοθέτηση της περιοχής ΙΣΔ και την παρακολούθηση της απόκλισης από αυτή, δείκτες εκτιμήσεων (είτε με τη μορφή πρόβλεψης μελλοντικών τιμών, ή σημειούμενων τάσεων σχετικά με την περιοχή ΙΣΔ), καθώς και δείκτες για την κατανόηση της επίδρασης της ανατροφοδότησης στη διαδοχή των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Η ενσωμάτωση

των δεικτών αυτών στον υποστηρικτικό μηχανισμό του συνεργατικού περιβάλλοντος *Lin2k* ανέδειξε, μέσα από πειραματικές εφαρμογές, την ικανότητά τους να διεγείρουν διαδικασίες αυτορύθμισης των υποκειμένων, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Η επεκτασιμότητα αυτών των μεθόδων και τεχνικών μοντελοποίησης και σε άλλα ανάλογα συνεργατικά περιβάλλοντα είναι προφανής, λόγω του γενικευμένου σχεδιασμού τους και της ανεξαρτησίας τους από περιορισμούς και κανόνες που πηγάζουν από το αντικείμενο της συνεργασίας. Επιπλέον, η μελέτη των στατιστικών μεθόδων που περιγράφονται στο τελευταίο κεφάλαιο, μπορεί να συμβάλλει γενικότερα στην κατανόηση τεχνικών μοντελοποίησης και να διευκολύνει τη μελλοντική χρήση τους.

Ερωτήματα και θέματα για Συζήτηση

1. Σχολιάστε τον τρόπο με τον οποίο η μοντελοποίηση των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων που παρουσιάστηκε στις ενότητες 20.3 και 20.4 παρακολουθεί τη μετάβαση από το γνωστικό στο μεταγνωστικό επίπεδο της συνεργασίας των υποκειμένων.
2. Διατυπώστε και αιτιολογήστε εναλλακτικές συσχετίσεις συμβολών και μεταβλητών της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων (*Πίνακας 20.1*).
3. Με βάση την πληροφορία της ενότητας 20.4 και του κεφαλαίου 2, εντοπίστε τα αντικειμενικά και ιδεατά τεχνήματα που διαμεσολαβούν στη συνεργατική δραστηριότητα του *Lin2k*.
4. Βασικός άξονας των τεχνικών μοντελοποίησης που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 20.4 ήταν η μελέτη εναλλακτικών τρόπων υποστήριξης της σύγκλισης σε ΙΣΔ. Προσδιορίστε άλλους πιθανούς άξονες της μοντελοποίησης των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, και εξετάστε τη δυνατότητα υλοποίησής τους με βάση τις μεθόδους και τεχνικές του παρόντος κεφαλαίου.
5. Σχεδιάστε τη δομή ενός ασαφούς συστήματος εξαγωγής συμπερασμάτων (βλέπε FIS, ενότητα 20.3.1.1 και 20.4.2), προσδιορίζοντας τις μεταβλητές εισόδου-εξόδου και τη βάση γνώσης σε μια μελέτη περίπτωσης συνεργατικής μάθησης της επιλογής σας.
6. Υλοποιήστε τη σχεδίαση του ερωτήματος 5 σε περιβάλλον Matlab, και εξάγετε ποσοτικά και ποιοτικά συμπεράσματα.