ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αυτόματες Διαπραγματεύσεις Υπολογιστικά Νοημόνων Οντοτήτων σε Ηλεκτρονικές Αγορές

Κωνσταντίνος Μ. Κολομβάτσος

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αυτόματες Διαπραγματεύσεις Υπολογιστικά Νοημόνων Οντοτήτων σε Ηλεκτρονικές Αγορές

Κωνσταντίνος Μ. Κολομβάτσος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ:

Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Εμμανουήλ Κουμπαράκης, Καθηγητής ΕΚΠΑ

Γεώργιος Βούρος, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης,
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α.

Εμμανουήλ Κουμπαράκης,
Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α.

Γεώργιος Βούρος,
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

Αφροδίτη Τσαλγατίδου,
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΚΠΑ

Χρήστος Δουληγέρης,
Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

Γεώργιος Σταμούλης,
Καθηγητής Ο.Π.Α.

Δημήτριος Βαρουτάς,
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α.

Ημερομηνία εξέτασης 20/02/2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αυτόματες διαπραγματεύσεις που διεξάγονται στα πλαίσια των Ηλεκτρονικών Αγορών αποτελούν ερευνητικό αντικείμενο με αρκετό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Ένα σύνολο ερευνητών έχουν προτείνει μεθόδους για την αποδοτική διαχείριση των συμπεριφορών των οντοτήτων που συμμετέχουν σε αυτές. Μέθοδοι που έχουν προταθεί στο πεδίο της υπολογιστικής νοημοσύνης μπορούν να προσφέρουν τεχνικές για την επίλυση προβλημάτων που προκύπτουν κατά την αλληλεπίδραση των οντοτήτων. Το σενάριο που απεικονίζει πραγματικές καταστάσεις υποδεικνύει πως οι οντότητες λειτουργούν κάτω από πλήρη άγνοια για τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων. Αυτό σημαίνει πως οι συμπεριφορές που πρόκειται να αναπτυχθούν πρέπει να ενσωματώνουν μηχανισμούς διαχείρισης της αβεβαιότητας που δημιουργεί η άγνοια αυτή αλλά και έξυπνες μεθόδους για τη μοντελοποίηση της κάθε πτυχής του εξεταζόμενου σεναρίου.

Στην παρούσα διατριβή υιοθετούμε τεχνικές υπολογιστικής νοημοσύνης ώστε να προτείνουμε αποδοτικούς μηχανισμούς καθορισμού της συμπεριφοράς των οντοτήτων που συμμετέχουν σε Ηλεκτρονικές Αγορές. Καλύπτουμε όλο το φάσμα μιας αγοράς προτείνοντας μεθόδους για τον καθορισμό των βασικών παραμέτρων αλλά και μοντέλα λήψης αποφάσεων σε κάθε γύρο των διαπραγματεύσεων. Λαμβάνουμε υπόψιν μας την αβεβαιότητα στις ενέργειες των οντοτήτων ταυτόχρονα με το στόχο της μεγιστοποίησης του επιδιωκόμενου κέρδους. Προτείνουμε μοντέλα λήψης απόφασης τα οποία βασίζονται σε διαφορετικές πτυχές του σεναρίου μιας διαπραγμάτευσης ώστε να αναδείξουμε ποιο από αυτά είναι το βέλτιστο για να υιοθετηθεί σε μια διαπραγμάτευση. Μελετήσαμε τη συμπεριφορά των αγοραστών όπως επίσης και των πωλητών. Οι προτεινόμενοι μηχανισμοί λήψης αποφάσεων για κάθε ένα από τους δύο βασίζονται στην Ασαφή Λογική που θεωρείται ευρέως ως μια από τις καλύτερες λύσεις για τον χειρισμό της αβεβαιότητας.

Περιγράψαμε μεθόδους επιλογής ενδιάμεσων οντοτήτων και προϊόντων ώστε αυτά να ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις των αγοραστών. Στις προτεινόμενες μεθόδους λάβαμε υπόψιν μας Quality of Service χαρακτηριστικά ώστε να αυξήσουμε την απόδοση της τελικής επιλογής που τελικά εξάγεται από το κάθε ένα μοντέλο. Μελετήσαμε ένα εύρος διαπραγματεύσεων τόσο ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή όσο και ανάμεσα σε ένα αγοραστή και πολλαπλούς πωλητές. Για τη μεν πρώτη περίπτωση, βασιστήκαμε στις αρχές της Θεωρίας Παιγνίων ώστε να καταλήξουμε στη λύση που μεγιστοποιεί το κέρδος των οντοτήτων. Για τη δεύτερη περίπτωση,

προτείναμε τη χρήση της Θεωρίας του Σμήνους ώστε εντελώς αυτόνομα τα νήματα που χρησιμοποιεί ένας αγοραστής να καταλήξουν στη βέλτιστη λύση μέσα από μια ομαδική προσπάθεια. Επιπλέον, η Θεωρία Βέλτιστης Παύσης μας έδωσε τα κατάλληλα εργαλεία ώστε να αλλάξουμε τη θεώρηση μας για το πρόβλημα της διαπραγμάτευσης κάτω από πλήρη άγνοια και να προτείνουμε μοντέλα που στοχεύουν στην εύρεση του κατάλληλου χρόνου για τη λήψη μιας απόφασης.

Τέλος, προτείνουμε μια τεχνική καθορισμού του επιπέδου εμπιστοσύνης των οντοτήτων αφού αυτές δραστηριοποιούνται σε ένα ανοιχτό και ταυτόχρονα δυναμικό περιβάλλον. Το επίπεδο εμπιστοσύνης μιας οντότητας είναι αυτό που οδηγεί μια άλλη ώστε να αποφασίσει τελικά να εμπλακεί σε διαπραγματεύσεις μαζί της ελαχιστοποιώντας το ρίσκο να αλληλεπιδράσει με κάποιον ο οποίος πιθανώς δεν προσφέρει αυτά τα οποία διαφημίζει.

Όπως γίνεται αντιληπτό, προσπαθούμε να καλύψουμε όλες τις πτυχές της αλληλεπίδρασης μιας ομάδας οντοτήτων στα πλαίσια μιας Ηλεκτρονικής Αγοράς ξεκινώντας από την επιλογή προϊόντων και οντοτήτων και καταλήγοντας σε μηχανισμούς λήψης αποφάσεων. Αναδεικνύουμε τα προβλήματα που υπάρχουν σε κάθε σημείο και προτείνουμε συγκεκριμένες λύσεις που αφορούν μοντέλα ή μηχανισμούς. Οι μηχανισμοί αυτοί οδηγούν τις οντότητες να αλληλεπιδρούν εντελώς αυτόνομα χωρίς την παραμικρή εμπλοκή των χρηστών που αντιπροσωπεύουν.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Υπολογιστική Νοημοσύνη

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αυτόματες Διαπραγματεύσεις, Αυτόνομες Οντότητες, Θεωρία Παιγνίων, Ασαφής Λογική, Συσταδοποίηση, Πρόβλεψη, Νευρωνικά Δίκτυα, Ενισχυτική Μάθηση, Θεωρία του Σμήνους, Θεωρία Βέλτιστης Παύσης, Εμπιστοσύνη

ABSTRACT

Automated negotiations consist an interesting research domain for many years. A number of researchers have proposed methodologies and algorithms for defining the behavior of entities participating in Electronic Markets. Computational Intelligence techniques can offer the basis for solving problems arising when entities interact each other. A scenario, mostly depicting real life negotiations, defines that entities act under no knowledge on the characteristics of the rest of them. This means that their behavior should incorporate mechanisms for handling uncertainty created by the lack of knowledge as well as intelligent methods for modelling every aspect of the discussed scenario.

In this PhD Thesis, we adopt computational intelligence techniques in order to propose efficient mechanisms for the definition of the behavior of entities participating in Electronic Markets. We cover the entire framework defined in a marketplace by proposing methodologies for the definition of basic parameters together with decision making models at every step of each negotiation. We take into consideration the uncertainty in such scenarios together with profit maximization. We propose decision making models that are based on different aspects of the discussed scenario in order to reveal the optimal one. We study buyers' as well as sellers' behavior. The proposed decision making mechanisms, for every part (buyers and sellers), are based on Fuzzy Logic that is widely accepted as one of the optimal theories for handling uncertainty.

We describe methods for the selection of middle entities and products. The proposed methods result the appropriate middle entity or product that best matches the buyers' needs. In these methods, we utilize Quality of Service parameters in order to increase the efficiency of the proposed model. We study negotiations between one buyer and one seller as well as concurrent negotiations between a buyer and multiple sellers. In the first case, we are based on the Game Theory principles with the final aim to provide a model that maximizes the expected profit. For the second case, we are based on Swarm Intelligence theory in order to have a framework where threads, used by the buyer, conclude the best solution (the best agreement) through a team work. Additionally, Optimal Stopping Theory gives us the tools to change the view of the problem. Based on Optimal Stopping Theory, we propose models trying to find the best time to take a decision.

Finally, we propose a technique for defining the trust level of entities. The reason is that our scenario involves an open and very dynamic environment like Electronic Markets.

The trust level of an entity affects the decision taken by the rest of them for their involvement in negotiations with her. If the entity is very trusted, then the risk of negotiating with an entity that we are not sure that is going to offer what is promoting, is eliminated.

Form the above, we see that we try to cover all the aspects of negotiations,, starting from the selection of entities to negotiate with, to decision making mechanisms. We reveal the problems in the specific research area and propose specific solutions. Such solutions involve methods, algorithms or models for helping entities to negotiate in an autonomous manner with the minimum users intervention.

SUBJECT AREA: Computational Intelligence

KEYWORDS: Automated Negotiations, Autonomous Entities, Game Theory, Fuzzy Logic, Clustering, Prediction, Neural Networks, Reinforcement Learning, Swarm Intelligence, Optimal Stopping Theory, Trust

στη Μάγδα και το μικρό μας Μίλτο

ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

Περιοδικά

1. Kostas Kolomvatsos, and Stathes Hadjiefthymiades, ‘An Extended Q-Gram Algorithm for Calculating the Relevance Factor of Products in Electronic Marketplaces’, accepted for publication in Elsevier Electronic Commerce Research and Applications (ECRA), 2013.
2. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'Buyer Behavior Adaptation Based on a Fuzzy Logic Controller and Prediction Techniques', *Elsevier Fuzzy Sets and Systems (FSS)*, February 2012, pp. 30-52.
3. Kostas Kolomvatsos, Christos Anagnostopoulos, and Stathes Hadjiefthymiades, 'A Fuzzy Logic for Bargaining in Information Markets', *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (ACM TIST)*, February 2012, vol. 3(2), pp. art. No 32.

Συνέδρια

4. George Boulougaris, Kostas Kolomvatsos, and Stathes Hadjiefthymiades, 'Building the Knowledge Base of a Buyer Agent Using Reinforcement Learning Techniques', In Proc. of the *2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2010), IJCNN*, July 18th - 23rd, Barcelona, Spain, pp. 1166-1173.
5. Roi Arapoglou, Kostas Kolomvatsos, and Stathes Hadjiefthymiades, 'Buyer Agent Decision Process Based on Automatic Fuzzy Rules Generation Methods', In Proc. of the *2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2010), FUZ-IEEE*, July 18th - 23rd, Barcelona, Spain, pp. 856-863.
6. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'Automatic Fuzzy Rules Generation for the Deadline Calculation of a Seller Agent', In Proc. of the *9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2009)*, Athens, Greece, March 23-25, 2009, pp. 429-434.
7. Kostas Kolomvatsos, Christos Anagnostopoulos, and Stathes Hadjiefthymiades, 'On The Use of Fuzzy Logic in a Seller Bargaining Game', In Proc. of the *32nd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2008)*, July 28th - August 1st, Turku, Finland, 2008, pp. 184-191.

8. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'Implicit Deadline Calculation for Seller Agent Bargaining in Information Marketplaces', In Proc. of the *2nd International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS 2008)*, March 4th - 7th, Polytechnic University of Catalonia, Barcelona, Spain, 2008, pp. 184-190.

Κεφάλαια σε Βιβλία

9. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'On the Use of Fuzzy Logic in Electronic Marketplaces', in the book 'Cross Disciplinary Applications of Artificial Intelligence and Pattern Recognition: Advancing Technologies', ed. Vijay Mago, IGI Global, 2011.
10. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'Defining Time Constraints for Sellers in Electronic Markets', in the 'Encyclopedia of E-Business Development and Management in the Global Economy', ed. In Lee, IGI Global, 2010.
11. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'How Can We Trust Agents in Multi-Agent Environments?', Chapter in 'Intelligence Integration in Distributed Knowledge Management', eds D. Krol and N. T. Nguyen, IDEA Group Inc., 2008.
12. Kostas Kolomvatsos and Stathes Hadjiefthymiades, 'Ontologies and Intelligent Agents: A Powerful Bond', Chapter in 'The Semantic Web for Knowledge and Data Management: Technologies and Practices', eds Z. Ma and H. Wang, IDEA Group Inc., 2008.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ 17

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 21

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ηλεκτρονικές Αγορές 27
1.2. Αυτόνομες Οντότητες Λογισμικού 30
1.3. Αλληλεπιδράσεις Οντοτήτων 32
1.4. Διάρθρωση Διατριβής 35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

2.1. Εισαγωγή 37
2.2. Πωλητές 38
2.2.1. Καθορισμός Παραμέτρων 39
2.2.2. Μηχανισμός λήψης αποφάσεων 39
2.3. Αγοραστές 40
2.3.1. Καθορισμός παραμέτρων 40
2.3.2. Επιλογή Πωλητών / Ενδιάμεσων Οντοτήτων 41
2.3.3. Μηχανισμός λήψης αποφάσεων 41
2.4. Υπολογισμός Εμπιστοσύνης 43
2.5. Ερευνητική Μεθοδολογία 43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

3.1. Περιγραφή Ηλεκτρονικών Αγορών 47
3.2. Προϊόντα - Υπηρεσίες 50
3.3. Περιγραφή Οντοτήτων 52
3.3.1. Αγοραστές 53
3.3.2. Πωλητές 53
3.3.3. Ενδιάμεσες Οντότητες 54
3.4. Περιγραφή Προβλημάτων και Ανάγκη για Λύσεις 55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΩΛΗΤΩΝ

4.1. Σχετική Βιβλιογραφία 61
4.2. Συμπεριφορά – Στρατηγικές 64
4.2.1. Υπολογισμός Χρονικού Ορίου Συμμετοχής σε Αγοραπωλησίες 66
4.2.2. Εφαρμογή Ασαφούς Λογικής στον Υπολογισμό του Χρονικού Ορίου Συμμετοχής 69
4.2.3. Βάση Κανόνων Ασαφούς Λογικής 70
4.2.4. Ανάλυση Αποτελεσμάτων 75
4.3. Εκμάθηση Κανόνων Ασαφούς Λογικής για τον Υπολογισμό του Χρονικού Ορίζοντα Συμμετοχής 80
4.4. Εφαρμογή Υπολογιστικής Νοημοσύνης στη Συμπεριφορά των Πωλητών 89
4.4.1. Σενάριο Αλληλεπίδρασης 92
4.4.2. Συμπεριφορά Οντοτήτων 95
4.4.2.1. Αγοραστές 95
4.4.2.2. Πωλητές 97
4.4.3. Μηχανισμός Λήψης Αποφάσεων βασισμένος στην Ασαφή Λογική 100
4.4.4. Πειραματικά Αποτελέσματα 105

4.4.4.1. Μετρικές Απόδοσης ... 105
4.4.4.2. Σχέδιο Πειραμάτων ... 108
4.4.4.3. Βασικά Πειραματικά Σενάρια ... 109
4.4.4.4. Συγκριτική Αποτίμηση του Προτεινόμενου Μοντέλου ... 109
4.4.4.5. Απόδοση του Προτεινόμενου Μοντέλου ... 113
4.4.4.6. Μεταβλητό Κέρδος του Πωλητή ... 118
4.5. Ερευνητική Συνεισφορά ... 122

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

5.1. Σχετική Βιβλιογραφία ... 125
5.2. Επιλογή Πωλητών - Ενδιάμεσων Οντοτήτων ... 127
5.2.1. Εξεταζόμενο Σενάριο ... 130
5.2.2. Κατασκευή των Q-Πινάκων ... 132
5.2.3. Επέκταση του αλγορίθμου Q-Learning ... 135
5.2.4. Περιγραφή της συμπεριφοράς των αγοραστών ... 137
5.2.5. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 138
5.3. Επιλογή Προϊόντων από τους αγοραστές ... 146
5.3.1. Υπολογισμός Βαθμού Συσχέτισης (Relevance Factor Calculation) ... 151
5.3.2. Γενική Περιγραφή Μεθοδολογίας ... 152
5.3.3. Αλγόριθμος Λεξικογραφικής Ομοιότητας Extended Q-Gram ... 156
5.3.4. Περιγραφή Αλγορίθμου ... 158
5.3.5. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 163
5.3.5.1. Αποτελέσματα για τις μετρικές ακρίβειας και ανάκτησης ... 164
5.3.5.2. Σύγκριση Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας ... 167
5.3.5.3. Σύγκριση 'hard' και 'soft' προσέγγισης ... 169
5.4. Ερευνητική Συνεισφορά ... 174

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΓΟΡΑΣΤΩΝ

6.1. Ορισμοί ... 177
6.2. Σχετική Βιβλιογραφία ... 179
6.3. Μοντελοποίηση Διαπραγμάτευσης ... 182
6.4. Στρατηγικές Οντοτήτων ... 184
6.5. Στρατηγική Ισορροπίας για ένα χαρακτηριστικό προϊόντων ... 186
6.5.1. Εκτιμητής του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής και των στρατηγικών ... 186
6.5.2. Ακολουθιακή Στρατηγική Ισορροπίας ... 189
6.6. Στρατηγική Ισορροπίας για πολλαπλά χαρακτηριστικά προϊόντων ... 199
6.7. Ταυτόχρονες Διαπραγματεύσεις ... 209
6.7.1. Εξεταζόμενο Σενάριο ... 209
6.7.2. Χρήση της Θεωρίας του Σμήνους ... 210
6.8. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 213
6.9. Ερευνητική Συνεισφορά ... 225

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΑΓΟΡΑΣΤΩΝ

7.1. Γενική Περιγραφή ... 229
7.2. Σχετική Βιβλιογραφία ... 232
7.3. Εφαρμογή Υπολογιστικής Νοημοσύνης ... 234
7.3.1. Εξεταζόμενο Σενάριο ... 234
7.3.2. Ανάλυση ... 236
7.3.3. Μοντέλο Ασαφούς Λογικής ... 239

7.3.3.1. Μεταβλητές – Συναρτήσεις Συμμετοχής ... 239
7.3.3.2. Βάση Κανόνων ... 242
7.3.4. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 247
7.3.4.1. Γενική Απόδοση του Μοντέλου ... 247
7.3.4.2. Παράμετροι Πειραμάτων ... 249
7.3.4.3. Απόδοση Ασαφούς Συστήματος ... 250
7.3.4.4. Σύγκριση με Άλλες Ερευνητικές Προσπάθειες ... 255
7.4. Εκμάθηση Κανόνων Ασαφούς Λογικής ... 262
7.4.1. Εισαγωγή ... 262
7.4.2. Εξεταζόμενο Σενάριο ... 263
7.4.3. Τεχνικές - Αλγόριθμοι ... 264
7.4.3.1. K-means ... 265
7.4.3.2. Fuzzy C-means ... 265
7.4.3.3. Subtractive ... 266
7.4.3.4. Nearest Neighborhood Clustering (NNC) ... 267
7.4.3.5. Εξαγωγή ασαφών κανόνων ... 267
7.4.3.6. Learning from Examples (LFE) & Modified Learning from Examples (MLFE) ... 269
7.4.4. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 270
7.5. Προσαρμογή Συμπεριφοράς Αγοραστή ... 275
7.5.1. Εισαγωγή ... 275
7.5.2. Θεωρητικό Υπόβαθρο ... 276
7.5.3. Μηχανισμός Λήψης Αποφάσεων ... 277
7.5.4. Μοντέλο Προσαρμογής Συμπεριφοράς ... 279
7.5.4.1. Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Πωλητών ... 280
7.5.4.2. Ασαφής Ελεγκτής ... 283
7.5.5. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 284
7.5.5.1. Γενική Συζήτηση ... 284
7.5.5.2. Θεωρία Βέλτιστης Παύσης ... 286
7.5.5.3. Απόδοση του Προτεινόμενου Μοντέλου ... 287
7.6. Ερευνητική Συνεισφορά ... 304

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΑΥΣΗΣ

8.1. Εισαγωγή ... 305
8.2. Εξεταζόμενο Σενάριο ... 307
8.3. Βέλτιστη Παύση σε Διαπραγματεύσεις ... 307
8.4. Μοντέλο Βασισμένο στο Discounted Sum Problem ... 308
8.5. Τεχνικές που βασίζονται στη διαφορά τιμών ... 311
8.5.1. Μοντέλο Βασισμένο στο Burglar Problem ... 312
8.5.2. Μοντέλο Βασισμένο στο Last Success Problem ... 314
8.6. Πειραματικά Αποτελέσματα ... 316
8.6.1. Μετρικές ... 317
8.6.2. Προσομοιώσεις ... 319
8.6.3. Αποτίμηση Απόδοσης των Προτεινόμενων Μοντέλων ... 320
8.7. Ερευνητική Συνεισφορά ... 335

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

9.1. Σχετική Βιβλιογραφία ... 337
9.2. Περιγραφή Σεναρίου ... 340
9.3. Σύστημα Προσδιορισμού Επιπέδου Εμπιστοσύνης ... 342
9.3.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος ... 343

9.3.2. Επίπεδο Εμπιστοσύνης Βασισμένο σε Εμπειρίες της Ομάδας 344
9.3.3. Επίπεδο Εμπιστοσύνης Βασισμένο σε Προσωπικές Εμπειρίες..... 348
9.3.4. Υπολογισμός Τελικής Τιμής Εμπιστοσύνης..... 350
9.4. Πειραματικά Αποτελέσματα..... 353
9.5. Ερευνητική Συνεισφορά 358

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

10.1. Πωλητές..... 361
10.2. Αγοραστές 363
10.3. Άλλα Θέματα 366
10.4. Επίλογος 367

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ 369

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ 373

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

Α.1. Εισαγωγή 375
Α.2. Ασαφή Σύνολα..... 375
Α.3. Ασαφείς Τελεστές 378
Α.4. Ασαφείς Κανόνες 379
Α.5. Εξαγωγή Συμπερασμάτων 381

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Β.1. Εισαγωγή 383
Β.2. Στοιχεία – Τύποι Παιγνίων 384
Β.3. Στρατηγικές Ισορροπίας..... 386
Β.4. Παίγνια Διαπραγμάτευσης 387

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΣΜΗΝΟΥΣ

Γ.1. Εισαγωγή..... 391
Γ.2. Ant Colony Optimization..... 391
Γ.3. Particle Swarm Optimization (PSO)..... 392

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΘΕΩΡΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΑΥΣΗΣ

Δ.1. Εισαγωγή 395
Δ.2. Το πρόβλημα εύρεσης Γραμματέως (The Secretary Problem)..... 396
Δ.3. Το πρόβλημα της Τελευταίας Επιτυχίας (Last Success Problem) 397
Δ.4. Το Discounted Sum πρόβλημα (The Discounted Sum Problem)..... 397
Δ.5. Το πρόβλημα του Διαρρήκτη (The Burglar Problem)..... 398

ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....399

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ασαφή σύνολα για τις παραμέτρους q, ε και α. 72

Σχήμα 2. Περιοχές κατάταξης προϊόντων. 72

Σχήμα 3. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για α = 50. 77

Σχήμα 4. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για α = 500. 77

Σχήμα 5. Γραφική αναπαράσταση της επιφάνειας συμπερασμού για την τιμή του α. 80

Σχήμα 6. Γενική αρχιτεκτονική ενός ασαφή ελεγκτή. 81

Σχήμα 7. Ασαφής ελεγκτής για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. 81

Σχήμα 8. Γραφική αναπαράσταση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου α. 88

Σχήμα 9. Γραφική αναπαράσταση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου q. 89

Σχήμα 10. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις βασικές παραμέτρους της συμπεριφοράς του πωλητή 103

Σχήμα 11. Συνάρτηση συμμετοχής για τον βαθμό αποδοχής. 103

Σχήμα 12. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 1. 115

Σχήμα 13. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 2. 115

Σχήμα 14. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 3. 116

Σχήμα 15. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 4. 115

Σχήμα 16. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 5. 115

Σχήμα 17. Πειραματικά αποτελέσματα για το σενάριο 6. 115

Σχήμα 18. Ποσοστό συμφωνιών για το ‘υπομονετικό’ και το ‘επιθετικό’ σενάριο. 120

Σχήμα 19. Απαιτούμενα βήματα για κλείσιμο συμφωνίας για το ‘υπομονετικό’ και το ‘επιθετικό’ σενάριο. 121

Σχήμα 20. Μέσο ουσιαστικό όφελος του πωλητή για το ‘υπομονετικό’ και το ‘επιθετικό’ σενάριο. 121

Σχήμα 21. Γενική μορφή των Q-Πινάκων. 133

Σχήμα 22. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό οντοτήτων (5 προϊόντα η κάθε μια). 145

Σχήμα 23. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό οντοτήτων (40 προϊόντα η κάθε μια). 145

Σχήμα 24. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό προϊόντων (μέγιστος αριθμός 15 οντότητες που δραστηριοποιούνται στην ΗΑ). 146

Σχήμα 25. Χρήση της παραμέτρου πολιτικής a. 161

Σχήμα 26. Απόδοση των αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας. 169

Σχήμα 27. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Hard' προσέγγιση. 170

Σχήμα 28. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης για 80% ταιριάσματα – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4). 171

Σχήμα 29. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.2, 0.6). 171

Σχήμα 30. Όριο για την τιμή του προϊόντος: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Hard' προσέγγιση. 172

Σχήμα 31. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (100% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4). 173

Σχήμα 32. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (80% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4). 173

Σχήμα 33. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (80% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.2, 0.6). 174

Σχήμα 34. Δημιουργία προσφορών σε σχέση με την παράμετρο στρατηγικής k. 206

Σχήμα 35. Υπολογισμός της πιθανότητας P(R): (a) για λ = 0.001, (b) για λ = 100. 208

Σχήμα 36. Ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις. 213

Σχήμα 37. Ελάχιστος αριθμός γύρου για την επίτευξη συμφωνίας. 215

Σχήμα 38. Γραφικές παραστάσεις της τιμολογιακής στρατηγικής του αγοραστή. 220

Σχήμα 39. Πειραματικά αποτελέσματα για τη μέση τιμή συμφωνίας, την απόκλιση και τη μέση βέλτιστη τιμή. 222

Σχήμα 40. Μέση τιμή συμφωνίας για διαφορετικό πλήθος νημάτων. 223

Σχήμα 41. Μέση απόκλιση της τιμή συμφωνίας για διαφορετικό πλήθος νημάτων. 223

Σχήμα 42. Σχηματική αναπαράσταση της τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής. 241

Σχήμα 43. Η αρχιτεκτονική του ασαφούς συστήματος του αγοραστή. 242

Σχήμα 44. Ασαφή σύνολα για το σύστημα λήψης αποφάσεων του αγοραστή. 245

Σχήμα 45. Γραφικές παραστάσεις της παραμέτρου AD. 249

Σχήμα 46. Ποσοστό συμφωνιών για διαφορετικές τιμές αποτίμησης V. 258

Σχήμα 47. Όφελος αγοραστή για διαφορετικές τιμές αποτίμησης V. 259

Σχήμα 48. Μέση τιμή συμφωνίας. 275

Σχήμα 49. Διαφορά με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (υπομονετικός αγοραστής)..... 292

Σχήμα 50. Διαφορά με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (επιθετικός αγοραστής)..... 293

Σχήμα 51. Σύγκριση ανάμεσα σε υπομονετικούς και επιθετικούς πωλητές (μοντέλο προσαρμογής)..... 297

Σχήμα 52. Αποτελέσματα για τυχαίες προσφορές του πωλητή..... 299

Σχήμα 53. Σύγκριση όταν ο πωλητής χρησιμοποιεί σταθερό ή μεταβλητό κέρδος..... 300

Σχήμα 54. Σύγκριση μεταξύ προσαρμοστικού και απλού μοντέλου – Περίπτωση επιθετικού πωλητή..... 300

Σχήμα 55. Σύγκριση μεταξύ προσαρμοστικού και απλού μοντέλου – Περίπτωση πωλητή με διαφορετικές τιμολογιακές στρατηγικές..... 301

Σχήμα 56. Αποτελέσματα του DS μοντέλου για διάφορες στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική..... 321

Σχήμα 57. Πλήθος γύρων για την επίτευξη συμφωνίας για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική..... 322

Σχήμα 58. Τιμές της παραμέτρου IU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική..... 323

Σχήμα 59. Τιμές της παραμέτρου JU για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική..... 323

Σχήμα 60. Αποτελέσματα του DS μοντέλου όταν ο πωλητής προτείνει τυχαίες τιμές..... 324

Σχήμα 61. Τιμές της παραμέτρου F για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική..... 325

Σχήμα 62. Αποτελέσματα για την παράμετρο AG για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 326

Σχήμα 63. Αποτελέσματα για την παράμετρο AG για ε = 200 ΧΜ..... 327

Σχήμα 64. Αποτελέσματα για την παράμετρο p_A για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 328

Σχήμα 65. Αποτελέσματα για την παράμετρο IU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 329

Σχήμα 66. Αποτελέσματα για την παράμετρο JU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 330

Σχήμα 67. Αποτελέσματα για την παράμετρο F για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 331

Σχήμα 68. Αποτελέσματα για την παράμετρο D για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή..... 332

Σχήμα 69. Αποτελέσματα για τις παραμέτρους IU, JU για διαφορετικές τιμές του χρονικού ορίζοντα του πωλητή και του κέρδους. 333

Σχήμα 70. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος. 344

Σχήμα 71. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου υπο-συστήματος υπολογισμού της κοινωνικής διάστασης της εμπιστοσύνης. 345

Σχήμα 72. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις παραμέτρους Αποστολή, Επικοινωνία καθώς για την έξοδο του υπο-συστήματος. 348

Σχήμα 73. Συναρτήσεις συμμετοχής για την παράμετρο Ποιότητα. 348

Σχήμα 74. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου υπο-συστήματος υπολογισμού της ατομικής διάστασης της εμπιστοσύνης. 349

Σχήμα 75. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις παραμέτρους Αποστολή και Επικοινωνία. 350

Σχήμα 76. Συναρτήσεις συμμετοχής για την παράμετρο Ποιότητα καθώς για την έξοδο του υπο-συστήματος. 350

Σχήμα 77. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος για τον υπολογισμό της τελικής τιμής εμπιστοσύνης. 352

Σχήμα 78. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο SR. 352

Σχήμα 79. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο IR. 353

Σχήμα 80. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο e. 353

Σχήμα 81. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο w_s. 353

Σχήμα 82. Συνάρτηση συμμετοχής για ένα σύνολο με δύο τιμές. 377

Σχήμα 83. Τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής. 378

Σχήμα 84. Συναρτήσεις συμμετοχής για τον χαρακτηρισμό του ύψους ενός ατόμου. 378

Σχήμα 85. Αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος. 382

Σχήμα 86. Κανονική μορφή ενός παιγνίου. 385

Σχήμα 87. Εκτεταμένη μορφή ενός παιγνίου. 386

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Υπολογισμός του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής χωρίς τη χρήση ασαφούς λογικής. 76

Πίνακας 2. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διάφορες τιμές του α. 76

Πίνακας 3. Υπολογισμός του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής με χρήση ασαφούς λογικής. 79

Πίνακας 4. Ειδικές περιπτώσεις υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. 79

Πίνακας 5. Αποτελέσματα για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. 85

Πίνακας 6. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αγοραστή. 97

Πίνακας 7. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός πωλητή. 98

Πίνακας 8. Σημασιολογία των ασαφών τιμών για τις βασικές παραμέτρους. 101

Πίνακας 9. Λίστα παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα. 108

Πίνακας 10. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (1). 142

Πίνακας 11. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (2). 143

Πίνακας 12. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος προϊόντων. 143

Πίνακας 13. Αριθμός μετακινήσεων για την ολοκλήρωση αγορών για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (1). 144

Πίνακας 14. Αριθμός μετακινήσεων για την ολοκλήρωση αγορών για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (2). 144

Πίνακας 15. Λίστα Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας. 154

Πίνακας 16. Σύγκριση Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας. 154

Πίνακας 17. Αντιστοιχία ανάμεσα στις προβλεφθείσες και τις πραγματικές κλάσεις. 164

Πίνακας 18. Κατάταξη αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας. 167

Πίνακας 19. Σύνδεση των εννοιών της ΘΣ με το σενάριο μας. 211

Πίνακας 20. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αγοραστή. 218

Πίνακας 21. Διαφορά στην τιμή συμφωνίας και στην απόκλιση. 222

Πίνακας 22. Πειραματικά αποτελέσματα για μέγιστο κέρδος ίσο με 300 ΧΜ. 224

Πίνακας 23. Πειραματικά αποτελέσματα για μέγιστο κέρδος ίσο με 50 ΧΜ. 224

Πίνακας 24. Σημασιολογία των λεξικογραφικών τιμών. 243

Πίνακας 25. Επισκόπηση των ασαφών κανόνων του συστήματος του αγοραστή. 245

Πίνακας 26. Οι βασικές παράμετροι του αγοραστή και του πωλητή. 249

Πίνακας 27. Αποτελέσματα για διάφορες τιμές της παραμέτρου V. 251

Πίνακας 28. Αποτελέσματα για διάφορες τιμές της παραμέτρου V. 251

Πίνακας 29. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μικρές τιμές για το χρονικό ορίζοντα (ε ∈ (0, 20]). 253

Πίνακας 30. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μεγάλες τιμές για το χρονικό ορίζοντα (ε ∈ (0, 20]). 253

Πίνακας 31. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μικρές τιμές για το χρονικό ορίζοντα (ε ∈ (0, 80]). 254

Πίνακας 32. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μεγάλες τιμές για το χρονικό ορίζοντα (ε ∈ (0, 80]) 254

Πίνακας 33. Αποτελέσματα για μικρές τιμές του χρονικού ορίζοντα. 260

Πίνακας 34. Αποτελέσματα για μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα (Περίπτωση Ι). 260

Πίνακας 35. Αποτελέσματα για μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα (Περίπτωση ΙΙ). 261

Πίνακας 36. Χρόνος κατασκευής βάσης κανόνων. 270

Πίνακας 37. Τα βασικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων. 271

Πίνακας 38. Οι επτά ζώνες συμφωνίας. 272

Πίνακας 39. Αποτελέσματα για το μέσο όφελος. 273

Πίνακας 40. Μέση τιμή για την παράμετρο AD. 273

Πίνακας 41. Μέσος χρόνος αλληλεπίδρασης για όλες τις περιπτώσεις. 274

Πίνακας 42. Αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό συμφωνιών. 274

Πίνακας 43. Τα βασικά χαρακτηριστικά της διαπραγμάτευσης. 288

Πίνακας 44. Τα εξεταζόμενα σενάρια. 289

Πίνακας 45. Οι διαθέσιμες ζώνες συμφωνίας. 290

Πίνακας 46. Σύγκριση με ένα ‘απλό’ σύστημα ασαφούς λογικής. 290

Πίνακας 47. Σύγκριση με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (τιμή συμφωνίας). 293

Πίνακας 48. Αποτελέσματα για το Σενάριο 4 (500 διαπραγματεύσεις). 294

Πίνακας 49. Σύγκριση με μοντέλο που βασίζεται στη θεωρία βέλτιστης παύσης (βήματα διαπραγμάτευσης). 294

Πίνακας 50. Διαφορά με ένα μοντέλο βέλτιστης παύσης (μεγάλες τιμές για την αποτίμηση V). 295

Πίνακας 51. Διαφορά με ένα μοντέλο βέλτιστης παύσης (μικρές τιμές για την αποτίμηση V). . 295

Πίνακας 52. Βέλτιστη τιμή αποτίμησης V για διάφορες πολιτικές (a=0.5). 295

Πίνακας 53. Βέλτιστη τιμή αποτίμησης V για διάφορες πολιτικές (a=1.0). 296

Πίνακας 54. Αποτελέσματα για το Σενάριο Α. 302

Πίνακας 55. Αποτελέσματα για το Σενάριο Β. 302

Πίνακας 56. Αποτελέσματα για το Σενάριο Γ 303

Πίνακας 57. Αποτελέσματα για το Σενάριο Δ. 303

Πίνακας 58. Τιμές των βασικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στα πειράματα. 320

Πίνακας 59. Αριθμητικό παράδειγμα για το βάρος υπόληψης. 347

Πίνακας 60. Ασαφής βάση γνώσης για την κοινωνική διάσταση της εμπιστοσύνης. 347

Πίνακας 61. Η ασαφής βάση κανόνων για το υπο-σύστημα υπολογισμού της ατομικής διάσταση της εμπιστοσύνης. 349

Πίνακας 62. Ασαφής βάση κανόνων για τον υπολογισμό της τελικής τιμής εμπιστοσύνης. 352

Πίνακας 63. Βαθμός υπόληψης οντοτήτων. 354

Πίνακας 64. Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με ένα σύνολο οντοτήτων. 354

Πίνακας 65. Αναφορές της ομάδας για το πρώτο σενάριο πειραμάτων. 356

Πίνακας 66. Προσωπικές αναφορές για το πρώτο σενάριο. 356

Πίνακας 67. Αποτελέσματα για την περίπτωση 1 356

Πίνακας 68. Αποτελέσματα για την περίπτωση 2 356

Πίνακας 69. Αποτελέσματα για την περίπτωση 1 όταν D_{max} = 10. 356

Πίνακας 70. Σύγκριση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από τους εμπειρογνώμονες. 358

Πίνακας 71. Πίνακας οφέλους για το παίγνιο ‘Δίλημμα του φυλακισμένου’. 387

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Μελετά αυτόματες διαπραγματεύσεις οντοτήτων που δραστηριοποιούνται σε ένα δυναμικό περιβάλλον όπως είναι οι Ηλεκτρονικές Αγορές. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον παρατηρείται μια συνεχής αλλαγή των συμπεριφορών τους, έτσι ώστε, να απαιτούνται μηχανισμοί διαχείρισης της αβεβαιότητας, που προκύπτει σχετικά με τις προθέσεις τους. Έγινε χρήση αρκετών τεχνικών και θεωριών κυρίως από τον τομέα της Υπολογιστικής Νοημοσύνης, ώστε να προταθούν έξυπνοι και συνάμα αποδοτικοί μηχανισμοί καθορισμού των συμπεριφορών των οντοτήτων αυτών. Εστιάζουμε στην πλευρά των αγοραστών, αλλά και στην πλευρά των πωλητών, περιγράφοντας τα προτεινόμενα μοντέλα τόσο αναλυτικά όσο και πειραματικά. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν μια βελτίωση μετρικών απόδοσης, σε σύγκριση με υπάρχοντα συστήματα που μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιογραφία.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποια άτομα που συνέβαλαν καθοριστικά στην ολοκλήρωση αυτής της διατριβής. Πρώτα και πάνω από όλα θα ήθελα από καρδιάς να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Επίκουρο Καθηγητή Ευστάθιο Χατζηευθυμιάδη που μου έδωσε τη δυνατότητα να ξεκινήσω και να ολοκληρώσω αυτή τη διατριβή. Τον ευχαριστώ θερμά για τη συνεχή στήριξη και βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της όλα αυτά τα χρόνια. Συνέβαλε τα μέγιστα στην ολοκλήρωση αυτής της διατριβής με τις γνώσεις και τις προτάσεις του, αλλά επίσης μας βοήθησε καθοριστικά ποικιλοτρόπως, χωρίς ο ίδιος να το γνωρίζει, σε δύσκολες στιγμές της ζωής μας. Το ήθος του, θα αποτελεί πάντα παράδειγμα για μένα. Θέλω να ευχαριστήσω επίσης και τους υπόλοιπους καθηγητές της τριμελής επιτροπής παρακολούθησης μου, Καθηγητή Ε. Κουμπαράκη και Καθηγητή Γ. Βούρο για τη βοήθεια που μου παρείχαν.

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής, ήμουν μέλος της ερευνητικής ομάδας του Διάχυτου Υπολογισμού. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της ομάδας για όλες τις συζητήσεις που κάναμε, όλα αυτά τα χρόνια και τη βοήθεια που μου παρείχαν. Ένα μεγάλο και θερμό ευχαριστώ στον Επίκουρο Καθηγητή του Ιονίου Πανεπιστημίου Χρήστο Αναγνωστόπουλο, με τον οποίο οι συζητήσεις για επιστημονικά, και όχι μόνο, θέματα είναι τουλάχιστον απολαυστικές. Η βοήθειά του ήταν καθοριστική.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, τη σύζυγό μου Μάγδα για τη συνεχή στήριξή της όλα αυτά τα χρόνια, αλλά και το μικρό μου γιο Μίλτο που, αν και δεν είναι σε θέση να το

καταλάβει ακόμη, μου έδωσε ιδιαίτερη δύναμη και έμπνευση ώστε να ολοκληρώσω αυτή τη διατριβή, τα τελευταία δύο χρόνια που βρίσκεται στη ζωή μας. Πιστεύω ότι θα το καταλάβει όταν θα διαβάζει αυτές τις γραμμές στο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα, οι χρήστες βρίσκονται μπροστά σε ένα πολύ μεγάλο αριθμό πηγών πληροφορίας. Αυτό οφείλεται στη ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου αφού επιτρέπει στο σύνολο των χρηστών να 'ανεβάσει' τις πληροφορίες που επιθυμεί πάρα πολύ εύκολα. Ξέχωρα από αυτές, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα επίσης αρκετά μεγάλο πλήθος προϊόντων και υπηρεσιών. Οι προμηθευτές των προϊόντων και των υπηρεσιών μπορούν να βρουν ποικίλους τρόπους για να προσεγγίσουν πελάτες σε ένα δυναμικό και ανοιχτό περιβάλλον. Ωστόσο, στη διαδικασία αναζήτησης, εύρεσης και απόκτησης αγαθών υπάρχουν αρκετές δυσκολίες, ιδιαίτερα αν οι χρήστες επιθυμούν να βρουν το καλύτερο δυνατό. Ο λόγος είναι, ότι για να βρεθεί το καλύτερο δυνατό αγαθό θα πρέπει η αναζήτηση να συμπεριλάβει έναν πολύ μεγάλο αριθμό προμηθευτών. Όμως η διαδικασία αυτή είναι πέρα από τις ανθρώπινες δυνατότητες αφού απαιτείται ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, ώστε να συλλεχθούν οι απαραίτητες πληροφορίες και να βρεθεί το βέλτιστο αγαθό. Στην παρούσα διατριβή, εστιάζουμε στο σενάριο όπου οι χρήστες βασίζονται σε αυτόνομες οντότητες λογισμικού, οι οποίες τους αντιπροσωπεύουν και αναλαμβάνουν να φέρουν εις πέρας την προαναφερόμενη διαδικασία. Μελετούμε συγκεκριμένα προβλήματα και προτείνουμε λύσεις για την παραγωγή μεθοδολογιών και μοντέλων που θα λειτουργήσουν αποδοτικά και θα εξάγουν τη βέλτιστη δυνατή λύση.

1.1. Ηλεκτρονικές Αγορές

Η σημερινή μας εποχή χαρακτηρίζεται δικαίως ως εποχή της Πληροφορίας. Ειδικά με τη διάδοση του Διαδικτύου οι χρήστες έχουν πρόσβαση σε ένα τεράστιο όγκο πληροφοριών. Η μεγάλη πρόκληση στα επόμενα χρόνια θα είναι η δημιουργία μιας αποδοτικής μεθόδου ώστε οι αναζητούμενες πληροφορίες να είναι οι βέλτιστες σε σύγκριση με αυτό που αναζητούν οι χρήστες. Ως βέλτιστες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν οι πληροφορίες που ταιριάζουν απόλυτα στις ανάγκες των χρηστών. Είναι προφανές πως στη σημερινή μορφή του Διαδικτύου οι ανάγκες των χρηστών περιγράφονται συνήθως μέσα από τη χρήση συγκεκριμένων λέξεων κλειδιών (keywords) και περιορισμών.

Ταυτόχρονα, η τεχνολογία της πληροφορίας έχει φυσικά τόσο κοινωνικές όσο και οικονομικές επιπτώσεις. Ειδικότερα, στην οικονομία, η εξάπλωση του Διαδικτύου και ο

μεγάλος διαθέσιμος όγκος πληροφορίας προσφέρουν τρόπους ώστε οι προμηθευτές αγαθών να προσεγγίσουν πιθανούς πελάτες. Τα αγαθά αυτά μπορεί να είναι διαφόρων ειδών προϊόντα ή συγκεκριμένες υπηρεσίες. Είναι όμως αντιληπτό ότι πλέον η προσφορά αγαθών στο Διαδίκτυο ακολουθεί τη διαδικασία ανάπτυξης που χαρακτηρίζει την εξέλιξη της ίδιας της πληροφορίας. Ένας μεγάλος όγκος αγαθών είναι διαθέσιμα μέσω Web και οι χρήστες καλούνται να αναζητήσουν και να αποκτήσουν αυτά που ταιριάζουν περισσότερο με τις ανάγκες τους. Το ερώτημα που τίθεται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι το εξής: Πώς οι χρήστες είναι σίγουροι ότι το αγαθό που θα αγοράσουν είναι το βέλτιστο με βάση τις ανάγκες τους; Η απάντηση εξάγεται εύκολα. Οι χρήστες, πιθανώς, δεν μπορούν να είναι ποτέ σίγουροι πως το αγαθό που απέκτησαν είναι το βέλτιστο. Πιθανώς, κάποιο άλλο αγαθό που προσφέρει κάποιος άλλος προμηθευτής να ταιριάζει καλύτερα στις ανάγκες τους. Ως βέλτιστο ορίζουμε ένα αγαθό του οποίου τα χαρακτηριστικά του είναι αυτά που επιθυμεί ακριβώς ο χρήστης (λέξεις κλειδιά και περιορισμοί σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του). Μπορούν, τελικά, να είναι σίγουροι πως το αγαθό που απέκτησαν είναι βέλτιστο από αυτά τα οποία έχουν καταφέρει ήδη να βρουν. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, πως ο χαρακτηρισμός ενός προϊόντος ή υπηρεσίας σαν βέλτιστο, έχει και μια ψυχολογική διάσταση που είναι πολύ δύσκολο να μοντελοποιηθεί. Ο λόγος είναι πως ο κάθε χρήστης λειτουργεί εντελώς υποκειμενικά. Για κάποιον μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο η μάρκα ενώ για κάποιον άλλο όχι. Συνεπώς, ένα προϊόν / υπηρεσία με την ίδια χαμηλή τιμή, μπορεί να είναι το βέλτιστο για κάποιους χρήστες και όχι για άλλους οι οποίοι βασίζουν τις αποφάσεις τους μόνο σε γνωστές μάρκες. Κατά συνέπεια, με βάση τα παραπάνω, κατανοούμε πως η αναζήτηση γίνεται μια πολύ σημαντική διαδικασία αφού από αυτή θα εξαχθεί ένας αριθμός προμηθευτών στους οποίους ένας χρήστης θα απευθυνθεί ώστε να εξετάσει τις πιθανότητες απόκτησης των αγαθών. Η διαδικασία της αναζήτησης θα πρέπει να λαμβάνει υπόψιν της όλες τις προαναφερθέντες παραμέτρους και πολλές φορές και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των χρηστών.

Η λύση που προτείνεται συνήθως, για την επίτευξη αγοραπωλησιών προϊόντων και υπηρεσιών, είναι οι Ηλεκτρονικές Αγορές (ΗΑ) [9], [99]. Αυτές, αποτελούν εικονικά περιβάλλοντα στα οποία δραστηριοποιούνται οντότητες που δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων με απώτερο στόχο την ανταλλαγή αγαθών. Μπορεί κανείς να δει μια ΗΑ σαν ένα μέσο ευρείας διάδοσης της πληροφορίας που σχετίζεται με πιθανές αγοραπωλησίες αγαθών. Οι ΗΑ προσφέρουν ένα μέρος, όπου οντότητες που επιθυμούν να εμπλακούν σε αγοραπωλησίες έχουν τη δυνατότητα να αναζητήσουν και να βρουν προμηθευτές ή

πιθανούς πελάτες. Είναι προς το συμφέρον και των δύο πλευρών να συμμετάσχουν σε μια ΗΑ αφού αποτελούν τον εικονικό τόπο όπου έχουν πολλές πιθανότητες να επιτύχουν τον απώτερο στόχο τους (εύρεση αγαθών ή αναζήτηση πελατών).

Οι ΗΑ ουσιαστικά αποτελούν μια μικρογραφία του Διαδικτύου. Ωστόσο, αποτελούν μια πιο οργανωμένη κοινότητα αφού έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν και υπηρεσίες πέρα από τη διευκόλυνση της αναζήτησης ενός εταίρου. Φυσικά, σε κανονικές καταστάσεις, δεν αποκλείεται κανείς από τη συμμετοχή του σε μια ΗΑ και συνεπώς το μέγεθός της μπορεί να μεγαλώσει. Η διαφορά είναι πως προσφέρονται υπηρεσίες αναζήτησης, διαχείρισης πολλές φορές και επικοινωνίας όποτε δεν επικρατεί σε αυτές η χαοτική κατάσταση που υπάρχει στο Διαδίκτυο. Για παράδειγμα, προσφέρονται υπηρεσίες πληρωμών, ταιριάσματος πελατών με προμηθευτές, υπολογισμού του βαθμού υπόληψης των οντοτήτων, κ.α. Οι πελάτες επιθυμούν τη συμμετοχή τους στις ΗΑ αφού γνωρίζουν πως εκεί θα έχουν τη δυνατότητα να συνδιαλλαγούν με ένα μεγάλο πλήθος προμηθευτών και έτσι να βρουν το αγαθό που ψάχνουν. Επίσης, η ΗΑ τους διευκολύνει προσφέροντας τις προαναφερόμενες υπηρεσίες διαχείρισης. Οι πελάτες χρησιμοποιώντας τις προσφερόμενες υπηρεσίες διαχείρισης μπορούν να αισθάνονται κάποιου είδους ασφάλεια σχετικά με τις προθέσεις και τα χαρακτηριστικά των προμηθευτών. Οι προμηθευτές από την άλλη τους συμφέρει να συμμετάσχουν σε μια ΗΑ αφού εκεί θα έχουν τη δυνατότητα να αναζητήσουν πελάτες και να γλιτώσουν το κόστος των υπηρεσιών διαχείρισης. Γενικότερα, οι ΗΑ μειώνουν το κόστος για όλες τις οντότητες που συμμετέχουν σε αυτές.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό από τα παραπάνω, ότι οι ΗΑ αποτελούν άκρως δυναμικά περιβάλλοντα αφού το πλήθος και οι συμπεριφορές των οντοτήτων που συμμετέχουν δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές και φυσικά μπορεί να αλλάζουν συνεχώς. Για παράδειγμα, ενώ οι ΗΑ επεκτείνονται ευρέως εις βάρος των κλασικών φυσικών αγορών, η περιγραφή των αγαθών γίνεται πιο περίπλοκη αφού η ανάγκη για περιγραφή του τυχόν στοκ επηρεάζει την ένταση με την οποία αναζητούν οι πιθανοί πελάτες τα προϊόντα / υπηρεσίες. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν πελάτες για τους οποίους το βέλτιστο αγαθό είναι αυτό με τη μικρότερη τιμή είτε πελάτες οι οποίοι δίνουν βάρος και στην ποιότητα ή άλλα χαρακτηριστικά. Αυτή η δυναμικότητα παρατηρείται και στις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτές τις οντότητες. Η ΗΑ μπορεί να προσφέρει μηχανισμούς ταιριάσματος των οντοτήτων και στη συνέχεια οι οντότητες αυτές να εμπλακούν σε απ' ευθείας αλληλεπιδράσεις ώστε να εξετάσουν την πιθανότητα ολοκλήρωσης μιας αγοραπωλησίας. Οι οντότητες έχουν προσωπικές πληροφορίες τις

οποίες συνήθως δεν επιθυμούν να τις εξάγουν προς τους υπόλοιπους, ιδιαίτερα όταν καλλιεργούνται ανταγωνιστικές σχέσεις μεταξύ τους. Και μόνο η διαφορετική στόχευση πελατών και προμηθευτών κάνει τις σχέσεις τους ιδιαίτερα ανταγωνιστικές. Οι πελάτες επιθυμούν χαμηλότερες τιμές και υψηλότερη ποιότητα ενώ οι προμηθευτές επιθυμούν υψηλότερες τιμές φυσικά. Ένα από τα πιο χαρακτηριστικό παραδείγματα στις ΗΑ είναι οι απ' ευθείας αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε πελάτες και προμηθευτές. Γενικά, οι οντότητες ακολουθούν μια εγωιστική συμπεριφορά και καταστρώνουν διάφορες στρατηγικές ώστε στο τέλος να μεγιστοποιήσουν κάποιου είδους όφελος. Αυτό το όφελος μπορεί να απεικονίζεται με χρηματικές ή άλλου είδους μονάδες (π.χ. επίπεδο ικανοποίησης).

Η μυστικότητα όμως στις στρατηγικές και στις ατομικές πληροφορίες που χαρακτηρίζουν τις οντότητες δημιουργούν κάποιου είδους αβεβαιότητα στους υπολοίπους με τους οποίους καλούνται να αλληλεπιδράσουν. Η αβεβαιότητα αυτή μπορεί να επηρεάσει τις αντιδράσεις των οντοτήτων όταν καλούνται να επιλέξουν συγκεκριμένες ενέργειες μέσα στην ΗΑ. Αν οι οντότητες είχαν πλήρη γνώση σχετικά με τις προθέσεις και γενικότερα τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων τότε η λύση θα ήταν εμφανής και άμεση. Ωστόσο, ένα τέτοιο σενάριο δεν προσεγγίζει σε καμία περίπτωση την πραγματικότητα.

Όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας διατριβής, μελετούμε προβλήματα τα οποία ανακύπτουν σε διάφορα τμήματα μιας ΗΑ. Προτείνουμε μοντέλα τα οποία προσπαθούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα των συμπεριφορών των οντοτήτων όταν δραστηριοποιούνται στα πλαίσια μιας ΗΑ. Τα μοντέλα αυτά έχουν προταθεί κάτω από το πρίσμα του χειρισμού ενός δυναμικού και αβέβαιου περιβάλλοντος που είναι η συνήθης περίπτωση όταν μελετούμε μια ΗΑ.

1.2. Αυτόνομες Οντότητες Λογισμικού

Όπως αναφέραμε πιο πάνω, το μεγάλο πρόβλημα στο Διαδίκτυο αλλά και στις ΗΑ είναι το γεγονός ότι οι χρήστες πρέπει, για να ολοκληρώσουν μια συναλλαγή, να αναζητήσουν και να αλληλεπιδράσουν με ένα μεγάλο πλήθος προμηθευτών. Φυσικά, δεν είναι εφικτό άνθρωποι που λειτουργούν σαν χρήστες σε μια ΗΑ να αλληλεπιδράσουν με π.χ. τριακόσιους προμηθευτές. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να χρησιμοποιηθούν αυτόνομες οντότητες λογισμικού που θα αναλάβουν να

φέρουν εις πέρας τη διαδικασία αυτή. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιου είδους τεχνολογίας θα μπορούσε να είναι οι έξυπνοι πράκτορες λογισμικού [133].

Με τον όρο αυτόνομες οντότητες λογισμικού, εννοούμε λογισμικό το οποίο θα προσφέρει μια διεπαφή ώστε οι χρήστες να καθορίζουν τις προτιμήσεις τους, ένα μηχανισμό βάσει του οποίου θα μπορούν να υλοποιούν αλληλεπιδράσεις με άλλες οντότητες, και ίσως μια μεθοδολογία με την οποία θα προσαρμόζονται στις παραμέτρους της εικονικής κοινότητας που αλλάζουν δυναμικά με το πέρασμα του χρόνου. Οι οντότητες αυτές θα έχουν συγκεκριμένη επεξεργαστική ισχύ και δυνατότητες οι οποίες φυσικά θα καθορίζουν εν τέλει τις εργασίες που μπορούν να φέρουν εις πέρας. Οι προτιμήσεις των χρηστών, στην ουσία, θα αποτελούν τους στόχους και τους περιορισμούς που θα διέπουν τη λειτουργία τους ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να προσαρμόζονται επίσης στη διαφοροποίηση των συμπεριφορών των υπολοίπων οντοτήτων.

Συνήθως, οι οντότητες αυτές λειτουργούν κάτω από ανωνυμία προσφέροντας στους χρήστες ένα ακόμη πλεονέκτημα. Δεν χρειάζεται να αποκαλύψουν την ταυτότητά τους στους υπόλοιπους παρά μόνο αν παραστεί ανάγκη. Αυτό το σημείο αποτελεί μια πολύ λεπτή υπόθεση αφού μια οντότητα πιθανώς θα εμπλακεί σε ένα σύνολο αλληλεπιδράσεων και έτσι ο κίνδυνος για την αποκάλυψη ευαίσθητης πληροφορίας μεγαλώνει. Όμως, μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις όπου κάποιου είδους προσωπική πληροφορία να έχει αποκαλυφθεί. Τότε οι μηχανισμοί της ΗΑ θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι αυτή δεν θα χρησιμοποιηθεί για λάθος σκοπούς (π.χ. χειραγώγηση τιμών). Επίσης, η ΗΑ καθώς και οι ίδιες οι οντότητες θα πρέπει να έχουν στη διάθεση τους μηχανισμούς με τους οποίους θα μπορούν να καταλαβαίνουν και να απομονώνουν συμπεριφορές που μπορεί να αποδειχθούν βλαπτικές για τους υπόλοιπους. Για παράδειγμα, ας σκεφτούμε μια περίπτωση στην οποία μέσα στην ΗΑ αναπτύσσεται ένα μοντέλο για τον καθορισμό του βαθμού εμπιστοσύνης της κάθε συμμετέχουσας οντότητας. Σε περίπτωση, λοιπόν, όπου κάποια οντότητα αποφασίσει να καταχωρήσει ψεύτικες θετικές αναφορές για κάποια άλλη με στόχο να την ευνοήσει τότε αυτό θα πρέπει να αναγνωριστεί άμεσα. Σε αντίθετη περίπτωση, θα δημιουργηθούν προβλήματα στη λειτουργία της ΗΑ. Τέλος, μηχανισμοί αναγνώρισης κακόβουλων γενικότερα οντοτήτων θα πρέπει να είναι σε ισχύ έτσι ώστε ακόμα και αν μια οντότητα που έχει απορριφθεί, εγκαταλείψει, και ξανά επιστρέψει με νέο όνομα τότε θα πρέπει να αναγνωριστεί και να απομονωθεί εκ νέου.

Επιπρόσθετα, το πλήθος των οντοτήτων μπορεί να αλλάζει δυναμικά. Αυτό σημαίνει πως σε ορισμένες περιπτώσεις ο νόμος της προσφοράς και της ζήτησης μπορεί να επηρεάσει τις τιμές και κατά συνέπεια τη συμπεριφορά των οντοτήτων. Για παράδειγμα, όταν μεγάλο πλήθος οντοτήτων ενδιαφέρονται για ένα συγκεκριμένο προϊόν / υπηρεσία, τότε πιθανώς (με βάση και τα διαθέσιμα αποθέματα) η τιμή του να αυξηθεί. Όπως θα δούμε παρακάτω, αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση κατά την οποία το εξεταζόμενο προϊόν αποτελεί ένα προϊόν πληροφορίας. Ένα τέτοιο προϊόν θα μπορούσε να είναι ένα άρθρο, ένα video, ένα μουσικό κομμάτι, κ.λπ. Για αυτού του είδους τα προϊόντα ίσως να μην μπορεί να εφαρμοστεί ο νόμος της προσφοράς και της ζήτησης αφού το απόθεμα είναι θεωρητικά άπειρο, σε αντίθεση με άλλες κατηγορίες προϊόντων. Όμως, από την άλλη, υπάρχει η περίπτωση ένα προϊόν πληροφορίας μπορεί να είναι έγκυρο μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα (π.χ. η τιμή μιας μετοχής). Άρα, για τα προϊόντα πληροφορίας, ίσως να αλλάζει εντελώς η τιμολογιακή στρατηγική εκ μέρους των προμηθευτών.

Τέλος, οι οντότητες έχουν τη δυνατότητα να συμμετάσχουν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στην ΗΑ, να εγκαταλείψουν, και να ξαναεπιστρέψουν, όποτε αυτές το επιθυμούν. Ο χρόνος συμμετοχής αποτελεί ένα ακόμα σημαντικό παράγοντα της συμπεριφοράς τους διότι, ουσιαστικά, ασκεί μια πίεση για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος. Οι οντότητες θα πρέπει να φέρουν εις πέρας τις λειτουργίες που τους έχουν ανατεθεί σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Το διάστημα αυτό μπορεί να είναι είτε ‘αυστηρό’ (μικρές τιμές) είτε πιο ‘χαλαρό’. Ας σκεφτούμε δύο παραδείγματα: Την αγορά της τιμής μιας μετοχής και την αγορά ενός πακέτου διακοπών. Στην πρώτη περίπτωση είναι εμφανές ότι ο διαθέσιμος χρόνος είναι της τάξης των λεπτών ενώ στη δεύτερη περίπτωση μπορεί να είναι της τάξης κάποιων ημερών.

Με βάση τα παραπάνω, καταλαβαίνουμε το δυναμικό χαρακτήρα μιας ΗΑ. Αυτός είναι που δημιουργεί όλες τις πιθανές δυσκολίες και προβλήματα τα οποία προσπαθούμε να εντοπίσουμε και να επιλύσουμε στην παρούσα διατριβή.

1.3. Αλληλεπιδράσεις Οντοτήτων

Σε μια ΗΑ, οι οντότητες αφού αναζητήσουν και βρουν τον πιο κατάλληλο εταίρο στη συνέχεια εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις με αυτούς ώστε τελικά να συμφωνήσουν ή όχι σε μια αγοραπωλησία. Η κάθε μια αλληλεπίδραση θα πρέπει να ακολουθεί κάποιο αποδοτικό πρωτόκολλο αφού οι αυτόνομες οντότητες λογισμικού θα πρέπει να

ακολουθούν συγκεκριμένα βήματα ώστε να καταλήξουν σε ένα αποτέλεσμα. Το πρωτόκολλο θα καθορίζει τις ενέργειες στις οποίες πρέπει και μπορούν να προβούν σε κάθε σημείο της αλληλεπίδρασης και θα ορίζει πότε η αλληλεπίδραση είναι επιτυχής ή όχι. Οι διαθέσιμες ενέργειες θα έχουν αποσαφηνιστεί με γνώμονα την κοινωνική διάσταση της αλληλεπίδρασης και θα εφαρμόζουν κάποιους κανόνες που τίθενται από την ΗΑ. Η επιλογή του πρωτοκόλλου αυτόματα επηρεάζει την αβεβαιότητα που θα υπάρξει κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης καθώς και την ποιότητα της τελικής έκβασης. Η ποιότητα της τελικής έκβασης εξαρτάται από το επίπεδο ικανοποίησης των οντοτήτων που εμπλέκονται στην αλληλεπίδραση. Τέλος, η ποιότητα συνδέεται άμεσα με το περιεχόμενο της αλληλεπίδρασης όταν περισσότεροι από ένας στόχοι πρόκειται να επιτευχθούν.

Επιπρόσθετα, κάποιοι περιορισμοί θα πρέπει να καθοριστούν στο πρωτόκολλο επικοινωνίας ειδάλλως οι οντότητες πιθανώς να αποτύχουν να συγχρονιστούν με αποτέλεσμα την επακόλουθη πλήρη αποτυχία της αλληλεπίδρασης. Για παράδειγμα, θα πρέπει να καθοριστούν κανόνες για το αν θα γίνονται προσφορές, από ποιον, κάθε πότε ακόμη και ποιος θα ξεκινήσει πρώτος τη διαδικασία. Όλα τα παραπάνω καθορίζουν το κόστος της αλληλεπίδρασης για κάθε μια οντότητα αλλά και συνολικά μαζί. Βλέπουμε λοιπόν πως το τελικό κόστος και συνεπώς το τελικό κέρδος της κάθε οντότητας εξαρτάται άμεσα από το πρωτόκολλο το οποίο θα υιοθετηθεί. Σαν παράδειγμα, σε αυτό το σημείο θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τα μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία παιγνίων. Τα μοντέλα αυτά προσπαθούν να επιτύχουν μια γρήγορη λύση στο πρόβλημα, αλλά μέσω του περιορισμού των επιλογών που έχουν οι οντότητες και με την υπόθεση ότι αυτές λειτουργούν λογικά ανταλλάσσοντας προσφορές μεταξύ τους.

Πιο συγκεκριμένα, οι αλληλεπιδράσεις οντοτήτων στα πλαίσια ΗΑ περιλαμβάνουν ουσιαστικά δύο κομμάτια: α) τη δημιουργία προσφορών και β) τη στρατηγική λήψης αποφάσεων. Οι αποφάσεις που μια οντότητα καλείται να πάρει είναι το εύρος των αποδεκτών προσφορών, το ύψος της κάθε προσφοράς που θα κάνει, το πότε θα πρέπει να εγκαταλείψει τη διαδικασία και το πότε έχει επιτευχθεί μια συμφωνία. Τα όρια τιμών μπορεί να καθορίζονται από τους ίδιους τους χρήστες και είναι αυτά που ουσιαστικά ορίζουν την πιθανότητα ύπαρξης μιας συμφωνίας. Θα πρέπει να σημειωθεί, πως σχετίζονται άμεσα με την επίτευξη των στόχων που έχουν θέσει οι οντότητες και σε αυτά βασίζεται το τελικό όφελος. Κάθε οντότητα έχει μια άποψη για το όφελος που αποκομίζει για κάθε επιτυχή έκβαση μιας αλληλεπίδρασης. Το αποτέλεσμα της

αλληλεπίδρασης επηρεάζεται από το αν οι οντότητες έχουν και άλλες επιλογές για να πετύχουν τους στόχους τους. Για παράδειγμα, ένας πελάτης μπορεί να έχει εμπλακεί σε αλληλεπιδράσεις με δύο ή περισσότερους προμηθευτές. Προφανώς, η επιτυχής έκβαση μιας αλληλεπίδρασης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις υπόλοιπες όσον αφορά στο κλείσιμο μιας αγοραπωλησίας.

Ένα άλλο σημαντικό σημείο στη μελέτη των αλληλεπιδράσεων, αποτελούν οι στρατηγικές των οντοτήτων. Οι οντότητες ακολουθούν μια στρατηγική προσπαθώντας να αποκομίσουν όφελος ενώ μπορούν να την αλλάζουν είτε κατά τη διάρκεια μιας αλληλεπίδρασης είτε σε κάθε αλληλεπίδραση με διαφορετική οντότητα. Το σύνολο των διαθέσιμων στρατηγικών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί στα ακόλουθα [143]:

- ***Log-rolling***: η κάθε οντότητα σταδιακά χαλαρώνει τους περιορισμούς που έχουν τεθεί ώστε να αυξηθεί η πιθανότητα συμφωνίας. Η κύρια στόχευση μιας τέτοιας στρατηγικής είναι η επίτευξη όσο το δυνατόν περισσότερων συμφωνιών μέσα στα όρια τιμών που έχουν τεθεί ως περιορισμοί.
- ***Bridging***: περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας εντελώς νέας λύσης που ικανοποιεί τους πιο σημαντικούς περιορισμούς. Η στρατηγική εστιάζει μόνο στα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά ενώ, στην ουσία, αγνοεί τα υπόλοιπα. Για παράδειγμα, μια οντότητα μπορεί να εστιάσει μόνο στην τιμή και να αγνοήσει (εφόσον δεν επηρεάζει την επίτευξη των τελικών στόχων) το χρόνο παράδοσης.
- ***Unlinking***: παραβλέπει αδύναμους περιορισμούς κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων.
- ***Pursuing goals independently***: η κάθε οντότητα επιδιώκει τους στόχους που έχει ορίσει αδιαφορώντας για τους στόχους των υπολοίπων [176].
- ***Anti planning***: κάποια οντότητα καταστρώνει ένα σχέδιο έτσι ώστε να αποτρέψει μια άλλη οντότητα να επιτύχει τους στόχους της. Πρόκειται για μια εντελώς εγωιστική συμπεριφορά η οποία, προφανώς, επηρεάζει την επίτευξη των στόχων των υπολοίπων.

Προφανώς, ένας συνδυασμός των παραπάνω στρατηγικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια μιας αλληλεπίδρασης.

Ο χρόνος / διάρκεια μιας αλληλεπίδρασης την επηρεάζει με δύο τρόπους. Ο πρώτος αφορά στη διαδικασία απόφασης των οντοτήτων. Όσο περνάει ο χρόνος τόσο αυξάνει το κόστος της αλληλεπίδρασης και κατά συνέπεια αυξάνεται η πίεση στην οντότητα

ώστε να καταλήξει στο τελικό αποτέλεσμα. Η πίεση είναι πιο έντονη όταν η ακολουθούμενη στρατηγική εξαρτάται άμεσα από τον χρόνο. Για παράδειγμα, μπορεί κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης η οντότητα να χάνει όφελος όσο ο χρόνος περνάει. Η δεύτερη διάσταση είναι το γεγονός ότι το πέρασμα του χρόνου επηρεάζει την ποιότητα της αλληλεπίδρασης μέσω της ανάγκης για επιπρόσθετους πόρους που κρίνονται απαραίτητοι για τη συνέχισή της. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι ότι οι οντότητες έχουν να επιλέξουν από ένα σύνολο ενεργειών που είναι είτε αυστηρά είτε πιο χαλαρά συνδεδεμένες με το χρονικό σημείο λήψης τους. Η επίτευξη συμφωνίας μέσα σε συγκεκριμένους χρονικούς περιορισμούς πρέπει να γίνει επιλύοντας οποιεσδήποτε συγκρούσεις και με βάση περιορισμένες δυνατότητες υπολογιστικής και επικοινωνιακής ισχύος. Οι οντότητες δεν έχουν άπειρο χρόνο στη διάθεσή τους.

Τέλος, τα χαρακτηριστικά των αγαθών είναι αυτά που επίσης καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το όφελος και την επιτυχία μιας αλληλεπίδρασης. Οι οντότητες δίνουν βάρος σε ένα ή σε περισσότερα χαρακτηριστικά και προσπαθούν να αποκομίσουν όσο το δυνατόν καλύτερες τιμές για αυτά. Οι τιμές αυτές επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο το τελικό όφελος. Για κάποια είναι καλό να έχουν μεγάλες τιμές ενώ το αντίθετο συμβαίνει για κάποια άλλα. Για παράδειγμα, για ένα πελάτη είναι καλό η τιμή να είναι μικρή ενώ η ποιότητα να είναι η υψηλότερη. Το πλήθος των χαρακτηριστικών καθορίζεται από το πρωτόκολλο της αλληλεπίδρασης.

1.4. Διάρθρωση Διατριβής

Η διάρθρωση της παρούσας διατριβής έχει ως ακολούθως. Στο Κεφάλαιο 2 αναπτύσσουμε το αντικείμενο της διατριβής. Περιγράφουμε τα προβλήματα για τα οποία προτείνουμε αποδοτικές λύσεις προσπαθώντας να καλύψουμε όλες τις πτυχές μιας ΗΑ. Στο Κεφάλαιο 3, δίνουμε μια συνοπτική περιγραφή των ΗΑ και των συστατικών τους στοιχείων, ενώ στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζουμε τις προτάσεις μας για την πλευρά των πωλητών (προμηθευτών). Παρουσιάζουμε μοντέλα για τον καθορισμό βασικών παραμέτρων της συμπεριφοράς τους και ορίζουμε ένα νέο μηχανισμό λήψης αποφάσεων. Στο Κεφάλαιο 5, εστιάζουμε στην πλευρά των αγοραστών (πελατών) και προτείνουμε μεθόδους για την επιλογή ενδιάμεσων οντοτήτων. Επίσης, προτείνουμε μια νέα μέθοδο υπολογισμού της ομοιότητας ενός προϊόντος / υπηρεσίας (αγαθό) με τους στόχους του αγοραστή. Στο Κεφάλαιο 6, μοντελοποιούμε τη συμπεριφορά των αγοραστών, προτείνουμε μεθόδους για τον υπολογισμό βασικών παραμέτρων και

περιγράφουμε τη στρατηγική ισορροπίας τόσο για διαπραγματεύσεις για ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων όσο και για πολλαπλά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, μελετάμε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις με πολλαπλούς πωλητές. Στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζουμε ένα νέο μηχανισμό λήψης αποφάσεων για τους αγοραστές. Περιγράφουμε την αρχιτεκτονική του και προτείνουμε μια μέθοδο προσαρμογής στα δεδομένα της διαπραγμάτευσης. Αλλάζοντας τη θεώρησή μας για το πρόβλημα, στο Κεφάλαιο 8 εστιάζουμε σε μοντέλα τα οποία αποσκοπούν στο να αναγνωρίσουν το κατάλληλο χρονικό σημείο για να ληφθεί μια απόφαση (συμφωνίας ή εγκατάλειψης της αλληλεπίδρασης). Στο Κεφάλαιο 9, περιγράφουμε τον ιεραρχικό μηχανισμό που προτείνουμε για τον υπολογισμό του επιπέδου εμπιστοσύνης μιας οντότητας που συμμετέχει σε μια ΗΑ. Τέλος, στο Κεφάλαιο 10, δίνουμε τα συμπεράσματά μας και περιγράφουμε μελλοντικές προεκτάσεις της διατριβής. Θα πρέπει να σημειωθεί πως σε κάθε κεφάλαιο παρουσιάζουμε την αποτίμηση των προτεινόμενων μεθόδων μέσα από ένα μεγάλο σύνολο πειραμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Το αντικείμενο της παρούσας διατριβής είναι οι αυτόματες διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε υπολογιστικά νοήμονες οντότητες που δραστηριοποιούνται σε ΗΑ. Μελετούμε τα προβλήματα που ανακύπτουν σε δυναμικά περιβάλλοντα όπως οι ΗΑ όπου ένας μεγάλος αριθμός οντοτήτων εμπλέκονται σε διαπραγματεύσεις ώστε να καταφέρουν να καταλήξουν σε συμφωνία σχετικά με την επίτευξη μιας αγοραπωλησίας. Στη διατριβή αυτή, μελετούμε διάφορες πτυχές μιας ΗΑ. Από τη συμπεριφορά των οντοτήτων και τη μοντελοποίηση της διαπραγμάτευσης μεταξύ τους, μέχρι μηχανισμούς καθορισμού εμπιστοσύνης. Στόχος μας είναι να προτείνουμε λύσεις για ένα σύνολο ανοικτών προβλημάτων ή να βελτιώσουμε ήδη υπάρχουσες μεθοδολογίες. Σε όλες τις προτεινόμενες μεθοδολογίες υποθέτουμε ότι οι οντότητες έχουν πλήρη άγνοια σχετικά με τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων. Έτσι, οι μηχανισμοί που προτείνονται πρέπει να είναι τέτοιοι, ώστε να μπορούν να προσφέρουν αποδοτική αντίδραση σε οποιαδήποτε κατάσταση αντιμετωπίσουν οι οντότητες. Τα πειραματικά μας αποτελέσματα δείχνουν πως, για μετρικές που μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιογραφία, τα προτεινόμενα μοντέλα επιτυγχάνουν αρκετά καλή απόδοση και βελτιώνουν τα αποτελέσματα άλλων ερευνητικών προσπαθειών στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

2.1. Εισαγωγή

Το κύριο πρόβλημα που μπορεί κανείς να διαπιστώσει στις ΗΑ είναι η αβεβαιότητα σχετικά με τις οντότητες που συμμετέχουν σε αυτή και τη συμπεριφορά που πρόκειται να ακολουθήσουν. Έχει ήδη περιγραφεί πως το πλήθος τους και η συμπεριφορά τους είναι εντελώς δυναμική και στην πιο συνήθη περίπτωση αποτελεί ατομική πληροφορία των ίδιων των οντοτήτων. Το πρόβλημα αυτό επηρεάζει άμεσα τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις οντότητες, και για αυτό τον λόγο το συγκεκριμένο πεδίο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών. Άλλωστε, οι διαπραγματεύσεις είναι ένα αντικείμενο που προκαλεί τον ενδιαφέρον των ανθρώπων αφού αποτελεί μια κοινή πρακτική ακόμη και στην καθημερινή ζωή.

Χρησιμοποιούμε θεωρίες οι οποίες προσφέρουν μηχανισμούς χειρισμού της αβεβαιότητας αλλά ταυτόχρονα και θεωρίες που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση του κέρδους των οντοτήτων. Προσπαθούμε να προσομοιώσουμε την αντίδραση του ανθρώπινου παράγοντα όταν βρεθεί σε παραπλήσιες καταστάσεις. Ο λόγος είναι ότι με

αυτό τον τρόπο τα προτεινόμενα μοντέλα προσεγγίζουν την πραγματικότητα. Για παράδειγμα, σε πραγματικές καταστάσεις ένας αγοραστής δεν γνωρίζει ούτε το κόστος ενός προϊόντος ούτε τις κρυφές προθέσεις ενός πωλητή. Θα πρέπει να ενεργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε και να κλείσει η συμφωνία και να αποκομίσει το μεγαλύτερο δυνατό όφελος.

Επίσης, χρησιμοποιούμε θεωρίες που μπορεί κανείς να βρει στον τομέα της μηχανικής μάθησης έτσι ώστε να προσφέρουμε έξυπνους μηχανισμούς για τον καθορισμό της συμπεριφοράς των οντοτήτων. Για παράδειγμα, υιοθετούμε ενισχυτική μάθηση για την επιλογή των οντοτήτων με τις οποίες κάποιος θα προχωρήσει στη συνέχεια σε αλληλεπίδραση μαζί τους. Το πλεονέκτημα είναι πως σε αυτή την περίπτωση το αποτέλεσμα του μηχανισμού θα είναι το βέλτιστο δυνατό για τα δεδομένα που η κάθε οντότητα έχει στη διάθεσή της.

Τέλος, νέες θεωρίες, όπως η θεωρία τους σμήνους και η θεωρία βέλτιστης παύσης, μας προμηθεύουν με τεχνικές που στοχεύουν στο να αποκαλύψουν τη βέλτιστη αντίδραση σε μια αλληλεπίδραση. Η αντίδραση αυτή έχει να κάνει με τα δεδομένα της αλληλεπίδρασης αλλά και με την εκτίμηση μελλοντικών τιμών βασικών παραμέτρων. Έτσι, προτείνουμε μεθοδολογίες με τις οποίες οι οντότητες μπορούν να επιλέξουν ενέργειες για κάθε κατάσταση στην οποία μπορεί να βρεθούν στα δυναμικά περιβάλλοντα των ΗΑ.

2.2. Πωλητές

Οι πωλητές έχουν στην κατοχή τους ένα σύνολο προϊόντων και επιθυμούν να τα πουλήσουν στην πιο συμφέρουσα τιμή. Όταν εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις με τους πιθανούς αγοραστές ακλουθούν στρατηγική η οποία αποσκοπεί στο να μεγιστοποιήσει το όφελός τους. Επίσης, η συμπεριφορά τους καθορίζεται από ένα σύνολο παραμέτρων που έχουν να κάνουν με τη συμμετοχή τους στην αλληλεπίδραση. Για παράδειγμα, μια σημαντική παράμετρος είναι ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής στη διαπραγμάτευση. Θα πρέπει να σημειωθεί πως οι πωλητές εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις με ένα σύνολο αγοραστών ακόμη και ταυτόχρονα. Βασίζονται σε μια στρατηγική που τους υποδεικνύει τόσο τη συμπεριφορά τους (αποδοχή ή όχι των προσφορών των αγοραστών) όσο και την τιμολογιακή πολιτική που ακολουθούν. Αυτή μπορεί και πρέπει να προσαρμόζεται πλήρως στα δεδομένα της ΗΑ (αύξηση ή μείωση τιμών).

2.2.1. Καθορισμός Παραμέτρων

Ελάχιστες ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν την προσοχή τους σε μεθόδους υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής (deadline) και θεωρούν πως αυτός επιλέγεται τυχαία κατά την έναρξη των αλληλεπιδράσεων. Εμείς, προτείνουμε αρχικά, μια επιθετική στρατηγική η οποία στοχεύει στο να προκαλέσει τον υποψήφιο αγοραστή να αποδεχθεί την προσφορά άμεσα και στη συνέχεια με βάση αυτή τη στρατηγική ορίζουμε μια μεθοδολογία για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Το σημαντικό είναι πως ο χρονικός ορίζοντας και η στρατηγική βασίζονται στα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Για παράδειγμα, πιστεύουμε πως όταν ένα προϊόν είναι αρκετά δημοφιλές μπορεί να πουληθεί σε χαμηλότερη τιμή αφού το αυξημένο κέρδος θα έρθει από τον αυξημένο αριθμό των συμφωνιών. Αυτό αποτυπώνεται πλήρως και από το νόμο της ζήτησης που υποδεικνύει πως μείωση των τιμών επιφέρει αύξηση της ζήτησης [10]. Μια άλλη παράμετρος είναι ότι μέσω της αυξημένης ζήτησης και κατά συνέπεια των αυξημένων πωλήσεων αυξάνει και η δημοφιλία του ίδιου του πωλητή. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, πως το μοντέλο μας αρχικά προορίζεται για αγορές πληροφορίας στις οποίες τα προϊόντα είναι πάντα διαθέσιμα ενώ δεν υπάρχει το κόστος για επιπρόσθετα αντίγραφα τους. Μπορεί όμως να επεκταθεί και σε λοιπές κατηγορίες προϊόντων και να γίνεται μια πιο ‘έξυπνη διαχείριση του αποθέματος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η θεωρητικά άπειρη ποσότητα του προϊόντος. Επεκτείνουμε στη συνέχεια το προτεινόμενο μοντέλο εφαρμόζοντας μεθόδους υπολογιστικής νοημοσύνης έτσι ώστε να παραχθεί μια ακόμη πιο αποδοτική μεθοδολογία. Το προτεινόμενο σύστημα εξάγει τον χρονικό ορίζοντα πλήρως προσαρμοσμένο στα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Με αυτό τον τρόπο, ένας πωλητής μπορεί να κάνει τη βέλτιστη διαχείριση του χρόνου για τον οποίο αλληλεπιδρά με τους αγοραστές και τελικά να μεγιστοποιήσει το όφελός του. Ταυτόχρονα, επιτυγχάνει τη βέλτιστη εξοικονόμηση όρων.

2.2.2. Μηχανισμός λήψης αποφάσεων

Επιπλέον, μοντελοποιούμε την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές σαν ένα διαπραγματευτικό παίγνιο και δίνουμε τη στρατηγική ισορροπίας του πωλητή. Αυτή ορίζεται ως ένα όριο τιμής πάνω από το οποίο ο πωλητής πρέπει να κάνει δεκτή την προσφορά του αγοραστή ώστε να κλείσει η αλληλεπίδραση με μια συμφωνία. Για τη λήψη της κατάλληλης απόφασης σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης προτείνουμε ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων ο οποίος βασίζεται σε θεωρίες υπολογιστικής νοημοσύνης. Έτσι, χτίζεται ένας αποδοτικός μηχανισμός ο οποίος προσομοιώνει την

ανθρώπινη αντίδραση σε τέτοιες καταστάσεις ενώ εξάγει τις κατάλληλες ενέργειες που πρέπει να κάνει ο πωλητής σε διάφορες καταστάσεις που μπορεί να βρεθεί μέσα στην ΗΑ. Επιπρόσθετα, ο μηχανισμός λήψης αποφάσεων καλύπτει τυχόν αβεβαιότητα που προκύπτει κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία βασίζεται σε ένα πλήθος παραμέτρων που αφορούν σημαντικά στοιχεία της αλληλεπίδρασης. Στόχος μας είναι να προσφέρουμε μια μεθοδολογία που καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερες πτυχές της συμπεριφοράς και των δύο οντοτήτων. Στο τέλος, συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που εκτελέσαμε με άλλες ερευνητικές εργασίες.

2.3. Αγοραστές

Οι αγοραστές αποτελούν το άλλο άκρο μιας αλληλεπίδρασης. Στην παρούσα διατριβή δώσαμε περισσότερη βαρύτητα στην πλευρά των αγοραστών. Στόχος είναι να καλύψουμε όλο το εύρος της συμπεριφοράς ενός αγοραστή που δραστηριοποιείται σε μια ΗΑ. Ο αγοραστής δεν είναι σε καμία περίπτωση σε θέση να γνωρίζει κρυφές πληροφορίες του πωλητή ώστε να έχει την πιο κατάλληλη αντίδραση σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης. Η συμπεριφορά του καθορίζεται από ένα σύνολο παραμέτρων που φυσικά δεν επιθυμεί να αποκαλύψει στον πωλητή. Αν συμβεί αυτό τότε ο πωλητής αποκτά ένα πλεονέκτημα αφού θα μπορεί να καθορίσει τη βέλτιστη τιμή για τον εαυτό του. Έτσι λοιπόν, προτείνουμε ένα αριθμό μεθόδων, μια για κάθε κομμάτι της συμπεριφοράς του όπως περιγράφουμε αμέσως μετά.

2.3.1. Καθορισμός παραμέτρων

Ο αγοραστής έχει μια αποτίμηση για το προϊόν που απεικονίζει πόσο αυτό ταιριάζει στους στόχους του. Μια υψηλή τιμή της αποτίμησης ίσως να ωθεί τον αγοραστή να αποδεχθεί υψηλότερες τιμές του προϊόντος ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν η αποτίμηση είναι μικρή. Για τον υπολογισμό της αποτίμησης αυτής προτείνουμε μια μεθοδολογία που βασίζεται σε γνωστές τεχνικές λεξικογραφικής ομοιότητας. Δεν βασιζόμαστε σε σημασιολογικές τεχνικές εξαγωγής της ομοιότητας αφού αυτές, όπως παρουσιάζουμε στο Κεφάλαιο 5, απαιτούν αυξημένο χρόνο για τον τελικό υπολογισμό. Εμείς θεωρούμε πως ο υπολογισμός αυτός λαμβάνει χώρα ακριβώς πριν ξεκινήσει μια αλληλεπίδραση και προφανώς αυτός ο χρόνος δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλος αφού σε μια τέτοια περίπτωση θα καθυστερήσει η όλη διαδικασία. Επίσης, το σημαντικό είναι πως σε

αντίθεση με άλλες ερευνητικές εργασίες βασιζόμαστε σε απλές λέξεις κλειδιά και όχι σε πολύπλοκες γλώσσες περιγραφής ή φορμαλισμούς που είναι αδύνατο να μπορεί ένα χρήστης να θέσει με αυτούς στόχους για μια αυτόνομη οντότητα. Επίσης, εμπλέκουμε στη διαδικασία υπολογισμού Quality of Service χαρακτηριστικά ώστε η αποτίμηση να απεικονίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την πραγματικότητα αλλά και την κατάσταση του ίδιου του πωλητή.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος, είναι η πίστη που αποκομίζει ο αγοραστής σχετικά με τη διάθεση του πωλητή να λήξει την αλληλεπίδραση. Η πίστη αυτή ενσωματώνει την αβεβαιότητα του αγοραστή σχετικά με τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του πωλητή. Ο υπολογισμός της παραμέτρου αυτής αντιμετωπίζεται με μεθόδους υπολογιστικής νοημοσύνης και τεχνικές πρόβλεψης. Αποτελεί τμήμα του προτεινόμενου μηχανισμού λήψης αποφάσεων που περιγράφουμε στο Κεφάλαιο 7. Η τιμή της πίστης πρέπει να βασίζεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης και επηρεάζει την τελική απόφαση του αγοραστή.

2.3.2. Επιλογή Πωλητών / Ενδιάμεσων Οντοτήτων

Σε μια ΗΑ, οι αγοραστές βασίζονται σε οντότητες οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να υλοποιήσουν πωλήσεις προϊόντων. Αυτές οι οντότητες είναι είτε οι ίδιοι οι πωλητές είτε οι μεσίτες (brokers). Το ρώτημα που γεννιέται είναι: σε ποια από αυτές τις οντότητες θα πρέπει ο αγοραστής να απευθυνθεί ώστε να εξετάσει την πιθανότητα ολοκλήρωσης μιας αγοραπωλησίας (να εκτελέσει μια διαπραγμάτευση); Δίνουμε απάντηση στο ερώτημα αυτό μέσα από τη χρήση τεχνικών ενισχυτικής μάθησης που εξάγουν την πιο κατάλληλη οντότητα. Για την απόφαση αυτή λαμβάνονται υπόψιν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων έτσι ώστε να καταλήξουμε στη βέλτιστη απόφαση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει η περίπτωση ο μηχανισμός να εξαγάγει την απόφαση της μη αγοράς ακόμα και αν υπάρχει οντότητα που διαθέτει το συγκεκριμένο προϊόν. Αυτό γίνεται διότι αν ο αγοραστής έχει θέσει κάποιους περιορισμούς τότε η καλύτερη απόφαση είναι όντως η μη αγορά όταν τα προσφερόμενα προϊόντα δεν ικανοποιούν τους περιορισμούς αυτούς.

2.3.3. Μηχανισμός λήψης αποφάσεων

Η θεωρία παιγνίων [50] καθώς και τεχνικές υπολογιστικής νοημοσύνης [40] χρησιμοποιούνται και στην πλευρά του αγοραστή για τον καθορισμό ενός αποδοτικού μηχανισμού λήψης αποφάσεων. Στόχος του μηχανισμού είναι η εξαγωγή της κατάλληλης απόφασης σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης.

Αρχικά, υποθέτοντας πλήρη άγνοια των οντοτήτων για τα χαρακτηριστικά των αντιπάλων τους ορίζουμε τη στρατηγική ισορροπίας για διαπραγματεύσεις που αφορούν σε ένα και σε πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες που μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία θεωρούν γνώση πάνω σε κάποιο από τα χαρακτηριστικά ενώ αυτές που υποθέτουν άγνοια βασίζονται αποκλειστικά στη θεωρία παιγνίων. Εμείς ενισχύουμε ένα παιγνιο-θεωρητικό μοντέλο με τη χρήση της KDE τεχνικής [68], [168] ώστε να προσεγγίσουμε πιθανοθεωρητικά την τιμολογιακή στρατηγική του αντιπάλου.

Μελετούμε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις με τις οποίες ένας αγοραστής εξερευνεί την πιθανότητα μιας αγοραπωλησίας σε ένα σύνολο πωλητών. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιεί ένα σύνολο νημάτων. Το κάθε νήμα ακολουθεί τη στρατηγική ισορροπίας που έχει καθοριστεί στο προηγούμενο βήμα. Η διαφοροποίηση του προτεινόμενου μοντέλου σε σύγκριση με τις ερευνητικές προσπάθειες που κανείς μπορεί να βρει στη βιβλιογραφία είναι το γεγονός ότι το μοντέλο μας δεν απαιτεί την ύπαρξη συντονιστή ο οποίος θα καθορίζει τις στρατηγικές των νημάτων. Τα νήματα μέσα από μια ομαδική προσπάθεια τελικά θα καταλήξουν στη βέλτιστη συμφωνία μέσα στο σύνολο των διαθέσιμων πωλητών. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως πρόκειται για μια αποδοτική μέθοδο που μπορεί να προσφέρει στον αγοραστή ένα μηχανισμό που θα του φέρει ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη δυνατή λύση.

Με τη χρήση τεχνικών υπολογιστικής νοημοσύνης, υλοποιούμε ένα ασαφές σύστημα για την αναπαράσταση και τον συμπερασμό της λήψης της κατάλληλης απόφασης για ένα αγοραστή ο οποίος συμμετέχοντας σε μια ΗΑ προσπαθεί να αποκτήσει τα προϊόντα που επιθυμεί. Ο μηχανισμός εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο των διαπραγματεύσεων λαμβάνοντας υπόψιν τις τιμές βασικών παραμέτρων των πωλητών αλλά και της αλληλεπίδρασης γενικά. Επεκτείνουμε αυτό τον μηχανισμό υιοθετώντας τεχνικές πρόβλεψης ώστε να εκτιμήσουμε βασικές παραμέτρους της συμπεριφοράς του πωλητή και να εξάγουμε τη βέλτιστη αντίδραση. Ο συζητούμενος μηχανισμός εστιάζει στις τιμές των εξεταζόμενων παραμέτρων ώστε να εξάγει την κατάλληλη απόφαση.

Στη συνέχεια, αλλάζουμε τη θεώρηση του προβλήματος και με χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης προτείνουμε ένα μοντέλο το οποίο αποσκοπεί στο να αναγνωρίσει

τον χρόνο στον οποίο πρέπει να γίνει η παύση της διαπραγμάτευσης και να ληφθεί η απόφαση της αποδοχής ή μη της προσφοράς του πωλητή. Αντίθετα, η θεωρία παιγνίων αλλά και η χρήση της υπολογιστικής νοημοσύνης στοχεύουν στο να περιορίσουν τις διαθέσιμες επιλογές και με βάση τα δεδομένα της αλληλεπίδρασης να εξάγουν τη βέλτιστη απόφαση το συντομότερο δυνατόν (και όχι το χρόνο στον οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση). Στόχος είναι να συγκρίνουμε τις δύο προσεγγίσεις και να αναδείξουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μιας. Το σημαντικό είναι πως δεν απαιτείται καμία περίπλοκη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του αγοραστή. Με χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης δεν χρειάζεται να καθορίσουμε κάποια στρατηγική ισορροπίας ή να κάνουμε πολύπλοκους υπολογισμούς ώστε να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις που μπορεί ο αγοραστής να συναντήσει κατά τη διάρκεια μιας διαπραγμάτευσης.

2.4. Υπολογισμός Εμπιστοσύνης

Σε ένα δυναμικό περιβάλλον όπως είναι οι ΗΑ είναι φυσικό να υπάρχει αβεβαιότητα για τις προθέσεις των οντοτήτων που συμμετέχουν σε αυτές. Ένα βασικό πρόβλημα είναι να καθορίσουμε το αν μια οντότητα είναι έμπιστη ή όχι. Ο χαρακτηρισμός ‘έμπιστη’ έχει να κάνει με το γεγονός ότι μια οντότητα πρόκειται να υλοποιήσει αυτό το οποίο διαφημίζει στις υπόλοιπες. Για τον προσδιορισμό του επιπέδου εμπιστοσύνης προτείνουμε ένα ιεραρχικό ασαφές σύστημα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην πλευρά του αγοραστή. Το προτεινόμενο σύστημα λαμβάνει υπόψιν του τη γνώμη της ομάδας αλλά και την ατομική εμπειρία της κάθε οντότητας. Το σημαντικό είναι ότι εμπλέκουμε στη διαδικασία του υπολογισμού την εμπειρία της οντότητας με την οντότητα που κάνει την αναφορά για ένα πωλητή. Με αυτό τον τρόπο χτίζεται ένα δίκτυο εμπιστοσύνης ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές. Ουσιαστικά, ένας αγοραστής βασίζεται στην εμπιστοσύνη που έχει σε άλλους αγοραστές ώστε να χτίσει τον τελικό βαθμό εμπιστοσύνης για ένα πωλητή με τον οποίο πρόκειται να συνδιαλλαγεί.

2.5. Ερευνητική Μεθοδολογία

Η έρευνα μας βασίστηκε στην εκτεταμένη βιβλιογραφική αναζήτηση σχετικών ερευνητικών προσπαθειών και μελέτη των προτεινόμενων μεθόδων. Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός βιβλιογραφικών αναφορών χρησιμοποιείται στην παρούσα διατριβή ώστε να προσφέρει το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο. Από τις ερευνητικές εργασίες

που βρήκαμε στη βιβλιογραφία μελετήσαμε τις θεωρίες και τις βασικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται σε αυτές, ώστε να ανακαλύψουμε, καταγράψουμε και να επιλύσουμε τα ανοικτά προβλήματα που υπάρχουν στον τομέα που μελετούμε. Επιπρόσθετα, καταγράφουμε και (υπο)τομείς στους οποίους ελάχιστη υπήρξε η ερευνητική συνεισφορά. Στη συνέχεια μοντελοποιήσαμε τα προβλήματα που εντοπίσαμε στο προηγούμενο στάδιο και υλοποιήσαμε συγκεκριμένες λύσεις.

Γενικά, οι ενέργειες που έγιναν στα πλαίσια της διατριβής ήταν:

- Μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των πωλητών καθώς και ο καθορισμός βασικών παραμέτρων αυτής της συμπεριφοράς ώστε να προταθεί ένας αποδοτικός μηχανισμός χειρισμού της.
- Μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των αγοραστών καθώς και ο καθορισμός βασικών παραμέτρων αυτής της συμπεριφοράς ώστε να προταθεί ένας αποδοτικός μηχανισμός χειρισμού της.
- Καθορισμός μεθόδων προσαρμογής της συμπεριφοράς των αγοραστών όταν ενεργούν κάτω από αβεβαιότητα σε ένα δυναμικό περιβάλλον όπως είναι οι ΗΑ. Χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες που θεωρούνται ευρέως ως οι πιο κατάλληλες.
- Μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους αγοραστές και στους πωλητές. Αυτό έγινε τόσο για την αλληλεπίδραση ένας – προς – ένα (bilateral) όσο και για την αλληλεπίδραση ένας – προς – πολλούς (multilateral).
- Μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στους αγοραστές και στις ενδιάμεσες οντότητες. Εστιάσαμε κυρίως στη διαδικασία επιλογής μεσιτών (brokers) και πωλητών.
- Καθορισμός αποδοτικών μεθόδων για την εξεύρεση των προϊόντων που ταιριάζουν με τις προτιμήσεις των αγοραστών.
- Καθορισμός ενός αποδοτικού συστήματος προσδιορισμού του επιπέδου εμπιστοσύνης ανάμεσα στις οντότητες.
- Χρήση της ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic) για τον χειρισμό της αβεβαιότητας που υπάρχει στη λήψη αποφάσεων από αυτόνομες οντότητες που ενεργούν σε δυναμικά περιβάλλοντα.
- Χρήση τεχνικών συσταδοποίησης (Clustering) για τον καθορισμό βασικών παραμέτρων των ασαφών συστημάτων που προτάθηκαν.

- Χρήση της θεωρίας παιγνίων (Game Theory) για τον καθορισμό των στρατηγικών ισορροπίας στα πλαίσια διαπραγματεύσεων που λαμβάνουν χώρα ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές.
- Χρήση τεχνικών πρόβλεψης (γραμμική, πολυωνυμική, νευρωνικά δίκτυα) για την αποσαφήνιση βασικών παραμέτρων των οντοτήτων (η υπόθεση που έγινε είναι ότι κατά τις διαπραγματεύσεις δεν υπάρχει απολύτως καμία γνώση τόσο για τα χαρακτηριστικά όσο και για τις προθέσεις των οντοτήτων).
- Χρήση τεχνικών ενισχυτικής μάθησης (Reinforcement Learning) για την εξεύρεση της πιο κατάλληλης οντότητας ώστε στη συνέχεια να λάβουν χώρα διαπραγματεύσεις με αυτή.
- Χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης (Optimal Stopping Theory) για τη μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ αγοραστών και πωλητών.
- Χρήση της θεωρίας του σμήνους (Swarm Intelligence) για τον χειρισμό ταυτόχρονων διαπραγματεύσεων με ένα σύνολο πωλητών.

Τέλος, για την αποτίμηση των προτεινόμενων μοντέλων εκτελέσαμε ένα πολύ μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων. Η προσομοίωση έγινε αποκλειστικά με χρήση της γλώσσας Java, βιβλιοθηκών για κατασκευή / χρήση νευρωνικών δικτύων (Neural Networks) και βιβλιοθηκών για χρήση ασαφούς λογικής. Όλα τα εναπομείναντα μοντέλα περιγράφηκαν τόσο αναλυτικά όσο και προγραμματιστικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζουμε βασικές πληροφορίες γύρω από τις ΗΑ, περιγράφουμε τα βασικά στοιχεία τους και αναλύουμε τα προβλήματα που υπάρχουν σε αυτές. Στόχος μας είναι να αναδείξουμε ανοικτά ερευνητικά ζητήματα και να εστιάσουμε σε αυτά προτείνοντας συγκεκριμένες αποδοτικές λύσεις.

3.1. Περιγραφή Ηλεκτρονικών Αγορών

Οι Ηλεκτρονικές Αγορές (ΗΑ) (Electronic Markets) [8], [9] αποτελούν ερευνητικό αντικείμενο για πολλά χρόνια. Αρκετοί ερευνητές έχουν εστιάσει την έρευνά τους στις ΗΑ κυρίως λόγω του ανοιχτού περιβάλλοντος που προσφέρουν. Ένα ανοιχτό και ταυτόχρονα δυναμικό περιβάλλον ουσιαστικά χαρακτηρίζεται από πολλές εναλλαγές στις συμπεριφορές των οντοτήτων που δραστηριοποιούνται μέσα σε αυτό. Οι ΗΑ, λοιπόν, προσφέρουν ένα αντικείμενο με πολλές προεκτάσεις αφού σε αυτές εμπλέκονται ένα μεγάλο πλήθος οντοτήτων με άγνωστες προθέσεις.

Μια ΗΑ μπορεί να οριστεί ως ένας εικονικός τόπος μέσα στο οποίο οντότητες που δεν γνωρίζονται εκ των προτέρων μπορούν να αλληλεπιδρούν σχετικά με την αγοραπωλησία προϊόντων, υπηρεσιών, εύρους ζώνης, κ.λπ. Ο δυναμικός χαρακτήρας των ΗΑ αφορά κυρίως τη συμπεριφορά των άγνωστων οντοτήτων, τις προθέσεις που έχουν, αλλά και το πλήθος τους. Ιδιαίτερα δε το πλήθος αποτελεί μια σημαντική παράμετρο αφού οποιαδήποτε εναλλαγή επηρεάζει σημαντικά την προσφορά και τη ζήτηση των προϊόντων. Για παράδειγμα, εάν σε χρόνο t δραστηριοποιούνται N προμηθευτές προϊόντων η αλλαγή σε N / 2 προμηθευτές σε χρόνο t + k (όπου k μια θετική ακέραια τιμή) μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τιμή κάποιων προϊόντων. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο φόρτος των προμηθευτών αλλά και των διαχειριστών της ΗΑ μπορεί να αυξηθεί υπέρογκα. Αυτό σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αποφευχθεί όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Οι ΗΑ παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στο ηλεκτρονικό εμπόριο αφού διευκολύνουν την αλληλεπίδραση των άγνωστων οντοτήτων. Στα πρόσφατα χρόνια έχουν αποκτήσει μεγάλη δυναμική και αρκετά χρήματα έχουν δαπανηθεί τόσο για τη δημιουργία ΗΑ όσο και για την εξαγορά τους από μεγάλες εταιρείες. Σε μια ΗΑ τρεις είναι οι βασικές λειτουργίες που επιτελούνται:

- Το ‘ταίριασμα’ οντοτήτων που θέλουν να αγοράσουν με τις οντότητες που διαθέτουν προϊόντα και υπηρεσίες προς διάθεση.
- Η διευκόλυνση της ανταλλαγής των προϊόντων μέσα από συγκεκριμένες συναλλαγές με την ΗΑ αλλά και της καταβολής του αντίστοιχου αντιτίμου.
- Η διάθεση ενός συστήματος μέσω του οποίου είναι εγγυημένη η αποδοτική λειτουργία της ΗΑ.

Το ταίριασμα των οντοτήτων που επιθυμούν να αγοράσουν με τις οντότητες που επιθυμούν να πουλήσουν ή με τα κατάλληλα προϊόντα λαμβάνει χώρα μέσα από την προβολή των χαρακτηριστικών των προϊόντων και προμηθευτών αλλά και από την καταγραφή των αιτημάτων των υποψήφιων αγοραστών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι οντότητες που συμμετέχουν σε μια ΗΑ στοχεύουν στη μεγιστοποίηση του κέρδους τους. Αυτό κάνει τις συναλλαγές πολλές φορές ανταγωνιστικές οδηγώντας τες πιθανώς σε σύγκρουση (μη εκπλήρωση της αγοραπωλησίας). Αυτού του είδους τα ταιριάσματα βασίζονται κυρίως σε απλές ή πιο σύνθετες μαθηματικές συναρτήσεις που ως αποτέλεσμα έχουν ένα βαθμό συσχέτισης. Συνήθως μετά από ένα επιτυχές ταίριασμα ακολουθεί μια αλληλεπίδραση με την οποία οι οντότητες προσπαθούν να συμφωνήσουν σχετικά με την έκβαση της πιθανής αγοραπωλησίας.

Πέρα από τις όποιες ομοιότητες τους, οι ηλεκτρονικές αγορές προσφέρουν και πολλά πλεονεκτήματα στους χρήστες σε σχέση με το συμβατικό εμπόριο:

- ***Μείωση κόστους μεταβίβασης***. Οι παραδοσιακές αγορές επηρεάζονται από κρατικούς μηχανισμούς και ενδιάμεσες οντότητες με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους των αγαθών. Αντίθετα, στην ηλεκτρονική του μορφή, δεν υπάρχουν αυτές οι επιρροές με αποτέλεσμα την άμεση αγοραπωλησία με χαμηλότερο κόστος.
- ***Μείωση αναποτελεσματικότητας***. Σε πολλές περιπτώσεις η αναζήτηση πληροφοριών και αγαθών από τους χρήστες είναι δύσκολη λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών και της μη ταξινόμησής τους. Έτσι, ένας χρήστης μπορεί να σπαταλήσει άσκοπα το χρόνο του σε μια αναζήτηση με αμφίβολα αποτελέσματα, λόγω ανθρώπινου λάθους π.χ. να μην γνωρίζει την κατάλληλη τοποθεσία που μπορεί να βρει το προϊόν που χρειάζεται, κ.λπ.
- ***Μείωση του χρόνου.*** Στην ηλεκτρονική τους μορφή οι αγορές προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα από άποψη χρόνου, αφού δεν χρειάζεται ο χρήστης

να σπαταλήσει χρόνο για την αναζήτηση και τη μετακίνηση του στο κατάλληλο κατάστημα. Μπορεί να έχει πρόσβαση στα αγαθά μέσα από τη σιγουριά του σπιτιού του.

- ***Ευκολότερη η εύρεση των πωλητών.*** Αυτό γίνεται μέσα από το ηλεκτρονικό περιβάλλον και τους προσφερόμενους μηχανισμούς.
- ***Αύξηση κέρδους των οντοτήτων λόγω της μείωσης ενδιάμεσων βημάτων.*** Στις παραδοσιακές αγορές, υπάρχει ένας αριθμός από μεσάζοντες όπως π.χ. οι μεταφορείς που αυξάνουν την τελική τιμή των προϊόντων. Αντίθετα, στην ηλεκτρονική αγορά οι μεταβιβάσεις αγαθών είναι άμεσες, με αποτέλεσμα να έχουμε χαμηλότερο κόστος από πλευράς καταναλωτή, και μεγαλύτερο κέρδος από πλευράς πωλητή.

Επιπρόσθετα, στις ΗΑ υπάρχουν μηχανισμοί πραγματοποίησης και ελέγχου των πληρωμών μετά από μια επιτυχή συναλλαγή. Για παράδειγμα, αν ένας χρήστης κλείσει ένα αεροπορικό εισιτήριο συνήθως ακολουθεί η ενεργοποίηση ενός μηχανισμού χρέωσης της πιστωτικής κάρτας ώστε τελικά και οι δύο συναλλασσόμενοι να πάρουν αυτό που επιθυμούσαν εξ αρχής: ο πελάτης το ηλεκτρονικό εισιτήριο και η εταιρεία το αντίστοιχο αντίτιμο.

Πιο σημαντικός ίσως θα ήταν ένας μηχανισμός εμπιστοσύνης αφού όπως προαναφέραμε οι οντότητες που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ είναι παντελώς άγνωστες μεταξύ τους. Ο μηχανισμός αυτός προσφέρει μια εικόνα σε σχέση με την αξιοπιστία μιας οντότητας σύμφωνα με τη συμπεριφορά της αλλά και με τη γνώμη της εικονικής κοινότητας. Για παράδειγμα, μετά από κάθε συναλλαγή ένας αγοραστής μπορεί να διατυπώσει τη γνώμη του για τον αντίστοιχο προμηθευτή / πωλητή. Οι γνώμες αυτές μπορούν να συνδυαστούν μέσα στην εικονική κοινότητα ώστε να εξαχθεί ένας βαθμός εμπιστοσύνης για τον προμηθευτή / πωλητή. Με αυτό τον τρόπο συμπεριφορές που μπορούν να λογιστούν ως ακραίες ή ακόμα και ψεύτικες υπάρχει η δυνατότητα να αποκλειστούν ώστε να μην διαταράξουν την αποδοτική λειτουργία της ΗΑ. Τέλος, μηχανισμοί ελέγχου σφαλμάτων αλλά και ανάκτησης από λάθη μπορεί να φανούν χρήσιμοι σε τόσο δυναμικά περιβάλλοντα.

Μέσα από τη μελέτη της βιβλιογραφίας και με βάση τον βαθμό διείσδυσης του Διαδικτύου μπορούμε να σημειώσουμε πως στις σημερινές ΗΑ υπάρχει μια αυξημένη ανάγκη για προσωποποιημένη προσφορά προϊόντων με βάση τα χαρακτηριστικά των χρηστών. Επιπλέον, η συγχώνευση πληροφοριών προϊόντων ώστε να ταιριάζουν στις

ανάγκες των χρηστών αποτελεί μια άλλη αυξημένη ανάγκη. Με αυτό τον τρόπο θα αυξηθεί ο βαθμός ικανοποίησης των χρηστών.

Μια πιο εξειδικευμένη ΗΑ αποτελεί μια ΗΑ πληροφοριών (ΗΑΠ) (Information Market). Μια ΗΑΠ [24], [55], [59], [64], [105] είναι ένα εικονικό περιβάλλον μέσα στο οποίο ένα σύνολο οντοτήτων προσπαθούν να ανταλλάξουν προϊόντα πληροφορίας έναντι κάποιου συγκεκριμένου τιμήματος. Η ΗΑΠ διαφέρουν σε σύγκριση με τις κλασσικές ΗΑ μόνο ως προς το προϊόν το οποίο αποτελεί το αντικείμενο συναλλαγής. Παρόλα αυτά πρόκειται για μια πολύ σημαντική διαφορά όπως θα διαπιστώσουμε. Πληροφορίες δημοσιεύονται στο Διαδίκτυο από ένα πολύ μεγάλο αριθμό πηγών με τέτοια ταχύτητα την οποία δεν μπορεί να παρακολουθήσει ο άνθρωπος. Είναι πέρα από τις ανθρώπινες δυνατότητες η αναζήτηση σε ένα τόσο μεγάλο πλήθος πηγών πληροφορίας. Όσο μεγαλώνει ο όγκος της πληροφορίας τόσο περισσότερο περίπλοκες γίνονται οι τεχνικές διαχείρισης της αποδοτικής ανάκτησης και αποτίμησης της ποιότητάς της. Οι ΗΑΠ ουσιαστικά βασίζονται στις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο και για την απόκτησή τους πρέπει να καταβληθεί κάποιο αντίτιμο. Όμως, η διαφοροποίηση έγκειται στο γεγονός ότι το κόστος ανάκτησης της πληροφορίας δεν είναι το ίδιο. Το Διαδίκτυο έχει οδηγήσει σε μια δραματική μείωση του κόστους για την παραγωγή και διακίνηση τέτοιου είδους προϊόντων ενώ ταυτόχρονα τεχνολογίες διαχείρισης μικρο-πληρωμών μειώνουν το διαχειριστικό κόστος των συναλλαγών. Στη βιβλιογραφία έχουν προταθεί κατά καιρούς σχήματα διαχείρισης της συγχώνευσης προϊόντων πληροφορίας είτε σε επίπεδο προϊόντος είτε σε επίπεδο χρηστών. Για παράδειγμα, ένας αριθμός προϊόντων πληροφορίας μπορούν να συγχωνευτούν σε ένα γενικότερο πακέτο ενώ υπάρχει και η δυνατότητα να αποσταλεί ένα προϊόν πληροφορίας σε μια ομάδα χρηστών με κοινά χαρακτηριστικά (π.χ. άδειες λογισμικού σε χρήστες).

3.2. Προϊόντα - Υπηρεσίες

Στην παρούσα ενότητα περιγράφουμε τα προϊόντα / υπηρεσίες για τα οποία ένα σύνολο χρηστών μπορούν να αλληλεπιδράσουν σε μια ΗΑ. Οι οντότητες που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ μπορούν να αλληλεπιδράσουν για ένα σύνολο προϊόντων ή υπηρεσιών. Τα προϊόντα μπορεί να είναι οποιουδήποτε τύπου όπως και οι υπηρεσίες αρκεί να έχει καθοριστεί ένα συγκεκριμένο αντίτιμο. Από το σημείο αυτό και σε όλη την έκταση της παρούσας διατριβής όταν θα αναφερόμαστε σε προϊόντα θα εννοούμε τα αγαθά (προϊόντα και υπηρεσίες) για τα οποία ένα σύνολο οντοτήτων

αλληλεπιδρά ώστε να κλείσει μια αγοραπωλησία. Γενικά, όλα τα προϊόντα έχουν ένα κόστος παραγωγής και βρίσκονται στην ιδιοκτησία ενός προμηθευτή. Οι ΗΑ προσφέρουν στους προμηθευτές πληροφορίες σχετικά με τη ζήτηση των προϊόντων οι οποίες τους επιτρέπουν να αποκτούν ή να παράγουν προϊόντα που ταιριάζουν στις ανάγκες των πιθανών αγοραστών. Προφανώς, με την ολοκλήρωση μιας αγοραπωλησίας ένας προμηθευτής στοχεύει μέσω του αντιτίμου που έχει καθοριστεί για το προϊόν να μεγιστοποιήσει ένα όφελος (κέρδος).

Κάθε προϊόν έχει ένα σύνολο χαρακτηριστικών τα οποία παίζουν ρόλο στην τελική επιλογή τους. Κάποια από αυτά εξαρτώνται και από τον ίδιο τον προμηθευτή. Για παράδειγμα, ενώ κάποιος μπορεί να ισχυριστεί ότι η τιμή ενός προϊόντος αποτελεί συνάρτηση του κόστους παραγωγής / απόκτησής του και ενός περιθωρίου κέρδους, το ίδιο δεν ισχύει για τον χρόνο παράδοσης. Ο χρόνος παράδοσης μπορεί να εξαρτάται και από εξωγενή χαρακτηριστικά όπως π.χ. τη συμφωνία που έχει κάνει ο προμηθευτής με μια μεταφορική εταιρεία. Επίσης, το επίπεδο υπόληψης που έχει ένας προμηθευτής μπορεί να επηρεάσει την τελική επιλογή και αγοραπωλησία ενός προϊόντος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όταν λαμβάνονται υπόψιν ένα σύνολο χαρακτηριστικών τότε το τελικό όφελος εξαρτάται από τις τιμές όλων των χαρακτηριστικών ως ένα σταθμισμένο άθροισμα μικρότερων τιμών οφέλους.

Τα προϊόντα πληροφορίας αποτελούν ειδική κατηγορία προϊόντων αφού για αυτά δεν ισχύουν οι γενικές κατευθύνσεις που ισχύουν για τα υπόλοιπα. Τα προϊόντα πληροφορίας συνήθως περιλαμβάνουν άρθρα, εικόνες, video, μουσική, λογισμικό, κ.λπ. Αρχικά, η οικονομική της παραγωγής πληροφορίας υποδηλώνει ότι η παραγωγή του πρώτου αντιτύπου ενός τέτοιου προϊόντος είναι αυτή που κοστίζει περισσότερο απ' ότι η παραγωγή επιπρόσθετων αντιτύπων [153]. Επιπλέον, τα προϊόντα πληροφορίας μπορεί να είναι έγκυρα για πιο περιορισμένα χρονικά διαστήματα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες κατηγορίες προϊόντων. Με βάση αυτό το σκεπτικό, οι προμηθευτές των προϊόντων πληροφορίας επιθυμούν συνήθως να τα πουλήσουν σε όσο το δυνατόν σύντομο χρονικό διάστημα πιθανώς με μια σημαντική έκπτωση. Ας σκεφτούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Η τιμή μιας μετοχής, σε ένα δικτυακό τόπο ο οποίος εμπορεύεται σε πραγματικό χρόνο τις τιμές ενός συνόλου μετοχών, είναι έγκυρη μόνο για ένα πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα (ίσως λεπτών). Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος αυτού, η τιμή αυτή δεν έχει απολύτως καμία ουσία αφού πιθανώς έχει αλλάξει. Τέλος, από τη στιγμή που τα προϊόντα πληροφορίας είναι έγκυρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα (π.χ. λογισμικό) τότε οι ποσότητες διάθεσης είναι

θεωρητικά άπειρες, αφού είναι πάντα διαθέσιμα στους προμηθευτές. Αυτό φυσικά δεν συμβαίνει σε άλλες κατηγορίες προϊόντων. Κατά συνέπεια, εξετάζοντας τις υπόλοιπες κατηγορίες προϊόντων, όταν η ζήτηση υπερκαλύψει την προσφορά τότε ο προμηθευτής είναι αναγκασμένος να αναστείλει τις πωλήσεις μέχρι νέα ποσότητα να είναι διαθέσιμη ξανά. Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητος ένας αποδοτικός μηχανισμός διαχείρισης του αποθέματος.

3.3. Περιγραφή Οντοτήτων

Σε μια ΗΑ συμμετέχουν άγνωστες μεταξύ τους οντότητες οι οποίες έχουν εντελώς διαφορετικό προσανατολισμό σε σχέση με τους στόχους και τις προθέσεις τους. Γενικά, τρεις είναι οι κύριες κατηγορίες των οντοτήτων που συμμετέχουν σε μια ΗΑ:

- ***Οι αγοραστές (buyers)***
- ***Οι πωλητές (sellers)***
- ***Οι ενδιάμεσες οντότητες (middle entities)***

Η κάθε μια από αυτές, μπορεί να αντιπροσωπευτεί από ένα αυτόνομο κομμάτι λογισμικού (intelligent agent) το οποίο θα λειτουργεί έξυπνα και προς την κατεύθυνση επίτευξης των στόχων της. Η τεχνολογία των έξυπνων πρακτόρων μπορεί να προσφέρει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων αφού το λογισμικό μπορεί ακούραστα να αναζητήσει, να βρει και να αποκτήσει προϊόντα σε ένα τρομακτικό αριθμό πλέον, των διαθέσιμων πηγών. Επιπρόσθετα, όταν απαιτείται αλληλεπίδραση, το λογισμικό είναι ικανό να φέρει εις πέρας τέτοιου είδους αποστολές αφού δεν πρόκειται να αποκλίνει από τον απώτερο στόχο, που είναι η μεγιστοποίηση του οφέλους που πρόκειται να αποκομίσει η οντότητα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι πιθανές αγοραπωλησίες επιτυγχάνονται μόνο όταν ικανοποιείται ένας αριθμός κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά καθορίζονται μέσα από ένα σύνολο ορίων (reservation prices) σχετικά με τα ανώτερα ή κατώτερα όρια τιμών διαφόρων χαρακτηριστικών των προϊόντων. Τα όρια αυτά σε καμία περίπτωση δεν παραβιάζονται από το αυτόνομο λογισμικό, ενώ το αντίθετο μπορεί να συμβεί όταν οι ίδιοι οι χρήστες αναλαμβάνουν μόνοι τους να φέρουν εις πέρας μια αγοραπωλησία, αφού ο ψυχολογικός παράγοντας παίζει σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα, ένας χρήστης αναζητώντας την αγορά ενός προϊόντος μπορεί να διαθέσει ένα λίγο μεγαλύτερο ποσό σε κάτι το οποίο θα κεντρίσει το ενδιαφέρον του. Το όριο αυτό, δεν μπορεί να παραβιαστεί σε καμία περίπτωση από μια αυτόνομη μονάδα λογισμικού. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι σε πραγματικές συνθήκες δεν είναι

δυνατόν η κάθε οντότητα να γνωρίζει τα όρια τιμών των υπολοίπων προσδίδοντας αρκετό ενδιαφέρον στη διαχείριση αυτού του είδους των αλληλεπιδράσεων.

3.3.1. Αγοραστές

Οι αγοραστές είναι χρήστες οι οποίοι επιθυμούν να αγοράσουν ένα αριθμό προϊόντων που σχετίζονται άμεσα με τους στόχους τους. Οι αγοραστές καθορίζουν ουσιαστικά τη ζήτηση των προϊόντων και σε κάποιες περιπτώσεις η αυξημένη ζήτηση επηρεάζει τις τιμές τους (στα προϊόντα πληροφορίας δεν ισχύει αυτό αφού οι ποσότητες των προϊόντων αυτών είναι θεωρητικά άπειρες). Ο κάθε αγοραστής έχει μια διαφορετική αποτίμηση για κάθε προϊόν [7]. Η αποτίμηση ουσιαστικά καθορίζει τη σημασία που έχει το προϊόν για τον αγοραστή και παίζει σπουδαίο ρόλο στη συμπεριφορά του. Για παράδειγμα, για ένα προϊόν το οποίο δεν θεωρεί πάρα πολύ σημαντικό για την επίτευξη των στόχων του, ο αγοραστής δεν θα επιδείξει ιδιαίτερο ζήλο για την αγορά του και ίσως να πιέσει πολύ περισσότερο ένα πωλητή να αποδεχθεί την πώλησή του σε αρκετά χαμηλότερη τιμή. Σε τέτοιες περιπτώσεις ρισκάρει φυσικά την ευτυχή κατάληξη της αγοραπωλησίας. Μια αποτυχία όμως της αλληλεπίδρασης οδηγεί σε μη αγορά του προϊόντος με ό,τι συνέπειες αυτό έχει στην τελική επίτευξη των στόχων του. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως ο τελικός στόχος των αγοραστών είναι να αποκτήσουν τα προϊόντα σε όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή. Σε κάποιες περιπτώσεις για να το πετύχουν αυτό εκμεταλλεύονται τον ανταγωνισμό στις τιμές που υπάρχει ανάμεσα στους πωλητές. Συνεπώς, η καλύτερη ίσως στρατηγική θα ήταν να εμπλακούν σε ταυτόχρονες αλληλεπιδράσεις με ένα σύνολο πωλητών. Οι ταυτόχρονες αλληλεπιδράσεις ουσιαστικά γίνονται με τον αγοραστή να υιοθετεί ένα σύνολο νημάτων τα οποία αφιερώνει στους αντίστοιχους πωλητές. Το κάθε ένα από αυτά είναι υπεύθυνο στο να φέρει εις πέρας την αγοραπωλησία, ώστε τελικά, ο αγοραστής να επιλέξει την πιο συμφέρουσα από αυτές.

3.3.2. Πωλητές

Οι πωλητές είναι οι προμηθευτές των προϊόντων, οι οποίοι έχουν στην κατοχή τους ένα πλήθος από αυτά και επιθυμούν να τα πουλήσουν σε όσο το δυνατόν περισσότερους αγοραστές. Έχουν ένα συγκεκριμένο κόστος παραγωγής / απόκτησης και δεν επιθυμούν σε καμία περίπτωση να πουλήσουν ένα προϊόν σε χαμηλότερη από αυτό τιμή. Οι πωλητές εμπλέκονται συνήθως σε αλληλεπιδράσεις με τους πιθανούς

αγοραστές ώστε να κλείσουν όσο το δυνατόν περισσότερες αγοραπωλησίες. Προφανώς, όπως γίνεται αντιληπτό, οι στόχοι τους όσο αφορά στα χαρακτηριστικά των προϊόντων (π.χ. τιμή) είναι ακριβώς οι αντίθετοι με τους αγοραστές. Σε αυτό το σημείο δημιουργείται ένα είδος ανταγωνισμού μέσα από τον οποίο πρέπει να κλείσει μια αγοραπωλησία. Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να συναντήσει ερευνητικές προσπάθειες καθορισμού της βέλτιστης τιμολογιακής στρατηγικής κάτω από συνθήκες ανταγωνισμού ώστε να μεγιστοποιείται το επιδιωκόμενο κέρδος.

3.3.3. Ενδιάμεσες Οντότητες

Οι ενδιάμεσες οντότητες εκτελούν συνήθως διαχειριστικά χρέη. Στόχο έχουν να διευκολύνουν την αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αγοραστές και σε πωλητές [111]. Αρκετές κατηγοριοποιήσεις έχουν προταθεί κατά καιρούς [90], [192]. Βασικές κατηγορίες ενδιάμεσων οντοτήτων είναι οι ακόλουθες:

- ***Οντότητες ταιριάσματος αγοραστών – πωλητών (matchmakers)***. Οι οντότητες αυτές αναλαμβάνουν να βρουν τον πιο κατάλληλο πωλητή με βάση το αίτημα των αγοραστών αλλά και τις περιγραφές των ίδιων των πωλητών. Η διεύθυνση του πωλητή τελικά επιστρέφεται στον αγοραστή και στη συνέχεια ο ίδιος έχει την ευθύνη της ολοκλήρωσης της πιθανής αγοραπωλησίας. Μια τέτοια οντότητα έχει στη γνώση της ένα αριθμό πωλητών μαζί με τις κατάλληλες περιγραφές τους. Με μια συγκεκριμένη διαδικασία οι αγοραστές μπορούν να έρθουν σε επαφή με την οντότητα ταιριάσματος και να θέσουν το αίτημά τους το οποίο καταγράφεται σε κατάλληλη μορφή (π.χ. με χρήση μιας οντολογίας). Η αρχιτεκτονική μιας οντότητας ταιριάσματος περιλαμβάνει δύο τμήματα:
    - το πρώτο έχει σχέση με τη διεπαφή με τους αγοραστές και την καταγραφή των αιτημάτων τους,
    - το δεύτερο έχει σχέση με τη διεπαφή με τους πωλητές.

  Φυσικά, όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των οντοτήτων με τις οποίες αλληλεπιδρά μια οντότητα ταιριάσματος, τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος. Περισσότερες πληροφορίες για τις οντότητες ταιριάσματος μπορεί ο αναγνώστης να αναζητήσει στο [32].
- ***Μεσίτες (brokers)***. Οι μεσίτες έχουν στη διάθεσή τους ένα σύνολο πωλητών και των αντίστοιχων ικανοτήτων τους, ώστε σε περίπτωση αιτήματος από τους υποψήφιους αγοραστές να είναι σε θέση να αναλάβουν εξ' ολοκλήρου την αγοραπωλησία εκ μέρους των αγοραστών. Η διαφορά αυτών των οντοτήτων σε

σύγκριση με τις οντότητες ταιριάσματος είναι ότι οι μεσίτες αναλαμβάνουν να αγοράσουν το προϊόν και να το επιστρέψουν στους αγοραστές με τη χρέωση του αντίστοιχου αντιτίμου πλέον του κέρδους του μεσίτη. Ουσιαστικά, οι μεσίτες προσφέρουν μια επιπλέον λειτουργικότητα σε σχέση με τις οντότητες ταιριάσματος. Περισσότερες πληροφορίες για τους μεσίτες μπορεί ο αναγνώστης να αναζητήσει στο [32].

- ***Οντότητες Αγορών (shopbots)*** [152], [157]. Οι οντότητες αγορών είναι έξυπνοι πράκτορες λογισμικού οι οποίοι αυτόματα και αποδοτικά αναζητούν μέσα σε ένα πολύ μεγάλο αριθμό πωλητών πληροφορίες σχετικά με τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά διαφόρων προϊόντων. Στόχος τους είναι να ικανοποιήσουν τα αιτήματα των υποψήφιων αγοραστών για κάποιο συγκεκριμένο προϊόν. Το αποτέλεσμα το οποίο εξάγουν είναι μια ταξινομημένη λίστα προϊόντων ως προς διάφορα χαρακτηριστικά τους. Αυτή η κατηγορία οντοτήτων αποτελείται από τρεις υπο-κατηγορίες:
    - ***Stand-Alone***, τα οποία επιστρέφουν μια ταξινομημένη λίστα (συνήθως ως προς την τιμή) προϊόντων χωρίς όμως αναφορά στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους,
    - ***Contextual***, τα οποία συνδυάζουν τη λίστα των προϊόντων συνοδευόμενη με τα χαρακτηριστικά τους, και
    - ***Personalized***, τα οποία επιστρέφουν μια λίστα προσαρμοσμένη στα χαρακτηριστικά των αγοραστών.

  Οι οντότητες αγορών προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα στους αγοραστές αλλά και στους πωλητές.
- ***Οντότητες διαχείρισης***. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν ουσιαστικά όλες οι υπόλοιπες οντότητες που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ. Μπορεί κανείς να συναντήσει οντότητες οι οποίες διαχειρίζονται αναφορές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χτίσιμο της υπόληψης μιας οντότητας, ή οντότητες που χειρίζονται τις ηλεκτρονικές πληρωμές, κ.λπ. Η σημασία τους για τη λειτουργία μιας ΗΑ είναι πολύ μεγάλη αφού οποιαδήποτε δυσλειτουργία τους μπορεί να προκαλέσει δυσάρεστες καταστάσεις στην αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές.

3.4. Περιγραφή Προβλημάτων και Ανάγκη για Λύσεις

Παρά το γεγονός ότι αρκετοί ερευνητές έχουν μελετήσει διάφορες πτυχές των ΗΑ, στον τομέα αυτό υπάρχουν αρκετά ανοικτά ερευνητικά ζητήματα. Οι ερευνητές εστιάζουν κυρίως στη χρήση έξυπνων πρακτόρων οι οποίοι αναλαμβάνουν να επιτελέσουν συγκεκριμένες εργασίες ως αντιπρόσωποι των αγοραστών ή των πωλητών. Αυτό σημαίνει πως θα πρέπει να υπάρχει μια υποδομή και μια συγκεκριμένη μεθοδολογία για τον καθορισμό των συμπεριφορών που θα έχουν οι πράκτορες κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων μέσα σε μια ΗΑ. Η αλληλεπίδραση αυτή θα πρέπει να μοντελοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προσεγγίζει πραγματικές καταστάσεις. Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να βρει προσπάθειες οι οποίες βασίζονται σε γνωστές θεωρίες όπως η θεωρία παιγνίων (Game Theory) [50].

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στους αγοραστές και στους πωλητές είναι αυτή που έχει τραβήξει το ενδιαφέρον των ερευνητών εστιάζοντας κυρίως σε διαπραγματεύσεις. Οι περισσότερες όμως ερευνητικές προσπάθειες υποθέτουν γνώση σε κάποιο ή κάποια από τα χαρακτηριστικά των παικτών το οποίο όμως απομακρύνεται από ένα πραγματικό σενάριο. Μάλιστα, εξετάζονται και περιπτώσεις όπου υπάρχει συμμετρική ή ασύμμετρη γνώση για αυτά τα χαρακτηριστικά. Συμμετρική γνώση (ή άγνοια) σημαίνει πως οι παίκτες γνωρίζουν τα ίδια πράγματα για τα ίδια χαρακτηριστικά του αντιπάλου. Ασύμμετρη γνώση σημαίνει πως ο ένας παίκτης γνωρίζει περισσότερα στοιχεία σε σύγκριση με τον άλλο. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί πως η πληροφορία σε μια διαπραγμάτευση αφορά τόσο τα χαρακτηριστικά των παικτών (π.χ. χρονικός ορίζοντας συμμετοχής στη διαπραγμάτευση) όσο και τα χαρακτηριστικά των προϊόντων (π.χ. κόστος παραγωγής ή απόκτησης).

Κατά τη γνώμη μας, η μεθοδολογία που θα προταθεί θα πρέπει πάνω από όλα να στηρίζεται στην υπόθεση της πλήρους άγνοιας για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων (και για τις δύο πλευρές). Θυμίζουμε όμως πως οι ΗΑ χαρακτηρίζονται από δυναμικότητα. Αυτό σημαίνει πως οι προθέσεις των οντοτήτων δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές αλλά μπορεί επίσης να αλλάζουν κατά τη διάρκεια των αλληλεπιδράσεων. Για παράδειγμα, ένας αγοραστής μπορεί κατά την αλληλεπίδραση με ένα πωλητή να αποδεχθεί μια υψηλή σχετικά τιμή ενώ σε αλληλεπίδραση με επόμενο πωλητή μπορεί να γίνει πιο αυστηρός στη λήψη αποφάσεων με βάση την τιμή των προϊόντων. Αυτή λοιπόν η άγνοια των παραμέτρων συμπεριφοράς των οντοτήτων, θα πρέπει με κάποιο τρόπο να καλυφθεί με ένα αποδοτικό μηχανισμό. Πιστεύουμε πως ο συνδυασμός δύο ή περισσοτέρων θεωριών μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα στον τρόπο λειτουργίας των οντοτήτων. Για παράδειγμα, όπως θα

δούμε στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας διατριβής προτείνουμε τον συνδυασμό της θεωρίας παιγνίων με την ασαφή λογική (Fuzzy Logic) [194]. Έτσι λοιπόν, προσπαθούμε να συνδυάσουμε μια θεωρία που αποσκοπεί στο να προσφέρει μηχανισμούς μεγιστοποίησης του κέρδους (και συνεπώς εγωιστικής συμπεριφοράς) με μια θεωρία η οποία αποσκοπεί στο να προσφέρει μηχανισμούς ανάδρασης όταν η οντότητα θα λειτουργεί κάτω από άγνοια για τη συμπεριφορά του αντιπάλου (και συνεπώς αβεβαιότητα για τις επόμενες ενέργειές του). Με αυτό τον τρόπο, ο προτεινόμενος μηχανισμός θα αποτελεί μια μεθοδολογία λήψης αποφάσεων η οποία θα προσομοιάζει την ανθρώπινη συμπεριφορά (το πώς ένας άνθρωπος λειτουργεί όταν κάνει αγορές). Επίσης, ο μηχανισμός λήψης αποφάσεων θα πρέπει να είναι εντελώς αυτοματοποιημένος ώστε να απαιτεί την ελάχιστη παρέμβαση από τους χρήστες. Θα πρέπει να σημειωθεί, πως αυτή η μεθοδολογία πρέπει να καθοριστεί τόσο για την πλευρά του αγοραστή όσο και για την πλευρά του πωλητή.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο χρειάζεται να εστιάσει κάποιος, είναι το σημείο όπου μια οντότητα επιλέγει μια άλλη άγνωστη οντότητα με την οποία πρόκειται να εμπλακεί σε αλληλεπιδράσεις με απώτερο στόχο την υλοποίηση μιας αγοραπωλησίας. Από όσο γνωρίζουμε μέχρι στιγμής, ελάχιστες ερευνητικές προσπάθειες ασχολούνται με το αντικείμενο αυτό. Για εμάς είναι μεγάλης σημασίας να προσφέρουμε ένα μηχανισμό με τον οποίο π.χ. ένας αγοραστής να μπορεί να επιλέγει τον ‘καλύτερο’ πωλητή ή ενδιάμεση οντότητα ώστε στη συνέχεια να επιδιώξει μια αγορά. Κάποιος όμως μπορεί να ισχυριστεί ότι μπορούμε να ανατρέξουμε σε ένα μεσίτη ώστε να μας επιστρέψει το προϊόν που ψάχνουμε ή στη χειρότερη περίπτωση σε μια οντότητα ταιριάσματος ώστε να μας πει τη ‘διεύθυνση’ του πιο κατάλληλου πωλητή. Η απάντηση μας στα δύο αυτά σενάρια είναι για το μεν πρώτο, πως η χρήση ενός μεσίτη επιβάλλει ένα επιπρόσθετο κόστος αγοράς. Για πιο λόγο να μην έχει ένας αγοραστής απ’ ευθείας αλληλεπιδράσεις με τον κατάλληλο πωλητή ώστε να γλιτώσει το κόστος αυτό; Για το δε δεύτερο σενάριο, η απάντησή μας είναι πως βασιζόμαστε αποκλειστικά στις οντότητες ταιριάσματος και η τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί μέχρι στιγμής για αυτές, ουσιαστικά βασίζεται στο ταίριασμα των αιτημάτων με τις περιγραφές των πωλητών. Ποιο είναι όμως το ουσιαστικό όφελος αν ο προτεινόμενος πωλητής είναι και ο ακριβότερος; Για τους λόγους αυτούς απαιτείται μια μεθοδολογία η οποία να προσφέρει τέτοιου είδους μηχανισμούς ώστε ένας αγοραστής ή μια οντότητα γενικά να μπορεί να βρίσκει τον πιο κατάλληλο πωλητή ή ενδιάμεση οντότητα. Το αποτέλεσμα όμως θα βασίζεται σε ένα

σύνολο χαρακτηριστικών του (π.χ. τιμή, χρόνος παράδοσης, υπόληψη, κ.λπ.) και όχι μόνο στην περιγραφή του.

Σε συνέχεια του προηγούμενου ερευνητικού θέματος θα μπορούσαμε να πούμε πως ένας επιπρόσθετος μηχανισμός επιλογής προϊόντων είναι επίσης απαραίτητος. Όσες μέθοδοι έχουν προταθεί αφορούν κυρίως μηχανισμούς επιλογής των κατάλληλων υπηρεσιών στον τομέα των υπηρεσιών του Διαδικτύου (Web Services). Αυτό προϋποθέτει όμως, ότι οι περιγραφές τόσο των αιτημάτων όσο και των υπηρεσιών, συνήθως βασίζονται σε ειδικές γλώσσες και φορμαλισμούς που έχουν κατασκευαστεί για το σκοπό αυτό. Όμως δεν θα πρέπει να παραβλέψουμε το γεγονός, πως στις περιπτώσεις αναζήτησης προϊόντων οι χρήστες απλά αναθέτουν στο αυτόνομο λογισμικό συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά ώστε να εκτελεστεί η αναζήτηση αυτή. Δεν μπορούν να γνωρίζουν τις εξειδικευμένες αυτές γλώσσες / φορμαλισμούς αλλά πιστεύουμε πως ούτε θέλουν να μάθουν. Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι μπορούν να διατεθούν στους χρήστες μηχανισμοί οι οποίοι θα προσφέρουν μια διεπαφή και μεθόδους μετάφρασης των προτιμήσεων τους στους φορμαλισμούς και τις γλώσσες περιγραφής των υπηρεσιών. Η απάντησή μας σε αυτό τον ισχυρισμό είναι ότι ο προσανατολισμός των υπηρεσιών διαδικτύου είναι εντελώς διαφορετικός σε σύγκριση με την επιλογή προϊόντων. Η κλήση για χρήση των υπηρεσιών διαδικτύου γίνεται σε ένα κεντρικό εξυπηρετητή όπου υιοθετείται ένας μηχανισμός αναγνώρισης των χρηστών, πράγμα που μπορεί να μην είναι αποδεκτό από τους ίδιους τους χρήστες. Για ποιο λόγο ένας χρήστης που επιθυμεί την αγορά ενός προϊόντος να αποκαλύψει την ταυτότητά του σε ένα κεντρικό εξυπηρετητή; Η χρήση του εξυπηρετητή προϋποθέτει ότι αυτός είναι πάντα διαθέσιμος (πρόκειται ουσιαστικά για κάποιου είδους κεντρικοποιημένη αρχιτεκτονική). Τι θα συμβεί αν ο εξυπηρετητής δεν είναι διαθέσιμος; Επιπρόσθετα, η κλήση και η λήψη απάντησης από μια υπηρεσία διαδικτύου γίνεται με χρήση συγκεκριμένου πρωτοκόλλου που υποδεικνύει ακριβώς τη μορφή και της αίτησης αλλά και της απάντησης. Αυτό επιφέρει ένα επιπλέον κόστος όσον αφορά στα δεδομένα τα οποία ανταλλάσσονται. Τέλος, οι πόροι που απαιτούνται για την κατασκευή ενός ‘μεταφραστή’, ειδικά όταν πρέπει να ακολουθηθεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο, ίσως να είναι αρκετοί. Να μην ξεχνάμε και την περίπτωση κατά την οποία το πρωτόκολλο μπορεί να υποβληθεί σε αλλαγές. Τότε θα πρέπει να γίνει και αντίστοιχη αλλαγή στο ‘μεταφραστή’ μας. Ένας μηχανισμός λοιπόν καθορισμού του πόσο ένα προϊόν είναι σχετικό με αυτό που τελικά ψάχνει ο αγοραστής κρίνεται απαραίτητος. Ο μηχανισμός αυτός πρέπει να εξάγει τα αποτελέσματα γρήγορα και αποδοτικά. Η εξαγωγή της

τελικής τιμής θα γίνεται ακριβώς πριν ξεκινήσει η διαδικασία αλληλεπίδρασης. Έχει ιδιαίτερη σημασία, αφού θα καθορίζει το πόσο σημαντικό είναι το κάθε προϊόν για τους στόχους του αγοραστή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΩΛΗΤΩΝ

Μια κύρια κατηγορία οντοτήτων, που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ, αποτελούν οι πωλητές. Αποτελούν βασικούς παίκτες, αφού αυτοί είναι που κατέχουν ένα σύνολο προϊόντων τα οποία διαθέτουν προς τους αγοραστές. Ένα σύνολο χαρακτηριστικών είναι αυτά που καθορίζουν τη στρατηγική τους στις αλληλεπιδράσεις που έχουν με τους πιθανούς αγοραστές. Η αλληλεπίδραση φυσικά επηρεάζεται επίσης και από τα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Στο παρόν κεφάλαιο, θα αναλύσουμε τα χαρακτηριστικά αυτά προτείνοντας ένα συγκεκριμένο μηχανισμό λήψης αποφάσεων όταν οι πωλητές εμπλέκονται σε απ' ευθείας αλληλεπιδράσεις με τους αγοραστές. Θα περιγράψουμε το μηχανισμό, βασικές παραμέτρους της συμπεριφοράς τους αλλά και θα προτείνουμε μεθόδους για την εξαγωγή των βέλτιστων στρατηγικών συμπεριφοράς. Στο τέλος του κεφαλαίου, παρουσιάζουμε ένα μεγάλο πλήθος πειραματικών αποτελεσμάτων με στόχο να δώσουμε όσο το δυνατόν μια πιο αντικειμενική αποτίμηση των προτεινόμενων μεθόδων.

4.1. Σχετική Βιβλιογραφία

Η βιβλιογραφία που αφορά στους πωλητές, είναι η ίδια που αφορά τις αλληλεπιδράσεις σε ΗΑ, αφού οι ερευνητές δεν κάνουν ειδικό διαχωρισμό στις εξεταζόμενες οντότητες. Οι κυριότερες ερευνητικές προσπάθειες βασίζονται στη θεωρία παιγνίων και πιο συγκεκριμένα στα παίγνια διαπραγμάτευσης. Τα παίγνια διαπραγμάτευσης έχουν ερευνηθεί εξονυχιστικά στα [34], [155], [156]. Ο Rubinstein μελέτησε ένα διαπραγματευτικό παίγνιο και όρισε τη στρατηγική ισορροπίας, αλλά, όπως και οι Fudenberg και Tirole [51], έμειναν σε ένα παίγνιο δύο γύρων και δύο παικτών. Συνήθως, τα παίγνια αφορούν ένα αριθμό γύρων όπου ένα αριθμός προσφορών ανταλλάσσονται ανάμεσα στους παίκτες. Η στρατηγική ισορροπίας που προτείνεται, βασίζεται στον κανόνα του Bayes με τον οποίο μια οντότητα χτίζει ένα σύστημα πίστης σχετικά με τον τύπο του αντιπάλου. Και οι δύο ερευνητικές προσπάθειες υποθέτουν άγνοια στα χαρακτηριστικά των παικτών ώστε να μελετηθεί η αντίδραση των οντοτήτων.

Στο [27], οι συγγραφείς μελετούν τα κύρια χαρακτηριστικά των ΗΑ. Το σύστημα MAGMA [182] αποτελεί μια από αυτές, όπου έξυπνοι πράκτορες μπορούν να αγοράσουν ή να πουλήσουν προϊόντα. Το σύστημα υποστηρίζει είτε αλληλεπιδράσεις με παρέμβαση των χρηστών είτε αυτόματες διαπραγματεύσεις. Στο σύστημα

καθορίζονται μηχανισμοί που περιλαμβάνουν λειτουργίες αποθήκευσης προϊόντων ή διαχείριση ηλεκτρονικών πληρωμών. Επίσης περιλαμβάνονται: α) ένας εξυπηρετητής διαφημίσεων, β) μια εικονική τράπεζα που είναι υπεύθυνη για τις ηλεκτρονικές πληρωμές, γ) ένα πλήθος έξυπνων πρακτόρων λογισμικού και δ) ένας εξυπηρετητής που διευκολύνει την επικοινωνία ανάμεσα στους πράκτορες αυτούς.

Ένα άλλο παράδειγμα ΗΑ αποτελεί το σύστημα Kasbah [21]. Πρόκειται για ένα online πολύ-πρακτορικό σύστημα όπου οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν έξυπνους πράκτορες ώστε να τους αντιπροσωπεύσουν μέσα στην ΗΑ. Η ολοκλήρωση των συναλλαγών γίνεται μέσω της επικοινωνίας με ένα κεντρικό πράκτορα ο οποίος φυσικά αποτελεί ένα απλό σημείο αποτυχίας (single point of failure). Οι χρήστες μπορούν επίσης να καθορίσουν τις τιμές βασικών παραμέτρων στις οποίες οι πράκτορες βασίζουν τις στρατηγικές που υιοθετούν. Οι προσφορές που ανταλλάσσονται εξάγονται από συγκεκριμένες πολιτικές που απεικονίζουν την ταχύτητα με την οποία οι πράκτορες φθάνουν να προτείνουν τιμές κοντά στα όρια που τους έχουν τεθεί.

Μια επισκόπηση των συστημάτων που χρησιμοποιούν πράκτορες σε ΗΑ γίνεται στο [67]. Περιγράφεται η αυξανόμενη χρήση των πρακτόρων σε περιβάλλοντα ΗΑ και παρουσιάζονται οι ρόλοι τους και οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες. Οι συγγραφείς μελετούν τους πράκτορες στο πλαίσιο της συμπεριφοράς τους, μοντέλο το οποίο ενισχύει τις παραδοσιακές τεχνικές μάρκετινγκ. Επιπρόσθετη επισκόπηση πάνω στα συζητούμενα συστήματα παρέχεται στο [73]. Οι συγγραφείς εστιάζουν σε B2B (business to business) καθώς και B2C (business to consumers) μοντέλα. Προσφέρουν μια πιο ολοκληρωμένη άποψη πάνω στα συγκεκριμένα ερευνητικά ζητήματα.

Τα προαναφερόμενα συστήματα αποτελούν όμως γενικές αρχιτεκτονικές όπου οι πράκτορες αντιπροσωπεύουν τους χρήστες. Ερευνητικές προσπάθειες που μελετούν την απ’ ευθείας αλληλεπίδραση αγοραστών με πωλητές μπορεί να βρει κανείς στο [43]. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα διαπραγματευτικό παίγνιο και περιγράφουν τις στρατηγικές των δύο πλευρών. Μελετούν σενάρια με συμμετρική αλλά και ασύμμετρη γνώση πάνω στα χαρακτηριστικά των παικτών. Οι παράμετροι που εξετάζουν είναι: α) ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής (deadline) των δύο πλευρών στην αλληλεπίδραση, β) τα όρια τιμών (reservation prices) που μπορούν να γίνουν αποδεκτά από κάθε οντότητα, γ) ένα συντελεστή απομείωσης (discount factor) του οφέλους που αποκομίζει τελικά η κάθε οντότητα σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης.

Ένα θεωρητικό μοντέλο καθορισμού των χρονικών οριζόντων συμμετοχής των παικτών παρουσιάζεται στο [161]. Το μοντέλο που μελετάται εμπλέκει δύο οντότητες που έχουν το δικό τους χρονικό ορίζοντα συμμετοχής και καταγράφεται η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας (sequential equilibrium) του εξεταζόμενου παιγνίου. Οι συγγραφείς υποθέτουν άγνοια μόνο πάνω στον τύπο της κάθε οντότητας και στον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Μια ανάλυση παιγνίων για συνεχή αλλά και διακριτό χρόνο δείχνει ότι η μοναδική ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας επιτυγχάνεται όταν οι οντότητες περιμένουν μέχρι να λήξει ο πρώτος από τους δύο χρονικούς ορίζοντες (ο μικρότερος).

Τα συστήματα που προτείνονται στα [111] και [187] υιοθετούν τη χρήση της ασαφούς λογικής ως ένα μηχανισμό χειρισμού της αβεβαιότητας στα πλαίσια διαπραγματεύσεων. Πιο συγκεκριμένα, στη μεν πρώτη ερευνητική προσπάθεια, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν την ασαφή λογική για την εκτίμηση των αποδεκτών τιμών οντοτήτων που προσπαθούν να σχηματίσουν εικονικές ομάδες επιχειρήσεων. Ο στόχος είναι να βοηθήσουν τις εμπλεκόμενες οντότητες να επιλέξουν την κατάλληλη στρατηγική διαπραγμάτευσης. Στη δεύτερη, οι συγγραφείς προτείνουν ένα έξυπνο μηχανισμό διαπραγμάτευσης για εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου. Στο άρθρο γίνεται περιγραφή των ασαφών κανόνων αλλά και των στρατηγικών λήψης απόφασης μαζί με λεπτομέρειες υλοποίησης. Για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος (αποδοχή της προσφοράς ή όχι) λαμβάνονται υπόψιν μόνο η τιμή και η ποιότητα του προϊόντος. Όμως, το προτεινόμενο μοντέλο χαρακτηρίζεται από απλότητα ενώ ταυτόχρονα δεν παρουσιάζονται αναλυτικές προσομοιώσεις αλλά και συγκεκριμένα αποτελέσματα ώστε να διαφανεί η απόδοση του συστήματος. Τέλος, το μοντέλο αφορά μόνο την πλευρά του αγοραστή.

Επιπρόσθετα άρθρα που πραγματεύονται τις αλληλεπιδράσεις αγοραστών με πωλητές αποτελούν τα [31] και [42]. Στο μεν πρώτο, παρουσιάζεται μια συνάρτηση λήψης απόφασης σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης. Η συνάρτηση λαμβάνει υπόψιν της την τρέχουσα και την προηγούμενη προσφορά πριν εξάγει το αποτέλεσμα της αποδοχής ή μη. Τρεις στρατηγικές είναι αυτές που παρουσιάζονται και εξαρτώνται από, το χρόνο (time dependent), από τη συμπεριφορά (behavior dependent) και από τους πόρους που απαιτούνται (resource dependent) για την ολοκλήρωση της αλληλεπίδρασης. Στο δεύτερο άρθρο, προτείνεται η χρήση των ίδιων στρατηγικών και παρουσιάζονται αρκετά πειραματικά αποτελέσματα. Όμως, γίνονται αρκετές υποθέσεις σχετικά με τις τιμές βασικών παραμέτρων. Και οι δύο προσπάθειες υποθέτουν τη χρήση χρονικού ορίζοντα

συμμετοχής από τις εμπλεκόμενες οντότητες αλλά αυτοί επιλέγονται τυχαία σε κάποια συγκεκριμένα διαστήματα που καθορίζονται κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Στο [65], παρουσιάζεται ένα μοντέλο το οποίο βασίζεται σε ένα σενάριο δημοπρασιών. Οι συγγραφείς μελετούν τη δυναμική πτώση των τιμών βασιζόμενοι σε ένα μηχανισμό ο οποίος αναζητά και επιδιώκει το μέγιστο αναμενόμενο όφελος. Αυτός ο μηχανισμός μοντελοποιείται σαν ένας πράκτορας ο οποίος χρησιμοποιεί μεθόδους ενισχυτικής μάθησης σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα. Μια μαρκοβιανή διαδικασία καθορισμένου ορίζοντα μοντελοποιείται με την υπόθεση ότι οι αποτιμήσεις των συμμετεχόντων είναι ανεξάρτητες. Περιγράφεται η λύση της με τη βοήθεια του αλγορίθμου Q-Learning. Ο στόχος είναι να καθοριστούν πρότυπα των προσφορών καθώς και η καμπύλη προσφοράς – ζήτησης.

Οι τεχνικές ενισχυτικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον δυναμικό καθορισμό των τιμών των προϊόντων σε ένα σενάριο μιας ΗΑ [148]. Οι πωλητές υιοθετούν τη χρήση του Q-Learning αλγορίθμου έτσι ώστε να είναι ικανοί να καθορίζουν δυναμικά τις τιμές τις οποίες προσφέρουν στους πιθανούς αγοραστές. Πιο συγκεκριμένα, οι συγγραφείς μοντελοποιούν το πρόβλημα σαν ένα μαρκοβιανό παίγνιο και δίνουν συγκεκριμένους φορμαλισμούς. Λύνουν το πρόβλημα μέσα από ένα σύνολο προσομοιώσεων.

4.2. Συμπεριφορά – Στρατηγικές

Οι πωλητές, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχουν στην ιδιοκτησία τους ένα αριθμό προϊόντων και προσπαθούν να τα πουλήσουν σε όσο το δυνατόν περισσότερους αγοραστές στην πιο συμφέρουσα τιμή. Αυτή η τιμή είναι η μεγαλύτερη δυνατή. Αυτό σημαίνει πως εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις με τους αγοραστές ώστε να υπάρξει συμφωνία σε σχέση με την τιμή των προϊόντων. Η αλληλεπίδραση αυτή συνήθως αφορά στην ανταλλαγή προσφορών μέχρι να διαπιστωθεί συμφωνία ή να αποφασίσουν να εγκαταλείψουν την προσπάθεια είτε κάποιος από τους δύο είτε και οι δύο μαζί. Κατά τη διαδικασία της αλληλεπίδρασης οι πωλητές, όπως και οι αγοραστές, ακολουθούν μια συγκεκριμένη στρατηγική σε σχέση με τις προσφορές που προτείνουν και επιθυμούν να κλείσουν συμφωνία σε μια συμφέρουσα τιμή. Προφανώς, τα συμφέροντά τους είναι αντικρουόμενα αφού οι πωλητές θέλουν να επιτύχουν μια μεγάλη τιμή ενώ οι αγοραστές προσπαθούν να επιτύχουν μια μικρή τιμή.

Ο πωλητής πριν ξεκινήσει την αλληλεπίδραση με τους αγοραστές καθορίζει το χρονικό διάστημα για το οποίο θα συμμετάσχει στην αλληλεπίδραση με τον κάθε από αυτούς. Ο υπολογισμός του χρονικού διαστήματος μπορεί να γίνει όπως περιγράφεται στο [93]. Ο χρονικός ορίζοντας επηρεάζει τις αποφάσεις του πωλητή αφού εφαρμόζει κάποιου πίεση ώστε να κλείσει η συμφωνία μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια. Ο χρονικός ορίζοντας δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλος αφού ο πωλητής δεσμεύει πόρους για την αλληλεπίδραση ενώ πιθανόν να αναμένουν και άλλοι αγοραστές για την επίτευξη αγοραπωλησιών. Επίσης, ο χρονικός ορίζοντας δεν πρέπει να είναι πολύ μικρός αφού σε τέτοια περίπτωση δεν θα αφήνει χώρο για να ανταλλαχθεί ικανός αριθμός προσφορών με τον αγοραστή.

Ο πωλητής ξεκινά προτείνοντας μια υψηλή τιμή και εφόσον η διαδικασία προχωρά και υπάρχει η δυνατότητα, μπορεί να μειώσει τις τιμές που προτείνει. Οι προτεινόμενες τιμές εξάγονται από μια στρατηγική και βασίζονται στην ακόλουθη συνάρτηση τιμολογιακής πολιτικής:

$$p^{t}_{s\to b} = c + \varepsilon \cdot (1 - t \cdot T_s^{-1})^{k} \tag{4.1}$$

όπου $c \in \mathbb{R}^+$ είναι το κόστος του προϊόντος, $\varepsilon \in \mathbb{R}^+$ είναι το κέρδος που θέλει αρχικά να αποκομίσει, $t \in \mathbb{T}$ είναι ο χρόνος (γύρος) της αλληλεπίδρασης, $T_s \in \mathbb{R}^+$ είναι ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής και $k \in \mathbb{R}^+$ είναι μια παράμετρος που καθορίζει τη στρατηγική που ακολουθεί. Με βάση την τιμή του k η ακολουθούμενη στρατηγική μπορεί να είναι:

- ***Ουδέτερη (neutral)***: ο πωλητής μειώνει γραμμικά τις προτεινόμενες τιμές. Η κλίση της γραφικής παράστασης αυτής της στρατηγικής παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Αυτό γίνεται όταν $k = 1$.
- ***Υπομονετική (patient)***: ο πωλητής προτείνει μεγάλες σχετικά τιμές, κοντά στην αρχική, μέχρι τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Η γραφική παράσταση της στρατηγικής είναι κοίλη. Αυτό συμβαίνει όταν $k < 1$. Όσο $k \to 0$ τόσο περισσότερο χρόνο αφιερώνει ο πωλητής στο να προτείνει μεγάλες τιμές. Με αυτό τον τρόπο προσπαθεί να αποκομίσει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος ρισκάροντας βέβαια μια σύγκρουση, αφού ο αγοραστής μπορεί να εγκαταλείψει.
- ***Επιθετική (aggressive)***: ο πωλητής προτείνει μικρές τιμές από τους πρώτους γύρους της αλληλεπίδρασης με σκοπό να προκαλέσει τον αγοραστή να κάνει αποδεκτή την προσφορά του. Η γραφική παράσταση της στρατηγικής είναι κυρτή. Αυτό συμβαίνει όταν $k > 1$. Ακολουθώντας τη συγκεκριμένη στρατηγική, ο

πωλητής εστιάζει στο πλήθος των συμφωνιών αδιαφορώντας για το τελικό κέρδος. Φυσικά, δεν προτείνει ούτε αποδέχεται τιμές μικρότερες του κόστους. Όσο $k \rightarrow \infty$ τόσο μικρότερες τιμές, κοντά στο κόστος, προτείνει ο πωλητής. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο πωλητής προτείνει τιμές περίπου ίσες με το κόστος του και συνεπώς αποκομίζει ελάχιστο κέρδος.

4.2.1. Υπολογισμός Χρονικού Ορίου Συμμετοχής σε Αγοραπωλησίες

Σε αυτή την ενότητα, θα εξετάσουμε μια απλή μέθοδο για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για τον οποίο ένας πωλητής θα συμμετέχει σε μια αλληλεπίδραση με ένα αγοραστή.

Στο [162], οι συγγραφείς προτείνουν μια δυναμική στρατηγική των πωλητών (όσον αφορά στην πρόταση τιμών) με βάση το πόσο δημοφιλές είναι ένα προϊόν. Προτείνουν ένα δείκτη δημοφιλίας (popularity index) ο οποίος εξάγεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$PI = \frac{nB}{scale_{nb}} + \frac{nRD}{scale_{nd}} + \frac{RDP}{scale_{np}} \tag{4.2}$$

όπου nB είναι το πλήθος των πελατών που αλληλεπιδρούν με τον πωλητή εκείνη τη στιγμή, nRD αποτελεί τον αριθμό των συμφωνιών για το συγκεκριμένο προϊόν, RDP είναι η τιμή κλεισίματος της πιο πρόσφατης συμφωνίας για το προϊόν και $scale_{nb}$, $scale_{nd}$, $scale_{np}$ αποτελούν αριθμούς κανονικοποίησης για κάθε μια παράμετρο αντίστοιχα. Ο δείκτης δημοφιλίας μπορεί να προσδιορίσει τη στρατηγική που θα ακολουθήσει ο πωλητής. Ο λόγος είναι ότι μπορούμε να εκμεταλλευτούμε το γεγονός ότι για κάποια προϊόντα υπάρχει αυξημένη ζήτηση. Ουσιαστικά ακολουθούμε την ‘αντίστροφη πορεία’ του νόμου της ζήτησης [10]. Ο νόμος της ζήτησης μας υποδεικνύει ότι όταν μειωθεί η τιμή ενός προϊόντος τότε αυξάνεται αντίστοιχα η ζήτησή του. Εμείς βασιζόμαστε στο σκεπτικό πως όταν ένα προϊόν έχει αυξημένη ζήτηση και το απόθεμά του είναι θεωρητικά άπειρο (όπως συμβαίνει στα προϊόντα πληροφορίας) τότε μπορούμε να μειώσουμε την τιμή του.

Προτείνουμε ένα μοντέλο προσδιορισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής με βάση τη δημοφιλία των προϊόντων. Υποθέτουμε πως ο πωλητής βασίζεται σε μια επιθετική τιμολογιακή πολιτική με την οποία έχει τη δυνατότητα να προτείνει μικρές τιμές για προϊόντα τα οποία είναι δημοφιλή και με αυτό τον τρόπο να προκαλέσει τον αγοραστή

να δεχθεί την προσφορά. Προτείνουμε μια νέα τιμολογιακή στρατηγική που καθορίζεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$p^{t}_{s \to b} = c + \frac{\varepsilon}{t^{q+1}} \tag{4.3}$$

όπου $p^{t}_{s \to b}$ προσδιορίζει την τιμή που προτείνει ο πωλητής στο χρόνο (γύρο) t και το $q \in [0,1]$ καθορίζεται από το νόμο του Zipf [205]. Τα διαθέσιμα προϊόντα ταξινομούνται σε φθίνουσα σειρά με βάση τη δημοφιλία την οποία έχουν στην κοινότητα των αγοραστών.

Ο νόμος του Zipf μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν αριθμό προβλημάτων. Κάποια παραδείγματα αποτελούν [128]: πληθυσμοί πόλεων, μεγέθη σεισμών, αριθμός επισκέψεων σε ιστοσελίδες, πωλήσεις βιβλίων, κ.λπ. Στο [54], οι συγγραφείς μελετούν συναρτήσεις αγορών και επιβεβαιώνουν πως τα προϊόντα μπορούν να καταταγούν με βάση τη δημοφιλία τους. Περιγράφουν πως η κατανομή συχνότητας των πωλήσεων μπορεί να ταξινομηθεί με βάση τη συχνότητα κάθε λειτουργίας. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι ο νόμος του Zipf εφαρμόζεται πολύ καλά σε περιπτώσεις πωλήσεων.

Η προτεινόμενη τιμολογιακή πολιτική απεικονίζει ένα πολύ επιθετικό πωλητή (όσον αφορά στις τιμές που προτείνει στο δυνητικό αγοραστή) στοχεύοντας να επιτύχει όσο το δυνατόν περισσότερες συμφωνίες. Η παράμετρος δημοφιλίας q περιγράφει την πιθανότητα ένα προϊόν να βρίσκεται στις υψηλότερες θέσεις της κατάταξης και δίνεται από την επόμενη σχέση:

$$q = m^{-b} = \frac{\text{Prob}(m)}{\text{Prob}(1)} \tag{4.4}$$

όπου m είναι το αντικείμενο / προϊόν, και b είναι η Zipf παράμετρος (εμείς λογίζουμε πως $b < 1$). Επίσης, η Prob(m) περιγράφει την πιθανότητα αναφοράς στο αντικείμενο που βρίσκεται στη θέση m της κατάταξης και Prob(1) είναι η πιθανότητα αναφοράς του πιο δημοφιλούς αντικειμένου. Η σχέση 4.4 αναφέρεται ως ο *λόγος δημοφιλίας*. Έτσι λοιπόν, μια υψηλή τιμή του q σημαίνει πως το συγκεκριμένο προϊόν είναι πολύ δημοφιλές (πάρα πολύ αγοραστές ενδιαφέρονται να το αποκτήσουν – και τελικά το αποκτούν) και ο πωλητής μπορεί να το πουλήσει σε χαμηλότερη σχετικά τιμή (και να αυξήσει το πλήθος των ενδιαφερόμενων αγοραστών αλλά ταυτόχρονα να εξοικονομήσει ένα μεγάλο ποσοστό χρόνου). Με βάση αυτό το σκεπτικό, ο πωλητής ακολουθεί μια επιθετική τιμολογιακή πολιτική όταν το προϊόν είναι δημοφιλές ενώ είναι υπομονετικός

όταν το προϊόν δεν βρίσκεται μέσα στις πρώτες προτιμήσεις των αγοραστών. Για παράδειγμα, ας σκεφτούμε ένα προϊόν το οποίο έχει κόστος παραγωγής (απόκτησης, κ.λπ.) 5 Χρηματικές Μονάδες (ΧΜ). Για τον πωλητή είναι πιο βολικό να πουλήσει το προϊόν αυτό με κέρδος μόλις 1 ΧΜ αλλά σε 100 αγοραστές από το να το πουλήσει με κέρδος 20 ΧΜ σε 5 αγοραστές. Και στις δύο περιπτώσεις το κέρδος που θα αποκομίσει είναι ακριβώς το ίδιο. Στην πρώτη περίπτωση όμως, η τελική τιμή πώλησης είναι 6 ΧΜ ενώ στη δεύτερη είναι 25 ΧΜ. Προφανώς, στην πρώτη περίπτωση η τιμή είναι πολύ πιο 'ελκυστική' στους αγοραστές απ' ότι στη δεύτερη ενώ ταυτόχρονα θα αφιερώσει λιγότερο χρόνο στον καθένα από αυτούς.

Βασιζόμενοι στην προτεινόμενη τιμολογιακή πολιτική, μπορούμε να ορίσουμε ένα χρονικό όριο T_s πέρα από το οποίο όλες οι προτεινόμενες από τον πωλητή τιμές έχουν πάρα πολύ μικρή διαφορά (η τρέχουσα από την προηγούμενη). Το T_s αποτελεί το όριο για τον τερματισμό των προτάσεων που καταθέτει ο πωλητής αφού αν ο αγοραστής δεν έχει δεχθεί μέχρι τότε, μάλλον είναι απίθανο να δεχθεί στη συνέχεια παραπλήσιες τιμές. Πιθανώς σε αυτές τις περιπτώσεις η στρατηγική του αγοραστή να είναι να μείνει περισσότερο στην αλληλεπίδραση και να αναγκάσει τον πωλητή να μειώσει ακόμη περισσότερο τις τιμές του. Μην ξεχνάμε πως στο χρονικό όριο T_s οι τιμές προσεγγίζουν το κόστος c του προϊόντος και συνεπώς ο πωλητής δεν μπορεί να υπερβεί το όριο αυτό. Έτσι λοιπόν, μπορούμε να ορίσουμε αυτό το χρονικό όριο ως εξής:

$$T_S \cong (\alpha \cdot \varepsilon \cdot (q+1))^{\frac{1}{q+2}} \qquad (4.5)$$

Η παράμετρος $\alpha \in \mathbb{R}^+$ είναι μια παράμετρος πολιτικής η οποία καθορίζει το πόσο κοντά θα φτάσει στο c η τελευταία προτεινόμενη τιμή. Συνεπώς, παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξαγωγή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής στην αλληλεπίδραση. Όσο πιο μεγάλη τιμή έχει το α τόσο πιο μεγάλος θα είναι ο χρόνος συμμετοχής ενώ για μικρότερες τιμές ο πωλητής ακολουθεί πολύ επιθετική στρατηγική προτείνοντας μικρές τιμές σε σύντομο χρονικό διάστημα. Το σημαντικό είναι πως ο χρονικός ορίζοντας T_s βασίζεται επίσης, στο κέρδος ε και στο λόγο δημοφιλίας του προϊόντος q. Πρόκειται λοιπόν για μια τιμή που ανταποκρίνεται πλήρως στα χαρακτηριστικά του προϊόντος με βάση το σκεπτικό που αναπτύξαμε πιο πάνω, αλλά και στη στρατηγική που θέλει να ακολουθήσει ο πωλητής. Το πρώτο επιτυγχάνεται με τη χρήση της παραμέτρου του κέρδους και του λόγου δημοφιλίας. Για παράδειγμα, ας δούμε στην εξίσωση 4.5 ότι όσο μεγαλύτερο είναι το κέρδος ε τόσο μεγαλύτερος θα γίνει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής ενώ παραπλήσια επιρροή έχει και η τιμή του q. Το δεύτερο επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης

της παραμέτρου α που υποδεικνύει πόσο πολύ κοντά στο c είναι διατεθειμένος να φτάσει ο πωλητής για το συγκεκριμένο προϊόν.

4.2.2. Εφαρμογή Ασαφούς Λογικής στον Υπολογισμό του Χρονικού Ορίου Συμμετοχής

Στην προηγούμενη ενότητα, προτείναμε μια μέθοδο υπολογισμού του χρονικού ορίου συμμετοχής ενός πωλητή σε μια αλληλεπίδραση με αγοραστές. Είδαμε πως το χρονικό όριο αυτό εξαρτάται από μια παράμετρο πολιτικής α που καθορίζει το πόσο κοντά στο κόστος του προϊόντος c θα συγκλίνουν οι προτεινόμενες από τον πωλητή τιμές. Παρόλα αυτά, η παράμετρος α εξαρτάται τόσο από τη δημοφιλία του προϊόντος q όσο και από το αρχικό κέρδος ε που θέλει να αποκομίσει ο πωλητής. Είναι εμφανές ότι ο καθορισμός μιας συγκεκριμένης τιμής για την παράμετρο α είναι δύσκολος. Για το λόγο αυτό, προτείνουμε μια αποδοτική τεχνική για τον καθορισμό της τιμής της παραμέτρου α η οποία βασίζεται στη θεωρία της ασαφούς λογικής (fuzzy logic) [195]. Η ασαφής λογική είναι πολύ αποδοτική σε περιπτώσεις όπου πρέπει να ληφθεί μια απόφαση κάτω από ένα βαθμό αβεβαιότητας [194]. Η ασαφής λογική εκφράζει τη γνώση που μπορεί να αποκτηθεί από την ανθρώπινη εμπειρία και διευκολύνει την αυτόματη μετάφραση των αποτελεσμάτων.

Ένα σύστημα ασαφούς λογικής F αποτελεί ένα μη-γραμμικό συνδυασμό ανάμεσα σε n εισόδους $u_i \in U_i$, i =1, …, n και m εξόδους $y_i \in Y_i$, i = 1, …, m. Οι είσοδοι είναι ‘καθαροί’ αριθμοί συνήθως πραγματικοί. Το fuzzification στάδιο μετατρέπει τους πραγματικούς αριθμούς τους οποίους δέχεται το σύστημα σε ασαφή σύνολα, το στάδιο συμπερασμού (inference) χρησιμοποιεί ένα σύνολο κανόνων ασαφούς λογικής πάνω στα σύνολα αυτά και τελικά το στάδιο defuzzification μετατρέπει τα αποτελέσματα των κανόνων σε πραγματικούς αριθμούς. Αυτοί οι πραγματικοί αριθμοί αποτελούν τις εξόδους του συστήματος. Τα σύνολα U_i και Y_i καλούνται universes of discourse (domains) για τα u_i και y_i, αντίστοιχα. Οι κανόνες ασαφούς λογικής, συνήθως καθορίζονται από εμπειρογνώμονες (ο πωλητής στη δικιά μας περίπτωση) για τους οποίους χρησιμοποιούνται φραστικές περιγραφές (linguistic descriptions) για τα u_i και y_i. Ονομάζουμαι αυτές τις περιγραφές φραστικές μεταβλητές (linguistic variables) και τις συμβολίζουμε με $I(u_i)$ και $I(y_i)$ για τις εισόδους και τις εξόδους αντίστοιχα. Για παράδειγμα, σαν είσοδος στο σύστημα ασαφούς λογικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δημοφιλία ενός προϊόντος. Πιο συγκεκριμένα, ένα προϊόν μπορεί να ειπωθεί ότι έχει

υψηλή δημοφιλία ($l(u_i)$ = high, u_i = η κατάταξη με βάση τη δημοφιλία). Μια φραστική περιγραφή παίρνει σαν τιμές συμβολοσειρές (π.χ. $l(u_i)$ = high) οι οποίες χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της μεταβλητής u_i. Εάν με A_{ij} συμβολίσουμε την j^{th} τιμή της φραστικής μεταβλητής u_i τότε το $l(u_i)$ παίρνει τιμές από το σύνολο $A_i = \{A_{ij} : j = 1, \ldots, N_i\}$. Κάθε στοιχείο A_{ij} αποτελεί ένα ασαφές σύνολο οριζόμενο ως εξής: $A_{ij} = \{(u_i, \mu_j(u_i)) : u_i \in U_i\}$, όπου $\mu_j(u_i)$ καλείται η συνάρτηση συμμετοχής (membership function) η οποία απεικονίζει το U_i στο [0,1].

Επιπρόσθετα, για το συμπερασμό, η ασαφής λογική ακολουθεί μια προσέγγιση βασισμένη σε ένα σύνολο κανόνων. Με βάση αυτούς τους κανόνες, οι είσοδοι αντιστοιχίζονται στις εξόδους μέσω ενός συμπλέγματος *condition* $\rightarrow$ *action* κανόνων. Υιοθετούμε μια προσέγγιση πολλαπλών εισόδων – μιας εξόδου (multi-input single-output - MISO) για κάθε ασαφή κανόνα R_j, με $q = u_1$, $\varepsilon = u_2$ και $\alpha = y$. Η γενική μορφή ενός ασαφούς κανόνα είναι η ακόλουθη:

$$R_j : \text{If } q \text{ is } A_{1(j)} \text{ AND/OR } \varepsilon \text{ is } A_{2(j)} \text{ Then } \alpha \text{ is } B_{(j)}.$$

όπου $A_{i(j)}$ και $B_{(j)}$ είναι τα ασαφή σύνολα που αντιστοιχούν στην j^{th} φραστική τιμή για την είσοδο i και για την έξοδο α αντίστοιχα. Το ασαφές σύστημα μαθαίνει να ελέγχει τις αποφάσεις που παίρνει μέσα από το σύνολο αυτών των κανόνων. Ένα τέτοιο σύστημα προσαρμόζεται αυτόνομα στο κέρδος που στοχεύει ο πωλητής ε και στη μετρική δημοφιλίας του προϊόντος q. Παρόλα αυτά, η προσαρμογή των συναρτήσεων συμμετοχής για κάθε είσοδο και έξοδο θα μπορούσε να βασιστεί σε τεχνικές στατιστικής μάθησης όπως αναφέρεται στο [125]. Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε πιο αποδοτική αναπαράσταση των παραμέτρων που παίζουν σημαντικό ρόλο σε μια διαδικασία αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή.

4.2.3. Βάση Κανόνων Ασαφούς Λογικής

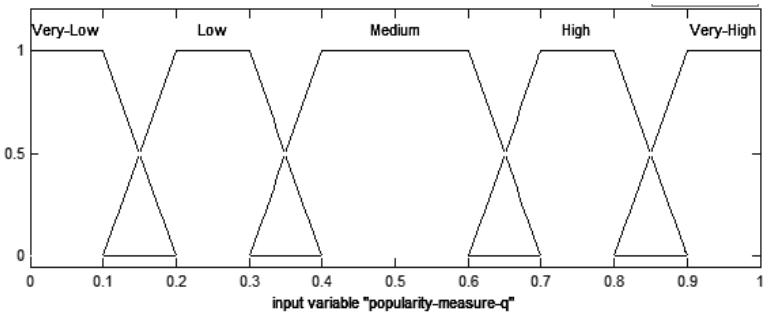
Όπως περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα, το προτεινόμενο σύστημα βασίζεται σε ένα σύνολο κανόνων ασαφούς λογικής το οποίο συνήθως καθορίζεται από εμπειρογνώμονες ή μπορεί να εξαχθεί αυτόματα μέσα από σύνολο δεδομένων [92]. Οι φραστικές περιγραφές των παραμέτρων που χρησιμοποιούνται σαν είσοδοι ή σαν έξοδοι είναι οι ακόλουθες: {*low, medium, high*}. Χρησιμοποιούμε τραπεζοειδή ασαφή σύνολα τα οποία παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Πιο συγκεκριμένα, μια τιμή *low q* σημαίνει πως το προϊόν βρίσκεται στην περιοχή B της λίστας κατάταξης που διατηρεί ο πωλητής (βλ. Σχήμα 2). Είναι εμφανές πως ένα τέτοιο προϊόν δεν είναι και τόσο

δημοφιλές στους αγοραστές. Μια τιμή *medium q* σημαίνει ότι το προϊόν βρίσκεται περίπου στη μέση της περιοχής κατάταξης (περιοχή C του Σχήμα 2) ενώ μια τιμή *high q* συμβολίζει πως το προϊόν είναι δημοφιλές στους κόλπους των αγοραστών. Προσπαθώντας να προσδώσουμε περισσότερη αποδοτικότητα στο προτεινόμενο σύστημα, ορίζουμε τον ασαφή τελεστή very; *very*(*μ*(*q*)) = *μ*(*q*)^2. Με βάση αυτόν τον τελεστή, μια τιμή *very low q* συμβολίζει πως το προϊόν βρίσκεται στο τελευταίο 10% των θέσεων της περιοχής κατάταξης ενώ η τιμή *very high q* σημαίνει πως το προϊόν βρίσκεται στο υψηλότερο 10% της περιοχής κατάταξης. Σε αυτό το σημείο θυμίζουμε πως οι τιμές της μεταβλητής q βρίσκονται στο διάστημα (0,1].

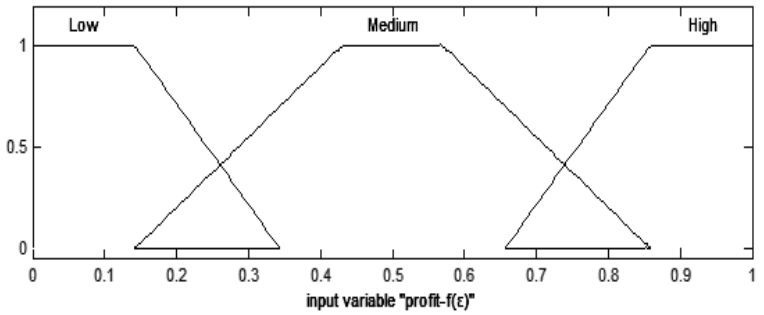
Όμοια προσέγγιση ακολουθείται και για τις υπόλοιπες μεταβλητές ε και α. Μια τιμή *low ε* σημαίνει πως ο πωλητής στοχεύει σε ένα μικρό κέρδος μέσα από την αγοραπωλησία, ενώ οι τιμές *medium* και *high ε* συμβολίζουν μεσαίο και υψηλό κέρδος αντίστοιχα. Οι τιμές της μεταβλητής ε είναι θετικές στην περιοχή [0, ε_{max}], όπου ε_{max} απεικονίζει μια μέγιστη τιμή κέρδους. Ο πωλητής δεν μπορεί και δεν είναι αποδοτικό να στοχεύσει σε μια πάρα πολύ μεγάλη τιμή κέρδους διότι με αυτό τον τρόπο η τελική τιμή του προϊόντος θα είναι πολύ μεγάλη και συνεπώς 'αποκρουστική' για τους αγοραστές. Ο νόμος της ζήτησης υποδεικνύει πως όταν η τιμή ενός προϊόντος μειωθεί τότε αυξάνεται η ζήτηση για αυτό [10]. Έτσι λοιπόν, μια τιμή *low ε* συμβολίζει ότι ο πωλητής αρχικά στοχεύει σε ένα μικρό ποσό κέρδους, μια τιμή *medium* ή *high ε* δείχνουν μεσαίο και υψηλό ποσό αρχικού κέρδους αντίστοιχα. Η τιμή του *ε* φράσσεται από την ποσότητα ε_{max} η οποία αντιστοιχεί σε ένα μέγιστο ποσό κέρδους το οποίο καθορίζεται αποκλειστικά από τον πωλητή. Για να παράξουμε τιμές του ε στο διάστημα [0,1], χρησιμοποιούμε για το σκοπό αυτό μια σιγμοειδή συνάρτηση η οποία είναι η ακόλουθη:

$$f(\varepsilon) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\varepsilon - \frac{\varepsilon_{max}}{2}\right)}} \tag{4.6}$$

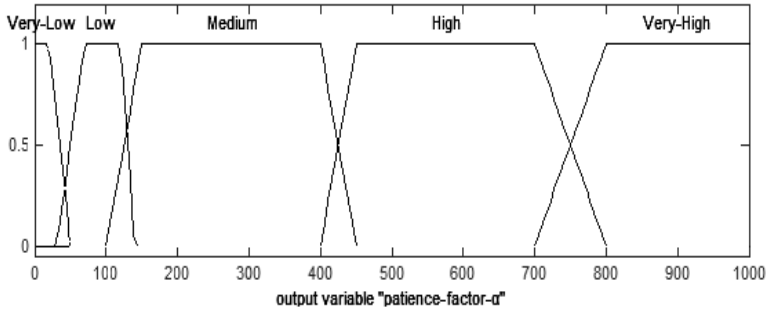
Άρα λοιπόν, μια τιμή του *f*(*ε*) πολύ κοντά στο 1 δείχνει πως ο πωλητής στοχεύει στο μέγιστο δυνατό κέρδος ενώ μια τιμή πολύ κοντά στο 0 δείχνει πως ο πωλητής στοχεύει σε ένα πολύ μικρό ποσό κέρδους επίσης κοντά στο 0.



(α)

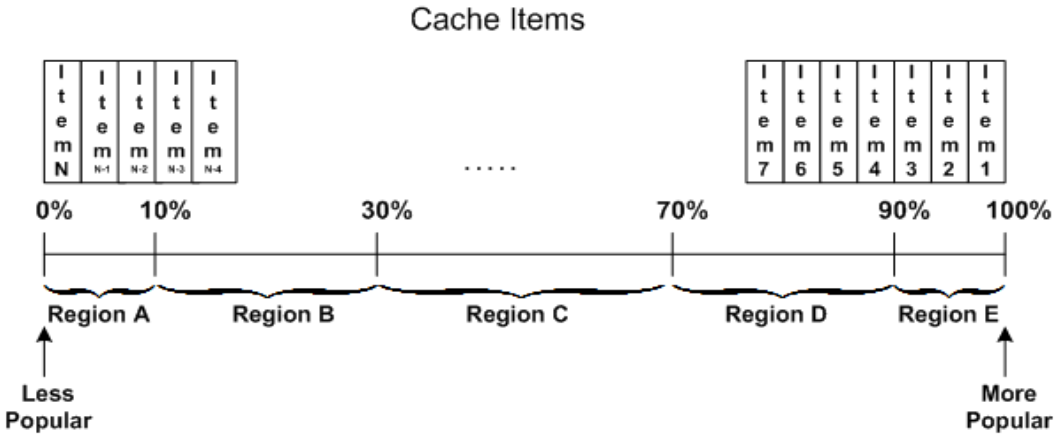


(β)



(γ)

Σχήμα 1. Ασαφή σύνολα για τις παραμέτρους q, ε και α.



Σχήμα 2. Περιοχές κατάταξης προϊόντων.

Σχετικά με την έξοδο τους ασαφούς συστήματος, στο Σχήμα 1 βλέπουμε τις αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής. Θυμίζουμε πως η παράμετρος α επηρεάζει το χρονικό διάστημα για το οποίο ο πωλητής θα παραμείνει στην αλληλεπίδραση αλλά και το πόσο κοντά στο κόστος θα φτάσουν οι προσφορές που θα δώσει στον αγοραστή. Μια τιμή *low α* συμβολίζει πως ο πωλητής είναι ένας ανυπόμονος παίκτης που θέλει να τερματίσει την αλληλεπίδραση όσο το δυνατόν πιο γρήγορα ώστε να εξοικονομήσει χρόνο. Μια *medium* ή *high* τιμή του α δείχνει μια μέση και υψηλή τιμή υπομονετικότητας αντίστοιχα από την πλευρά του πωλητή. Επιπρόσθετα, για περισσότερη αποδοτικότητα χρησιμοποιούμε τον τροποποιητή *very* όπως περιγράφηκε πιο πάνω. Πιο συγκεκριμένα, *very low α* περιγράφει ότι ο πωλητής θέλει να πουλήσει το προϊόν όσο το δυνατόν πιο γρήγορα κάνοντας πολύ λίγες προσφορές κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασής του με τον αγοραστή. Αντίστοιχα η τιμή *very high* α συμβολίζει ένα πάρα πολύ υπομονετικό πωλητή ο οποίος περιμένει μέχρι το τέλος της αλληλεπίδρασης ώστε να προσφέρει 'προκλητικές' τιμές. Γενικά η στρατηγική ενός πωλητή βασίζεται στην παρακάτω λογική:

- Όταν ένα προϊόν δεν είναι δημοφιλές τότε ο πωλητής έχει τη δυνατότητα να παραμείνει στην αλληλεπίδραση όσο το δυνατόν περισσότερο έτσι ώστε να αποκομίσει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος επιμένοντας σε μεγάλες τιμές. Αφού για το προϊόν δεν ενδιαφέρονται αρκετοί αγοραστές ο πωλητής θέλει με αυτή τη στρατηγική να διασφαλίσει το κέρδος του.
- Όταν ένα προϊόν είναι πολύ δημοφιλές τότε ο πωλητής έχει τη δυνατότητα να πουλήσει το προϊόν αυτό σε χαμηλότερη τιμή στοχεύοντας στην αύξηση του κέρδους του μέσα από τον αυξημένο αριθμό των αγοραστών. Άρα η κύρια στόχευση γίνεται το μεγαλύτερο πλήθος των συμφωνιών έτσι ώστε τελικά να έρθει το αυξημένο κέρδος. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ πως χαμηλότερες τιμές σε συνδυασμό με την αξιοπιστία του πωλητή θα αυξήσει το κέρδος του με ποικίλους τρόπους αφού πιθανώς θα αυξηθεί η δημοφιλία του ίδιου του πωλητή μέσα στην εικονική κοινότητα.

Η στρατηγική που περιγράψαμε απεικονίζεται στη βάση κανόνων του ασαφούς συστήματος και με αυτό τον τρόπο πριν την έναρξη κάθε αλληλεπίδρασης ο πωλητής υπολογίζει την παράμετρο α και συνεπώς το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζουμε τους πέντε (5) βασικούς κανόνες αυτής της βάσης γνώσης.

R_1: If (*q* is *very low* AND (*ε* is *low* OR *ε* is *medium*)) Then *α* is *very High*

Εξήγηση: Ο κανόνας αυτός μας λέει πως όταν το προϊόν βρίσκεται στις τελευταίες 10% θέσεις της περιοχής κατάταξης (περιοχή A) και το κέρδος στο οποίο στοχεύει ο πωλητής είναι πολύ μικρό τότε η τιμή για την παράμετρο πρέπει να είναι πολύ υψηλή. Με αυτό τον τρόπο ο πωλητής θα παραμείνει στην αλληλεπίδραση για μεγάλο χρονικό διάστημα προσπαθώντας να εξασφαλίσει τα κέρδη του.

R_2: If (*q* is *very low* AND *ε* is *high*) OR (*q* is *low* AND (*ε* is *low* OR *ε* is *medium*)) Then *α* is *high*

Εξήγηση: Εάν ο πωλητής στοχεύει σε υψηλό κέρδος και το προϊόν δεν είναι δημοφιλές (περιοχή A) τότε το α πρέπει να έχει υψηλή τιμή όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Το ίδιο ισχύει και όταν ο πωλητής στοχεύει σε χαμηλό ή μεσαίου επιπέδου κέρδος (περιοχή B). Και στις δύο περιπτώσεις το γεγονός ότι το προϊόν δεν είναι δημοφιλές επηρεάζει αποφασιστικά στην εξαγωγή υψηλής τιμής για την παράμετρο α.

R_3: If (*q* is *low* AND *ε* is *high*) OR (*q* is *medium*) OR (*q* is *high* AND *ε* is *low*) Then *α* is *medium*

Εξήγηση: Η παράμετρος α πρέπει να έχει μεσαίου επιπέδου τιμή στην περίπτωση όπου ο πωλητής στοχεύει σε μεσαίου επιπέδου κέρδος και το προϊόν βρίσκεται στις μεσαίες θέσεις της περιοχής κατάταξης (περιοχή C). Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση όπου το προϊόν δεν είναι δημοφιλές αλλά ο πωλητής στοχεύει σε πολύ υψηλό κέρδος. Με αυτή τη λογική ο πωλητής ακολουθεί μια ουδέτερη στρατηγική δίνοντας έμφαση τόσο στη δημοφιλία ενός προϊόντος όσο και στο κέρδος του.

R_4: If (*q* is *high* AND (*ε* is *medium* OR *ε* is *high*)) OR (*q* is *very high* AND *ε* is *low*) Then *α* is *low*

Εξήγηση: Όταν το προϊόν είναι πολύ δημοφιλές στους κόλπους των αγοραστών ο πωλητής, όπως εξηγήσαμε, μπορεί να το πουλήσει σε χαμηλότερη τιμή και συνεπώς η τιμή του α πρέπει να είναι μικρή. Σε αυτές τις περιπτώσεις το προϊόν βρίσκεται στην κορυφή της κατάταξης (περιοχές D και E). Παρόλα αυτά, ο πωλητής μένει περισσότερο χρόνο στη διαδικασία αλληλεπίδρασης όταν το κέρδος είναι μικρό ή μεσαίου μεγέθους.

R_5: If (*q* is *very high* AND (*ε* is *medium* OR *ε* is *high*)) Then *α* is *very low*

Εξήγηση: Ο τελευταίος κανόνας αντιστοιχεί στην περίπτωση όπου το προϊόν βρίσκεται στο υψηλότερο 10% της περιοχής κατάταξης (περιοχή Ε). Ο πωλητής δεν χρειάζεται να μείνει για μεγάλο χρόνο στη διαδικασία αλληλεπίδρασης με κάθε αγοραστή αφού έχει τη δυνατότητα να προτείνει απ' ευθείας χαμηλές τιμές και στη συνέχεια αν δεν υπάρχει ευτυχές αποτέλεσμα να αποχωρήσει. Μην ξεχνάμε πως ένα μεγάλο πλήθος αγοραστών ενδιαφέρονται για το συγκεκριμένο προϊόν και συνεπώς ο πωλητής με αυτή τη στρατηγική θα εξοικονομήσει πόρους και χρόνο.

4.2.4. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής ενός πωλητή T_s, όπως αναφέρθηκε, είναι ένα χρονικό διάστημα (συνήθως μετριέται σε πλήθος προσφορών ή γύρους μιας αλληλεπίδρασης) το οποίο καθορίζει τις τιμές που θα προτείνει ο πωλητής στους ενδιαφερόμενους αγοραστές. Πέρα από αυτό το χρονικό διάστημα, κρίνεται πως δεν είναι ωφέλιμη η περαιτέρω συμμετοχή του πωλητή στη διαδικασία αλληλεπίδρασης. Έχουμε ήδη περιγράψει και αναλύσει τις τιμολογιακές στρατηγικές που έχει στη διάθεσή του ένας πωλητής και έχουμε ήδη προτείνει μια νέα προσέγγιση για την επίλυση του προβλήματος αυτού.

Αρχικά, παρουσιάζουμε τα πειραματικά αποτελέσματά μας σχετικά με το υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα με βάση την εξίσωση 4.5. Μέσα από μια απλοϊκή προσέγγιση, ας υποθέσουμε πως έχουμε δυο πωλητές: και οι δύο έχουν το ίδιο κόστος για ένα συγκεκριμένο προϊόν ίσο με 2 ΧΜ. Επίσης, ας υποθέσουμε δύο προϊόντα από τα οποία το πρώτο είναι πιο δημοφιλές στις τάξεις των αγοραστών σε σχέση με το δεύτερο. Αν χρησιμοποιήσουμε την ίδια τιμή για την παράμετρο α = 20 και υιοθετήσουμε δύο περιπτώσεις κέρδους, π.χ. ε = 5 ΧΜ και ε = 20 ΧΜ, τότε γίνεται αντιληπτό ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής είναι μεγαλύτερος όταν το κέρδος έχει μεγαλύτερη τιμή. Η πρώτη περίπτωση αντιστοιχεί σε πωλητή που στοχεύει σε μικρότερο κέρδος σε σχέση με τη δεύτερη. Ενδεικτικά αποτελέσματα των πειραμάτων μας απεικονίζονται στον Πίνακα 1. Επίσης, στο Σχήμα 3 μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματά μας για ένα εύρος τιμών των παραμέτρων ε και q. Βλέπουμε πως ένας πωλητής που στοχεύει σε υψηλό κέρδος είναι πιο υπομονετικός και χρειάζεται περισσότερο χρόνο ώστε να φτάσει σε μια προτεινόμενη τιμή κοντά στο κόστος c. Εάν όμως το προϊόν είναι πολύ δημοφιλές στους αγοραστές το χρονικό διάστημα αυτό μειώνεται.

Πίνακας 1. Υπολογισμός του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής χωρίς τη χρήση ασαφούς λογικής.

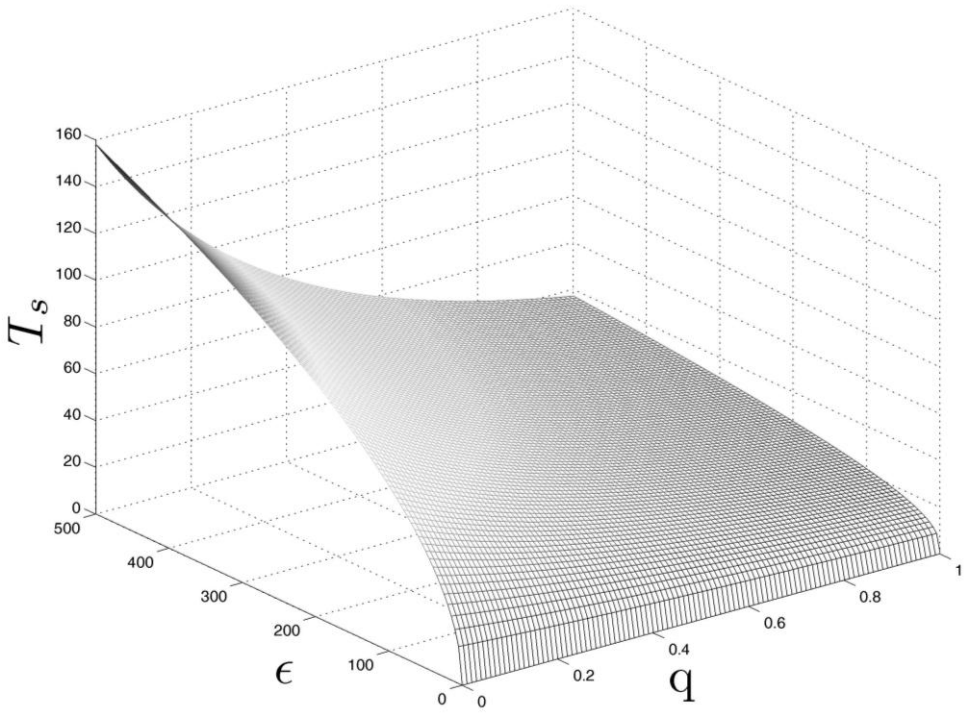
ε	**c**	**Θέση του προϊόντος**	**α**	**T_s**
5	2	1	20	6
5	2	3	20	8
20	2	1	20	9
20	2	3	20	14

Σχετικά με την παράμετρο α τώρα. Έχει ειπωθεί πως όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του α τόσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χρειάζεται ο πωλητής για να φτάσει στην ελάχιστη προτεινόμενη τιμή. Ο Πίνακας 2 απεικονίζει τα σχετικά αποτελέσματα. Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως μεγαλώνοντας το α μεγαλώνει και η τελική τιμή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

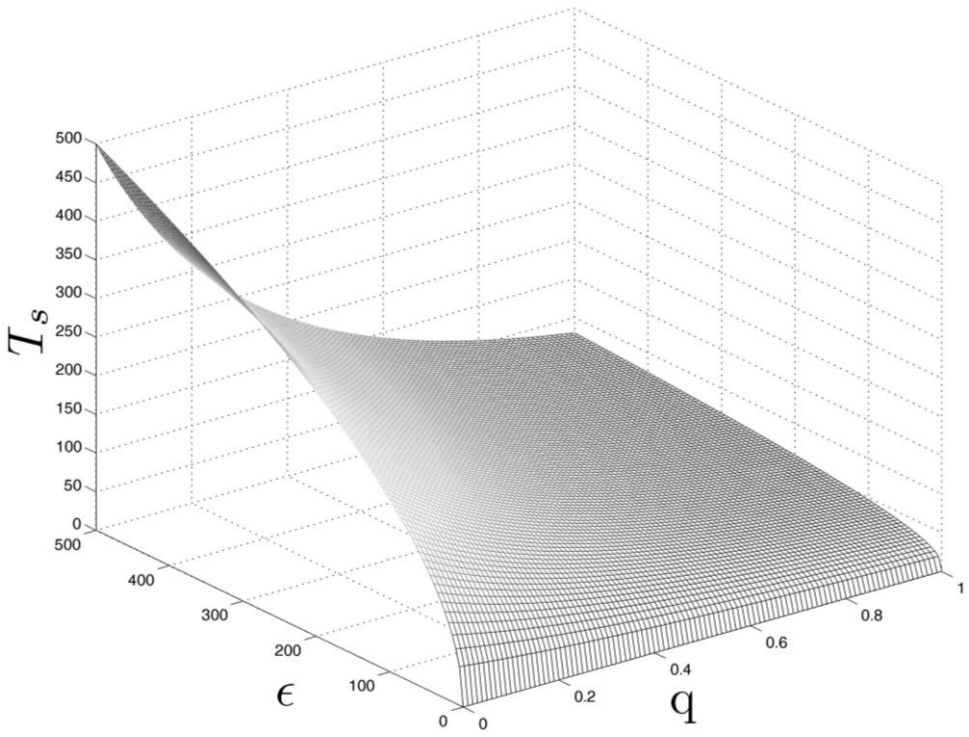
Τέλος, στο Σχήμα 3 και στο Σχήμα 4 μπορούμε επίσης να διαπιστώσουμε την αλληλεξάρτηση ανάμεσα στον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής και στην παράμετρο δημοφιλίας q. Ο πωλητής ακολουθεί μια αρκετά υπομονετική στρατηγική όταν το q έχει χαμηλή τιμή και κατ' επέκταση το προϊόν δεν είναι καθόλου δημοφιλές (βρίσκεται στις τελευταίες θέσεις της περιοχής κατάταξης). Μέσα από αυτή τη στρατηγική, ο πωλητής αποσκοπεί στο να διασφαλίσει υψηλά κέρδη αφού οι προτεινόμενες από αυτόν τιμές παραμένουν σε υψηλά επίπεδα μέχρι την εξάντληση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει όταν το προϊόν είναι πάρα πολύ δημοφιλές και κατ' επέκταση βρίσκεται στις πρώτες θέσεις της περιοχής κατάταξης.

Πίνακας 2. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διάφορες τιμές του α.

ε = 5 και c = 2					
α	20	50	100	200	500
T_s	8	11	15	20	30



Σχήμα 3. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για α = 50.



Σχήμα 4. Υπολογισμός χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για α = 500.

Στο Σχήμα 5, βλέπουμε την επιφάνεια συμπερασμού για την εξαγωγή της τελικής τιμής της παραμέτρου α και κατ' επέκταση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Τα

αποτελέσματα αυτά αφορούν στη χρήση του μοντέλου ασαφούς λογικής. Στα πειράματα χρησιμοποιούμε ένα άνω όριο για την τιμή του α το οποίο είναι π.χ. α_{max} = 1000. Ο πωλητής καθορίζει αυτό το άνω όριο κατά την αρχικοποίηση της διαδικασίας αλληλεπίδρασης με κάθε ένα αγοραστή. Στον Πίνακα 3, απεικονίζουμε τις τιμές των αποτελεσμάτων για το μοντέλο ασαφούς λογικής που προτείνουμε. Συγκρίνουμε τα ερευνητικά αποτελέσματα με τους υπολογισμούς του 'απλού' μοντέλου (που δεν χρησιμοποιεί την ασαφή λογική). Στα πειράματα θεωρήσαμε πως το μέγιστο κέρδος στο οποίο αποσκοπούν οι πωλητές είναι ίσο με 20 ΧΜ.

Από τα στοιχεία του Πίνακα 3 και τα δεδομένα που περιγράφονται από το Σχήμα 5, παρατηρούμε πως ο πωλητής προσπαθεί να διασφαλίσει τα κέρδη του όταν το προϊόν δεν είναι δημοφιλές όπως ακριβώς περιγράψαμε πιο πάνω. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το προϊόν είναι πολύ δημοφιλές. Όταν οι τιμές του q είναι κοντά στο 1 τότε άσχετα από το ύψος του επιδιωκόμενου κέρδους η στρατηγική που ακολουθείται είναι επιθετική χαμηλώνοντας απότομα τις προτεινόμενες τιμές. Επιπρόσθετα, από τον Πίνακα 3, παρατηρούμε το πλεονέκτημα της χρήσης της ασαφούς λογικής ως ένα μηχανισμό συμπερασμού για τον υπολογισμό της τελικής τιμής του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Ο πωλητής βασιζόμενος στους ασαφείς κανόνες στην αρχή κάθε αλληλεπίδρασης συμπεραίνει τον χρόνο συμμετοχής. Στην $6^{η}$ γραμμή του Πίνακα 3 βλέπουμε πως υπάρχει μια μεγάλη διαφορά στον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα όταν συγκρίνουμε το 'απλό' με το 'ασαφές' μοντέλο. Χωρίς τη χρήση της ασαφούς λογικής ο πωλητής καθορίζει την τελική τιμή βασιζόμενος σε μια εκ των προτέρων γνωστή τιμή για την παράμετρο α. Αν αυτή η τιμή καθοριστεί ίση με 20 ή 100 τότε το T_s υπολογίζεται ίσο με 12 και 25 αντίστοιχα. Για το ίδιο προϊόν, αν ο πωλητής υιοθετήσει την ασαφή λογική τότε το αποτέλεσμα για την παράμετρο α είναι ίσο με 588 οδηγώντας ταυτόχρονα σε μια τιμή του T_s ίση με 56. Αυτό σημαίνει πως για τις συγκεκριμένες τιμές των ε και q ο πωλητής πρέπει να μείνει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην αλληλεπίδραση με ότι αυτό συνεπάγεται για τις προτεινόμενες τιμές (θα ακολουθήσει μια πιο υπομονετική τιμολογιακή πολιτική σε σύγκριση με την προαναφερθείσα περίπτωση).

Με βάση τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα πως ο πωλητής έχει στη διάθεσή του ένα αποδοτικό μηχανισμό ο οποίος προσαρμόζεται κάθε φορά στα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Στον Πίνακα 3, η $1^{η}$ και η $3^{η}$ γραμμή απεικονίζουν ένα τέτοιο παράδειγμα. Για ένα πολύ δημοφιλές προϊόν ο πωλητής διαλέγει, στην $1^{η}$ γραμμή, να παραμείνει περισσότερο στην αλληλεπίδραση εξ' αιτίας της μικρής τιμής του κέρδους. Έτσι προσπαθεί να διασφαλίσει ακόμα και αυτό το ελάχιστο κέρδος. Στην $3^{η}$ γραμμή όμως, ο

πωλητής στοχεύει σε μια μεγαλύτερη τιμή κέρδους και προσπαθεί να προκαλέσει τον αγοραστή προτείνοντας μικρές τιμές από τους πρώτους γύρους της αλληλεπίδρασης.

Τέλος, δύο πολύ ενδιαφέρουσες περιπτώσεις απεικονίζονται στον Πίνακα 4. Σε αυτά τα παραδείγματα βλέπουμε πως ο 'ασαφής' μηχανισμός μπορεί να προτείνει μικρότερο χρόνο συμμετοχής σε σύγκριση με το 'απλό' μοντέλο στο οποίο καθορίζουμε χειρωνακτικά την τιμή του α. Βλέπουμε πως στο 'απλό' μοντέλο για την τιμή του α = 50 παίρνουμε σαν τελικές τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής 10 και 13 προσφορές ενώ με χρήση της ασαφής λογικής παίρνουμε 7 και 9 αντίστοιχα. Για τα δύο συγκεκριμένα προϊόντα ο πωλητής πρέπει να παραμείνει λιγότερο στην αλληλεπίδραση.

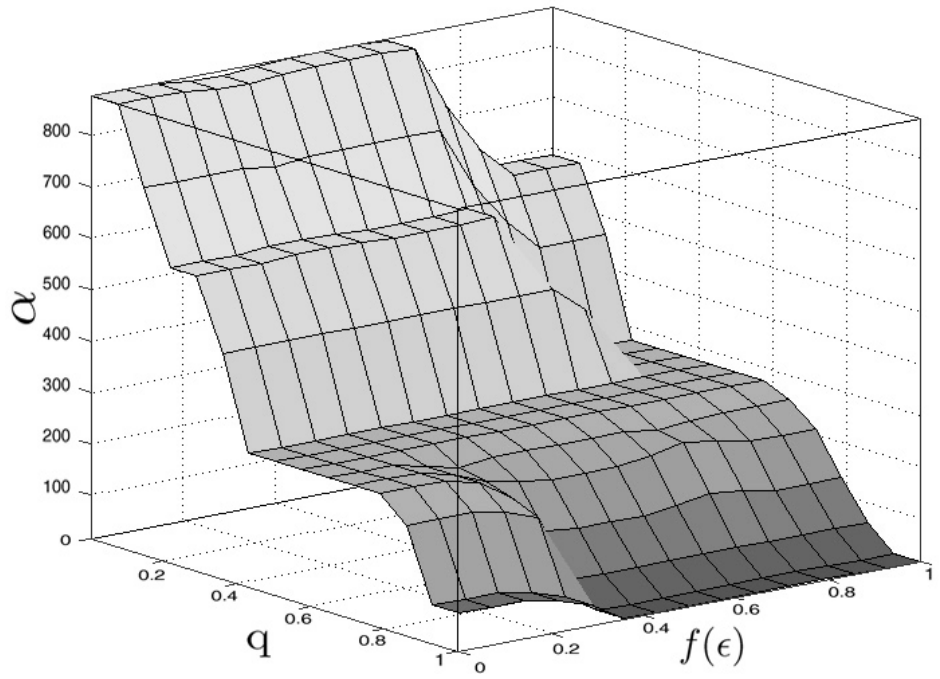
Πίνακας 3. Υπολογισμός του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής με χρήση ασαφούς λογικής.

ε	**f(ε)**	**q**	**T_s (α=20 [93])**	**α**	**Νέο T_s**
5	0.067	1	6	89.4	10
5	0.067	0.4	8	275	23
10	0.5	1	7	15.8	7
10	0.5	0.4	10	275	31
10	0.5	0.7	9	89.4	15
10	0.5	0.2	12	588	56
20	1	1	9	15.8	9
20	1	0.4	14	275	42

Πίνακας 4. Ειδικές περιπτώσεις υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

ε	**f(ε)**	**q**	**T_s (α=50 [93])**	**α**	**Νέο T_s**
10	0.5	1	10	15.8	7

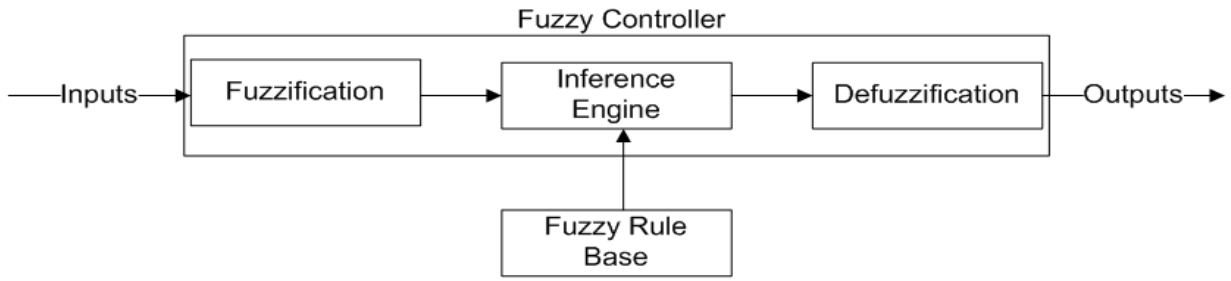
20	1	1	13	15.8	9



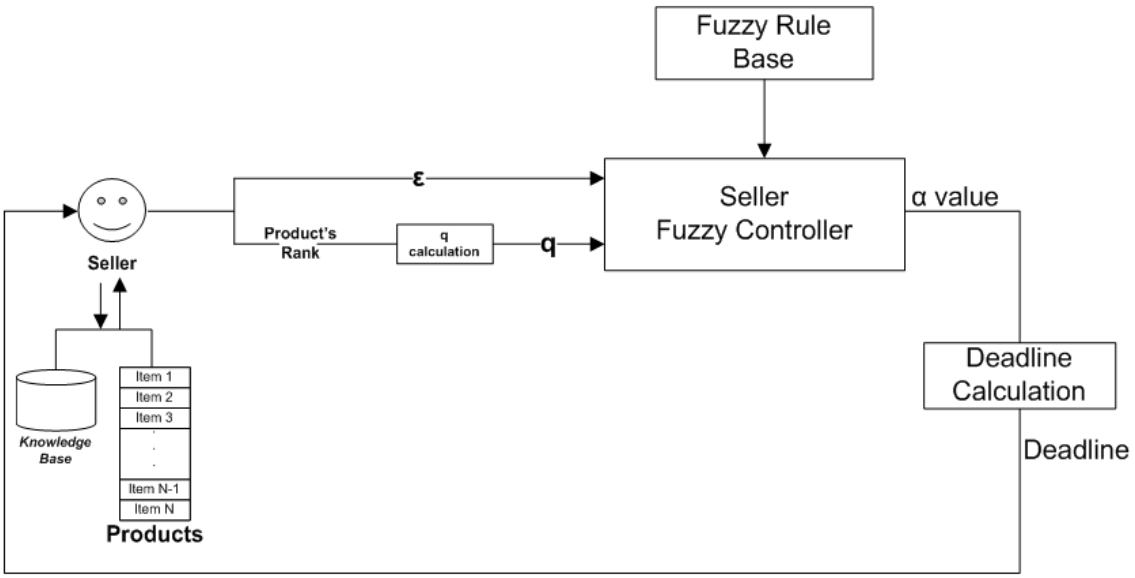
Σχήμα 5. Γραφική αναπαράσταση της επιφάνειας συμπερασμού για την τιμή του α.

4.3. Εκμάθηση Κανόνων Ασαφούς Λογικής για τον Υπολογισμό του Χρονικού Ορίζοντα Συμμετοχής

Σε αυτή την ενότητα, επεκτείνουμε το ασαφές σύστημα που παρουσιάσαμε στην παράγραφο 4.2.2, καθορίζοντας ένα μοντέλο όπου οι ασαφείς κανόνες εξάγονται αυτόματα χρησιμοποιώντας τεχνικές συσταδοποίησης (clustering). Το μοντέλο μας βασίζεται σε ένα ασαφή ελεγκτή (fuzzy controller) σαν και αυτόν που απεικονίζεται στο Σχήμα 6 και είναι ο ίδιος που περιγράψαμε πιο πάνω. Ο ελεγκτής χρησιμοποιεί μια βάση κανόνων σαν και αυτή που αναλύσαμε και παρουσιάσαμε του ασαφείς κανόνες που την απαρτίζουν. Γενικά η χρήση του ασαφή ελεγκτή στην πλευρά του πωλητή φαίνεται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 6. Γενική αρχιτεκτονική ενός ασαφή ελεγκτή.



Σχήμα 7. Ασαφής ελεγκτής για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

Ο πωλητής διατηρεί μια βάση γνώσης όπου αποθηκεύεται η απαραίτητη πληροφορία ώστε να είναι δυνατός ο συμπερασμός σχετικά με την εξαγωγή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Στην αρχή κάθε αλληλεπίδρασης ο πωλητής ανακτά από τη βάση γνώσης την αρχική τιμή του κέρδους ε καθώς και την τιμή δημοφιλίας του προϊόντος q. Αυτές οι τιμές εισάγονται στον ασαφή ελεγκτή ώστε να υπολογίσει ως αποτέλεσμα την τελική τιμή της παραμέτρου α. Ο μηχανισμός συμπερασμού βασίζεται στην ασαφή λογική και πιο συγκεκριμένα σε μια βάση κανόνων όπως αυτή που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η γενική μορφή των κανόνων είναι: *antecedent → consequent*. Δύο είναι τα βασικά μοντέλα περιγραφής κανόνων στα συστήματα ασαφούς λογικής: το πρώτο είναι το Mamdani μοντέλο [119] στο οποίο ο κάθε κανόνας εκφράζεται ως:

$$R_j: IF\ x_{1j}\ is\ A_{1j}\ AND/OR\ x_{2j}\ is\ A_{2j}\ AND/OR\ ....\ AND/OR\ x_{nj}\ is\ A_{nj}\ THEN\ y_j\ is\ B_j$$

όπου R_j αποτελεί τον j^{th} ασαφή κανόνα, x_{ij} (i = 1…n) είναι οι είσοδοι του j^{th} κανόνα, y_j είναι η έξοδος του j^{th} κανόνα και A_{ij}, B_j είναι οι συναρτήσεις συμμετοχής συνήθως

σχετιζόμενες με λεξικογραφικούς όρους. Το δεύτερο μοντέλο είναι το Takagi-Sugeno [179] κατά το οποίο οι ασαφείς κανόνες έχουν την εξής μορφή:

$$\mathbf{R_j: IF\ x_{1j}\ is\ A_{1j}\ AND/OR\ x_{2j}\ is\ A_{2j}\ AND/OR\ \ldots.\ AND/OR\ x_{nj}\ is\ A_{nj}\ THEN}$$

$$\mathbf{y_j=a_{0j}+a_{1j}\cdot x_{1j}+a_{2j}\cdot x_{2j}+\ldots+a_{nj}\cdot x_{nj}}$$

όπου η κεφαλή των κανόνων αποτελείται από ασαφείς τιμές ενώ οι έξοδοι αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των εισόδων. Αυτού του είδους το μοντέλο επιτρέπει την ευκολότερη εφαρμογή τεχνικών εκμάθησης των κανόνων μέσα από ένα σύνολο δεδομένων που καθορίζονται από εμπειρογνώμονες [122].

Στο σύστημα που προτείνουμε, χρησιμοποιούμε μια μορφή κανόνων πολλαπλών εισόδων μιας εξόδου (*multi-input single-output, MISO*) με εισόδους τη δημοφιλία ενός προϊόντος q και την τιμή του κέρδους ε ενώ σαν έξοδο χρησιμοποιούμε την τιμή της παραμέτρου α. Προτείνουμε τη χρήση αυτόματων μεθοδολογιών για την εξαγωγή των ασαφών κανόνων μέσα από ένα σύνολο δεδομένων που τίθενται από εμπειρογνώμονες. Η προτεινόμενη τεχνική βασίζεται σε αλγορίθμους συσταδοποίησης [4] και πιο συγκεκριμένα στους αλγορίθμους Subtractive [76] και Fuzzy C-Means [37], [11]. Τα δεδομένα ομαδοποιούνται, ώστε να δημιουργηθεί ένα σύνολο συστάδων όπου αυτές θα καθορίσουν και τους κανόνες στο προτεινόμενο σύστημα. Το κύριο πλεονέκτημα του αλγορίθμου Subtractive είναι το γεγονός πως δεν απαιτεί την εκ των προτέρων γνώση του αριθμού των συστάδων ενώ παράλληλα ο αλγόριθμος Fuzzy C-Means μπορεί να αναγνωρίσει σημεία τα οποία είναι δυνατόν να ανήκουν σε περισσότερες από μια συστάδες προσφέροντας μια πιο εκλεπτυσμένη προσέγγιση.

Βασικά, επεκτείνουμε το μοντέλο που παρουσιάστηκε στα [93] και [94]. Στη μεν πρώτη ερευνητική προσπάθεια προέκυψε ένας μαθηματικός φορμαλισμός για τον προσδιορισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής, στο δε δεύτερο, καθορίστηκε ένα σύστημα το οποίο βασιζόμενο σε ασαφείς κανόνες καθοριζόμενους από εμπειρογνώμονες έδωσε μια πιο αποδοτική προσέγγιση στον καθορισμό του χρονικού ορίζοντα. Σε αυτή την προσπάθεια, καθορίζουμε δυναμικά την τιμή της παραμέτρου α και κατά συνέπεια του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής, προσπαθώντας να αποφύγουμε τη χειροκίνητη εισαγωγή των ασαφών κανόνων. Οι τεχνικές συσταδοποίησης θα προσφέρουν μια αποδοτική προσέγγιση σε σχέση με την ομαδοποίηση των δεδομένων τα οποία περιγράφουν αριθμητικά τη συμπεριφορά που πρέπει να έχει ένας πωλητής όταν αλληλεπιδρά με ένα σύνολο αγοραστών. Μην παραβλέπουμε το γεγονός πως ο χειρωνακτικός καθορισμός ενός συνόλου ασαφών κανόνων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία ιδιαίτερα όταν ένας εμπειρογνώμονας προσπαθεί να καλύψει όλες τις

δυνατές πτυχές του εξεταζομένου σεναρίου. Αυτό είναι σχετικά δύσκολο, μέσα σε δυναμικά περιβάλλοντα και κάτω από μηδενική γνώση των παραμέτρων συμπεριφοράς των οντοτήτων με τις οποίες πρόκειται ο πωλητής να αλληλεπιδράσει. Είναι προφανώς πιο εύκολο για ένα εμπειρογνώμονα να καθορίσει αριθμητικές τιμές που περιγράφουν μια συμπεριφορά και φυσικά απαιτεί σαφώς λιγότερο χρόνο.

Ας ξεκινήσουμε όμως τη συνοπτική περιγραφή των δύο αλγορίθμων. Στον αλγόριθμο Subtractive κάθε σημείο δεδομένων κανονικοποιείται ώστε να βρίσκεται στο διάστημα [0,1]. Αυτό γίνεται πριν την επεξεργασία των δεδομένων σε ένα στάδιο, κατά κάποιο τρόπο, προετοιμασίας. Για κάθε ένα σημείο δεδομένων, ορίζεται ένας δυνητικός βαθμός P_i με βάση την τοποθεσία του σημείου σε σύγκριση με τα υπόλοιπα εξεταζόμενα σημεία. Το P_i εξαρτάται, στην ουσία, από την Ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στο εξεταζόμενο σημείο και όλα τα υπόλοιπα. Επιπρόσθετα, το P_i του κάθε σημείου είναι πιθανό να χαρακτηρίζει το κέντρο μιας συστάδας όσο περισσότερα άλλα σημεία βρίσκονται κοντά σε αυτό. Το σημείο με τον μεγαλύτερο βαθμό P_i γίνεται το κέντρο της πρώτης συστάδας και όλοι οι υπόλοιποι βαθμοί επανακαθορίζονται χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν το πόσο επηρεάζονται από το πρώτο κέντρο. Από αυτά τα σημεία, αυτό με τον επόμενο μεγαλύτερο βαθμό γίνεται το επόμενο κέντρο συστάδας. Η απόσταση του νέου υποψηφίου κέντρου συστάδας με όλα τα προηγούμενα κέντρα συστάδων πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένη συνθήκη που καθορίζεται από τον αλγόριθμο. Η συνθήκη αυτή διασφαλίζει πως τα κέντρα των συστάδων θα έχουν ανάμεσά τους μια ελάχιστη απόσταση. Αν αυτή η συνθήκη αληθεύει, τότε το σημείο γίνεται το νέο κέντρο σε μια νέα συστάδα, ειδάλλως απορρίπτεται και ο βαθμός του P_i ορίζεται ίσος με 0. Ο βαθμός P_i κάθε σημείου, όπως περιγράφηκε πιο πάνω, δίνεται από την επόμενη εξίσωση:

$$P_j = \sum_{i=1}^{N} e^{-a\cdot||x_i - x_j||^2} \tag{4.7}$$

όπου

$$a = \frac{\gamma}{r_\alpha} \tag{4.8}$$

με το x να είναι το σημείο δεδομένων, N να συμβολίζει το πλήθος των σημείων, γ είναι μια μεταβλητή που καθορίζεται από τον αλγόριθμο και r_α είναι η ακτίνα της κάθε συστάδας. Όταν καθορίζεται ένα νέο κέντρο μιας συστάδας τότε ο επαναπροσδιορισμός των βαθμών P_i των σημείων δίνεται από την εξίσωση:

$$P_j = P_j - P_k \cdot \zeta \tag{4.9}$$

όπου

$$\zeta = e^{-b \cdot ||x_j - c_k||^2} \tag{4.10}$$

$$b = \frac{4}{r_b^2} \tag{4.11}$$

$$r_b = r_\alpha \cdot \eta \tag{4.12}$$

με P_k να είναι ο δυνητικός βαθμός ενός σημείου ως κέντρου μιας συστάδας, το c_k να συμβολίζει τα κέντρα των συστάδων, b είναι το βάρος του j-σημείου δεδομένων ως κέντρο συστάδας, το r_b να καθορίζει την πυκνότητα της γειτονιάς των σημείων και η να είναι η quash παράμετρος. Όλες οι τιμές για τις προαναφερόμενες παραμέτρους μπορούν να βρεθούν στο άρθρο παρουσίασης του αλγορίθμου [76] μια και η πλήρης περιγραφή του δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας μελέτης.

Στον αλγόριθμο Fuzzy C-Means, ένα σημείο μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μια συστάδες. Ο αλγόριθμος βασίζεται στην ελαχιστοποίηση της ακόλουθης ποσότητας:

$$J_k = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{C} u_{ij}^k \left\| x_i - c_j \right\|^2 \tag{4.13}$$

όπου το M συμβολίζει το πλήθος των σημείων, C είναι ο αριθμός των κεντροειδών (κέντρα των συστάδων), $1 \le k < \infty$, u_{ij} είναι ο βαθμός συμμετοχής του x_i στη συστάδα j, x_{ij} είναι το i^{th} σημείο και c_j είναι το κέντρο της κάθε συστάδας. Ο βαθμός συμμετοχής που αναφέρθηκε υπολογίζεται με βάση την επόμενη εξίσωση:

$$u_{ij} = \left(\sum_{m=1}^{C} \left(\frac{\left\| x_i - c_j \right\|}{\left\| x_i - c_m \right\|} \right)^{\frac{2}{k-1}} \right)^{-1} \tag{4.14}$$

και

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^{M} u_{ij}^k \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{M} u_{ij}^k} \tag{4.15}$$

Ο αριθμός των εισόδων και των εξόδων στο ασαφές σύστημά μας είναι τόσα όσα και το πλήθος των δεδομένων στα οποία βασίζεται η εξαγωγή των ασαφών κανόνων. Τα δεδομένα αυτά καθορίζονται από εμπειρογνώμονες με τέτοιο τρόπο ώστε να αντανακλούν τη στρατηγική ενός πωλητή όπως περιγράφηκε στην Ενότητα 4.2.

Με βάση τα παραπάνω, χρησιμοποιήσαμε τους δύο αλγορίθμους συσταδοποίησης για να εξάγουμε ένα σύνολο ασαφών κανόνων για ένα πωλητή. Χρησιμοποιήθηκαν ενενήντα (90) γραμμές δεδομένων, κάθε μια από τις οποίες περιείχε αριθμητικές τιμές για τις παραμέτρους q, ε και α. Κάθε μεταβλητή εισόδου και εξόδου έχει τόσες συναρτήσεις συμμετοχής όσες είναι και οι συστάδες που δημιουργούνται από τους αλγορίθμους. Επίσης, ο αριθμός των ασαφών κανόνων είναι ίσος με τον αριθμό των συστάδων. Για τα δεδομένα τα οποία δόθηκαν σαν είσοδο στους αλγορίθμους κάθε μεταβλητή εισόδου έχει τέσσερις συναρτήσεις συμμετοχής (Gaussian τύπου) όπως επίσης τέσσερις ασαφείς κανόνες αποτελούν τον μηχανισμό συμπερασμού του προτεινόμενου συστήματος. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η ακτίνα της κάθε συστάδας ορίστηκε ίση με 0.5. Αν χρησιμοποιήσουμε μια διαφορετική τιμή το πλήθος των συστάδων αλλάζει και ταυτόχρονα παίρνουμε διαφορετικό αριθμό συναρτήσεων συμμετοχής και ασαφών κανόνων. Για παράδειγμα, παίρνοντας μια τιμή για την ακτίνα της κάθε συστάδας ίση με 0.3 παίρνουμε σαν αποτέλεσμα 10 ασαφείς κανόνες.

Στον Πίνακα 5, μπορούμε να δούμε τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διαφορετικές τιμές των παραμέτρων q και ε. Για τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιήσαμε μια μέγιστη τιμή για την παράμετρο α ίση με 1000. Σε αυτόν το πίνακα παραθέτουμε αποτελέσματα τα οποία πήραμε από τα μοντέλα που προτείναμε πιο πάνω. Το μοντέλο που υπολογίζει μαθηματικά την τιμή του α και το μοντέλο που χρησιμοποιεί το ασαφές σύστημα με κανόνες που ορίζονται χειρωνακτικά από εμπειρογνώμονες. Επιπρόσθετα στο Σχήμα 8 και στο Σχήμα 9, βλέπουμε τη γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτόματης εξαγωγής των ασαφών κανόνων είναι το γεγονός πως αποτελεί ένα αποδοτικό και γρήγορο τρόπο για να καθορίσει κάποιος τους απαραίτητους κανόνες. Με αυτό τον τρόπο, γλιτώνουμε χρόνο και προσπάθεια για να καλύψουμε όλες τις δυνατές περιπτώσεις που μπορεί να συναντήσουμε στο πρόβλημα που περιγράφουμε.

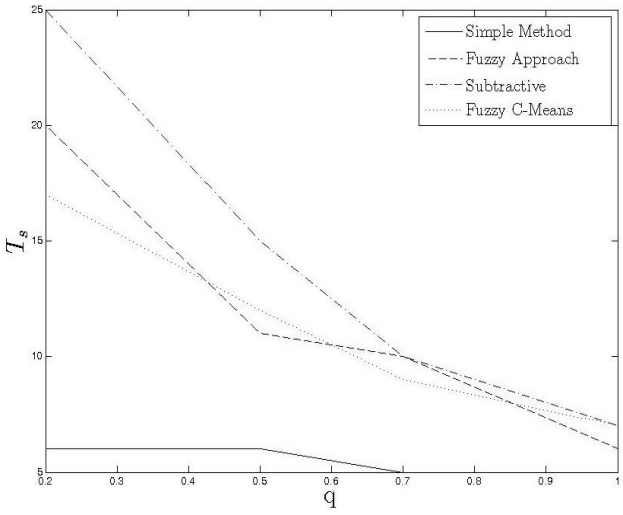
Πίνακας 5. Αποτελέσματα για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

ε	q	T_s (α = 50 [93])	Χρήση Ασαφούς Λογικής		Subtractive clustering		Fuzzy C-Means	
			Τιμή του α	T_s	Τιμή του α	T_s	Τιμή του α	T_s
1	0.2	**6**	588	**20**	999	**25**	430	**17**
1	0.5	**6**	275	**11**	573	**15**	325	**12**
1	0.7	**5**	275	**10**	287	**10**	256	**9**
1	1	**5**	89.4	**6**	168	**7**	152	**7**
10	0.2	**18**	588	**56**	511	**53**	396	**47**
10	0.5	**14**	275	**28**	239	**26**	292	**29**
10	0.7	**12**	275	**23**	214	**21**	222	**21**
10	1	**10**	89.4	**12**	116	**13**	118	**13**
50	0.2	**38**	588	**117**	109	**54**	246	**79**
50	0.5	**27**	275	**53**	160	**43**	141	**41**
50	0.7	**22**	89.4	**27**	97.1	**28**	72	**25**
50	1	**17**	15.8	**12**	1	**5**	1	**5**
100	0.2	**52**	275	**113**	117	**77**	58.2	**56**
100	0.5	**35**	275	**70**	71.7	**41**	1	**7**
100	0.7	**29**	89.4	**35**	37.8	**26**	1	**7**
100	1	**22**	15.8	**15**	1	**6**	1	**6**

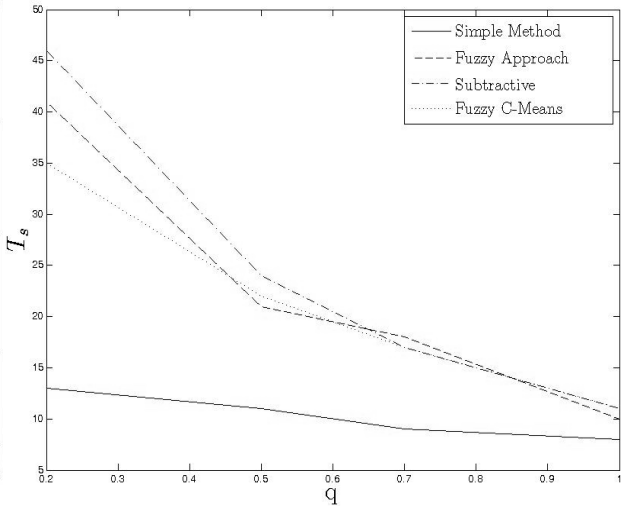
Γενικότερα, η χρήση της ασαφούς λογικής στον καθορισμό της τελικής τιμής του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής επιτυγχάνει πιο αποδοτικά αποτελέσματα συγκρινόμενη με το απλό μαθηματικό μοντέλο. Ο λόγος είναι πως είναι πάρα πολύ δύσκολο να καθορίσει κάποιος μια συγκριμένη αυστηρή τιμή για την παράμετρο α ώστε τελικά να δώσει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής που έχει προσαρμοστεί στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Ιδιαίτερα δε, μια τέτοια τιμή για το α είναι σχεδόν αδύνατον να είναι αποδοτική για κάθε προϊόν που έχει στην ιδιοκτησία του ο πωλητής. Η τιμή του α πρέπει να μεταβάλλεται σύμφωνα με τις μεταβολές που επέρχονται στις τιμές των q και ε. Έτσι, όπως βλέπουμε στα αποτελέσματα μας, ο μαθηματικός

υπολογισμός του α δίνει στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων μικρότερες τιμές συγκρινόμενη με τις τιμές που παίρνουμε από τα μοντέλα που χρησιμοποιούν την ασαφή λογική.

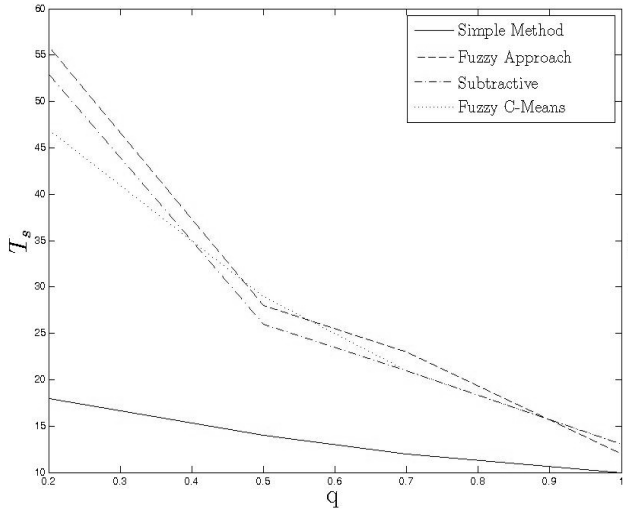
Επιπλέον, όταν το κέρδος στο οποίο στοχεύει ο πωλητής (παράμετρος ε) είναι μικρό (Σχήμα 8a, Σχήμα 8b), διακρίνουμε πως οι ασαφείς τεχνικές κινούνται στα ίδια επίπεδα με τον αλγόριθμο Subtractive να δίνει ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις (Σχήμα 8c, Σχήμα 8d, Σχήμα 8e και Σχήμα 8f) το μοντέλο της Ενότητας 4.2.2 εξάγει μεγαλύτερο χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Παρόλα αυτά, το μοντέλο αυτόματης εξαγωγής ασαφών κανόνων δίνει πιο ομοιόμορφα αποτελέσματα αφού οι τελικές τιμές της παραμέτρου α απλώνονται σε ολόκληρο το διάστημα [0,1000]. Στο Σχήμα 9a βλέπουμε πως οι τιμές του μοντέλου αυτόματης εξαγωγής κανόνων δίνει ενδιάμεσα αποτελέσματα συγκρινόμενο με τα άλλα δύο μοντέλα. Ο απλός μαθηματικός υπολογισμός οδηγεί σε πολύ μικρές τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής ενώ η βάση ασαφών κανόνων που καθορίστηκαν από εμπειρογνώμονες οδηγεί σε μεγάλες τιμές. Σε αυτές τις περιπτώσεις εξετάζουμε προϊόντα τα οποία δεν είναι καθόλου δημοφιλή. Στην αντίθετη περίπτωση (Σχήμα 9b), μια και τα εξεταζόμενα προϊόντα είναι πολύ δημοφιλή βλέπουμε πως οι τεχνικές συσταδοποίησης οδηγούν σε πολύ μικρή τιμή της παραμέτρου α προσαρμοζόμενες απολύτως στα χαρακτηριστικά των προϊόντων και στη στρατηγική του πωλητή.



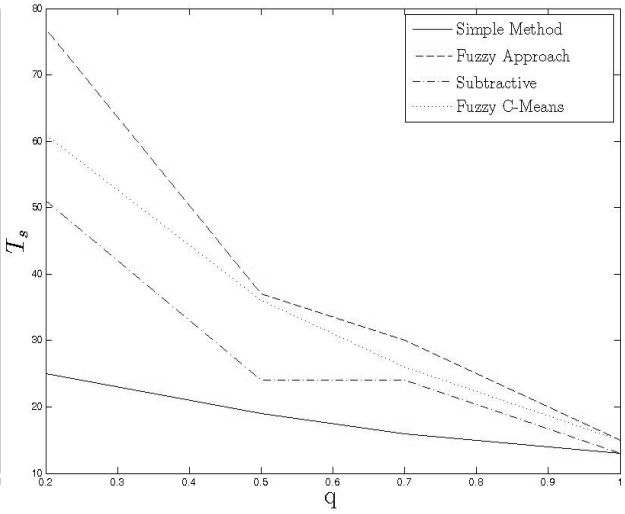
a) ε = 1



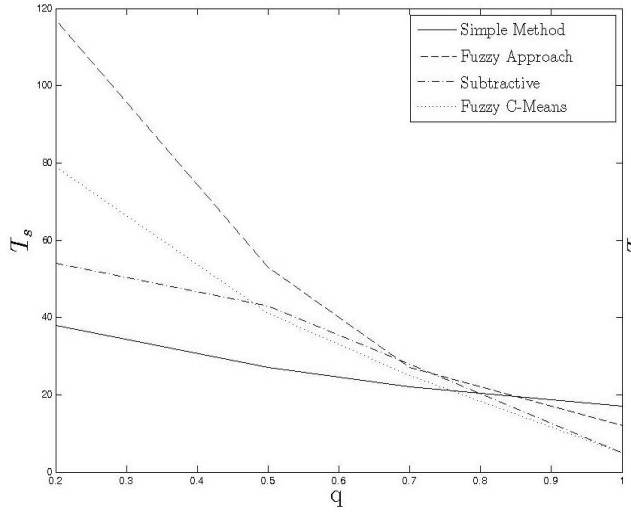
b) ε = 5



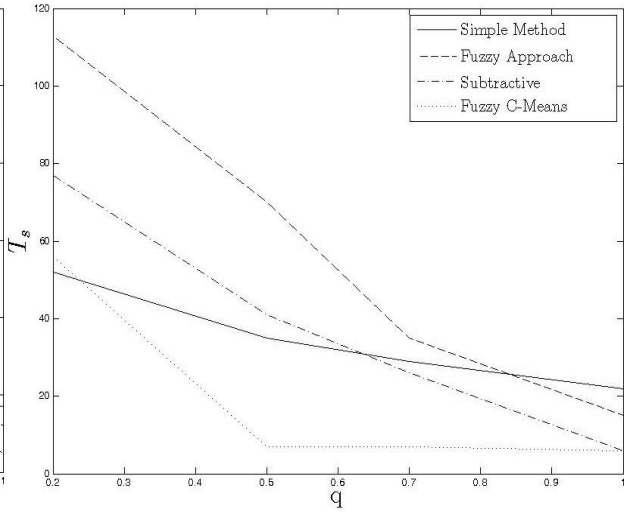
c) ε = 10



d) ε = 20

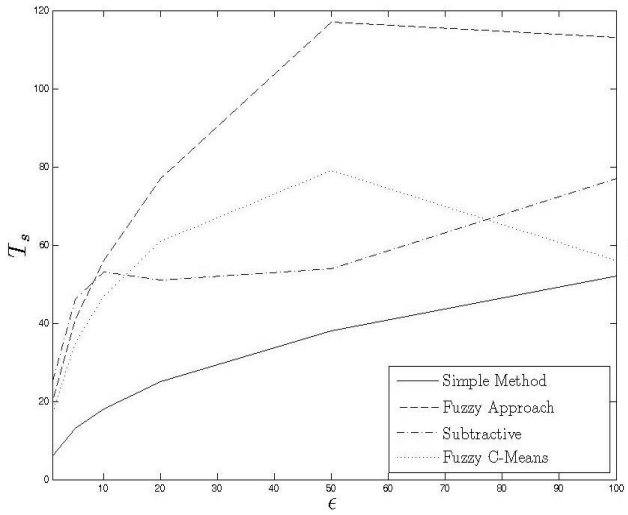


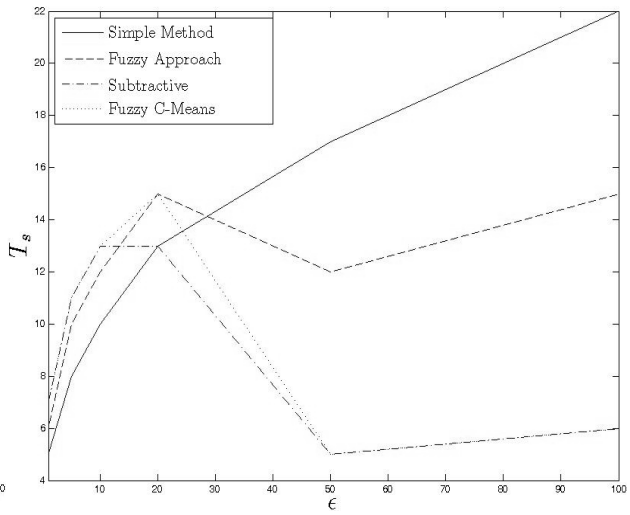
e) ε = 50



f) ε = 100

Σχήμα 8. Γραφική αναπαράσταση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου α.





a) q = 0.2 *b) q = 1*

Σχήμα 9. Γραφική αναπαράσταση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής για διαφορετικές τιμές της παραμέτρου q.

4.4. Εφαρμογή Υπολογιστικής Νοημοσύνης στη Συμπεριφορά των Πωλητών

Σε μια ΗΑ, το πιο σημαντικό πρόβλημα είναι πως οι πωλητές πρέπει να αλληλεπιδράσουν με ένα μεγάλο πλήθος αγοραστών και να καταφέρουν να πουλήσουν όσο το δυνατόν περισσότερα προϊόντα. Περισσότερες πωλήσεις σημαίνει περισσότερα κέρδη για τους πωλητές. Όμως, οι οντότητες, τόσο οι αγοραστές όσο και οι πωλητές, χαρακτηρίζονται από μια εγωιστική συμπεριφορά που τους οδηγεί σε μη συνεργατικές αλληλεπιδράσεις με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους τους [166]. Αυτή η κατάσταση οδηγεί σε αλληλοσυγκρουόμενα συμφέροντα. Ένα άλλο πρόβλημα για τους ερευνητές είναι το πώς θα μπορέσουν να δοκιμάσουν τα συστήματά τους σε πραγματικές συνθήκες [189]. Τα ποιο σημαντικά προβλήματα ανακύπτουν όταν:

- οι προγραμματιστές προσπαθούν να δώσουν λύσεις σε περιβάλλοντα τα οποία είναι πολύ δυναμικά και οι συνθήκες που επικρατούν σε αυτά αλλάζουν στιγμιαία.
- οι διάφορες οντότητες που δραστηριοποιούνται στις ΗΑ αντιμετωπίζουν άλλες ετερογενείς οντότητες με διαφορετικά χαρακτηριστικά αλλά και διαφορετικούς στόχους.
- οι οντότητες προσπαθούν να λειτουργήσουν σε παράλληλες ΗΑ.

Επιπρόσθετα, το κυρίαρχο ερευνητικό πρόβλημα στις ΗΑ είναι η διαδικασία και μοντελοποίηση της αλληλεπίδρασης των οντοτήτων [73]. Πολλά από τα προτεινόμενα, κατά καιρούς, μοντέλα είναι απλοϊκά χωρίς να καλύπτουν σύνθετες πτυχές του προβλήματος.

Στις ΗΑ, οι οντότητες δεν έχουν απολύτως καμία γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων. Ο μηχανισμός ο οποίος θα εξάγει τις αποφάσεις που παίρνουν κάτω από διάφορες συνθήκες θα πρέπει να είναι αποδοτικός αλλά και έξυπνος έτσι ώστε να καλύπτει τόσο απλοϊκές όσο και σύνθετες καταστάσεις. Κάποια μοντέλα που βασίζονται σε μεθόδους μηχανικής μάθησης (Machine Learning) έχουν προταθεί κατά καιρούς έτσι ώστε να προβλέπουν τα χαρακτηριστικά των υπολοίπων οντοτήτων με τις οποίες λαμβάνει χώρα μια αλληλεπίδραση [206]. Επιπλέον, μπορούμε να μνημονεύσουμε

Bayesian μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται ώστε να προσφέρουν υπηρεσίες μάθησης της συμπεριφοράς των οντοτήτων και με βάση αυτό τον τρόπο να προσφέρουν τη βέλτιστη απόκριση σε κάθε βήμα της αλληλεπίδρασης. Όμως, και οι δύο κατηγορίες μοντέλων δεν είναι οι πλέον αποδοτικές για να εφαρμοστούν σε μια ΗΑ. Ο λόγος είναι πως, κυρίως τα μοντέλα μηχανικής μάθησης, απαιτούν αυξημένη υπολογιστική ισχύ αλλά και ένα στάδιο εκπαίδευσης ώστε να εξάγουν τα βέλτιστα αποτελέσματα ενώ τα Bayesian μοντέλα απαιτούν τον καθορισμό της αρχικής τιμής της πιθανότητας.

Για να αποφύγουμε τα μειονεκτήματα αυτά αλλά και προσφέρουμε ένα αποδοτικό μηχανισμό λήψης αποφάσεων στην πλευρά των πωλητών, προτείνουμε ένα μοντέλο το οποίο βασίζεται στη χρήση της ασαφούς λογικής στις αλληλεπιδράσεις με τους αγοραστές. Ο μηχανισμός αυτός προσφέρει ένα σύνολο πλεονεκτημάτων ιδιαίτερα δε, όταν χρησιμοποιείται σε δυναμικά περιβάλλοντα. Καθορίζουμε ένα σχήμα το οποίο εξάγει σε κάθε βήμα της αλληλεπίδρασης το ποια θα πρέπει να είναι η κατάλληλη απόφαση ενός πωλητή σε σχέση με την τιμή ενός προϊόντος. Η ασαφής λογική [195] είναι ένα μαθηματικό πλαίσιο που λαμβάνει υπόψιν του την ατελή γνώση που μπορεί να είναι παρούσα σε ένα μοντέλο λήψης αποφάσεων. Είναι μια άλγεβρα που βασίζεται στα ασαφή σύνολα και μπορεί να χειριστεί αμφίσημη πληροφορία. Η σημαντικότερη απόφαση που πρέπει να λάβει ένας πωλητής κατά τη διάρκεια μιας αλληλεπίδρασης είναι το πότε και το αν πρέπει να δεχθεί την προσφορά που του κάνει ένας αγοραστής για ένα συγκεκριμένο προϊόν. Στο προτεινόμενο μοντέλο προσπαθούμε να υιοθετήσουμε τα πλεονεκτήματα της χρήσης της ασαφούς λογικής όταν κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης δεν υπάρχει απολύτως καθόλου γνώση σε σχέση μα τα χαρακτηριστικά των άλλων. Για παράδειγμα, ο πωλητής δεν γνωρίζει ούτε τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή, ούτε τη στρατηγική του, ούτε τη συνάρτηση οφέλους του. Σε κάθε βήμα της αλληλεπίδρασης, λόγω της άγνοιας που έχει προσπαθεί βασιζόμενος στο προτεινόμενο μοντέλο να αποφασίσει την πορεία των ενεργειών του. Δεν γνωρίζει αν η επόμενη προτεινόμενη τιμή θα είναι καλύτερη από την τρέχουσα ή ακόμα χειρότερα, δεν γνωρίζει αν η τρέχουσα είναι και η τελευταία κάθε φορά. Με βάση τα παραπάνω, τα κρίσιμα ερωτήματα για τον πωλητή είναι κάθε φορά τα ακόλουθα:

- ο αγοραστής πρόκειται να εγκαταλείψει την αλληλεπίδραση σε αυτό τον γύρο ή όχι;
- Ο αγοραστής πρόκειται να προτείνει καλύτερη τιμή στον επόμενο γύρο ή όχι;

Σχετικά με αυτά τα ερωτήματα, εάν η απάντηση είναι θετική στο πρώτο ερώτημα, ο πωλητής πιθανόν να προτιμά να δεχτεί την τρέχουσα προσφορά παρά να ρισκάρει, να την απορρίψει και να συνεχίσει σε επόμενο γύρο. Διαφορετικά, ο πωλητής προτιμά να απορρίψει την τρέχουσα προσφορά και να προτείνει τη δική του τιμή, με βάση τη δική του στρατηγική προχωρώντας σε επόμενο γύρο της αλληλεπίδρασης σκεπτόμενος ότι μπορεί ο αγοραστής να την αποδεχθεί.

Πιστεύουμε πως η ασαφής λογική είναι κατάλληλη ώστε να χρησιμοποιηθεί σε ένα τέτοιο σενάριο και να χειριστεί αποδοτικά αυτή την έλλειψη και την αβεβαιότητα γνώσης στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η αβεβαιότητα στη διαδικασία λήψης απόφασης σημαίνει ακριβώς αυτή την ασάφεια που υπάρχει σε σχέση με τις προθέσεις της άλλης οντότητας. Στη βιβλιογραφία υπάρχει μια διάκριση μεταξύ της αβεβαιότητας και της ασάφειας. Και οι δύο έννοιες χαρακτηρίζουν καταστάσεις όπου κάποιος πιθανόν να αντιμετωπίσει έλλειψη στην ποσότητα και το μέγεθος της γνώσης που διαθέτει κάποιος άλλος. Όμως, το φαινόμενο της αβεβαιότητας οφείλεται στο γεγονός της έλλειψης γνώσης σε σχέση με ένα επερχόμενο συμβάν [132]. Το φαινόμενο της αβεβαιότητας μελετάται κυρίως από τη θεωρία πιθανοτήτων η οποία έχει να κάνει με την πρόβλεψη γεγονότων από μια κατάσταση όπου υπάρχει μερική γνώση. Από την άλλη πλευρά, η ασάφεια έχει να κάνει κυρίως με τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Τέτοιες καταστάσεις έχουμε όταν ατελής γνώση είναι παρούσα και πρέπει να ληφθούν αποφάσεις. Η ασαφής λογική είναι κατάλληλη για να χειριστεί περιπτώσεις ασάφειας [132], [199] ή αβέβαια μη γραμμικά συστήματα στη βάση συγκεκριμένων μετρήσεων [88]. Στο μοντέλο μας δεν χειριζόμαστε ασάφεια σε σχέση με το αν ένα γεγονός πρόκειται να συμβεί αλλά ασάφεια στη διαδικασία λήψης αποφάσεων σε κάθε γύρο μιας αλληλεπίδρασης. Ένα σύστημα που βασίζεται στην ασαφή λογική δεν απαιτεί αυξημένη υπολογιστική ισχύ αλλά ούτε και ένα στάδιο εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, υιοθετούμε την ασαφή λογική για:

- την αναπαράσταση της γνώσης ενός υποτιθέμενου έμπειρου πωλητή.
- την εξαγωγή της απόφασης που ο πωλητής παίρνει σε κάθε γύρο μιας αλληλεπίδρασης.

Όπως θα δούμε, το προτεινόμενο μοντέλο βελτιώνει την αποδοτικότητα στις αλληλεπιδράσεις σε σχέση με:

- την αύξηση του ποσοστού των συμφωνιών ανάμεσα στους αγοραστές και τους πωλητές.

- την αύξηση του κοινού οφέλους (Joint Utility - JU) [138], [200] των συμμετεχόντων.
- την αύξηση του οφέλους του πωλητή.
- τη μείωση των απαιτούμενων βημάτων για το κλείσιμο μιας συμφωνίας.

Η κύρια ερευνητική συνεισφορά μας είναι η ακόλουθη:

- ο σχεδιασμός και καθορισμός ενός ασαφούς συστήματος το οποίο στόχο έχει την αναπαράσταση και ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων για ένα πωλητή που δεν έχει απολύτως καμία γνώση σχετικά με χαρακτηριστικά των αγοραστών.
- η εφαρμογή του συστήματος αυτού στη διαδικασία λήψης αποφάσεων ενός πωλητή. Το προτεινόμενο σύστημα συνδυάζεται με το ασαφές σύστημα που καθορίζει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή σε μια αλληλεπίδραση. Το αναφερόμενο ασαφές σύστημα περιγράφηκε στην ενότητα 4.2.2.
- η πειραματική αποτίμηση της αποδοτικότητας του προτεινόμενου μοντέλου όσον αφορά:
    - στο συνολικό αριθμό συμφωνιών για ένα μεγάλο πλήθος αλληλεπιδράσεων.
    - τον απαιτούμενο χρόνο για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος μιας αλληλεπίδρασης.
    - το όφελος που αποκομίζει ο πωλητής.
    - το κοινό όφελος των δύο πλευρών

Ουσιαστικά, υιοθετούμε τα αποτελέσματα των ερευνητικών προσπαθειών που παρουσιάζονται στο [93] και στο [94]. Στις επόμενες ενότητες περιγράφουμε πλήρως το προτεινόμενο σύστημα και καθορίζουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής για τον μηχανισμό λήψης αποφάσεων. Τέλος, εξηγούμε τη σημασία της κάθε παραμέτρου που χρησιμοποιούμε στο σύστημά μας και δίνουμε τα πειραματικά αποτελέσματα για ένα μεγάλο αριθμό σεναρίων.

4.4.1. Σενάριο Αλληλεπίδρασης

Το πιο ενδιαφέρον σημείο στην έρευνα που γίνεται στις ΗΑ είναι η μελέτη και μοντελοποίηση της απ’ ευθείας αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές.

Σε αυτή την ενότητα υποθέτουμε πως οι αγοραστές έχουν αλληλεπίδραση μόνο με πωλητές και όχι με κάποιες ενδιάμεσες οντότητες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να αναλάβουν την πώληση προϊόντων (π.χ. μεσίτες - brokers). Στις αλληλεπιδράσεις, οι οντότητες έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάξουν ένα σύνολο προσφορών (είτε τιμές για το προϊόν είτε για ένα σύνολο παραμέτρων) εναλλακτικά σε κάθε γύρο. Η αλληλεπίδραση διαρκεί ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα και δεν υπάρχει απολύτως καμία γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Κάθε αγοραστής έχει τη δυνατότητα να εμπλακεί σε ένα σύνολο αλληλεπιδράσεων με ένα αριθμό πωλητών και κάθε πωλητής μπορεί να εμπλακεί σε ένα σύνολο αλληλεπιδράσεων με ένα αριθμό αγοραστών.

Υποθέτουμε ένα διακριτό ρολόι $\mathbb{T}$ και χρόνο $t \in \mathbb{T}$. Σε κάθε χρονικό σημείο (γύρο) t της αλληλεπίδρασης, οι οντότητες προτείνουν μια συγκεκριμένη τιμή με την οποία προσπαθούν να ‘πείσουν’ τον ‘αντίπαλο’ να την αποδεχθεί. Οι πιθανές ενέργειες που είναι διαθέσιμες στις οντότητες είναι:

$$f(t) = \{accept, reject, quit\}.$$

Εφόσον η προσφορά γίνει αποδεκτή (accept) από κάποιον από τους δύο σε χρόνο t και για τιμή p, η αλληλεπίδραση λήγει με συμφωνία (agreement) και όφελος και για τους δύο. Ο πωλητής ξεκινά πρώτος και προτείνει τιμές σε κάθε περιττό γύρο (2i+1, i=1, 2, 3, …) ενώ ακολουθεί ο αγοραστής εφόσον η προσφορά δεν γίνει αποδεκτή. Ο αγοραστής προτείνει σε κάθε ζυγό γύρο (2i, i=1, 2, 3, …) της αλληλεπίδρασης και εφόσον έχει απορρίψει την προσφορά του πωλητή. Γενικότερα, η απόρριψη (reject) μιας προσφοράς σημαίνει την πρόταση μιας νέας τιμής στον ‘αντίπαλο’ εκτός από την περίπτωση κατά την οποία λήγει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής μιας οντότητας. Και οι δύο οντότητες έχουν τον δικό τους ορίζοντα συμμετοχής στην αλληλεπίδραση ο οποίος καθορίζεται κατά την έναρξη της. Αν συμβολίσουμε με T_s τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή και με T_b τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή τότε ο χρονικός ορίζοντας της αλληλεπίδρασης είναι ίσος με $T = \min(T_b, T_s)$. Αν λοιπόν κάποιος από τους χρονικούς ορίζοντες εκπνεύσει ($t > T$) και καμία από τις δύο οντότητες δεν έχει αποδεχθεί κάποια προσφορά τότε καθορίζουμε πως η αλληλεπίδραση έχει φτάσει σε ‘σύγκρουση’ (conflict). Στην περίπτωση αυτή κάποια από τις δύο οντότητες εγκαταλείπει την αλληλεπίδραση (quit). Προφανώς, σε αυτή την περίπτωση η αλληλεπίδραση λήγει χωρίς όφελος για τις δύο οντότητες.

Σε αυτού του είδους τις αλληλεπιδράσεις, τα συμφέροντα των οντοτήτων είναι αλληλοσυγκρουόμενα. Ο πωλητής επιθυμεί να πουλήσει το προϊόν σε όσο το δυνατόν

μεγαλύτερη τιμή ενώ ο αγοραστής επιθυμεί την αγορά του προϊόντος σε όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή. Ο πωλητής έχει κάποιο κόστος c (cost) για το προϊόν (κατασκευής, αγοράς ή οτιδήποτε άλλο) και δεν επιθυμεί να δώσει το προϊόν σε τιμή μικρότερη από αυτό το κόστος. Επίσης, ο πωλητής επιθυμεί να αποκομίσει κάποιο κέρδος ε (profit) σε κάθε πώληση. Ο πωλητής κοιτάζοντας το συμφέρον του, δεν αποκαλύπτει ούτε το κόστος c ούτε το κέρδος ε που θέλει να αποκομίσει. Όμως δεν πρέπει να παραβλέπουμε το γεγονός πως σε περίπτωση απόρριψης των προσφορών του πωλητή από τον αγοραστή, ο πωλητής πρέπει να ακολουθήσει κάποια στρατηγική με την οποία να 'προκαλεί' τον αγοραστή να αποδεχθεί τις προσφορές. Έτσι λοιπόν, σε κάθε γύρο και σε περίπτωση απόρριψης, ο πωλητής μειώνει τις προσφορές του μέχρι ένα κάτω όριο που είναι το κόστος c. Η στρατηγική του πωλητή είναι αυτή που καθορίζει το ποσό μείωσης. Από την άλλη πλευρά, όπως ειπώθηκε, ο αγοραστής ουσιαστικά ακολουθεί μια αντίθετη πορεία. Έχει μια συγκεκριμένη αποτίμηση V (Valuation) για το προϊόν και δεν επιθυμεί να το αγοράσει σε τιμή μεγαλύτερη από V. Κοιτάζοντας όμως το συμφέρον του δεν αποκαλύπτει την αποτίμηση V και ξεκινά να προτείνει πολύ χαμηλές τιμές. Όμως θέλοντας να 'προκαλέσει' τον πωλητή να αποδεχθεί τις προσφορές του, σε κάθε γύρο αυξάνει τις προσφορές του μέχρι το άνω όριο που είναι ίσο με V.

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται εμφανές πως τρεις είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την έκβαση της αλληλεπίδρασης:

- Το κόστος c του προϊόντος.
- Η αποτίμηση V για το προϊόν.
- Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής $T = \min(T_b, T_s)$ της αλληλεπίδρασης.

Βασιζόμενοι σε αυτά τα χαρακτηριστικά ορίζουμε τη ζώνη συμφωνίας (agreement zone) αντιστοιχεί στο διάστημα AZ = [c, V]. Η ζώνη συμφωνίας καθορίζει το διάστημα τιμών μέσα στο οποίο υπάρχει πιθανότητα συμφωνίας ανάμεσα στις οντότητες. Οποιαδήποτε συμφωνία γίνει θα ανήκει στο παραπάνω διάστημα. Η πιο 'δίκαιη' συμφωνία είναι όταν η συμφωνηθείσα τιμή ισούται με $\frac{V+c}{2}$. Οποιαδήποτε άλλη τιμή θα ευνοεί τη μια ή την άλλη οντότητα. Εάν AZ = Ø τότε γίνεται προφανές πως δεν υπάρχει περίπτωση συμφωνίας και συνεπώς το προϊόν δεν μπορεί να πωληθεί με όφελος και για τον πωλητή και για τον αγοραστή. Στις περιπτώσεις πλήρους άγνοιας για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων, αυτές εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις χωρίς να γνωρίζουν πως δεν

υπάρχει περίπτωση επίτευξης συμφωνίας. Είναι εμφανές, πως σε αυτό το σενάριο καταναλώνουν πόρους και χρόνο άσκοπα. Το πιο ενδιαφέρον σενάριο είναι όταν η ζώνη συμφωνίας είναι αρκετά μικρή. Σε αυτή την περίπτωση σημαντικό ρόλο παίζουν οι στρατηγικές των οντοτήτων αφού αυτές θα καθορίσουν το πότε θα φτάσουν να προτείνουν οι οντότητες τη μικρότερη / μεγαλύτερη τιμή μέσα στη ζώνη συμφωνίας ώστε τελικά να έχει αίσιο τέλος η αλληλεπίδραση. Προφανώς, οι πιθανότητες αποτυχίας είναι αρκετά μεγάλες σε αυτή την περίπτωση.

4.4.2. Συμπεριφορά Οντοτήτων

Σε αυτή την ενότητα περιγράφουμε τη συμπεριφορά που επιδεικνύουν οι οντότητες σε μια διαδικασία αλληλεπίδρασης με απώτερο στόχο το κλείσιμο μιας συμφωνίας για την αγοραπωλησία ενός προϊόντος. Επικεντρώνουμε κυρίως στη συμπεριφορά του πωλητή και δίνουμε μόνο τις βασικές παραμέτρους και τη στρατηγική συμπεριφοράς ενός αγοραστή. Ο λόγος είναι πως στο Κεφάλαιο 6, περιγράφουμε αναλυτικά τη συμπεριφορά των αγοραστών και προτείνουμε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο για τη διαχείριση της.

4.4.2.1. Αγοραστές

Τα χαρακτηριστικά ενός αγοραστή δίνονται στον Πίνακα 6. Πρέπει να σημειωθεί ξανά πως κανένα από τα χαρακτηριστικά αυτά δεν είναι γνωστά στον πωλητή όπως επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης κάποιου μηχανισμού μάθησής τους. Οι αγοραστές εμπλέκονται σε μια αλληλεπίδραση για χρονικό διάστημα $T_b \in \mathbb{T}$ γύρους και αποκομίζουν όφελος με βάση την τιμή των προϊόντων και με βάση την ακόλουθη απλοϊκή συνάρτηση $U_b : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$:

$$U_b = V - p \tag{4.16}$$

όπου $V \in \mathbb{R}^+$ είναι η αποτίμηση που έχει ο αγοραστής για το προϊόν και $p \in \mathbb{R}^+$ είναι η τιμή του προϊόντος. Προφανώς και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια πιο σύνθετη συνάρτηση οφέλους (utility function) όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 6. Σε κάθε γύρο i της αλληλεπίδρασης ο αγοραστής αποκομίζει λοιπόν τελικό όφελος ίσο με $\delta_b^{i-1} \cdot U_b^i$ όπου U_b^i είναι το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής στον γύρο i και δ_b είναι ένας

συντελεστής απομείωσης. Όταν $\delta_b \rightarrow 0$ σημαίνει πως ασκείται πίεση στον αγοραστή να κλείσει την αλληλεπίδραση όσο το δυνατόν πιο γρήγορα αφού χάνει όφελος καθώς η αλληλεπίδραση προχωράει σε επόμενους γύρους. Πρέπει να σημειωθεί πως $U_b \geq 0$ αφού ο αγοραστής δεν μπορεί να δεχθεί τιμή $p > V$. Η περιγραφόμενη συνάρτηση οφέλους είναι μια γραμμική συνάρτηση η οποία υποδηλώνει πως ο αγοραστής είναι ένας ουδέτερος 'παίκτης' όσον αφορά στην τιμή του προϊόντος. Προτιμά να πληρώσει μια μεγαλύτερη σχετικά τιμή (αλλά φυσικά μικρότερη από την αποτίμηση V) από το να τελειώσει η αλληλεπίδραση με μια 'σύγκρουση'.

Ο αγοραστής σε κάθε ζυγό γύρο πρέπει να προτείνει μια τιμή εφόσον απορρίψει την προσφορά του πωλητή. Οι προσφορές του αγοραστή βασίζονται σε μια τιμολογιακή στρατηγική $p_{b \rightarrow s}$ που καθορίζεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$p_{b \rightarrow s}(i) = p_0 + \left(V - p_0\right) \cdot \left(i \cdot T_b^{-1}\right)^k \tag{4.17}$$

όπου p_0 είναι η πρώτη τιμή που προτείνει ο αγοραστής και είναι μια πολύ μικρή τιμή ενώ i είναι ο γύρος στον οποίο γίνεται η προσφορά. Επίσης, η παράμετρος k καθορίζει την τιμολογιακή στρατηγική. Ο αγοραστής μπορεί να είναι:

- ***Υπομονετικός:*** περιμένει για ένα μεγάλο αριθμό γύρων πριν αρχίσει να προτείνει μεγάλες τιμές στον πωλητή. Η στρατηγική αυτή ακολουθείται όταν $k > 1$. Ο υπομονετικός αγοραστής στοχεύει κυρίως στην επίτευξη του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους. Προτείνει σχετικά μικρές τιμές κοντά στην αρχική, μέχρι την εκπνοή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Η γραφική παράσταση της στρατηγικής είναι κυρτή.
- ***Επιθετικός:*** προτείνει μεγάλες τιμές από τους πρώτους γύρους της αλληλεπίδρασης έτσι ώστε να αγοράσει το προϊόν όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και να εξοικονομήσει χρόνο. Η στρατηγική αυτή ακολουθείται όταν $k < 1$. Ο επιθετικός αγοραστής στοχεύει κυρίως στην εξοικονόμηση χρόνου (πιθανόν να χρειάζεται να προβεί σε περαιτέρω αλληλεπιδράσεις και κατά συνέπεια αγορές). Η γραφική παράσταση της στρατηγικής είναι κοίλη. Ο αγοραστής προτείνει σχετικά μεγάλες τιμές από την έναρξη της αλληλεπίδρασης ώστε να προκαλέσει τον πωλητή να αποδεχθεί την προσφορά του.

- ***Ουδέτερος:*** ακολουθεί μια γραμμική αύξηση των προτεινόμενων τιμών. Η στρατηγική αυτή ακολουθείται όταν k = 1. Η κλίση της γραφικής παράστασης είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης.

Πίνακας 6. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αγοραστή.

Χαρακτηριστικό	**Αναπαράσταση**
Αποτίμηση (Valuation)	$V \in \mathbb{R}^+$
Συντελεστής απομείωσης (Discount Factor)	$\delta_b \in [0,1]$
Συνάρτηση Οφέλους (Utility Function)	$U_b : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$
Χρονικός ορίζοντας συμμετοχής (Deadline)	$T_b \in \mathbb{R}^+$
Συνάρτηση τιμολογιακής στρατηγικής (Pricing Function)	$p_{b \rightarrow s} \in \mathbb{R}^+$

4.4.2.2. Πωλητές

Οι πωλητές έχουν στη διάθεσή τους ένα σύνολο προϊόντων για τα οποία αλληλεπιδρούν με ένα αριθμό αγοραστών. Ο απώτερος στόχος είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους αλλά και το κλείσιμο όσο το δυνατόν περισσότερων συμφωνιών. Τα χαρακτηριστικά του πωλητή δεν είναι γνωστά στον αγοραστή και είναι αυτά που παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Το όφελος που αποκομίζει ένας αγοραστής εξάγεται από μια συνάρτηση οφέλους (utility function) $U_s : \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ που μπορεί να έχει τη μορφή:

$$U_S = p - c \tag{4.18}$$

ή τη μορφή:

$$U_S = \begin{cases} \sqrt{p - c} & \text{αν } p > c \\ 0 & \text{αν } p = c \end{cases} \tag{4.19}$$

όπου $p \in \mathbb{R}^+$ είναι η τιμή του προϊόντος και $c \in \mathbb{R}^+$ είναι το κόστος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει. Η πρώτη συνάρτηση οφέλους είναι μια γραμμική συνάρτηση και δεν περιλαμβάνει καμία ένδειξη 'άγχους' στην πλευρά του πωλητή σε σχέση με την τιμή του προϊόντος. Η μορφή της δεύτερης συνάρτησης οφέλους υποδηλώνει ότι ο πωλητής είναι 'ευαίσθητος' στο ρίσκο της αποτυχίας [69]. Γενικότερα, μια συνάρτηση οφέλους δείχνει ευαισθησία στο ρίσκο αποτυχίας όταν είναι κοίλη. Για να είναι κοίλη θα πρέπει η δεύτερη παράγωγός της να είναι αρνητική. Για τη συνάρτηση (4.19) έχουμε:

$$\frac{d^2U_S}{dp^2} = \frac{d^2(p-c)^{\frac{1}{2}}}{dp^2} = -\frac{1}{4\cdot(p-c)^{\frac{3}{2}}} \tag{4.20}$$

που είναι μια ποσότητα πάντα αρνητική. Επίσης, και οι δύο συναρτήσεις οφέλους βασίζονται στην τιμή του προϊόντος. Μια αύξηση στην τιμή προκαλεί μια αύξηση στο τελικό όφελος του πωλητή. Στη χειρότερη περίπτωση, το όφελος θα είναι ίσο με 0 (αν p = c). Σε κάθε γύρο i της αλληλεπίδρασης το τελικό όφελος του πωλητή είναι ίσο με $\delta_S^{i-1} \cdot U_S^i$ όπου U_S^i δίνεται από την εξίσωση 4.18 ή την εξίσωση 4.19 και δ_s είναι ένας συντελεστής απομείωσης.

Πίνακας 7. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός πωλητή.

Χαρακτηριστικό	**Αναπαράσταση**
Κόστος (cost)	$c \in \mathbb{R}^+$
Συντελεστής απομείωσης (Discount Factor)	$\delta_s \in [0,1]$
Συνάρτηση Οφέλους (Utility Function)	U_s: $\mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$
Χρονικός ορίζοντας συμμετοχής (Deadline)	$T_s \in \mathbb{R}^+$
Συνάρτηση τιμολογιακής στρατηγικής (Pricing Function)	$p_{s\rightarrow b} \in \mathbb{R}^+$

Πριν την έναρξη της αλληλεπίδρασης, ο πωλητής καθορίζει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του T_s. Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής είτε καθορίζεται ρητά από τον

πωλητή είτε εξάγεται από τη συνάρτηση (4.5) με βάση τα χαρακτηριστικά των προϊόντων όπως έχει ήδη αναλυθεί [97]. Ο καθορισμός του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής γίνεται πριν την έναρξη της αλληλεπίδρασης και ο απαιτούμενος χρόνος για αυτό θεωρείται και είναι αμελητέος.

Έπειτα από τον καθορισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής, ο πωλητής εμπλέκεται στην αλληλεπίδραση ανταλλάσσοντας τιμές με τον πιθανό αγοραστή. Ο πωλητής ακολουθεί μια τιμολογιακή στρατηγική $p_{s\to b}$ βάσει της οποίας εξάγει τις προσφορές σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης. Στη βιβλιογραφία μπορεί κανείς να βρει ενδιαφέρουσες ερευνητικές προσπάθειες σχετικά με τον καθορισμό τιμολογιακών πολιτικών. Για παράδειγμα, στο [30], οι συγγραφείς θεωρούν πως οι πωλητές έχουν ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα και χρησιμοποιούν κινητούς πράκτορες που επισκέπτονται κάθε πιθανό αγοραστή ώστε να εκτιμήσουν τη βραχυπρόθεσμη ζήτηση για κάθε προϊόν. Σε κάθε αγοραστή, ο κινητός πράκτορας χρησιμοποιεί μια ευριστική τεχνική για τον δυναμικό υπολογισμό της τιμής έτσι ώστε ο πωλητής να μπορέσει να αποκομίσει το μέγιστο δυνατό όφελος. Μια μέθοδος δυναμικού καθορισμού τιμής παρουσιάζεται επίσης στο [193]. Η συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια μελετά μικροοικονομικές επιπτώσεις σε μια ΗΑ εισάγοντας ένα δυναμικό τρόπο υπολογισμού της τιμής των προϊόντων βασιζόμενο σε ένα δυναμικό αλγόριθμο. Το προτεινόμενο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των διαφορετικών στρατηγικών ισορροπίας αλλά και το επίπεδο σημασίας των τιμών στους αγοραστές.

Στη γενική περίπτωση η τιμολογιακή στρατηγική μπορεί να βασιστεί σε μια συνάρτηση όπως η (4.1) που παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.2 ή όπως έχει περιγραφεί στο [93] και επίσης έχει ήδη περιγραφεί στην ενότητα 4.2 και δίνεται από τη συνάρτηση 4.3. Η τιμολογιακή στρατηγική σε χρόνο $t \le T$ αναπαριστάται από μια συνάρτηση $p_{s\to b} : \mathbb{T} \to \mathbb{R}^+$. Ο πωλητής ξεκινά και προτείνει μια μεγάλη τιμή ίση με $c + \varepsilon$ και καθώς $t \to \mathbb{T}$ μειώνει τις προσφορές του εφόσον αυτές απορρίπτονται από τον αγοραστή. Η μείωση γίνεται σύμφωνα με τη στρατηγική του και καθορίζεται από την παράμετρο k.

Σε κάθε γύρο, ο πωλητής χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό λήψης απόφασης που εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε σχέση με τη συνέχιση ή όχι της αλληλεπίδρασης και με βάση τα δεδομένα της αλληλεπίδρασης μέχρι εκείνη τη στιγμή. Το γενικότερο σκεπτικό του αγοραστή είναι το ακόλουθο:

- Αν ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής, η προσφορά του αγοραστή και η εκτίμηση για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή, έχουν τέτοιες τιμές

που υποδηλώνουν πως η αλληλεπίδραση θα συνεχιστεί τότε ο πωλητής απορρίπτει την προσφορά του αγοραστή και προχωρά σε νέα πρόταση.

- Ειδάλλως, ο πωλητής φοβάται μια ξαφνική λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή και δέχεται την προσφορά του εφόσον βέβαια αυτή είναι μεγαλύτερη από το κόστος c.

Εν συντομία, η ενέργεια $A_s(t, p_{s\to b})$ που ο πωλητής μπορεί να πάρει σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης αφού έχει λάβει την προσφορά $p_{b\to s}$ είναι:

$$A_s(t, p_{b\to s}) = \begin{cases} \text{quit} & \text{if } t > T_s \\ \text{accept} & \text{if } t \le T_s \text{ and } p_{b\to s} \ge c \text{ and } U_s\left(p_{b\to s}\right) \ge U_s\left(p_{s\to b}\right) \\ \text{reject and counter propose } p_{s\to b} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.21)$$

Στην εξίσωση 4.21 βλέπουμε πως η μόνη περίπτωση να δεχθεί ο πωλητής κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης την προσφορά του αγοραστή είναι όταν το όφελος που αποκομίζει είναι καλύτερο από το όφελος που πρόκειται να αποκομίσει με τη δική του προσφορά στο επόμενο γύρο. Αυτό βέβαια σημαίνει πως χρησιμοποιώντας τις συναρτήσεις οφέλους που παρουσιάσαμε πιο πάνω θα πρέπει να ισχύει $p_{b\to s} \ge p_{s\to b}$.

4.4.3. Μηχανισμός Λήψης Αποφάσεων βασισμένος στην Ασαφή Λογική

Στην παρούσα ενότητα, περιγράφουμε και αναλύουμε τον μηχανισμό που χρησιμοποιεί ο πωλητής για να λάβει τις αποφάσεις του όταν εμπλέκεται σε αλληλεπιδράσεις με αγοραστές. Όπως έχουμε περιγράψει, λόγω της ασάφειας και της αβεβαιότητας που ο πωλητής έχει σχετικά με τα χαρακτηριστικά του αγοραστή, κρίνουμε πως η ασαφής λογική είναι η πιο κατάλληλη για αυτές τις περιπτώσεις. Ουσιαστικά, ο πωλητής χρησιμοποιεί δύο ασαφή συστήματα: το πρώτο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής (βλ. ενότητα 4.2.2), ενώ το δεύτερο εξάγει την απόφαση για την αποδοχή ή απόρριψη της προσφοράς του αγοραστή σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης. Σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής αλλά και τη συμπεριφορά του αγοραστή, υιοθετούμε τις ερευνητικές προσπάθειες που έχει περιγραφεί στο [94] και στο [95].

Το δεύτερο ασαφές σύστημα στο οποίο βασίζονται και οι αποφάσεις του πωλητή βασίζεται στις ακόλουθες παραμέτρους:

- ***t*** : είναι η διαφορά ανάμεσα στον τρέχοντα γύρο και στον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή.
- ***b*** : είναι η πίστη που έχει ο πωλητής σχετικά με τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή.
- ***d*** : είναι η διαφορά ανάμεσα στην προσφορά (τιμή) του αγοραστή και στην τιμή που πρόκειται να προτείνει ο πωλητής στον επόμενο γύρο εφόσον αποφασίσει την απόρριψη της προσφοράς του αγοραστή.
- ***N*** : είναι το πλήθος των αγοραστών που στον τρέχοντα χρόνο αλληλεπιδρούν με τον πωλητή για ένα συγκεκριμένο προϊόν.

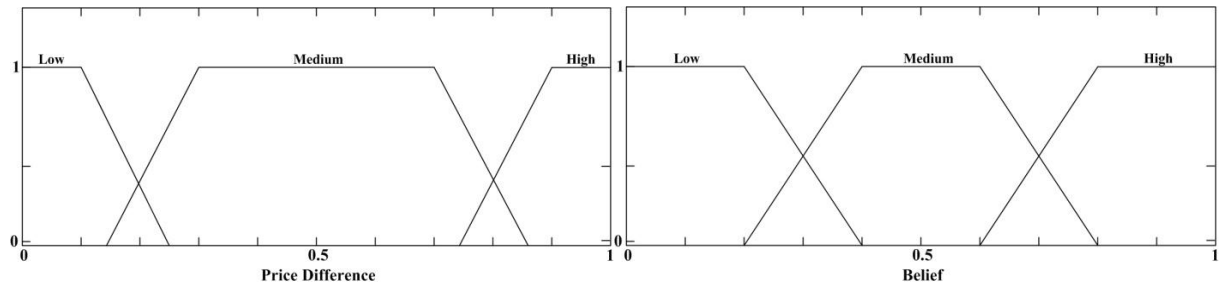
Επίσης, η έξοδος του ασαφούς συστήματος είναι η παράμετρος ***Acceptance Degree (AD)*** που υποδηλώνει την αποδοχή ή όχι της προσφοράς του αγοραστή. Χρησιμοποιούμε λεξικογραφικές περιγραφές για κάθε μια από τις παραπάνω παραμέτρους που καθορίζονται στα σύνολα $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = B_1$ *{Low, Medium, High}* (A_i, i = 1, 2, 3, 4 για τις μεταβλητές εισόδου και B_j, j = 1 για τη μεταβλητή εξόδου) και υιοθετούμε τραπεζοειδή ασαφή σύνολα. Η σημασιολογία των ασαφών τιμών απεικονίζεται στον Πίνακα 8, ενώ οι συναρτήσεις συμμετοχής απεικονίζονται στο Σχήμα 10 για τις μεταβλητές εισόδου και στο Σχήμα 11 για τη μεταβλητή εξόδου. Ειδικά για τη μεταβλητή N θεωρούμε πως φράσσεται με ένα άνω όριο το οποίο ορίζεται ως N_{max}. Συνεπώς, το πεδίο τιμών της μεταβλητής είναι το [0, N_{max}]. Αυτό το άνω όριο καθορίζεται από τον πωλητή πριν από την έναρξη των αλληλεπιδράσεων. Με αυτό τον τρόπο ο πωλητής ορίζει τον μέγιστο αριθμό των πελατών που μπορεί να εξυπηρετήσει (φυσικά αυτός ο αριθμός μπορεί να είναι πάρα πολύ μεγάλος). Επίσης, για να πάρουμε τιμές για όλες τις παραμέτρους στο διάστημα [0,1] χρησιμοποιούμε μια σιγμοειδή συνάρτηση:

$$f(p) = \frac{1}{1 + e^{-\left(p - \frac{p_{max}}{2}\right)}} \tag{4.22}$$

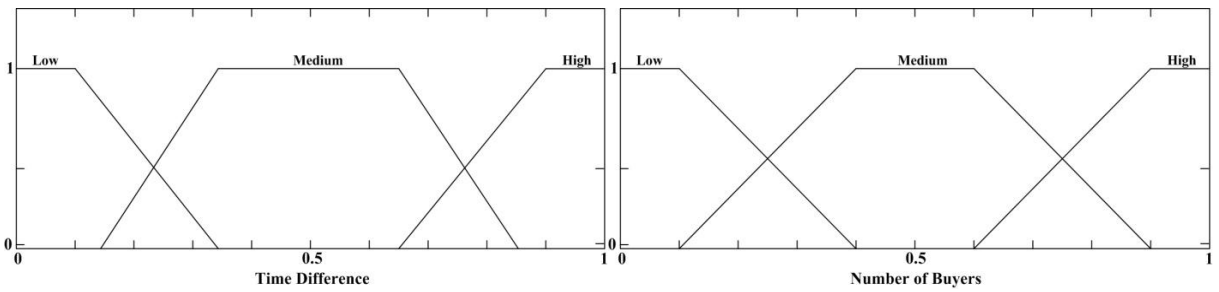
Με το p να συμβολίζει την κάθε μια μεταβλητή (t, d και N) και p_{max} να συμβολίζει τη μέγιστη τιμή της κάθε μιας (όπως απεικονίζονται στον Πίνακα 8 και εξηγήθηκε παραπάνω).

Πίνακας 8. Σημασιολογία των ασαφών τιμών για τις βασικές παραμέτρους.

Παράμετρος	***Ασαφείς τιμές***			***Εύρος Τιμών***
	Low	***Medium***	***High***	
t	Η διαφορά ανάμεσα στον τρέχοντα γύρο και στο T_s έχει μικρή τιμή ($t \rightarrow 0$).	Η διαφορά ανάμεσα στον τρέχοντα γύρο και στο T_s έχει μεσαία τιμή.	Η διαφορά ανάμεσα στον τρέχοντα γύρο και στο T_s έχει μεγάλη τιμή ($t \rightarrow T_s$).	$[0..T_s]$
b	Η πίστη για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή έχει μικρή τιμή ($b \rightarrow 0$).	Η πίστη για τηνλήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή έχει μεσαία τιμή.	Η πίστη για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή έχει μεγάλη τιμή ($b \rightarrow 1$).	[0..1]
d	Η διαφορά ανάμεσα στις προσφορές του αγοραστή και του πωλητή έχει μικρή τιμή ($d \rightarrow 0$).	Η διαφορά ανάμεσα στις προσφορές του αγοραστή και του πωλητή έχει μεσαία τιμή.	Η διαφορά ανάμεσα στις προσφορές του αγοραστή και του πωλητή έχει μεγάλη τιμή ($d \rightarrow p_{b\rightarrow s}(0)-p_{s\rightarrow b}(1)$).	$[0..p_{b\rightarrow s}(0)-p_{s\rightarrow b}(1)]$
N	Το πλήθος των πελατών που περιμένουν / αλληλεπιδρούν στον τρέχοντα χρόνο είναι μικρό ($N \rightarrow 0$).	Το πλήθος των πελατών που περιμένουν / αλληλεπιδρούν στον τρέχοντα χρόνο είναι μεσαίο.	Το πλήθος των πελατών που περιμένουν / αλληλεπιδρούν στον τρέχοντα χρόνο είναι μεγάλο ($N >> 0$).	[0.. inf]

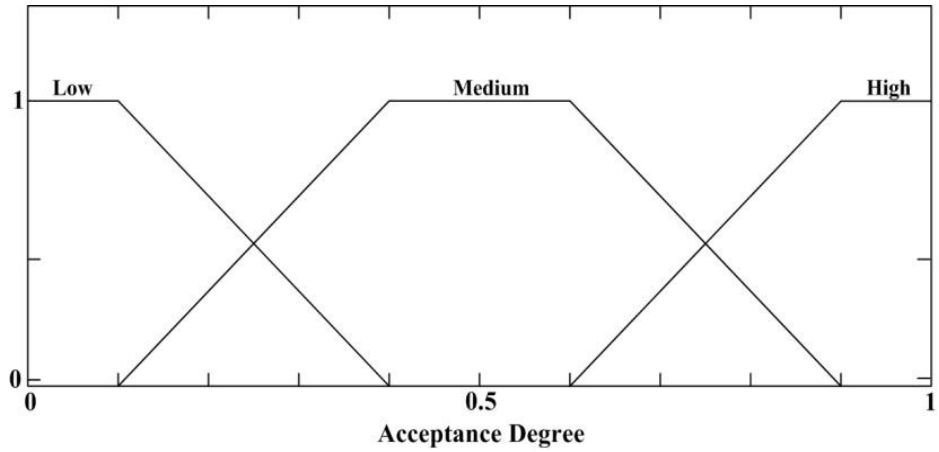


(a) **(b)**



(c) **(d)**

Σχήμα 10. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις βασικές παραμέτρους της συμπεριφοράς του πωλητή.



Σχήμα 11. Συνάρτηση συμμετοχής για τον βαθμό αποδοχής.

Σχετικά με την παράμετρο AD, μια τιμή *Low AD* υποδηλώνει ότι ο πωλητής δεν πρέπει να αποδεχθεί την προσφορά του αγοραστή, να την απορρίψει και να του προτείνει την επόμενη τιμή σύμφωνα με τη στρατηγική που ακολουθεί. Μια τιμή *Medium AD* υποδηλώνει μια ουδέτερη στάση σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψη της προσφοράς ενώ μια τιμή *High AD* υποδηλώνει την αποδοχή της προσφοράς πριν τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

Ο μηχανισμός λήψης της απόφασης μπορεί να απεικονιστεί σε ένα σύνολο ασαφών κανόνων που περικλείουν όλη την εξυπνάδα του πωλητή. Τρεις είναι οι βασικότεροι κανόνες που έχουν καθοριστεί από εμπειρογνώμονες και προσπαθούν να μιμηθούν την ανθρώπινη συμπεριφορά σε σενάρια αλληλεπίδρασης με απώτερο στόχο την επίτευξη μιας αγοραπωλησίας. Οι κανόνες αυτοί αποτυπώνουν τη γνώση και την εξυπνάδα του πωλητή όταν καλείται να λάβει αποφάσεις και είναι οι εξής:

R_1: If (t is not Low AND b is Low AND d is High AND N is not High) Then AD is Low

Εξήγηση

Όταν υπάρχει αρκετός χρόνος για τη λήξη της αλληλεπίδρασης και οι τιμές των υπολοίπων παραμέτρων δείχνουν πως ο πωλητής δεν έχει μεγάλη πίστη (b → 0) για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή η πιο λογική απόφαση είναι η απόρριψη της προσφοράς. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι υπάρχει μια πολύ σημαντική διαφορά στις προτεινόμενες τιμές (d) όπως επίσης ένας μικρός αριθμός πελατών που αλληλεπιδρούν με τον πωλητή. Έτσι, το πιο συμφέρον είναι να περιμένει ο πωλητής και να οδηγήσει την αλληλεπίδραση σε επόμενους γύρους αποσκοπώντας σε υψηλότερες τιμές από αυτές που ήδη προτείνει ο αγοραστής.

R_2: If (t is not Low AND b is not High AND d is Medium) Then AD is Medium

Εξήγηση

Επεκτείνοντας τον προηγούμενο κανόνα, η παράμετρος AD έχει μεσαίες τιμές (γύρω στο 0.5) όταν υπάρχει ακόμη χρόνος για τη λήξη της διαπραγμάτευσης και ο πωλητής πιστεύει ότι ο χρονικός ορίζοντας του αγοραστή δεν θα εκπνεύσει στους επόμενους γύρους. Επιπρόσθετα, οι προτεινόμενες τιμές από τις δύο πλευρές έχουν μικρή διαφορά σε σύγκριση με την περίπτωση του προηγούμενου κανόνα.

R_3: If (t is not High AND b is High AND d is not High AND N is High) Then AD is High

Εξήγηση

Ο πωλητής πρέπει να αποδεχθεί την προσφορά του αγοραστή όταν η αλληλεπίδραση έχει φτάσει σε γύρους κοντά στο T_s και πιστεύει ότι ο χρονικός ορίζοντας του αγοραστή θα εκπνεύσει στους επόμενους γύρους. Επιπλέον, υπάρχει μια μικρή σχετικά διαφορά ανάμεσα στις προτεινόμενες τιμές αλλά και ένας μεγάλος αριθμός αγοραστών βρίσκονται στην αναμονή ή ήδη αλληλεπιδρούν με τον πωλητή.

Ο πωλητής είναι μια οντότητα η οποία θέλει να φέρει την αλληλεπίδραση μέχρι το T_s εφόσον ο αγοραστής απορρίπτει τις προσφορές του. Εφόσον οι τιμές του απορρίπτονται, καλό είναι να περιμένει μέχρι οι προτεινόμενες τιμές να φτάσουν σε κοντινά επίπεδα ή ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή να εκπνεύσει. Σε κάθε γύρο, ο πωλητής ναι μεν μειώνει τις τιμές του αλλά όταν απορρίπτονται προτιμά να γίνει

αποδεκτή μια δικιά του προσφορά σε επόμενους γύρους που θα είναι μεγαλύτερη από τις προτεινόμενες τιμές του αγοραστή (αφού αυτός ξεκινά και προτείνει μικρότερες τιμές). Τέλος, ο αριθμός των πελατών είναι ένας σημαντικός παράγοντας αφού έχει άμεση σχέση τόσο με τους υπολογιστικούς πόρους που χρειάζεται, όσο και με το συνολικό κέρδος που αποκομίζει από τις αγοραπωλησίες. Πιθανώς, να είναι πιο αποδοτικό να εξοικονομεί χρόνο και πόρους όταν ο αριθμός αυτός είναι μεγάλος.

4.4.4. Πειραματικά Αποτελέσματα

Στην παρούσα ενότητα, καθορίζουμε ένα σύνολο μετρικών απόδοσης και παρουσιάζουμε τα πειραματικά μας αποτελέσματα για το μηχανισμό λήψης αποφάσεων του πωλητή όταν εμπλέκεται σε απ' ευθείας αλληλεπιδράσεις με πιθανούς αγοραστές. Στόχος μας είναι να διερευνήσουμε αν το προτεινόμενο σύστημα είναι αποδοτικό όταν υιοθετείται από ένα πωλητή. Θα δείξουμε την απόδοση του ασαφούς συστήματος μέσα από ένα σύνολο μετρικών και θα συγκρίνουμε το προτεινόμενο σύστημα με άλλα ερευνητικά μοντέλα που μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιογραφία. Τέλος, για την αποτίμηση του μοντέλου θα χρησιμοποιηθεί ένας μεγάλος αριθμός ζωνών συμφωνίας.

4.4.4.1. Μετρικές Απόδοσης

Οι μετρικές απόδοσης βασίζονται στις ακόλουθες παραμέτρους: α) το πλήθος των συμφωνιών σε ένα σύνολο πειραμάτων, β) το όφελος που αποκομίζει ο πωλητής από κάθε συμφωνία, γ) το κοινό όφελος (Joint Utility - JU) της κάθε συμφωνίας, και δ) το πλήθος των βημάτων αλληλεπίδρασης σε κάθε συμφωνία. Πιο συγκεκριμένα:

- ***Ρυθμός Συμφωνίας (Agreement Ratio - AG)***

  Ο ρυθμός συμφωνίας AG δείχνει τις διαπραγματεύσεις οι οποίες κατέληξαν σε συμφωνίες σε ένα σύνολο R αλληλεπιδράσεων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αυτός τόσο μεγαλύτερο είναι το όφελος των δύο οντοτήτων. Σε μια επιτυχή διαπραγμάτευση ο αγοραστής φτάνει στο στόχο του που είναι η αγορά ενός συγκεκριμένου προϊόντος ενώ ο πωλητής αυξάνει το όφελος που αποκομίζει όταν AG → 1. Το αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης είναι 'Συμφωνία' όταν $A_s\left(t, p^t_{b \to s}\right) = \text{Accept}$ ή όταν $A_b\left(t, p^t_{s \to b}\right) = \text{Accept}$ (A_b είναι η συνάρτηση απόφασης του αγοραστή και αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο) σε χρόνο t ≤

$\min(T_b, T_s)$. Πιο συγκεκριμένα, από την πλευρά του αγοραστή, η συμφωνία μπορεί να επιτευχθεί σε χρόνο t* δηλαδή όταν $A_b\left(t^*, p_{s\to b}^{t^*}\right) = \text{Accept}$. Από την πλευρά του πωλητή, η συμφωνία μπορεί να επιτευχθεί σε χρόνο $t^{\#} \le \min(T_b, T_s)$ δηλαδή όταν $A_s\left(t^{\#}, p_{b\to s}^{t^{\#}}\right) = \text{Accept}$. Με βάση τα παραπάνω η μετρική AG ορίζεται ως ακολούθως:

$$AG = \frac{\left|A_s\left(t^*, p_{s\to b}^{t^*}\right) = \text{Accept}\right| + \left|A_s\left(t^{\#}, p_{b\to s}^{t^{\#}}\right) = \text{Accept}\right|}{R} \qquad (4.23)$$

Στη βιβλιογραφία συναντούμε τον όρο ‘ρυθμός επιτυχίας’ [3] για την παρουσίαση του συγκεκριμένου ποσοστού.

- ***Ουσιαστικό όφελος (Intrinsic Utility - IU)***

Το ουσιαστικό όφελος IU υιοθετείται από την ερευνητική προσπάθεια που παρουσιάζεται στο [42]. Υποδηλώνει πόσο παραπάνω είναι η τιμή συμφωνίας ($p_{s\to b}^{t^*}$ ή $p_{b\to s}^{t^{\#}}$) από την $p_{b\to s}^{0}$ και κάτω από την αποτίμηση V του αγοραστή. Ας θεωρήσουμε τον δείκτη $I \in \{0, 1\}$ με I = 1 όταν ο αγοραστής αποδέχεται την προσφορά του πωλητή (με $p_{s\to b}^{t^*}$) και I = 0 όταν ο πωλητής αποδέχεται την προσφορά του αγοραστή (με $p_{b\to s}^{t^{\#}}$). Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να ορίσουμε την παράμετρο IU με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$IU = \min\left(1, \left(\frac{V - \left(I\cdot p_{s\to b}^{t^*} + (1-I)\cdot p_{b\to s}^{t^{\#}}\right)}{V - p_{b\to s}^{0}}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\right) \qquad (4.24)$$

Το μέσο ουσιαστικό όφελος πρέπει να παίρνει τιμές κοντά στο 1. Επίσης, ως τιμή της παραμέτρου πολιτικής υπολογισμού γ παίρνουμε το 1 όπως ακριβώς και στο [42]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εξίσωση 4.24 απεικονίζει το ουσιαστικό

όφελος στην πλευρά του πωλητή. Με αλλαγή στις παραμέτρους της εξίσωσης σχετικά με τη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή μπορούμε να πάρουμε το όφελος στην πλευρά του πωλητή. Έτσι, η εξίσωση 4.24 γίνεται για την πλευρά του πωλητή:

$$IU = \min\left(1, \left(\frac{\left(I \cdot p^{t^*}_{s \to b} + (1-I) \cdot p^{t^\#}_{b \to s}\right) - c}{\varepsilon}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\right) \tag{4.25}$$

- ***Το πλήθος των γύρων για να κλείσει μια συμφωνία*.**

Το πλήθος των γύρων για να κλείσει μια συμφωνία (Average number of Rounds - AR) υποδηλώνει ουσιαστικά τον χρόνο που απαιτείται ώστε να κλείσει μια συμφωνία ανάμεσα στα δύο μέρη. Ο χρόνος αυτός είναι φυσικά μικρότερος ή ίσος του $\min(T_b, T_s)$. Η εξίσωση που μας δίνει την τιμή της συγκεκριμένης μετρικής είναι η ακόλουθη:

$$AR = \frac{I \cdot t^* + (1-I) \cdot t^\#}{\min(T_b, T_s)} \tag{4.26}$$

- ***Κοινό όφελος (Joint Utility - JU)***

Υιοθετούμε τη μετρική του κανονικοποιημένου κοινού οφέλους (Joint Utility - JU) όπως αυτή ορίζεται στα [137] και [200]. Η μετρική JU ορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$JU = \frac{(p_A - c) \cdot (V - p_A)}{(V - c)^2} \tag{4.27}$$

όπου p_A να αποτελεί την τιμή της συμφωνίας. Η μετρική αυτή απεικονίζει το πόσο ‘δίκαιη’ είναι η τιμή συμφωνίας και για τον αγοραστή και για τον πωλητή. Από την παραπάνω εξίσωση μπορούμε εύκολα να δούμε πως η μέγιστη τιμή του JU είναι 0.25. Η μέγιστη αυτή τιμή επιτυγχάνεται για τιμή συμφωνίας ίση με $\frac{V + c}{2}$. Επιπρόσθετα, στο [23], οι συγγραφείς ορίζουν το JU ίσο με το άθροισμα

του ατομικού οφέλους των δύο οντοτήτων. Με αυτή τη λογική ορίζουμε το JU με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$JU = IU^S + IU^B \tag{4.28}$$

με το IU^S και το IU^B να αποτελούν το ουσιαστικό όφελος του πωλητή και του αγοραστή αντίστοιχα. Το θεωρητικό μέγιστο της νέας εξίσωσης είναι ίσο με 2.

Τέλος, οι συγγραφείς στο [23] ορίζουν τη μετρική ισότητας E με βάση τη μετρική οφέλους IU όπως αυτή ορίστηκε πιο πάνω. Η εξίσωση είναι η ακόλουθη:

$$E = \left| IU^S - IU^B \right| \tag{4.29}$$

Στα αποτελέσματα που παρουσιάζουμε παρακάτω οι τιμές του κοινού οφέλους αφορούν στην εξίσωση 4.27.

4.4.4.2. Σχέδιο Πειραμάτων

Στον Πίνακα 9, παρουσιάζουμε τις τιμές για βασικές παραμέτρους των πειραμάτων. Στα πειράματα έχουμε εφαρμόσει ασαφή συστήματα και στην πλευρά του αγοραστή και στην πλευρά του πωλητή. Η περιγραφή του ασαφούς συστήματος που χρησιμοποιεί ο αγοραστής παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 7. Σε κάθε γύρο της αλληλεπίδρασης, οι οντότητες αποσαφηνίζουν με τη βοήθεια του συστήματος, το βαθμό αποδοχής της προσφοράς του 'αντιπάλου'. Καθορίζουμε το όριο του 0.7 πάνω από το οποίο η προσφορά του 'αντιπάλου' γίνεται αποδεκτή ενώ σε διαφορετική περίπτωση απορρίπτεται. Το όριο αυτό έχει εξαχθεί μέσα από ένα σύνολο πειραμάτων.

Πίνακας 9. Λίστα παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα.

Βασικές Παράμετροι Προσομοιώσεων	
Παράμετροι Αγοραστή	
Αρχική τιμή ($p^0_{b\to s}$)	~U (1,V/3)[1] XM[2]
Αποτίμηση (V)	~U(1,M[3]) XM

[1] ~U(·,·) απεικονίζει την uniform κατανομή
[2] XM = Χρηματική Μονάδα
[3] M: μέγιστη τιμή για το V. Χρησιμοποιούμε V = 20, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 και 500 XM

Τιμολογιακή στρατηγική (k)	~U(1,10)
Παράμετροι Πωλητή	
Κόστος (c)	~U (1,10) ΧΜ
Αρχικό κέρδος (ε)	~U(1,100) ΧΜ

4.4.4.3. Βασικά Πειραματικά Σενάρια

Εκτελούμε ένα σύνολο προσομοιώσεων για 100 αλληλεπιδράσεις για κάθε σενάριο. Σε κάθε ένα σενάριο χρησιμοποιούμε διαφορετικές τιμές ώστε τελικά να εξετάσουμε ένα μεγάλο πλήθος διαφορετικών ζωνών συμφωνίας. Η ζώνη συμφωνίας ορίζεται από τη διαφορά ανάμεσα στην αποτίμηση V του αγοραστή και στο κόστος c του πωλητή και υποδηλώνει το αν υπάρχει πιθανότητα επίτευξης συμφωνίας. Οι μέγιστες τιμές για την παράμετρο V είναι: 20, 50, 100, 150, 200, και 300 ΧΜ. Τα πειράματα εκτελούνται τόσο για την περίπτωση όπου ο πωλητής υπολογίζει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του όσο και για την περίπτωση όπου ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής επιλέγεται σε ένα διάστημα τιμών. Επιπλέον, εξετάζουμε τη συμπεριφορά του πωλητή όταν υιοθετεί μια υπομονετική ή επιθετική στρατηγική.

Ο πωλητής αλληλεπιδρά με ένα σύνολο αγοραστών οι οποίοι έχουν διαφορετική αποτίμηση V για τα προϊόντα. Προσπαθούμε να δούμε την αντίδραση του συστήματος σε αυτές τις καταστάσεις. Για παράδειγμα, η πρώτη ζώνη συμφωνίας που οριοθετείται από V = 20 και c = 10 υποδηλώνει πως οι οντότητες έχουν ένα περιθώριο συμφωνίας στις 10 ΧΜ (μέγιστη τιμή). Αυτή η ζώνη είναι εξαιρετικά περιορισμένη αφού η αποτίμηση V επιλέγεται ως ένας τυχαίος αριθμός με μέγιστη τιμή τις 20 ΧΜ και το κόστος c επιλέγεται τυχαία με μέγιστη τιμή τις 10 ΧΜ. Προφανώς, η τυχαιότητα στην επιλογή των τιμών σημαίνει πως υπάρχουν περιπτώσεις όπου η συμφωνία δεν είναι δυνατή. Από την άλλη πλευρά, η τελευταία ζώνη συμφωνίας αφήνει άπλετο χώρο για επίτευξη ενός ευτυχούς αποτελέσματος αφού τα περιθώρια σύγκλισης είναι μέγιστα.

4.4.4.4. Συγκριτική Αποτίμηση του Προτεινόμενου Μοντέλου

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε αποτελέσματα άλλων συστημάτων που έχουν κατά καιρούς προταθεί στην επιστημονική κοινότητα. Στόχος μας είναι να μπορεί ο αναγνώστης να συγκρίνει το προτεινόμενο σύστημα με τα υπόλοιπα που περιγράφονται

εδώ. Η σύγκριση γίνεται όπου αυτή είναι εφικτή και με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα.

Στο [42], παρουσιάζονται αριθμητικά αποτελέσματα για ένα σύνολο τακτικών. Τα αποτελέσματα αφορούν κυρίως τις ακόλουθες μετρικές: α) το ουσιαστικό όφελος (intrinsic utility) του κάθε πράκτορα, β) το κέρδος σε σχέση με το προσαρμοζόμενο κόστος, και γ) το ουσιαστικό όφελος σε σύγκριση με μια αλληλεπίδραση με πλήρη γνώση για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Στα αποτελέσματα, το μέσο ουσιαστικό όφελος για όλα τα πειράματα και όλες τις τακτικές είναι ίσο με 0.6 με το ποσοστό συμφωνιών να μεταβάλλεται εξαρτώμενο από την ακολουθούμενη τακτική. Για παράδειγμα, ακολουθώντας την άκρως επιθετική τακτική έχουμε 100% συμφωνίες ενώ για υπομονετική τακτική το ποσοστό συμφωνιών είναι περίπου 45%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα αποτελέσματα αφορούν την περίπτωση κατά την οποία οι οντότητες έχουν μεγάλους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής. Όταν οι οντότητες έχουν ένα μικρό ορίζοντα συμμετοχής τότε το μέγιστο ποσοστό συμφωνιών είναι ίσο με 90% περίπου. Μεγάλος χρονικός ορίζοντας συμμετοχής είναι όταν αυτός επιλέγεται τυχαία ανάμεσα σε 30 και 60 χτύπους ενός διακριτού ρολογιού ενώ μικροί χρονικοί ορίζοντες είναι όταν αυτοί επιλέγονται τυχαία ανάμεσα σε 2 και 10 χτύπους ενός διακριτού ρολογιού. Είναι εμφανές πως η δεύτερη ειδικά περίπτωση (μικροί χρονικοί ορίζοντες) ίσως να μην απεικονίζει πραγματικές καταστάσεις ιδιαίτερα όταν στις αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιούνται αυτόνομες οντότητες λογισμικού (αλλά ίσως και όταν οι ίδιοι οι χρήστες προτείνουν τιμές).

Στο [108], οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης και χρησιμοποιούν ασαφή λογική για τον υπολογισμό των συναρτήσεων οφέλους των οντοτήτων. Πειραματίζονται με τρεις διαφορετικές στρατηγικές οι οποίες εξάγουν ένα μέγιστο ποσοστό συμφωνιών ίσο με 50% περίπου. Το πλήθος των προϊόντων είναι ίσο με 100. Το ποσοστό των συμφωνιών αλλά και το πλήθος των αλληλεπιδράσεων για 100 μόνο προϊόντα δείχνουν μια φτωχή σχετικά απόδοση του προτεινόμενου μοντέλου.

Στο [23], οι συγγραφείς παρουσιάζουν 59 αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε 30 αγοραστές και 30 πωλητές. Η μέση τιμή του κοινού οφέλους JU φτάνει μέχρι το 82.3% της βέλτιστης τιμής (ίση με 0.205 αφού το μέγιστο είναι ίσο με 0.25) και η τιμή της μετρικής ισότητας είναι ίση με 0.173. Οι προσφορές που έχουν ανταλλαχθεί είναι 9.5 με ένα ποσοστό συμφωνιών κοντά στο 88.1%. Ενώ επιτυγχάνεται ικανοποιητική απόδοση σχετικά με το κοινό όφελος, τα αποτελέσματα αυτά έχουν εξαχθεί μέσα από ένα πολύ περιορισμένο σύνολο προσομοιώσεων κάνοντάς μας να έχουμε επιφυλάξεις για τη

συνολική απόδοση. Επίσης, δεν δίνονται στοιχεία σχετικά με τις ζώνες συμφωνίας και το μέγεθος αυτών έτσι ώστε να εξαχθούν πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα στο [3] μπορούν μόνο να συγκριθούν όσο αφορά στο ποσοστό συμφωνιών. Το μέγιστο ποσοστό συμφωνιών είναι περίπου ίσο με 90% για αρκετά μεγάλους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής. Αυτοί ορίζονται ως τον αριθμό δευτερόλεπτων για τα οποία κάθε οντότητα συμμετέχει στην αλληλεπίδραση. Κατά προσέγγιση ένας χρόνος αντίδρασης 5 δευτερολέπτων για κάθε οντότητα σημαίνει πως σε διάστημα 450 – 550 δευτερόλεπτα (όπως αναφέρεται στη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια) γίνονται περίπου 90-100 προσφορές. Επίσης, εξετάζονται τρεις στρατηγικές: Flexible, General και Desperate με αντίστοιχα ποσοστά συμφωνιών 30%, 25% και 15% για μικρούς χρονικά ορίζοντες ενώ για μεγάλους χρονικούς ορίζοντες τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 90%, 70% και 55%.

Στο [206], παρουσιάζονται αποτελέσματα για ένα μόνο πείραμα ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή. Εξετάζονται δύο στρατηγικές: η greedy και η calm. Το πλήθος των γύρων που απαιτούνται για την επίτευξη μιας συμφωνίας είναι 13 και 8 αντίστοιχα. Επίσης, η τιμή για το κοινό όφελος JU είναι κοντά στο 0.16 και 0.15 αντίστοιχα για κάθε στρατηγική. Τέλος, στο παρουσιαζόμενο μοντέλο μια παράμετρος β είναι πολύ σημαντική για τον καθορισμό του τελικού αποτελέσματος αφού ορίζει την τιμολογιακή στρατηγική των οντοτήτων. Με διάφορα πειράματα και αλλαγές πάνω στην τιμή του β, οι συγγραφείς παρουσιάζουν αποτελέσματα για τον απαιτούμενο αριθμό γύρων, από 17 μέχρι 8 για την greedy στρατηγική και από 8 μέχρι 2 για μια νέα στρατηγική την anxious.

Στο [129], παρουσιάζεται η απόδοση ενός προτεινόμενου μοντέλου με ένα μοντέλο που βασίζεται στον κανόνα Bayes. Τα αποτελέσματα δείχνουν μέση τιμή για το κοινό όφελος JU ίση με 0.08 για το απλό Bayesian μοντέλο ενώ αντίθετα για τον προτεινόμενο μηχανισμό εξάγεται μια μέση τιμή για το κοινό όφελος ίση με 0.18.

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των δικών μας πειραμάτων ώστε να γίνει μια ποιοτική σύγκριση με τα αποτελέσματα των άλλων ερευνητικών προσπαθειών που δείξαμε πιο πάνω.

- **Ποσοστό συμφωνιών**

  Στα αποτελέσματά μας το μέγιστο μέσο ποσοστό συμφωνιών ήταν ίσο με 100% όταν ο πωλητής ακολουθεί μια επιθετική στρατηγική και για μεγάλες τιμές της αποτίμησης V. Η επιθετική στρατηγική οδηγεί σε αρκετά υψηλές τιμές του

ποσοστού συμφωνιών (πάνω από 74%) ακόμη και για ζώνες συμφωνίας περιορισμένου εύρους. Παρατηρούμε πως στην πλειονότητα των περιπτώσεων είμαστε κοντά ή πιο πάνω από το όριο του 90% συμφωνιών (μέσο ποσοστό για 100 αλληλεπιδράσεις) για όλες τις ζώνες συμφωνίας. Αυτή η απόδοση είναι καλύτερη αν συγκριθεί με τις ερευνητικές προσπάθειες που παρουσιάζονται στα [3], [23] και [108]. Λίγο καλύτερη απόδοση έχει το δικό μας σύστημα συγκρινόμενο με το [42] αφού σε αυτή την ερευνητική προσπάθεια, για μεγάλους χρονικούς ορίζοντες οι μισές τακτικές είχαν ποσοστό συμφωνιών κοντά αλλά πάνω από το 90% ενώ οι υπόλοιπες είχαν κοντά αλλά κάτω από το 90%.

- **Πλήθος Βημάτων για τη Συμφωνία**

  Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε πως τα απαιτούμενα βήματα για τη συμφωνία μειώνονται όταν ο πωλητής αντιμετωπίζει αγοραστές οι οποίοι έχουν μεγάλη τιμή αποτίμησης V για τα προϊόντα. Για παράδειγμα, ο μικρότερος μέσος αριθμός βημάτων ήταν ίσος με 2.89 και όταν η μέγιστη τιμή της αποτίμησης V ήταν ίση με 300 ΧΜ. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η επίδοση αυτή έχει επιτευχθεί όταν έγινε χρήση της επιθετικής στρατηγικής. Γενικά, η επιθετική στρατηγική οδηγεί σε μικρότερο πλήθος βημάτων ενώ η διαφορά των τιμών ανάμεσα στο σενάριο όπου ο χρονικός ορίζοντας υπολογίζεται και στο σενάριο όπου επιλέγεται τυχαία είναι πολύ μικρή. Ο μέσος αριθμός βημάτων ήταν ίσος με:

  - Υπομονετική στρατηγική με επιλογή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής: 20.1
  - Υπομονετική στρατηγική με υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής: 16.8
  - Επιθετική στρατηγική με επιλογή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής: 6.41
  - Επιθετική στρατηγική με επιλογή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής: 6.50

  Γενικά, ο μέσος όρος των απαιτούμενων βημάτων για την υπομονετική στρατηγική ήταν ίσος με 18.5, ενώ για την επιθετική στρατηγική ήταν ίσος με 6.45. Αυτό σημαίνει πως κατά μέσο όρο τα απαιτούμενα βήματα με χρήση της υπομονετικής στρατηγικής είναι περίπου 1.87 φορές περισσότερα από ότι με τη χρήση της επιθετικής στρατηγικής.

  Ο μικρότερος μέσος αριθμός βημάτων επιτυγχάνεται όταν ο πωλητής υπολογίζει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του. Υπενθυμίζουμε πως στο [206], το πλήθος

των βημάτων κυμαίνεται από 17 μέχρι 8 (greedy στρατηγική) και από 8 μέχρι 2 (anxious στρατηγική). Στο [23], ο μέσος αριθμός βημάτων ήταν 9.5 και στο [3] είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σύγκριση με το δικό μας σύστημα.

- **Κοινό όφελος**

  Υπολογίζοντας το κοινό όφελος JU, στα πειράματά μας επιτύχαμε ένα μέσο όρο ίσο με 0.17 όταν έγινε χρήση υπομονετικής στρατηγικής ενώ ήταν ίσο με 0.13 όταν έγινε χρήση της επιθετικής στρατηγικής. Το μέγιστο μέσο JU για την περίπτωση χρήσης υπομονετικής στρατηγικής ήταν ίσο με 0.19 ενώ για την περίπτωση χρήσης της επιθετικής ήταν ίσο με 0.16. Και οι δύο τιμές παρατηρήθηκαν όταν έγινε χρήση του μηχανισμού υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.

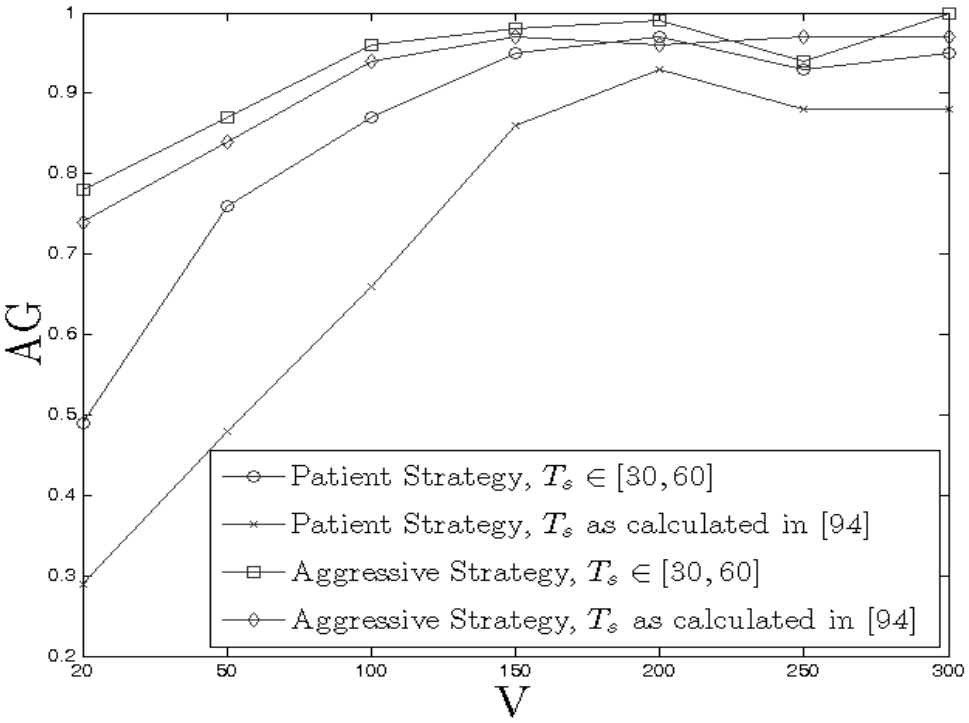
  Επιπρόσθετα, πειραματιστήκαμε με διαφορετικές τιμές για το αρχικό κέρδος του πωλητή. Σε αυτές τις περιπτώσεις κρατήσαμε σταθερή την τιμή της αποτίμησης V του αγοραστή. Για μια πολύ μικρή τιμή του επιδιωκόμενου οφέλους (5 ΧΜ) πήραμε λοιπόν μια μέγιστη τιμή για το κοινό όφελος JU ίση με 0.236 για την υπομονετική και 0.249 για την επιθετική στρατηγική. Όταν το επιδιωκόμενο όφελος επιλέχθηκε να είναι ίσο με 100 ΧΜ η τιμή ήταν 0.249 και για τις δύο στρατηγικές. Αυτές οι τιμές ουσιαστικά αποτελούν το 94.4% και το 99.6% της βέλτιστης τιμής αποτέλεσμα το οποίο είναι καλύτερο από αυτό που παρουσιάζεται στο [23]. Τέλος, στην πλειονότητα των σεναρίων επιτυγχάνουμε καλύτερα αποτελέσματα από αυτά που παρουσιάζονται στο [206].

4.4.4.5. Απόδοση του Προτεινόμενου Μοντέλου

Προσομοιώνουμε ένα μεγάλο αριθμό αλληλεπιδράσεων για ένα σύνολο σεναρίων και ζωνών συμφωνίας. Ο στόχος μας είναι να αναδείξουμε την αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος και πως η ασαφής λογική μπορεί να συνεισφέρει σε αυτό. Σε κάθε σενάριο προσομοίωσης υιοθετούμε συγκριμένες τιμές για τις βασικές παραμέτρους οι οποίες φυσικά απεικονίζουν συγκριμένες συμπεριφορές των οντοτήτων. Το κοινό χαρακτηριστικό των σεναρίων αυτών είναι ότι το ποσοστό των συμφωνιών αυξάνει, όταν αυξάνει και η τιμή της αποτίμησης που έχουν οι αγοραστές για τα προϊόντα. Αυτό σημαίνει πως οι αγοραστές είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν παραπάνω σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου η αποτίμηση είναι μικρή. Την ίδια στιγμή όμως, το ουσιαστικό όφελος των πωλητών αυξάνει επίσης αφού οι συμφωνίες

κλείνονται σε μεγαλύτερες πιθανώς τιμές. Το πιο εντυπωσιακό είναι πως οι πωλητές καταλήγουν σε μεγαλύτερο όφελος όταν στοχεύουν σε μικρότερο κέρδος. Ο λόγος είναι διότι σε αυτές τις περιπτώσεις ξεκινούν τις προτάσεις τους από σχετικά μικρότερες τιμές οι οποίες φυσικά είναι πιο πιθανό να ανήκουν μέσα στις αποδεκτές τιμές από τους αγοραστές.

Στο Σχήμα 12 βλέπουμε το ποσοστό των συμφωνιών που επιτυγχάνονται με χρήση των δύο στρατηγικών που περιγράψαμε. Εξετάσαμε ένα σενάριο όπου ο χρονικός ορίζοντας επιλέγεται τυχαία στο διάστημα [30,60] και ένα σενάριο όπου ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή υπολογίζεται με βάση το μηχανισμό που προτείνουμε στην παρούσα διατριβή. Γενικά, η επιθετική στρατηγική οδηγεί σε περισσότερες συμφωνίες ιδιαίτερα όταν η τιμή της αποτίμησης V είναι μικρή (κάτω από 100 ΧΜ). Είναι γνωστό πως σε αυτές τις περιπτώσεις οι ζώνες συμφωνίας είναι περιορισμένες παρόλα αυτά το κάτω όριο του ποσοστού συμφωνιών είναι ίσο με 74%. Αυτό δείχνει ένα πωλητή ο οποίος έχει την προσοχή του να ολοκληρώσει όσο το δυνατόν περισσότερες συμφωνίες με σκοπό να αυξήσει σε μετέπειτα στάδιο το πλήθος των αγοραστών που θα απευθύνονται σε αυτόν. Επιπρόσθετα, παρατηρούμε πως η υπομονετική στρατηγική, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα, οδηγεί σε πολύ χαμηλότερο ποσοστό συμφωνιών. Ακόμη και για μεγάλες τιμές του V το ποσοστό κινείται κάτω από 90%. Ο συνδυασμός μιας υπομονετικής στρατηγικής με ένα μικρό χρονικό ορίζοντα συμμετοχής (όταν τα προϊόντα είναι πολύ δημοφιλή) αυξάνει τις πιθανότητες μιας σύγκρουσης.



Σχήμα 12. Ποσοστό συμφωνιών για τις εξεταζόμενες στρατηγικές.

Από την άλλη, όπως βλέπουμε στο Σχήμα 13, μια υπομονετική στρατηγική οδηγεί σε μεγαλύτερο τελικό όφελος σε σύγκριση με μια επιθετική στρατηγική. Γενικά, το όφελος που εξάγεται με τη χρήση μιας επιθετικής στρατηγικής δεν διαφοροποιείται ιδιαίτερα ενώ αυτό δεν συμβαίνει όταν γίνεται χρήση της υπομονετικής στρατηγικής. Το μεγαλύτερο ποσό οφέλους εξάγεται όταν επίσης γίνεται χρήση του μηχανισμού υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα. Η διαφορά στο υπολογιζόμενο όφελος (ανάμεσα στις εξεταζόμενες στρατηγικές) είναι αρκετά μεγάλη όπως διαπιστώνουμε από το Σχήμα 14. Στο σχήμα αυτό βλέπουμε τη σωρευτική διαφορά οφέλους η οποία ορίζεται ως εξής:

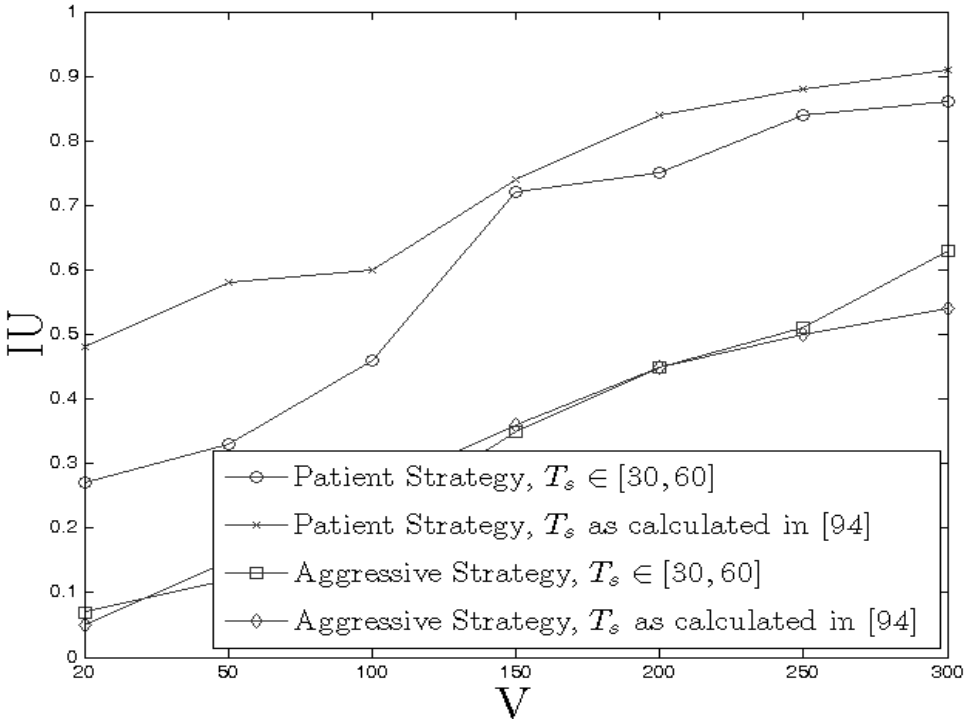
$$CD_{IU} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} D_{IU_i} \tag{4.30}$$

όπου

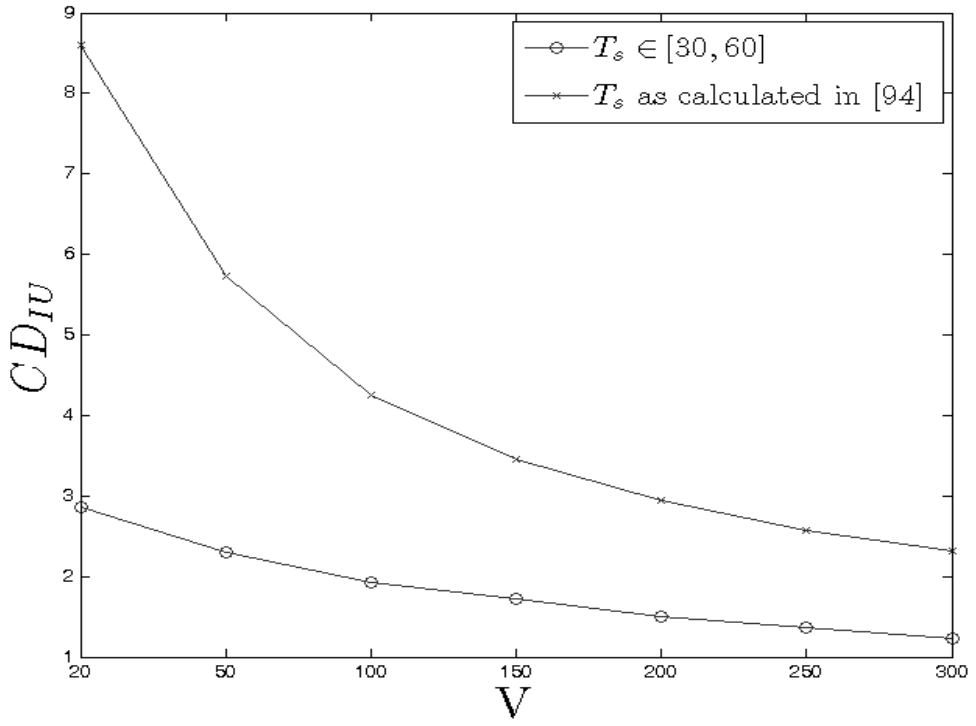
$$D_{IU} = \frac{IU_P - IU_A}{IU_A} \tag{4.31}$$

με το IU_P να αναπαριστά το όφελος όταν ο πωλητής κάνει χρήση της υπομονετικής στρατηγικής και το IU_A να αναπαριστά το όφελος όταν γίνεται χρήση της επιθετικής στρατηγικής. Η σωρευτική διαφορά του οφέλους οδηγείται στα ίδια επίπεδα όταν το V

παίρνει μεγάλες τιμές που σημαίνει πως η διαφορά στις τιμές του οφέλους που εξάγονται με τη χρήση των δύο στρατηγικών μειώνεται.

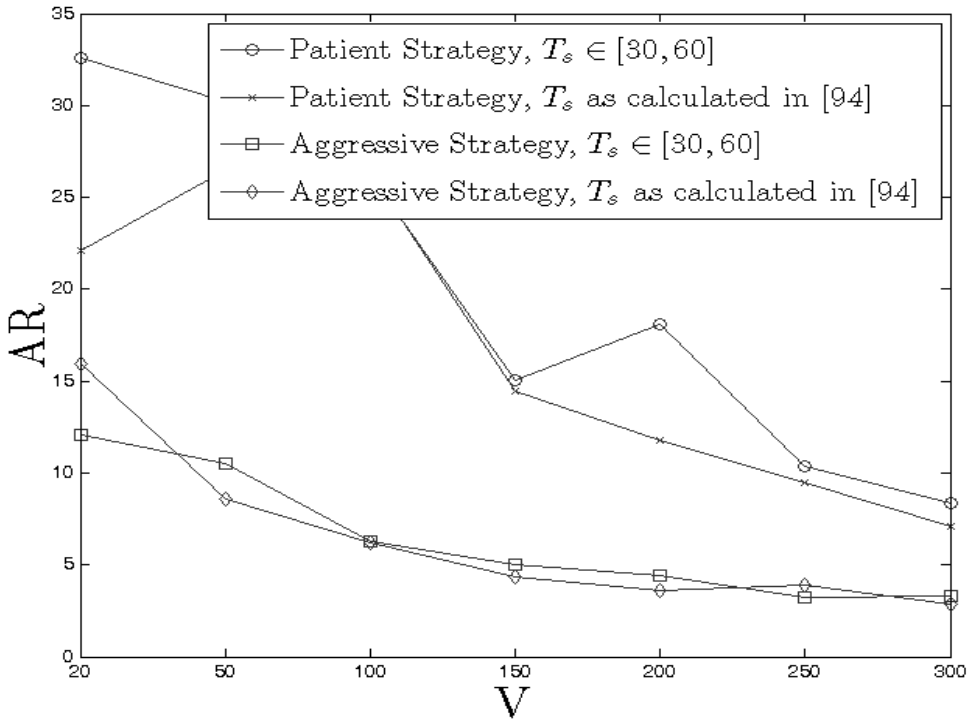


Σχήμα 13. Όφελος του πωλητή για τις εξεταζόμενες στρατηγικές.

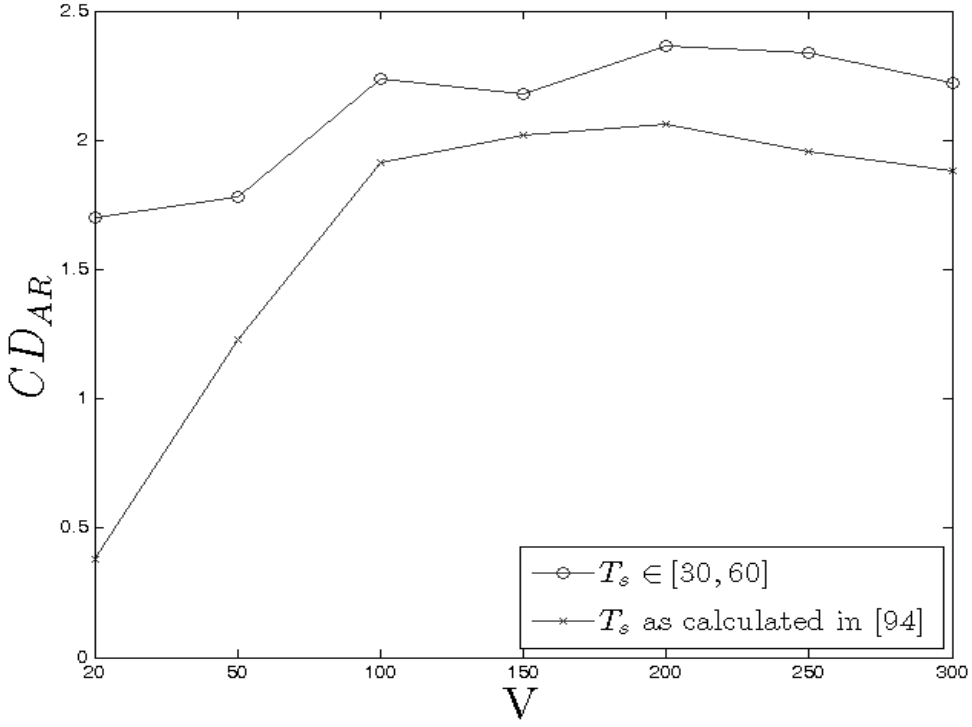


Σχήμα 14. Σωρευτική διαφορά οφέλους για τις εξεταζόμενες στρατηγικές.

Η επιθετική στρατηγική οδηγεί σε αρκετά μικρότερο πλήθος βημάτων για την επίτευξη συμφωνίας. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό από το Σχήμα 15. Η διαφορά με τη χρήση της υπομονετικής στρατηγικής είναι μεγάλη όταν οι τιμές του V είναι κάτω από 150 ΧΜ ενώ μειώνεται καθώς το V μεγαλώνει αρκετά. Στο Σχήμα 16 απεικονίζουμε τη σωρευτική διαφορά των βημάτων που απαιτούνται από τις δύο στρατηγικές. Η σωρευτική διαφορά υπολογίζεται με παραπλήσιες εξισώσεις όπως στις (4.30) και (4.31) αφού αντικαταστήσουμε τις μεταβλητές με τις AR_P που παριστάνει τα απαιτούμενα βήματα με χρήση της υπομονετικής στρατηγικής και AR_A που παριστάνει τα απαιτούμενα βήματα με χρήση της επιθετικής στρατηγικής. Βλέπουμε πως για μεγάλα V το πλήθος των βημάτων στην περίπτωση χρήσης της υπομονετικής στρατηγικής είναι περίπου διπλάσιο από ότι όταν γίνεται χρήση της επιθετικής στρατηγικής. Αυτό σημαίνει κατ' επέκταση απαιτείται ο διπλάσιος χρόνος για την επίτευξη συμφωνίας. Παρατηρούμε πως από τα αποτελέσματά μας διαφαίνεται μια εναλλαγή στη χρήση των στρατηγικών. Όταν ο πωλητής επιθυμεί να εξοικονομήσει χρόνο θα μπορούσε να επιλέξει την επιθετική στρατηγική χάνοντας κάποιο όφελος αλλά κερδίζοντας ίσως την υστεροφημία του ενώ όταν επιθυμεί αποκλειστικά να διατηρήσει το όφελός του σε υψηλά επίπεδα τότε επιλέγει την υπομονετική στρατηγική.



Σχήμα 15. Πλήθος απαιτούμενων βημάτων για συμφωνία για τις εξεταζόμενες στρατηγικές.



Σχήμα 16. Σωρευτική διαφορά στα απαιτούμενα βήματα συμφωνιών για τις εξεταζόμενες στρατηγικές.

4.4.4.6. Μεταβλητό Κέρδος του Πωλητή

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας για την περίπτωση όπου ο πωλητής έχει διαφορετικές τιμές κέρδους. Όπως έχει ήδη ειπωθεί το επιδιωκόμενο κέρδος επηρεάζει την πρώτη προτεινόμενη από τον πωλητή τιμή. Εξετάζουμε δύο περιπτώσεις: Η πρώτη αφορά ένα πολύ υπομονετικό πωλητή ο οποίος περιμένει προτείνοντας υψηλές τιμές έτσι ώστε να πιέσει τους αγοραστές να αυξήσουν τις προσφορές τους ενώ η δεύτερη εξετάζει ένα πωλητή ο οποίος ακολουθεί μια επιθετική πολιτική στοχεύοντας σε μεγαλύτερο πλήθος συμφωνιών. Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής υπολογίζεται από το ασαφές σύστημα όπως αυτό περιγράφεται στις ενότητες 4.2.1 και 4.2.2 ενώ η τιμή της αποτίμησης V κρατιέται σταθερή.

Το Σχήμα 17 δείχνει πως υπάρχει μια μεγάλη διαφορά στο πλήθος των συμφωνιών ανάμεσα στα δύο σενάρια που μόλις αναφέραμε. Ο ‘επιθετικός’ πωλητής επιτυγχάνει ένα μεγάλο ποσοστό συμφωνιών για την πλειονότητα των περιπτώσεων ενώ ταυτόχρονα ο ‘υπομονετικός’ πωλητής δυσκολεύεται πολύ στην επίτευξη συμφωνίας αφού γενικά υπάρχει χάσμα στις ανταλλασσόμενες προσφορές. Όταν το μέγιστο επιδιωκόμενο κέρδος είναι ίσο με 300 ΧΜ το ποσοστό συμφωνιών για τον ‘υπομονετικό’

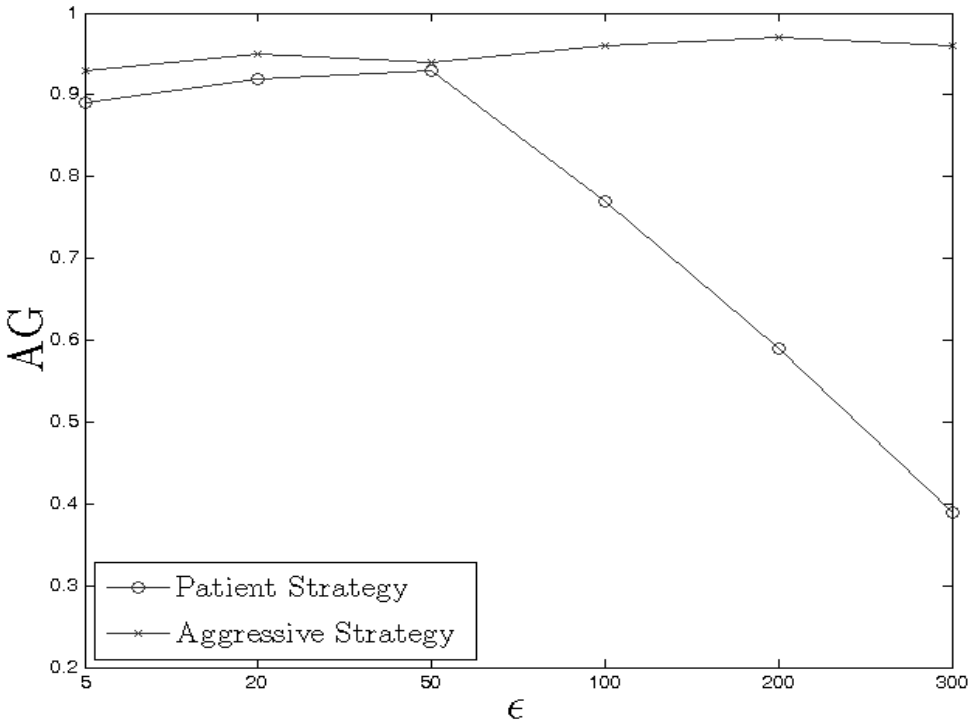
πωλητή είναι ίσο με 40% περίπου. Ο ‘επιθετικός’ πωλητής επιτυγχάνει υψηλά ποσοστά συμφωνιών ιδιαίτερα δε όταν εξετάζουμε μεγάλες τιμές για το επιδιωκόμενο κέρδος. Το ποσοστό αυτό είναι γύρω στο 97%. Βασιζόμενοι σε αυτές τις παρατηρήσεις μπορούμε να συμπεράνουμε πως δεν είναι επικερδές για τον πωλητή το να στοχεύσει σε ένα πολύ μεγάλο κέρδος αφού με βάση το προτεινόμενο σύστημα αυξάνει την πρώτη τιμή καθώς και το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Ιδιαίτερα δε, όταν ο πωλητής ακολουθεί μια ‘υπομονετική’ στρατηγική τότε μειώνεται τόσο το ποσοστό συμφωνιών όσο και το όφελος από τα απαιτούμενα βήματα για την επίτευξη συμφωνίας. Αυξημένη πρώτη τιμή και αυξημένος χρονικός ορίζοντας συμμετοχής οδηγούν σε μια αλληλεπίδραση με μεγάλο πλήθος ανταλλασσόμενων προσφορών αφού ο πωλητής χρειάζεται περισσότερο χρόνο ώστε να φτάσει το κάτω όριο των προτεινόμενων τιμών και κατά συνέπεια περιορίζονται οι πιθανότητες επίτευξης συμφωνίας. Ο πωλητής μπορεί να στοχεύσει σε μικρότερο κέρδος ώστε οι προσφορές του να είναι τελικά πιο ‘ενδιαφέρουσες’ για τους αγοραστές.

Όσον αφορά στα βήματα που απαιτούνται για την επίτευξη συμφωνίας, το Σχήμα 18 απεικονίζει τη διαφορά ανάμεσα στους ‘υπομονετικούς’ και τους ‘επιθετικούς’ πωλητές. Ο μέσος αριθμός βημάτων για την ‘επιθετική’ περίπτωση είναι όπως βλέπουμε περίπου ίδιος άσχετα με το ύψος του επιδιωκόμενου κέρδους. Όμως στην ‘υπομονετική’ περίπτωση βλέπουμε πως ο μέσος αριθμός βημάτων αυξάνει όσο αυξάνει το κέρδος. Για ένα μέγιστο κέρδος ίσο με 300 ΧΜ βλέπουμε πως ο μέσος αριθμός βημάτων είναι ίσος με 8.1 για τον ‘επιθετικό’ πωλητή ενώ είναι ίσος με 20.36 (1.5 φορές πάνω) για τον ‘υπομονετικό’ πωλητή. Αυτό σημαίνει πως ο ‘επιθετικός’ πωλητής εξοικονομεί χρόνο στις αλληλεπιδράσεις που έχει με τους αγοραστές.

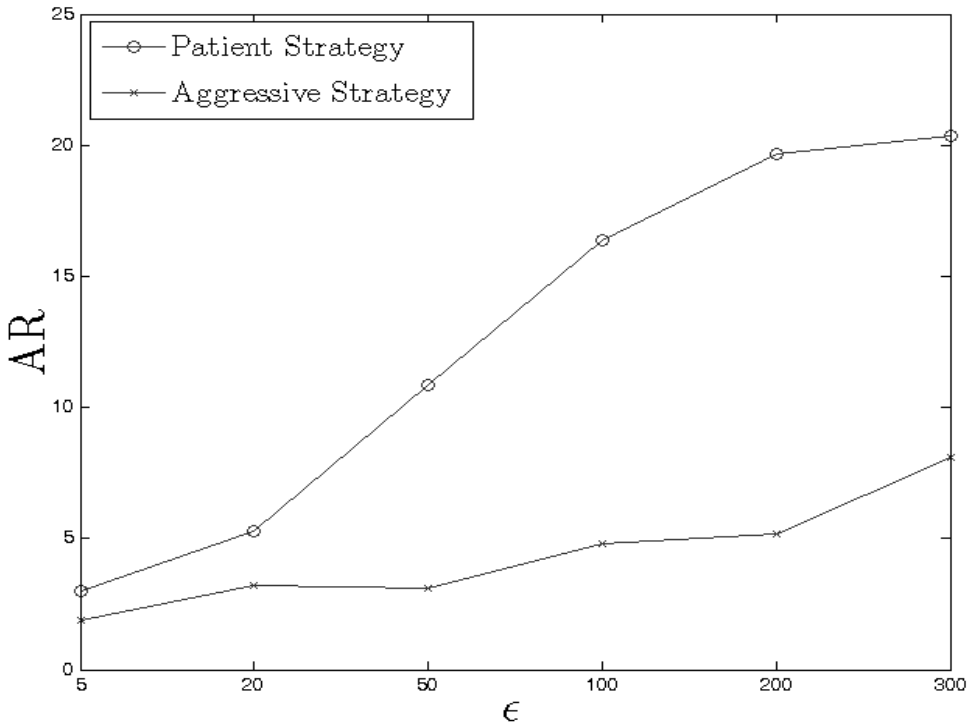
Το Σχήμα 19 δείχνει τα αποτελέσματά μας για το ουσιαστικό όφελος που έχει ο πωλητής ακολουθώντας τις δύο στρατηγικές που περιγράψαμε. Ο ‘υπομονετικός’ πωλητής μπορεί να χάνει συμφωνίες ή να χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να τις επιτύχει αλλά όμως αποκομίζει περισσότερο μέσο ουσιαστικό όφελος από αυτές. Αυτό συμβαίνει αφού προτείνει αρκετά μεγαλύτερες τιμές σε σύγκριση με ένα ‘επιθετικό’ πωλητή. Άρα βλέπουμε πως υπάρχει μια αντίστροφη σχέση ανάμεσα σε πλήθος συμφωνιών, οφέλους καθώς και κέρδους στο οποίο στοχεύει ο πωλητής. Ιδιαίτερη σημασία έχει πως στην περίπτωση όπου ο πωλητής στοχεύει σε πολύ μικρό ποσό κέρδους (ίσο με 5 ΧΜ) το ουσιαστικό όφελος που αποκομίζει είναι τεράστιο (0.95). Προφανώς αυτή η τιμή είναι κατά πολύ καλύτερη ακόμα και από την συντριπτική

πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών στον τομέα που έχει γίνει κατά καιρούς. Αντίθετα, όταν το κέρδος είναι ίσο με 300 ΧΜ το όφελος κατεβαίνει στο 0.64.

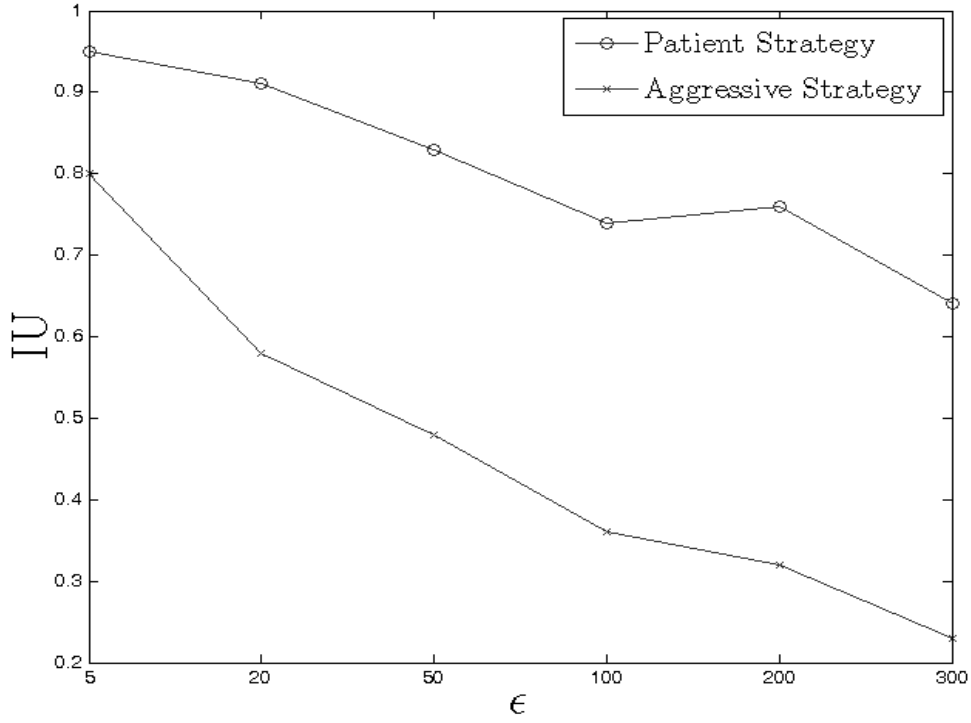
Τέλος, στο Σχήμα 20 παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα μας για το μέσο κοινό όφελος. Παρατηρούμε πως η επιθετική στρατηγική με στόχευση στην όσο το δυνατόν συντομότερη ολοκλήρωση της αλληλεπίδρασης δεν οδηγεί σε υψηλές τιμές αφού κυρίως επηρεάζεται από το γεγονός ότι ο πωλητής χάνει όφελος με τη χρήση της. Όσον αφορά στην υπομονετική στρατηγική, αυτή οδηγεί σε καλύτερες τιμές όσο πιο μεγάλο είναι το επιδιωκόμενο όφελος. Αυτό σημαίνει πως σε αυτές τις περιπτώσεις ο αγοραστής επωφελείται επίσης από τη συμφωνία, πράγμα που φυσικά δεν συμφέρει τον πωλητή (όπως ειπώθηκε καλό είναι ο πωλητής να επιδιώκει μικρότερο κέρδος ώστε να αυξηθεί το τελικό όφελός του).



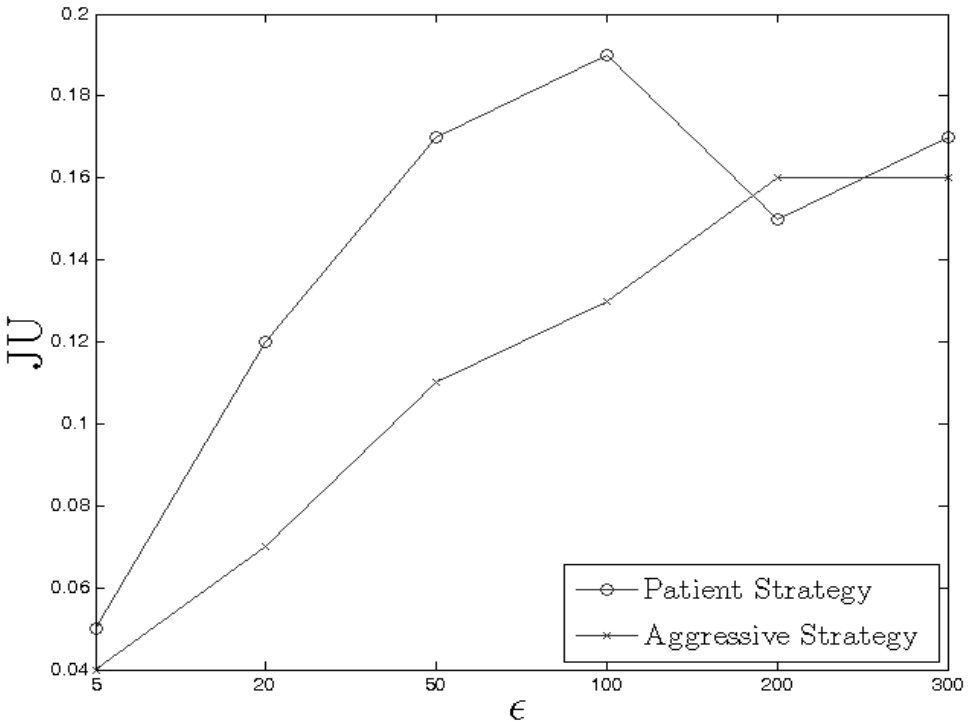
Σχήμα 17. Ποσοστό συμφωνιών για το ‘υπομονετικό’ και το ‘επιθετικό’ σενάριο.



Σχήμα 18. Απαιτούμενα βήματα για κλείσιμο συμφωνίας για το 'υπομονετικό' και το 'επιθετικό' σενάριο.



Σχήμα 19. Μέσο ουσιαστικό όφελος του πωλητή για το 'υπομονετικό' και το 'επιθετικό' σενάριο.



Σχήμα 20. Μέσο κοινό όφελος του πωλητή για το 'υπομονετικό' και το 'επιθετικό' σενάριο.

4.5. Ερευνητική Συνεισφορά

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάσαμε κάποιες προτεινόμενες μεθόδους για διαχείριση βασικών στοιχείων της συμπεριφοράς ενός πωλητή. Αρκετές ερευνητικές προσπάθειες υποθέτουν τη χρήση χρονικού ορίζοντα συμμετοχής στην πλευρά του πωλητή αλλά δεν καθορίζουν μεθόδους για τον υπολογισμό του. Συνήθως, αυτός επιλέγεται τυχαία σε κάποιο διάστημα κατά την έναρξη των πειραμάτων. Εμείς, προτείνουμε μια μέθοδο υπολογισμού που βασίζεται αποκλειστικά στα χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου προϊόντος. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπουμε στον πωλητή να διαφοροποιήσει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής με ένα αποδοτικό τρόπο ανάλογα με το αν ένα προϊόν είναι δημοφιλές ή ο πωλητής στοχεύει σε συγκεκριμένο ποσό κέρδους. Με την προτεινόμενη μέθοδο προσπαθούμε να επιτύχουμε δύο στόχους ταυτόχρονα: να προκαλέσει ο πωλητής τον αγοραστή να δεχθεί την προσφορά του, που μπορεί να είναι ακόμη και μια μικρή τιμή εφόσον το επιτρέπει η δημοφιλία του προϊόντος και να προσπαθήσει να διασφαλίσει το κέρδος του όταν το προϊόν δεν είναι αρκετά δημοφιλές. Τη μέθοδο αυτή την επεκτείναμε, ώστε να εξαχθεί μια πιο αποδοτική μέθοδος. Προτείνουμε ένα ασαφές σύστημα το οποίο χειρίζεται την παραπάνω διαδικασία.

Επιπλέον, προτείνεται ένας ολοκληρωμένος μηχανισμός λήψης απόφασης που βασίζεται στην ασαφή λογική. Ο μηχανισμός αυτός βασίζεται σε αρκετές παραμέτρους,

σε αντίθεση με άλλες ερευνητικές προσπάθειες, και εξάγει την καλύτερη απόφαση σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Δεν χρησιμοποιείται για την αποτίμηση των προσφορών αλλά και ούτε για την παραγωγή των προσφορών όπως γίνεται σε άλλες ερευνητικές εργασίες. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν πως το προτεινόμενο μοντέλο υπερτερεί σε αρκετά σημεία σε σύγκριση με άλλες ερευνητικές προτάσεις κάτω από πλήρη άγνοια για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΩΝ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Η επιλογή των κατάλληλων οντοτήτων και προϊόντων με τη βοήθεια ενός απλού αλλά ταυτόχρονα αποδοτικού μηχανισμού αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα στον τομέα των ΗΑ. Από όσο γνωρίζουμε μέχρι στιγμής, ελάχιστες ερευνητικές προσπάθειες ασχολούνται με το συγκεκριμένο πρόβλημα. Παρόλα αυτά η επιλογή της κατάλληλης οντότητας είναι μεγάλης σημασίας ιδιαίτερα δε όταν προκύπτει από ένα αποδοτικό συνδυασμό ενός συνόλου παραμέτρων. Στο παρόν κεφάλαιο προτείνουμε δύο μεθόδους: η πρώτη αφορά σε μια αποδοτική μέθοδο εξαγωγής της πιο κατάλληλης οντότητας (πωλητής ή μεσίτης) με την οποία στη συνέχεια ένας αγοραστής μπορεί να προχωρήσει στη διερεύνηση μιας πιθανής αγοραπωλησίας. Η δεύτερη τεχνική προσφέρει μια μέθοδο υπολογισμού του κατά πόσο ένα προϊόν με βάση τα χαρακτηριστικά του αλλά και τα χαρακτηριστικά του αντίστοιχου πωλητή ταιριάζει με τους στόχους ενός αγοραστή. Μετά την περιγραφή της κάθε μεθόδου παρουσιάζουμε τα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία είναι άκρως ενθαρρυντικά αφού αποδεικνύουν ότι η απόδοσή των προτεινόμενων τεχνικών είναι αρκετά καλή.

5.1. Σχετική Βιβλιογραφία

Η βιβλιογραφία στη συγκεκριμένη περιοχή είναι αρκετά περιορισμένη και εστιάζεται κυρίως στη χρήση μεθόδων ενισχυτικής μάθησης σε διάφορα σημεία μιας αλληλεπίδρασης αγοραστών – πωλητών. Περιγράφουμε συνοπτικά αυτές τις προσπάθειες διότι για τη λύση του προαναφερόμενου προβλήματος επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε μεθόδους ενισχυτικής μάθησης. Ο λόγος είναι ότι αυτά τα μοντέλα απαιτούν λιγότερη πρότερη γνώση σε σύγκριση με άλλες μεθόδους όπως επίσης αφορούν τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε διάφορες ερευνητικές περιοχές με επιτυχία.

Στο [192], δίνεται μια καλή περιγραφή των ενδιάμεσων οντοτήτων που μπορεί να δραστηριοποιηθούν στα πλαίσια μιας ΗΑ. Οι συγγραφείς βέβαια δίνουν βαρύτητα σε ΗΑΠ, παρόλα αυτά, οι οντότητες αυτές μπορεί να είναι παρούσες σε κάθε ΗΑ. Οι ενδιάμεσες οντότητες ενισχύουν, σύμφωνα με τα αποτελέσματα, την αποδοτικότητα της ΗΑ αλλά δεν επηρεάζουν σε καμία περίπτωση τις τιμές. Τα κύρια πλεονεκτήματά τους αφορούν κυρίως τη διευκόλυνση που παρέχουν στις υπόλοιπες οντότητες.

Ένα μοντέλο που βασίζεται στις μεθόδους ενισχυτικής μάθησης παρουσιάζεται στο [134]. Πρόκειται για ένα μηχανισμό συνεχούς μάθησης τον οποίο οι πράκτορες υιοθετούν όταν διαπραγματεύονται για την απόκτηση πόρων. Οι συγγραφείς προτείνουν μια στρατηγική που συγκλίνει γρήγορα στη στρατηγική ισορροπίας κατά Nash, όταν οι πράκτορες αντιμετωπίζουν άλλες οντότητες με αντίστοιχους μηχανισμούς προσαρμογής. Στις προσομοιώσεις που παρατίθενται εξετάζονται περιπτώσεις όπου οι αγοραστές προσπαθούν να αγοράσουν υπηρεσίες σε ένα σενάριο δημοπρασιών. Συγκρίνονται διαφορετικοί τύποι οντοτήτων έτσι ώστε να αποκαλυφθεί αν το προτεινόμενο μοντέλο επιδεικνύει καλή απόδοση. Η υπόθεση όμως ότι και οι ‘αντίπαλοι’ υιοθετούν μεθόδους προσαρμογής, απλοποιεί το εξεταζόμενο σενάριο αφού μια οντότητα δεν μπορεί να είναι σίγουρη για τη στρατηγική που ακολουθεί μια άλλη.

Στο [148], οι τεχνικές ενισχυτικής μάθησης χρησιμοποιούνται για τον δυναμικό καθορισμό τιμών τις οποίες προτείνουν οι οντότητες στα πλαίσια μιας διαπραγμάτευσης. Οι συγγραφείς εξετάζουν δύο σενάρια στα οποία συμμετέχουν ένας ή δύο πωλητές. Οι πωλητές βασίζονται στον Q-Learning αλγόριθμο ώστε να είναι ικανοί να καθορίζουν δυναμικά τις τιμές τους. Πιο συγκεκριμένα, στο σενάριο όπου υπάρχουν δύο πωλητές, οι συγγραφείς μοντελοποιούν το πρόβλημα σαν ένα Μαρκοβιανό παίγνιο δίνοντας συγκεκριμένους φορμαλισμούς. Λύνουν το πρόβλημα χρησιμοποιώντας αλγόριθμους actor-critic μέσα από ένα αριθμό προσομοιώσεων. Τελικά, η απεικόνιση της προσέγγισής τους γίνεται μέσα από την περιγραφή παραδειγμάτων για συγκεκριμένα είδη ΗΑ.

Επιπρόσθετα, οι συγγραφείς στο [180] εξετάζουν ένα σενάριο στο οποίο εμπλέκονται σε αλληλεπιδράσεις πράκτορες που χρησιμοποιούν μεθόδους ενισχυτικής μάθησης μέσα στα πλαίσια μιας ΗΑ. Οι πράκτορες υιοθετούν τον αλγόριθμο Q-Learning όταν προσπαθούν να αποφασίσουν τη βέλτιστη στρατηγική σχετικά με τις προτεινόμενες τιμές. Όταν οι πράκτορες χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο ενισχυτικής μάθησης επιτυγχάνουν υψηλότερο αναμενόμενο όφελος από ότι οι υπόλοιποι (που δεν υιοθετούν μια μέθοδο μάθησης). Όταν και οι δύο οντότητες που αλληλεπιδρούν χρησιμοποιούν μηχανισμούς ενισχυτικής μάθησης, δεν υπάρχει απόδειξη σύγκλισης, όμως σύμφωνα με τους συγγραφείς, το προτεινόμενο σύστημα επιτυγχάνει ικανοποιητική απόδοση.

Ακόμη ένα σύστημα πρακτόρων με χρήση του αλγορίθμου Q-Learning παρουσιάζεται στο [171]. Το σύστημα χρησιμοποιείται για να προτείνει ταξίδια στους ενδιαφερόμενους αγοραστές. Ο αλγόριθμος ενισχυτικής μάθησης χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τη μάθηση της συμπεριφοράς των πελατών ώστε να προκύψουν προτάσεις πλήρως

προσαρμοσμένες στα χαρακτηριστικά των πελατών. Μια πρώτη προσέγγιση βασίζεται στη μάθηση δεδομένων από όλους τους χρήστες για να βρει συστάδες όμοιων ενδιαφερόντων βασιζόμενη στην ηλικία και το φύλο. Στη δεύτερη προτεινόμενη προσέγγιση, ο πράκτορας μελετά το προφίλ του χρήστη, τη συμπεριφορά του όπως επίσης και τα χαρακτηριστικά των ταξιδιών (πρόκειται για ένα σενάριο προσπαθούν να επιλέξουν ταξίδια) έτσι ώστε να είναι ικανός να εξάγει τα ενδιαφέροντα των χρηστών.

Στο [58], οι συγγραφείς περιγράφουν στρατηγικές τις οποίες ακολουθούν αγοραστές και πωλητές, έτσι ώστε να έχουν αποδοτικές αλληλεπιδράσεις, με απώτερο στόχο την ολοκλήρωση μιας αγοραπωλησίας. Πιο συγκεκριμένα, οι στρατηγικές των αγοραστών έχουν να κάνουν με την επιλογή του κατάλληλου πωλητή ο οποίος μεγιστοποιεί το όφελός τους. Μελετώνται οι στρατηγικές ισορροπίας ώστε αυτές να εξάγονται με αυτόματο τρόπο. Οι συγγραφείς συμπεραίνουν ότι ένας αγοραστής μεγιστοποιεί το όφελός του, όταν ξαναθέτουν παραγγελίες αγορών με πωλητές οι οποίοι τους έχουν ικανοποιήσει στο παρελθόν. Προφανώς το προτεινόμενο σύστημα εμπλέκει την καταγραφή του ιστορικού των συναλλαγών, ενώ δεν δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στο γεγονός ότι ένας νέος πωλητής μπορεί να αποδειχθεί πιο επικερδής για ένα αγοραστή από ότι ένας με τον οποίο υπάρχουν παρελθοντικές συναλλαγές.

5.2. Επιλογή Πωλητών - Ενδιάμεσων Οντοτήτων

Οι αγοραστές έχουν μια πληθώρα επιλογών όσον αφορά στην επιλογή των πωλητών ώστε να εμπλακούν σε μια αλληλεπίδραση μαζί τους και η οποία τελικά έχει ως απώτερο σκοπό την αγορά ενός προϊόντος. Πέρα όμως από τους πωλητές, διαθέσιμες είναι και ενδιάμεσες οντότητες, οι οποίες μπορούν να αναλάβουν την εύρεση, αγορά και επιστροφή του κατάλληλου προϊόντος στους αγοραστές. Συνήθως, αυτές οι οντότητες απαιτούν ένα αντίτιμο ώστε να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αυτές οι οντότητες είναι οι λεγόμενοι μεσίτες (brokers). Σε αυτή την ενότητα θα αναφερόμαστε με τον όρο οντότητα πωλήσεων (selling entity), στις οντότητες που έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν την πώληση ενός προϊόντος και αυτές είναι είτε οι πωλητές είτε οι μεσίτες.

Λόγω του μεγάλου πλήθους των διαθέσιμων οντοτήτων πωλήσεων, η πιο κρίσιμη διαδικασία, πριν την έναρξη της οποιαδήποτε αλληλεπίδρασης, είναι η επιλογή της πιο κατάλληλης από αυτές. Για το σκοπό αυτό, χρειαζόμαστε μια αυτοματοποιημένη μεθοδολογία ώστε να είναι πιο αποδοτική και γρήγορη η διαδικασία της αναζήτησης.

Συνήθως, οι αγοραστές βασίζονται στη φήμη μιας οντότητας πωλήσεων, ώστε να αποφασίσουν να αλληλεπιδράσουν μαζί της. Όμως, θα πρέπει να ληφθούν υπόψιν ένα σύνολο χαρακτηριστικών, τα οποία ίσως να είναι και πιο σημαντικά από τη φήμη ενός πωλητή. Για παράδειγμα, η τιμή των προϊόντων, ο χρόνος παράδοσης, ο βαθμός συσχέτισης των στόχων του αγοραστή με τα χαρακτηριστικά των προϊόντων, είναι κάποιες άλλες σημαντικές παράμετροι. Με βάση το σκεπτικό ενός αγοραστή, το ιδανικό προϊόν είναι αυτό το οποίο μπορεί να πουληθεί στη μικρότερη δυνατή τιμή, να παραδοθεί στο μικρότερο χρονικό διάστημα και να ταιριάζει πλήρως με τους στόχους που έχει θέσει εξ' αρχής.

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε την ερευνητική μας συνεισφορά σε σχέση με μια προτεινόμενη μεθοδολογία για την επιλογή μιας οντότητας πωλήσεων. Η προτεινόμενη μεθοδολογία χρησιμοποιείται από τον αγοραστή και βασίζεται σε τεχνικές ενισχυτικής μάθησης (reinforcement learning techniques) [175]. Οι τεχνικές ενισχυτικής μάθησης αποτελούν ένα γενικό πλαίσιο για τη λήψη επαναληπτικών αποφάσεων για διάφορα είδη προβλημάτων και έχει αποδειχθεί πως προσφέρουν μια αποδοτική λύση για ένα σύνολο εφαρμογών. Έχουν να κάνουν με το πώς μια οντότητα πρέπει να λάβει αποφάσεις σε κάθε κατάσταση του κόσμου όπου μπορεί να βρεθεί, με απώτερο στόχο να μεγιστοποιήσει το μακροπρόθεσμο όφελος. Οι αλγόριθμοι ενισχυτικής μάθησης διακρίνουν τις διάφορες καταστάσεις του κόσμου και η οντότητα θα πρέπει να επιλέξει τη βέλτιστη στρατηγική.

Η ενισχυτική μάθηση διαφέρει από τις μεθόδους εκμάθησης υπό επίβλεψη, αφού σωστά ζεύγη εισόδων – εξόδων δεν παρουσιάζονται ποτέ, αλλά ούτε μη βέλτιστες ενέργειες διορθώνονται ρητά μέσα από την εξεταζόμενη μεθοδολογία. Στην ενισχυτική μάθηση δίνεται ιδιαίτερο βάρος στην online απόδοση που εμπλέκει την ισορροπία ανάμεσα στην εξερεύνηση και στην εκμετάλλευση. Το βασικό πρόβλημα ενισχυτικής μάθησης σαν εφαρμογή σε Μαρκοβιανές Ανελίξεις Αποφάσεων (Markov Decision Processes - MDPs) αποτελείται από:

- Ένα σύνολο καταστάσεων του κόσμου μας S,
- Ένα σύνολο ενεργειών A, και
- Ένα σύνολο βαθμωτών κερδών $\Re$.

Σε κάθε χρονικό σημείο, η οντότητα αντιλαμβάνεται ότι βρίσκεται στην κατάσταση $s_t \in S$ και έχει στη διάθεσή της ένα σύνολο ενεργειών $A(s_t)$. Η οντότητα διαλέγει μια ενέργεια

$\alpha \in A(s_t)$ και μεταβαίνει στο περιβάλλον της σε μια νέα κατάσταση s_{t+1}. Ταυτόχρονα λαμβάνει κέρδος από τη μετάβαση στη νέα κατάσταση ίσο με r_t. Θα πρέπει να σημειωθεί πως εξετάζουμε ένα πολύ δυναμικό περιβάλλον στο οποίο οι συμμετέχουσες οντότητες αλλάζουν συνεχώς τα χαρακτηριστικά τους (προτεινόμενες τιμές, χρόνος παράδοσης, κ.λπ). Βασιζόμενες στις αλληλεπιδράσεις που γίνονται μέσα στην HA οι οντότητες αναπτύσσουν μια πολιτική $\pi : S \to A$ η οποία μεγιστοποιεί την ποσότητα:

$$R = r_1 + r_2 + ... + r_n \tag{5.1}$$

για τις MDPs που έχουν τερματική κατάσταση, ή την ποσότητα:

$$R = \sum_t \gamma^t \cdot r_t \tag{5.2}$$

για τις MDPs που δεν έχουν τερματική κατάσταση. Επίσης, έχουμε:

$$0 \le \gamma \le 1 \tag{5.3}$$

Η παράμετρος γ αποτελεί τον συντελεστή απομείωσης του μελλοντικού κέρδους το οποίο αποκομίζει μια οντότητα σε κάθε χρονική στιγμή.

Πιο συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος Q-Learning στοχεύει στην εκμάθηση του οφέλους, το οποίο η οντότητα μπορεί να αποκομίσει επιλέγοντας μια συγκεκριμένη ενέργεια σε μια συγκεκριμένη κατάσταση ακολουθώντας μια συγκεκριμένη στρατηγική. Το πιο σημαντικό είναι πως η συζητούμενη μεθοδολογία δεν έχει ανάγκη από τη μοντελοποίηση του κόσμου στον οποίο ενεργεί η οντότητά μας. Η βάση γνώσης στον αλγόριθμο Q-Learning αποτελείται από ένα σύνολο πινάκων, οι οποίοι κάθε στιγμή θα οδηγούν τον αγοραστή στη βέλτιστη ενέργεια. Θα δούμε πως η λήψη της απόφασης για την επιλογή της βέλτιστης λύσης (τη βέλτιστη επιλογή μιας οντότητας πωλήσεων) απαιτεί τον ελάχιστο αριθμό βημάτων (και συνεπώς λιγότερο χρόνο) βασιζόμενοι σε μια απλή μεθοδολογία. Ο αγοραστής παρατηρεί την κατάσταση στην οποία βρίσκεται, καθώς και τον κόσμο γύρω του και αποφασίζει μια ενέργεια. Η συμπεριφορά του είναι η βέλτιστη ακόμη και σε περιβάλλοντα όπου υπάρχει θόρυβος, αλλά και δυναμική συμπεριφορά των υπολοίπων οντοτήτων.

Με το προτεινόμενο μοντέλο, στοχεύουμε στο να προσδιορίσουμε μια πολιτική για ένα αγοραστή, με την οποία θα εξάγεται κάθε φορά η βέλτιστη ενέργεια για κάθε κατάσταση του κόσμου μας. Ο αγοραστής ενεργεί προς την κατεύθυνση του να αγοράσει το καταλληλότερο προϊόν από την καταλληλότερη οντότητα πωλήσεων. Το καταλληλότερο

προϊόν έχει ένα σύνολο χαρακτηριστικών, οι τιμές των οποίων πρέπει να είναι οι μέγιστες / ελάχιστες δυνατές. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

- Η τιμή του,
- Ο χρόνος παράδοσής του,
- Ο βαθμός συσχέτισής του με τους στόχους του αγοραστή, και
- Ο ελάχιστος αριθμός βημάτων για να πραγματοποιηθεί η αγορά (σχετίζεται άμεσα με τον απαιτούμενο χρόνο για να ολοκληρωθεί η αγορά).

Η λίστα δεν είναι εξαντλητική και όπως θα διαπιστώσουμε πιο κάτω μπορεί εύκολα να επεκταθεί υιοθετώντας ακόμη περισσότερα χαρακτηριστικά.

5.2.1. Εξεταζόμενο Σενάριο

Προσπαθώντας να αποκομίσουμε τα οφέλη της χρήσης των τεχνικών ενισχυτικής μάθησης, υλοποιούμε μια εικονική αγορά στην οποία οι δυνητικοί αγοραστές χρησιμοποιούν τον Q-Learning αλγόριθμο για να μάθουν ποια οντότητα πωλήσεων είναι η καταλληλότερη για να προχωρήσουν σε αλληλεπίδραση μαζί της [14]. Ο απώτερος στόχος φυσικά είναι η τελική αγορά του προϊόντος. Θα πρέπει να σημειωθεί πως υποθέτουμε ότι οι αγοραστές αλληλεπιδρούν μόνο με οντότητες οι οποίες έχουν υψηλή τιμή φήμης / εμπιστοσύνης. Ο υπολογισμός και η χρήση της φήμης / βαθμού εμπιστοσύνης για κάθε οντότητα πωλήσεων δεν είναι στόχος της παρούσας ενότητας. Περισσότερες λεπτομέρειες μπορεί να βρει ο αναγνώστης στο Κεφάλαιο 9, στο οποίο αναπτύσσουμε μια προτεινόμενη μεθοδολογία για την εξαγωγή του βαθμού εμπιστοσύνης μιας οντότητας.

Κάθε οντότητα στο σενάριό μας μπορεί να αντιπροσωπευτεί με ένα έξυπνο πράκτορα λογισμικού. Με αυτό τον τρόπο η αλληλεπίδραση γίνεται αυτόματα και αυτόνομα. Κάθε οντότητα πωλήσεων έχει τη δυνατότητα να προωθήσει προς πώληση ένα πλήθος προϊόντων ενώ οι αγοραστές έχουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με ένα πλήθος οντοτήτων πωλήσεων. Στην προηγούμενη ενότητα αναφέραμε επιγραμματικά τις πληροφορίες που είναι σημαντικές για κάθε προϊόν. Σε αυτό το σημείο δίνουμε μια αναλυτικότερη περιγραφή των χαρακτηριστικών αυτών που είναι σημαντικά τόσο για κάθε οντότητα πωλήσεων όσο και για τους αγοραστές:

- *Το id του προϊόντος*. Αποτελεί ένα μοναδικό αριθμό με τον μπορεί να γίνει ο διαχωρισμός των προϊόντων.

- *Ο χρόνος για τον οποίο το προϊόν είναι έγκυρο*. Μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος το προϊόν θεωρείται πως είναι απαρχαιωμένο και δεν έχει καθόλου αξία. Για παράδειγμα, η τιμή μιας μετοχής είναι έγκυρη μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα.

- *Η τιμή του προϊόντος*. Θεωρούμε πως η τιμή αυτή είναι η τελική και περιλαμβάνει το κέρδος ή τυχόν προμήθειες της κάθε οντότητας πωλήσεων.

- *Ο τελικός χρόνος παράδοσης του προϊόντος*. Στην πραγματικότητα, ο χρόνος αυτός αναπαριστά το συνολικό χρόνο για την απόκτηση του προϊόντος και κατά συνέπεια περιλαμβάνει τους χρόνους για την επιλογή του προϊόντος, την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις οντότητες και το χρόνο παράδοσης στον αγοραστή. Για παράδειγμα, ένα αρχείο που περιέχει βίντεο μπορεί να έχει μεγάλη διάρκεια και κατά συνέπεια μεγάλο μέγεθος οπότε ένα μη αμελητέο χρονικό διάστημα απαιτείται για την τελική παράδοσή του στον αγοραστή. Τον συνολικό αυτό χρόνο θα τον ονομάζουμε από εδώ και στο εξής ως *χρόνο απόκρισης (Response Time - RT)*.

- *Ο βαθμός συσχέτισης του προϊόντος με τους στόχους του αγοραστή*. Υπολογίζεται είτε από τον αγοραστή είτε από μια ενδιάμεση οντότητα που ενεργεί στην ΗΑ είτε από τις οντότητες πωλήσεων, αλλά με βάση μια μεθοδολογία που υποβάλλεται από τους αγοραστές έτσι ώστε να υπάρχει ένα αντικειμενικό αποτέλεσμα. Παίρνει τιμές στο διάστημα [0,1]. Όσο πιο κοντά στο 1 βρίσκεται τόσο πιο σχετικό είναι το προϊόν με τους στόχους του αγοραστή. Ο τελικός υπολογισμός βασίζεται σε τεχνικές ομοιότητας που εφαρμόζονται τόσο στις περιγραφές των προϊόντων σε σύγκριση με τα αιτήματα των αγοραστών όσο και στους περιορισμούς που μπορεί να τεθούν σε σχέση με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει στην ενότητα 5.3 για περισσότερες λεπτομέρειες σε σχέση με μια προτεινόμενη τεχνική για τον υπολογισμό του βαθμού συσχέτισης. Τέλος, για να δώσουμε ένα παράδειγμα, ας υποθέσουμε πως ο αγοραστής ψάχνει για ένα λειτουργικό σύστημα υπολογιστών. Αν έχουμε δύο προϊόντα, το ένα με τίτλο ‘Some Distribution, Linux 9.02’ και το άλλο με τίτλο ‘Some Text Processor 4.5’ γίνεται εμφανές πως το πρώτο θα πρέπει να έχει υψηλότερο βαθμό συσχέτισης σε σύγκριση με το δεύτερο.

Στο σενάριο μας, ο αγοραστής προσπαθεί να αγοράσει ένα ή περισσότερα προϊόντα. Στην ουσία ο αγοραστής αποτελείται από δύο τμήματα: το πρώτο τμήμα είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του Q-Πίνακα που είναι απαραίτητος για τη λειτουργία του Q-Learning αλγορίθμου. Ο πίνακας αυτός κατασκευάζεται με βάση τα χαρακτηριστικά των προϊόντων όπως θα δούμε στη συνέχεια. Επίσης πληροφορία σχετική με τις οντότητες πωλήσεων χρησιμοποιείται από τον αγοραστή (π.χ. ποια προϊόντα έχει η κάθε οντότητα, κ.λπ.). Υποθέτουμε πως η πληροφορία αυτή μπορεί να βρεθεί εύκολα συνήθως είτε από άλλους αγοραστές είτε από ενδιάμεσες οντότητες. Θεωρούμε πως χρόνος εύρεσης αυτού του είδους της πληροφορίας είναι αμελητέος. Όταν είναι απαραίτητο (π.χ. ένα προϊόν δεν είναι πια διαθέσιμο προς πώληση από κάποια οντότητα) ο αγοραστής ενημερώνει τα απαραίτητα στοιχεία του πίνακα (ουσιαστικά ενημερώνει τον κατάλληλο Q-Πίνακα όπως θα δούμε παρακάτω). Το δεύτερο τμήμα του αγοραστή είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση μιας αγοράς. Όταν υπάρχει η ανάγκη για αγορά ενός προϊόντος, ο αγοραστής συμβουλεύεται τον κατάλληλο Q-Πίνακα έτσι ώστε να επιλέξει την οντότητα με την οποία θα αλληλεπιδράσει με απώτερο στόχο την εκπλήρωση της αγοράς.

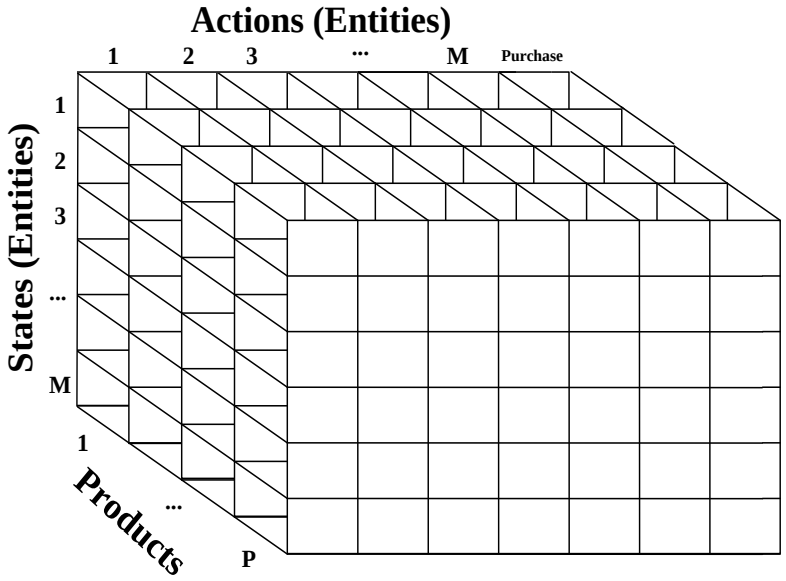
5.2.2. Κατασκευή των Q-Πινάκων

Η κατασκευή των Q-Πινάκων που είναι απαραίτητοι για τη λειτουργία του Q-Learning αλγορίθμου, γίνεται σε ένα αρχικό στάδιο όπως προείπαμε. Ο αγοραστής διατηρεί ένα Q-Πίνακα για κάθε προϊόν για το οποίο ενδιαφέρεται. Ο κάθε πίνακας έχει δύο διαστάσεις: Οι γραμμές αντιστοιχούν στις καταστάσεις του κόσμου μας (με ποια οντότητα πωλήσεων θα αλληλεπιδράσει ο αγοραστής) και οι M+1 στήλες αντιστοιχούν στις ενέργειες που μπορεί να κάνει ο αγοραστής. Η παράμετρος M συμβολίζει το πλήθος των οντοτήτων πωλήσεων. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αγοραστής ‘είναι’ σε μια συγκεκριμένη οντότητα από τις M, αποφασίζει το ποια ενέργεια θα κάνει με βάση τις τιμές της αντίστοιχης γραμμής. Η απόφαση μπορεί να είναι είτε η ‘μετακίνηση’ σε κάποια άλλη οντότητα (σε άλλη γραμμή του Q-Πίνακα) είτε η απόφαση αγοράς του προϊόντος από τη συγκεκριμένη γραμμή (ενέργεια M+1). Η κάθε γραμμή του κάθε Q-Πίνακα αποτυπώνει τη βέλτιστη ενέργεια που ο αγοραστής μπορεί να κάνει. Με άλλα λόγια η απόρριψη της επιλογής να αγοράσει από μια οντότητα (ενέργεια M+1) και η απόφαση μετάβασης σε μια άλλη γραμμή – οντότητα αντιστοιχεί ουσιαστικά σε μια ενέργεια ‘*μην αγοράσεις από αυτή την οντότητα’*.

Με βάση την παραπάνω περιγραφή, τα στοιχεία που απαρτίζουν όλους τους Q-Πίνακες δίνονται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{Elements} = P \cdot M \cdot (M+1) \tag{5.4}$$

όπου P είναι το πλήθος των προϊόντων. Στο Σχήμα 21, βλέπουμε τη γενική μορφή που έχουν οι Q-Πίνακες.



Σχήμα 21. Γενική μορφή των Q-Πινάκων.

Ο αγοραστής λαμβάνει υπόψιν του ένα σύνολο πληροφοριών ώστε τελικά να κατασκευάσει τους Q-Πίνακες. Οι πληροφορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Ο βαθμός συσχέτισης του προϊόντος με τους στόχους του αγοραστή (product relevance factor - R).
- Η τιμή του προϊόντος (product price - P).
- Ο χρόνος απόκρισης (response time - RT).
- Ο αριθμός των μετακινήσεων (number of transitions - NT).

Η παράμετρος R αποτελεί την απεικόνιση της σχέσης της περιγραφής του κάθε προϊόντος με τους στόχους που έχει ο αγοραστής και παίρνει τιμές στο διάστημα [0,1]. Η τιμή του προϊόντος αποτελεί ίσως τον πιο σημαντικό παράγοντα για την επιλογή τους από τους αγοραστές. Συνήθως οι πραγματικοί πωλητές των προϊόντων απαιτούν

μικρότερες τιμές σε σύγκριση με τους μεσίτες (brokers) αφού δεν απαιτούν κάποιου είδους προμήθεια. Αυτό σημαίνει πως ίσως λόγω αυτού του γεγονότος οι πραγματικοί πωλητές να ευνοούνται κατά την κατασκευή των Q-Πινάκων. Αυτό γίνεται γιατί ο αλγόριθμος ενισχυτικής μάθησης λαμβάνει υπόψιν του τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων και αποδίδει συγκεκριμένα οφέλη για κάθε μια από αυτές. Άρα μικρότερες τιμές προϊόντων θα οδηγούν σε μεγαλύτερο όφελος για τον αγοραστή. Ο χρόνος απόκρισης αναπαριστά τον συνολικό χρόνο στον οποίο θα ολοκληρωθεί η αγορά και το προϊόν θα είναι διαθέσιμο στον αγοραστή. Σε πολλές περιπτώσεις αποτελεί επίσης σημαντική παράμετρο, ιδιαίτερα δε, όταν τα προϊόντα μπορεί να χαρακτηριστούν από ένα χρονικό περιορισμό για την απόκτησή τους. Για παράδειγμα, οι τιμές κάποιων μετοχών θα πρέπει, εφόσον αποτελούν προϊόντα προς πώληση, να αποκτηθούν σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα ώστε να είναι λογική η περαιτέρω χρήση τους. Γενικότερα, τα ψηφιακά προϊόντα έχουν συνήθως μικρότερο χρόνο παράδοσης αφού υπάρχει η δυνατότητα άμεσης απόκτησής τους. Τέλος, η παράμετρος NT αποτυπώνει τα βήματα που χρειάζεται ένας αγοραστής για να καταλήξει σε μια οντότητα πωλήσεων και να αποκτήσει ένα προϊόν.

Για κάθε μια από τις παραπάνω παραμέτρους, καθορίζουμε μια συγκεκριμένη μεθοδολογία για την εξαγωγή της τελικής τιμής της (βλ. ενότητα 5.3 για τον υπολογισμό του βαθμού συσχέτισης). Για παράδειγμα, όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των μετακινήσεων σε διαφορετικές οντότητες, τόσο μεγαλύτερο είναι το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής. Επίσης, όταν η τιμή ενός προϊόντος είναι μικρότερη από το μισό της αποτίμησης που έχει ο αγοραστής για το προϊόν αυτό (V), τόσο μεγαλύτερο είναι το όφελος. Αυτό γίνεται διότι ο αγοραστής επιθυμεί να αγοράσει το προϊόν όσο το δυνατόν γρηγορότερα αλλά και όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή. Παρόμοια λογική ακολουθείται κατά τον υπολογισμό των τιμών των υπόλοιπων παραμέτρων. Οι Q-Πίνακες κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εξίσωση:

$$Q(s_t,a_t) \leftarrow Q(s_t,a_t) + l \cdot \left[r + \gamma \cdot \max_{a' \in A} Q(s',a') - Q(s,a) \right] \qquad (5.5)$$

όπου l είναι ο ρυθμός μάθησης, το r αποτελεί το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής, γ είναι ο συντελεστής απομείωσης, το Q() μας δίνει μια τιμή από τους Q-Πίνακες, s_t και a_t είναι η κατάσταση και η ενέργεια που κάνει ο αγοραστής σε χρόνο t. Οι καταστάσεις αντιπροσωπεύουν τις αντίστοιχες οντότητες πωλήσεων και οι ενέργειες τις μεταβάσεις σε συγκεκριμένες οντότητες πωλήσεων. Στο προτεινόμενο μοντέλο, χρησιμοποιούμε ένα ρυθμό απομείωσης του οφέλους για καταστάσεις που οδηγούν σε οντότητες που

δεν διαθέτουν το προϊόν. Ο ρυθμός μάθησης μας δείχνει πότε η διαδικασία εκμάθησης έχει φτάσει σε ένα επιθυμητό σημείο. Ο ρυθμός μάθησης υπολογίζεται βασιζόμενος σε ένα αριθμό επεισοδίων και μειώνεται όσο ο χρόνος περνά.

Για τον υπολογισμό της κάθε τιμής των Q-Πινάκων, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα οφέλη μειώνονται με το πέρασμα του χρόνου σύμφωνα με ένα συντελεστή. Στο μοντέλο μας, χρησιμοποιούμε αυτό το συντελεστή ίσο με 5%, όταν κάποιες οντότητες δεν έχουν στην ιδιοκτησία τους ένα προϊόν. Φυσικά, ανάλογα με τις προθέσεις κάποιου που μοντελοποιεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, θα μπορούσε αυτός ο συντελεστής να έχει μεγαλύτερη ή και μικρότερη τιμή. Επιπρόσθετα, το τελικό όφελος r βασίζεται σε τρεις τιμές:

- Το όφελος για το βαθμό συσχέτισης του προϊόντος,
- Το όφελος για την τιμή του προϊόντος, και
- Το όφελος για το χρόνο απόκρισης.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως:

- Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συσχέτισης, τόσο μεγαλύτερο γίνεται το όφελος.
- Όσο μικρότερη είναι η τιμή του προϊόντος, τόσο μεγαλύτερο γίνεται το όφελος.
- Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος απόκρισης, τόσο μεγαλύτερο γίνεται το όφελος.

Σε δυναμικά περιβάλλοντα όπως είναι οι ΗΑ, οι αγοραστές αλλά και οι οντότητες πωλήσεων πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις και να κάνουν κάποιες ενέργειες κάτω από συνθήκες που μεταβάλλονται συνεχώς. Για παράδειγμα, ένα προϊόν μπορεί να μην είναι διαθέσιμο σε μια οντότητα σε κάποιο χρόνο t. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο αγοραστής πρέπει να ενεργήσει γρήγορα και να ενημερώσει τους Q-Πίνακες. Θεωρούμε πως όταν μια τέτοια αλλαγή συμβαίνει, όλοι οι αγοραστές ενημερώνονται αυτόματα σε αμελητέο χρόνο από μια οντότητα της ΗΑ που έχει σαν καθήκον διαχειριστικές ενέργειες όπως αυτή που περιγράφουμε.

5.2.3. Επέκταση του αλγορίθμου Q-Learning

Στην παρούσα διατριβή, προτείνουμε μια επέκταση του αλγορίθμου Q-Learning με την οποία προσπαθούμε να χειριστούμε περιπτώσεις ανάκλησης ή νέων εισαγωγών προϊόντων μέσα στην ΗΑ. Στις περιπτώσεις αυτές, ο αγοραστής ενημερώνει μόνο τις

γραμμές που επηρεάζονται από την αλλαγή στα προϊόντα της ΗΑ και όχι ολόκληρους τους Q-Πίνακες. Στόχος μας είναι η εξοικονόμηση χρόνου. Σε διαφορετική περίπτωση, οι Q-Πίνακες παραμένουν σταθεροί και συνεπώς οι ίδιες αποφάσεις θα εξάγονται όταν ο αγοραστής καλείται να επιλέξει μια οντότητα πωλήσεων. Επιπρόσθετα, κάθε φορά που ένα νέο προϊόν εισέρχεται στην ΗΑ, ο αγοραστής δημιουργεί ένα νέο Q-Πίνακα που αφορά το προϊόν αυτό και ενημερώνει τις τιμές του. Γενικότερα, οι περιπτώσεις τις οποίες καλύπτουμε με το προτεινόμενο σύστημα και αποτελούν επέκταση στον αλγόριθμο Q-Learning αποτελούν είναι οι:

- Ένα νέο προϊόν εισέρχεται για πρώτη φορά στην ΗΑ. Προφανώς αυτό το προϊόν βρίσκεται στην ιδιοκτησία μιας συγκεκριμένης οντότητας. Το προϊόν είναι νέο στο σύνολο των οντοτήτων πωλήσεων.
- Μια οντότητα προσφέρει ένα νέο προϊόν στους αγοραστές το οποίο ήδη είναι διαθέσιμο σε άλλες οντότητες. Συνεπώς, η συγκεκριμένη οντότητα πωλήσεων πρόκειται να ανταγωνιστεί τις υπόλοιπες στις πωλήσεις του προϊόντος.
- Κάποια οντότητα δεν διαθέτει πλέον ένα συγκεκριμένο προϊόν. Το προϊόν όμως υπάρχει σε κάποια(ες) άλλη(ες) οντότητα(ες) πωλήσεων.
- Ένα προϊόν δεν είναι πλέον διαθέσιμο σε καμία οντότητα. Άρα, η αγορά του δεν είναι πλέον δυνατή και πρέπει να ενημερωθούν οι Q-Πίνακες αντίστοιχα.
- Μια οντότητα δεν είναι πλέον διαθέσιμη στους αγοραστές.

Ο κλασικός αλγόριθμος Q-Learning απαιτεί ένα αριθμό επεισοδίων για τη φάση της εκπαίδευσης. Κατά τη φάση αυτή, ο αλγόριθμος χτίζει τους πίνακες αποδοτικά ώστε να έχουμε τις καλύτερες αποφάσεις σε κάθε κατάσταση του κόσμου μας. Χρειαζόμαστε ένα μεγάλο αριθμό επεισοδίων για να κατασκευάσουμε αποδοτικούς πίνακες. Παρόλα αυτά, προτείνουμε μια προσαρμογή της διαδικασίας κατασκευής των Q-Πινάκων σε δυναμικά περιβάλλοντα χρησιμοποιώντας δυναμικό αριθμό επεισοδίων. Εάν χρησιμοποιήσουμε σταθερό αριθμό επεισοδίων πιθανώς να μην είναι και πολύ αποδοτικό, ιδιαίτερα δε, όταν σημαντικές αλλαγές συμβαίνουν στην ΗΑ και απαιτείται συνεχής προσαρμογή και ενημέρωση των τιμών των Q-Πινάκων. Η ανάγκη συνεχής ενημέρωσης των πινάκων ίσως είναι η γενική περίπτωση σε τόσο δυναμικά περιβάλλοντα. Για τον δυναμικό προσδιορισμό του αριθμού των επεισοδίων προτείνουμε την ακόλουθη εξίσωση:

$$NE = c \cdot M \cdot (M+1) \cdot Pr \qquad (5.6)$$

όπου M είναι το πλήθος των οντοτήτων πωλήσεων, Pr είναι ο μέγιστος αριθμός προϊόντων για κάθε οντότητα και c είναι μια σταθερά. Θεωρούμε πως κάθε οντότητα έχει στη διάθεσή της ένα πλήθος προϊόντων που δεν υπερβαίνει ένα μέγιστο αριθμό Pr. Η τιμή της σταθεράς c εξάγεται μέσα από ένα σύνολο πειραμάτων ώστε να προσφέρει αποδοτικά αποτελέσματα. Ουσιαστικά, εκτελέσαμε ένα πολύ μεγάλο αριθμό πειραμάτων και είδαμε το πλήθος των επεισοδίων πάνω από το οποίο οι αλλαγές στις τιμές των πινάκων ήταν αμελητέες. Η παραπάνω εξίσωση δείχνει πως ο αριθμός των επεισοδίων δεν είναι απαραίτητο να είναι ένας πολύ μεγάλος αριθμός, ιδιαίτερα δε, όταν στην ΗΑ υπάρχουν λίγες οντότητες κάθε μια από τις οποίες έχει στη διάθεσή της λίγα προϊόντα. Ο χρόνος που ο αγοραστής εξοικονομεί σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πολύτιμος αφού οδηγεί σε συνολική μείωση του χρόνου για τη δημιουργία και ενημέρωση των Q-Πινάκων και κατά συνέπεια σε μείωση του συνολικού χρόνου για την αγορά των προϊόντων.

5.2.4. Περιγραφή της συμπεριφοράς των αγοραστών

Στη διεθνή βιβλιογραφία, μπορεί κανείς να βρει ένα σύνολο ερευνητικών προσπαθειών που μελετούν τη συμπεριφορά αγοραστών σε σενάριο ΗΑ. Όμως, στην πλειοψηφία τους εμπλέκουν ένα σενάριο στο οποίο οι αγοραστές πρέπει να αλληλεπιδράσουν με ένα σύνολο οντοτήτων σειριακά ή παράλληλα. Στην πρώτη περίπτωση ο αγοραστής θα έπρεπε να αλληλεπιδράσει πρώτα με όλες τις οντότητες και έπειτα να αποφασίσει την αγορά. Ο λόγος είναι ότι δεν είναι σίγουρος το ποια οντότητα έχει την πιο συμφέρουσα προσφορά για ένα προϊόν. Από την άλλη, η παράλληλη αλληλεπίδραση προϋποθέτει ένα μηχανισμό συγχρονισμού των πιθανών τμημάτων του αγοραστή και τα οποία αλληλεπιδρούν με κάθε μια από τις διαθέσιμες οντότητες. Στο δικό μας προτεινόμενο μοντέλο, ο αγοραστής βασίζεται στις τιμές των Q-Πινάκων ώστε να καταλήξει στην πιο κατάλληλη οντότητα.

Το πρώτο βήμα είναι η συλλογή των απαραιτήτων πληροφοριών σχετικά με τις οντότητες και τα προϊόντα τους. Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία των Q-Πινάκων και είναι διαθέσιμες είτε σε άλλους αγοραστές είτε σε ενδιάμεσες οντότητες. Στις ενδιάμεσες οντότητες συνήθως αποθηκεύονται οι διαφημίσεις των προϊόντων των αγοραστών. Μετά τη δημιουργία των Q-Πινάκων, ο αγοραστής είναι έτοιμος να προχωρήσει σε αγορές προϊόντων.

Μόλις υπάρξει η ανάγκη για αγορά ενός προϊόντος, ο αγοραστής ανατρέχει στον κατάλληλο Q-Πίνακα και αρχικά επιλέγει τυχαία μια γραμμή (η οποία αντιστοιχεί σε κάποια από τις οντότητες). Βλέποντας τις τιμές της γραμμής, επιλέγει αυτή με τη μεγαλύτερη τιμή και κατά συνέπεια αυτή με το μεγαλύτερο όφελος. Η στήλη που αντιστοιχεί στην τιμή που επέλεξε αντιστοιχεί κατ' επέκταση στην ενέργεια που πρέπει να ακολουθήσει. Αν η στήλη είναι η M+1 τότε ο αγοραστής ουσιαστικά επιλέγει την αγορά του προϊόντος από τη συγκεκριμένη οντότητα ενώ σε διαφορετική περίπτωση μεταβαίνει σε νέα γραμμή του πίνακα (και άρα σε άλλη οντότητα). Στην περίπτωση που η βέλτιστη ενέργεια είναι η επάνοδος σε οντότητα που είχε επισκεφθεί πιο πριν τότε το αποτέλεσμα είναι η λήψη απόφασης για μη αγορά του προϊόντος. Η λογική πίσω από αυτή την απόφαση είναι πως καμία οντότητα από τις διαθέσιμες δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του αγοραστή σε σχέση με τις τιμές των παραμέτρων που περιγράφηκαν πιο πάνω και άρα η αγορά του συγκεκριμένου προϊόντος δεν κρίνεται συμφέρουσα προς το παρόν (στο μέλλον μπορεί να υπάρξει μεταβολή στα προϊόντα, τα χαρακτηριστικά τους και στις οντότητες πωλήσεων που να οδηγήσει σε μια συμφέρουσα αγορά).

Θα πρέπει να σημειωθεί πως ο αγοραστής από τη στιγμή που ξεκινά τις αγορές του διατηρεί τους Q-Πίνακες και για μελλοντικές αγορές (μια τιμή μετοχής μπορεί να απαιτείται να αγοράζεται καθημερινά), ενώ σε περιπτώσεις νέων προϊόντων ή αλλαγών στα υπάρχοντα οι πίνακες ενημερώνονται κατάλληλα. Για παράδειγμα, αν ένας προμηθευτής τιμών μετοχών μειώσει τις τιμές του, τότε οι αγοραστές ενημερώνουν τους πίνακες τους και πιθανόν αυτό να επηρεάσει τις μελλοντικές αγορές τους. Ουσιαστικά, ένα τμήμα του αγοραστή είναι υπεύθυνο ώστε να συλλέγει τις απαραίτητες πληροφορίες και να ενημερώνει τους πίνακες όποτε γίνονται αλλαγές στην ΗΑ.

5.2.5. Πειραματικά Αποτελέσματα

Στο προτεινόμενο μοντέλο, ο συνολικός χρόνος για την αγορά των προϊόντων είναι ίσος με τον χρόνο που απαιτείται για την κατασκευή / ενημέρωση των Q-Πινάκων και του χρόνου που απαιτείται για την απόφαση ολοκλήρωσης της τελικής αγοράς. Η επόμενη εξίσωση αποτυπώνει το συνολικό χρόνο αυτό:

$$T_p = \sum_{i=1}^{P} T_{ci} + P \cdot \sum_{j=1}^{K} T_{tj} \qquad (5.7)$$

όπου T_p είναι ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την αγορά για ένα συγκεκριμένο προϊόν, T_{ci} είναι ο απαιτούμενος χρόνος για τη δημιουργία / ενημέρωση του i^{th} πίνακα, T_{tj} είναι ο χρόνος που απαιτείται για την j^{th} συναλλαγή σε κάθε γραμμή των Q-Πινάκων, K είναι ο αριθμός των μεταβάσεων για την αγορά ενός συγκεκριμένου προϊόντος, και P είναι το πλήθος των προϊόντων. Στην παραπάνω εξίσωση, ο απαιτούμενος χρόνος για τη μετάβαση σε μια άλλη οντότητα εξαρτάται από τα απαιτούμενα βήματα σε κάθε συναλλαγή. Στον αλγόριθμο Q-Learning υπολογίζουμε τον αναμενόμενο αριθμό των βημάτων με βάση την επόμενη εξίσωση:

$$E_Q(\text{steps}) = (M-1)\cdot\frac{1}{M}\cdot 2+\frac{1}{M}=1+\frac{M-1}{M} \tag{5.8}$$

με το M να συμβολίζει το πλήθος των διαθέσιμων οντοτήτων. Όσο μεγαλύτερο είναι το M τόσο πιο κοντά στο 2 βρίσκεται το πλήθος των βημάτων. Το ενδιαφέρον είναι πως το πλήθος αυτό δεν είναι μεγαλύτερο από 2. Άρα, το πολύ σε 2 βήματα ο αγοραστής αποφασίζει την οντότητα από την οποία θα αγοράσει το προϊόν που επιθυμεί. Χωρίς τη χρήση της προτεινόμενης μεθόδου, ο αγοραστής πρέπει να αλληλεπιδράσει με τις οντότητες σε M βήματα και στο M+1 βήμα να αποφασίσει την αγορά ή να βασιστεί σε ιστορικά δεδομένα και να επιλέξει οντότητες πωλήσεων που έχει εμπιστευτεί στο παρελθόν (με κίνδυνο να αγοράσει προϊόν τα χαρακτηριστικά του οποίου πιθανώς να είναι χειρότερα από ότι σε κάποια άλλη οντότητα πωλήσεων). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα απαιτούμενα βήματα δίνονται από την επόμενη εξίσωση:

$$E_Q^{\sim}(\text{steps}) = M+1 \tag{5.9}$$

Στις εξεταζόμενες περιπτώσεις υποθέτουμε πως ο αγοραστής δεν βασίζεται σε κάποιου είδους ιστορικό για να πραγματοποιήσει τις αγορές του. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, αφού κάποια άλλη οντότητα μπορεί να προσφέρει το προϊόν με καλύτερα χαρακτηριστικά όπως περιγράψαμε πιο πάνω. Στο σενάριο όπου ο αγοραστής αποφασίζει να ρωτήσει όλες τις διαθέσιμες οντότητες πριν αποφασίσει την τελική αγορά τότε ο απαιτούμενος χρόνος είναι ίσος με:

$$T_L = (M+1)\cdot P\cdot t_m \tag{5.10}$$

με το t_m να αναπαριστά το χρόνο αλληλεπίδρασης με μια συγκεκριμένη οντότητα πωλήσεων.

Εκτελέσαμε ένα σύνολο προσομοιώσεων για το σενάριο που περιγράφουμε και για ένα σύνολο συνδυασμών τιμών των βασικών παραμέτρων. Στόχος μας είναι να

προσομοιώσουμε μια δυναμική ΗΑ στην οποία ένα μεγάλο πλήθος αλλαγών συμβαίνουν σχετικά με τις οντότητες ή τα προϊόντα που διατίθενται σε αυτές. Οι προσομοιώσεις αυτές χρησιμοποιούν τη μέθοδο δυναμικού προσδιορισμού επεισοδίων για τη φάση της εκπαίδευσης του αλγορίθμου. Επιπλέον, θεωρούμε σε τυχαία επιλεγόμενα σημεία ότι συμβαίνουν κάποιες αλλαγές στα προϊόντα τα οποία διατίθενται στις οντότητες. Το πιο σημαντικό είναι ότι λαμβάνουμε υπόψιν στα πειράματα και περιπτώσεις στις οποίες οι οντότητες διαθέτουν προϊόντα τα οποία δεν είχαν πιο πριν στην ιδιοκτησία τους. Αυτό συμβαίνει ασχέτως με το αν αυτά τα προϊόντα είναι διαθέσιμα σε άλλες οντότητες.

Στα πειράματά μας θεωρούμε πως η πιθανότητα ένα νέο προϊόν να είναι διαθέσιμο σε μια οντότητα για πρώτη φορά είναι ίση με 2% ενώ η πιθανότητα το προϊόν να είναι εντελώς νέο στην αγορά είναι ίση με 5%. Επίσης θεωρούμε πιθανότητα ίση με 5% για την περίπτωση όπου ένα προϊόν δεν είναι πλέον διαθέσιμο σε μια συγκεκριμένη οντότητα. Επιπρόσθετα, εξετάζουμε την περίπτωση όπου ένα προϊόν δεν είναι διαθέσιμο συνολικά στην ΗΑ αναγκάζοντας τον αγοραστή να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες. Η πιθανότητα αυτή είναι ίση με 2%. Τέλος, 1% είναι η πιθανότητα μια οντότητα να μην είναι διαθέσιμη στην ΗΑ.

Στις προσομοιώσεις που εκτελέσαμε, εξετάζουμε την αγοραπωλησία 400 προϊόντων και μελετούμε τον απαιτούμενο χρόνο ολοκλήρωσης τους. Συγκρίνουμε αυτό τον χρόνο με τον απαιτούμενο χρόνο για τις αγοραπωλησίες όταν ο αγοραστής αλληλεπιδρά με όλες τις διαθέσιμες οντότητες πριν πάρει την τελική απόφαση για την αγορά. Σε κάθε πείραμα, καθορίζουμε ένα μέγιστο αριθμό οντοτήτων που δραστηριοποιούνται μέσα στην ΗΑ, όπως επίσης και το μέγιστο αριθμό προϊόντων που είναι διαθέσιμα σε κάθε οντότητα. Επιπρόσθετα, καθορίζουμε τιμές για τις βασικές παραμέτρους που κρίνονται απαραίτητες για την κατασκευή των Q-Πινάκων και είναι οι εξής:

- Η τιμή της παραμέτρου γ είναι ίση με 0.8.
- Το όφελος r που αποκομίζει ο αγοραστής ορίζεται ως το άθροισμα του οφέλους που αποκομίζει από τον αριθμό των απαιτούμενων μετακινήσεων για την ολοκλήρωση της αγοράς, το όφελος που αποκομίζει από την τελική τιμή του προϊόντος και το όφελος που αποκομίζει από τον τελικό χρόνο απόκρισης της κάθε οντότητας πωλήσεων. Οι ακόλουθες εξισώσεις καθορίζουν τον τρόπο υπολογισμού του καθενός από τα προαναφερόμενα οφέλη.

$$r = r_{steps} + r_{price} + r_{time} \tag{5.11}$$

$$r_{steps} = \frac{c}{k} \tag{5.12}$$

$$r_{price} = \begin{cases} \frac{T_{pr} - Pr}{T_{pr}} \cdot w_p, & \text{if } Pr \le T_{pr} \\ 0, & \text{if } Pr > T_{pr} \end{cases} \tag{5.13}$$

$$r_{time} = \begin{cases} \frac{T_t - RT}{T_t} \cdot w_t, & \text{if } RT \le T_t \\ 0, & \text{if } RT > T_t \end{cases} \tag{5.14}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις, c είναι μια σταθερή τιμή, k είναι ο αριθμός των μετακινήσεων για την ολοκλήρωση της αγοράς, Pr είναι η τιμή του προϊόντος, T_{pr} είναι ένα όριο τιμής (για παράδειγμα ίσο με το μισό της αποτίμησης V του αγοραστή), RT είναι ο χρόνος απόκρισης, T_t είναι ένα όριο χρόνου (για παράδειγμα ίσο με το μισό του χρονικού ορίζοντα του αγοραστή T_b και w_p, w_t είναι τα βάρη για τον τελικό υπολογισμό του οφέλους για την τιμή και το χρόνο απόκρισης αντίστοιχα. Στα πειράματά μας αυτά δεν λαμβάνουμε υπόψιν το όφελος από το βαθμό συσχέτισης του προιόντος με τους στόχους του αγοραστή. Στην περίπτωση που θέλαμε να βασιστούμε και σε αυτή την παράμετρο, απλά ένας νέος όρος της μορφής $z \cdot r_{rel}$ θα εισαγόταν στο άθροισμα του τελικού οφέλους. Το z αποτελεί μια σταθερά, η τιμή της οποίας επηρεάζει φυσικά το τελικό όφελος (όσο μεγαλύτερη τόσο μεγαλύτερη η συνεισφορά του βαθμού συσχέτισης στο τελικό αποτέλεσμα).

- Ο ρυθμός μάθησης l καθορίζεται ίσος με 0.8. Παρόλα αυτά, επιλέγουμε να μειώνουμε την τιμή της παραμέτρου μάθησης όσο ο αριθμός των επεισοδίων αυξάνει. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αριθμός των επεισοδίων αγγίζει μια μέγιστη τιμή τότε η παράμετρος μάθησης παίρνει μια πολύ μικρή τιμή κοντά στο 0.

Πρώτα από όλα, εξετάζουμε στα αποτελέσματά μας το χρόνο κατασκευής των Q-Πινάκων. Οι Πίνακες 10, 11 και 12, απεικονίζουν το χρόνο αυτό για διαφορετικά πλήθη οντοτήτων και προϊόντων. Απεικονίζουμε δύο δείκτες χρόνου. Τον απαιτούμενο χρόνο για την κατασκευή του $1^{ου}$ Q-Πίνακα και τον απαιτούμενο χρόνο για την κατασκευή και ενημέρωση των υπολοίπων πινάκων όταν παρουσιάζεται η ανάγκη αυτή. Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε, ο απαιτούμενος χρόνος για την ενημέρωση των πινάκων είναι αρκετά μικρότερος από το χρόνο κατασκευής τους διότι στο προτεινόμενο μοντέλο ενημερώνουμε μόνο τις απαραίτητες γραμμές και όχι ολόκληρους τους πίνακες.

Στον Πίνακα 13 και στον Πίνακα 14, παρουσιάζουμε τον απαιτούμενο αριθμό μετακινήσεων για την ολοκλήρωση της αγοράς. Συγκρίνουμε τον συνολικό αριθμό μετακινήσεων για την αγορά 400 προϊόντων με τον αριθμό των απαιτούμενων μετακινήσεων όταν ο αγοραστής πρέπει να αλληλεπιδράσει με όλες τις οντότητες πριν αποφασίσει την τελική αγορά (δεν χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα). Βλέπουμε πως ο μέσος αριθμός μετακινήσεων είναι ίσος με 1.72 για κάθε αγορά σε σύγκριση με ένα πολύ μεγάλο αριθμό μετακινήσεων όταν γίνεται η αλληλεπίδραση με όλες τις οντότητες. Το ποσοστό μείωσης του αριθμού των μετακινήσεων προσεγγίζει αρκετές φορές το 100%, ιδιαίτερα δε, όταν λαμβάνουμε υπόψιν ένα πολύ μεγάλο αριθμό οντοτήτων να δραστηριοποιούνται στην ΗΑ.

Κάποιες άλλες ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις εξάγονται από το Σχήμα 22, το Σχήμα 23 και το Σχήμα 24. Στο Σχήμα 22 και στο Σχήμα 23, βλέπουμε το μέσο όρο τιμών των προϊόντων καθώς και το μέσο όρο του χρόνου απόκρισης. Οι δύο αυτοί μέσοι όροι μειώνονται όσο ο αριθμός των οντοτήτων αυξάνει. Αυτό γίνεται διότι ο αλγόριθμος Q-Learning λαμβάνει υπόψιν του όλες τις απαραίτητες παραμέτρους έτσι ώστε να φτάσει στην κατάλληλη επιλογή προϊόντος. Με βάση αυτή τη λογική, η πιο κατάλληλη οντότητα είναι αυτή η οποία προσφέρει ταυτόχρονα το προϊόν στην πιο μικρή τιμή, στο μικρότερο δυνατό χρόνο απόκρισης, με τον υψηλότερο δυνατό βαθμό συσχέτισης και μπορεί το προϊόν να αγοραστεί με το μικρότερο δυνατό αριθμό μετακινήσεων. Σε σχέση με το μέσο βαθμό συσχέτισης και το μέσο αριθμό μετακινήσεων βλέπουμε πως δεν υπάρχουν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις για διαφορετικούς αριθμούς οντοτήτων και προϊόντων. Αυτό είναι πολύ σημαντικό, αφού σημαίνει πως και οι δύο μέσοι όροι βρίσκονται σε αρκετά υψηλά / χαμηλά επίπεδα που είναι και ο τελικός στόχος. Επιπλέον, στο Σχήμα 24, μπορούμε να διακρίνουμε ότι δεν υπάρχει καμία έντονη διαφοροποίηση σχετικά με το μέσο όρο τιμών αλλά και τη μέση χρονική απόκριση. Το πλήθος των προϊόντων δεν επηρεάζει καθόλου τα χαρακτηριστικά των προϊόντων για τα οποία τελικά προκύπτει αγοραπωλησία.

Πίνακας 10. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (1).

Πλήθος Οντοτήτων (5 προϊόντα η κάθε μια)	Χρόνος κατασκευής του 1ου Πίνακα (ms)	Μέσος χρόνος κατασκευής των υπολοίπων Πινάκων (ms)

4	15	0
15	125	17.86
50	1685	402.73
100	16520	3546.44
200	208088	41846.64

Πίνακας 11. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (2).

Πλήθος Οντοτήτων (40 προϊόντα η κάθε μια)	**Χρόνος κατασκευής του 1ου Πίνακα (ms)**	**Μέσος χρόνος κατασκευής των υπολοίπων Πινάκων (ms)**
6	156	15.50
15	561	114.33
30	3510	453.73
60	32667	2386.50
100	191303	8254.22

Πίνακας 12. Απαιτούμενος χρόνος για την κατασκευή των Q-Πινάκων για διαφορετικό πλήθος προϊόντων.

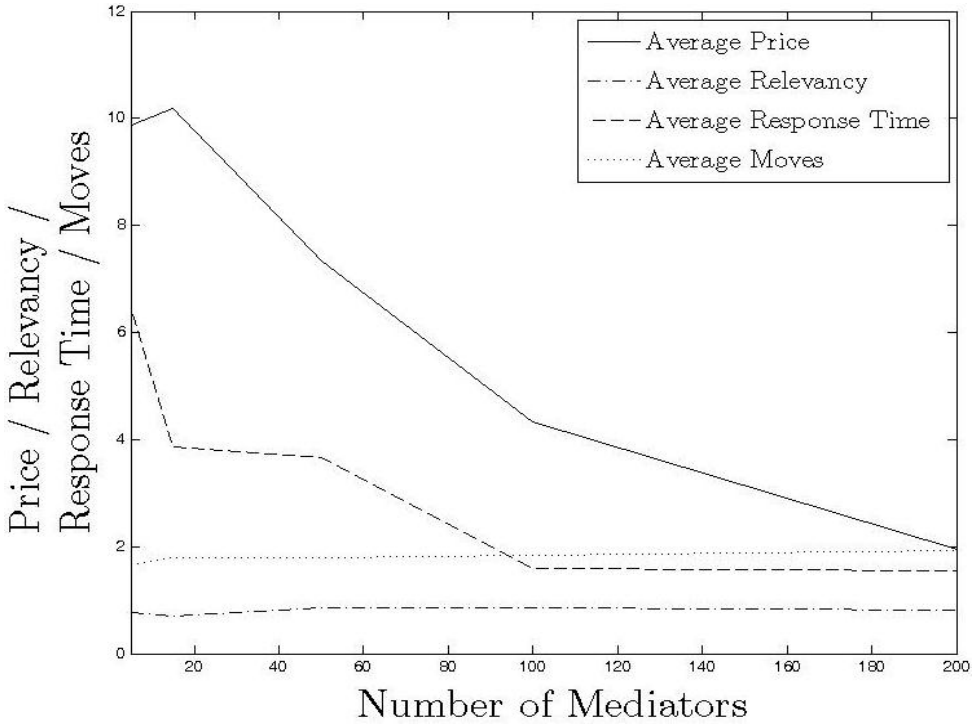
Πλήθος Προϊόντων (15 οντότητες)	**Χρόνος κατασκευής του 1ου Πίνακα (ms)**	**Μέσος χρόνος κατασκευής των υπολοίπων Πινάκων (ms)**
5	125	17.86
40	561	114.33
80	1029	210.60
150	1731	374.57
500	6155	1319.14
1000	14917	2940.86
5000	193644	14914.00

Πίνακας 13. Αριθμός μετακινήσεων για την ολοκλήρωση αγορών για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (1).

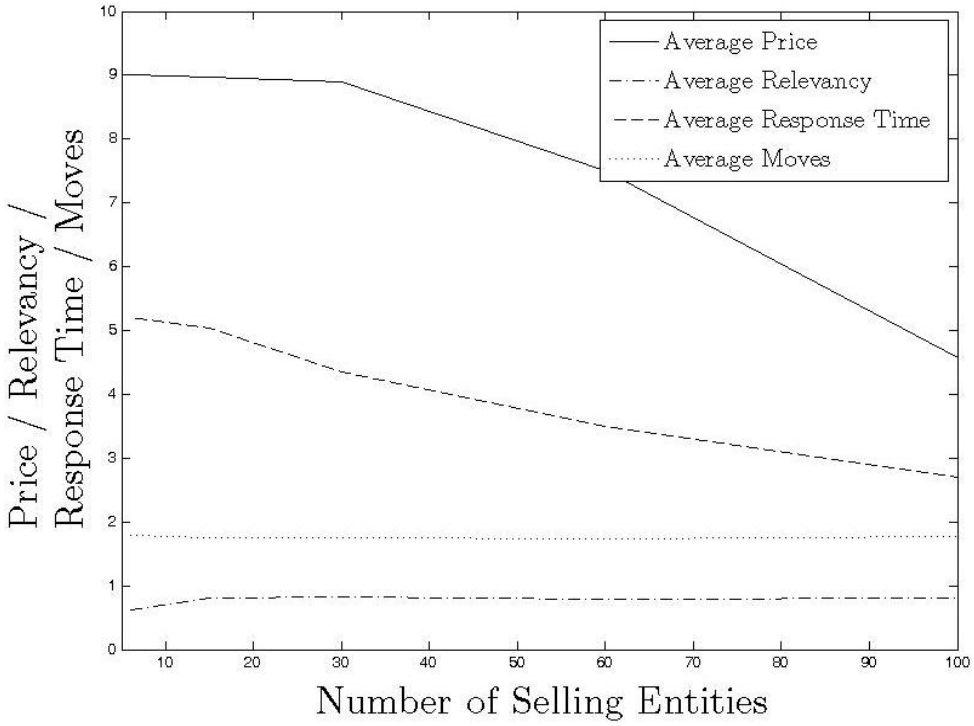
Πλήθος Οντοτήτων (5 προϊόντα η κάθε μια)	Συνολικός αριθμός μετακινήσεων για 400 προϊόντα	Συνολικός αριθμός μετακινήσεων για 400 προϊόντα (χωρίς τη χρήση Q-Learning)	Ποσοστό μείωσης με χρήση Q-Learning
4	653	2000	-67.35%
15	716	6400	-88.81%
50	714	20400	-96.50%
100	732	40400	-98.19%
200	768	80400	-99.04%

Πίνακας 14. Αριθμός μετακινήσεων για την ολοκλήρωση αγορών για διαφορετικό πλήθος οντοτήτων (2).

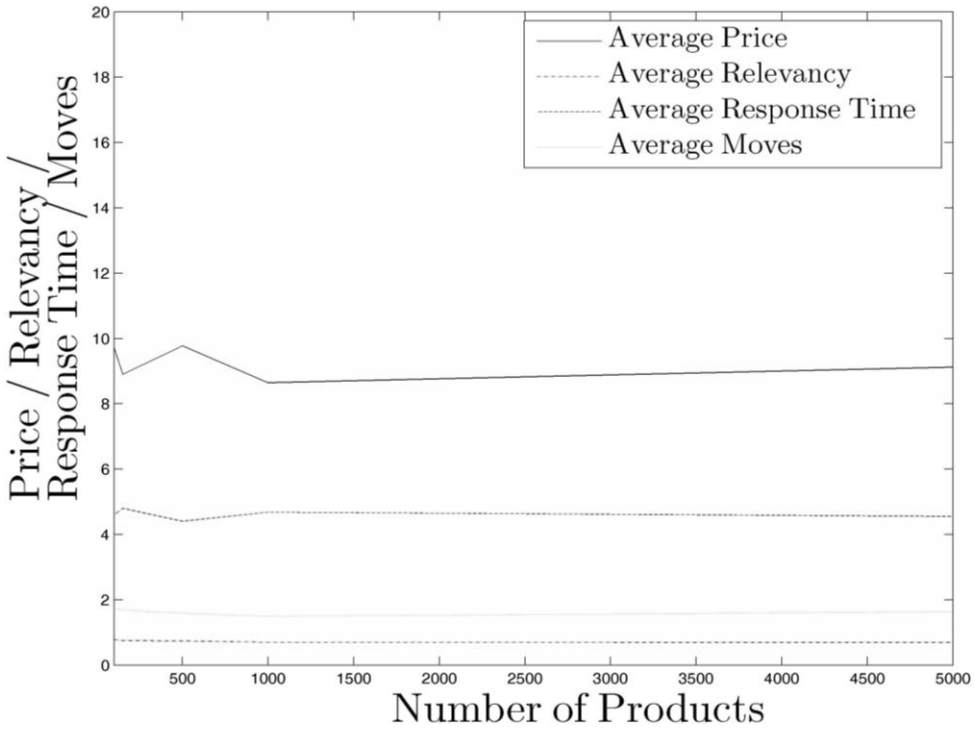
Πλήθος Οντοτήτων (40 προϊόντα η κάθε μια)	Συνολικός αριθμός μετακινήσεων για 400 προϊόντα	Συνολικός αριθμός μετακινήσεων για 400 προϊόντα (χωρίς τη χρήση Q-Learning)	Ποσοστό μείωσης με χρήση Q-Learning
6	718	2800	-74.36%
15	705	6400	-88.98%
30	703	12400	-94.33%
60	693	24400	-97.16%
100	712	40400	-98.24%



Σχήμα 22. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό οντοτήτων (5 προϊόντα η κάθε μια).



Σχήμα 23. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό οντοτήτων (40 προϊόντα η κάθε μια).



Σχήμα 24. Γραφική αναπαράσταση βασικών παραμέτρων για διαφορετικό αριθμό προϊόντων (μέγιστος αριθμός 15 οντότητες που δραστηριοποιούνται στην ΗΑ).

5.3. Επιλογή Προϊόντων από τους αγοραστές

Η επιθυμία των αγοραστών είναι να καταφέρουν να αγοράσουν ή τουλάχιστον να διαπραγματευτούν για ένα προϊόν το οποίο ταιριάζει όσο το δυνατόν περισσότερο με τους στόχους που τους έχουν ανατεθεί από τους ιδιοκτήτες τους. Το κατά πόσο ένα προϊόν ταιριάζει με τους στόχους ενός αγοραστή αναδεικνύεται από την τιμή του *βαθμού συσχέτισης* (relevance factor - r). Πρόκειται για μια πολύ σημαντική παράμετρο για την οποία δεν έχει προταθεί ένας ευρέως αποδεκτός τρόπος για τον υπολογισμό της για το σενάριο αλληλεπιδράσεων στα πλαίσια μιας ΗΑ. Όπως είδαμε και πιο πάνω (ενότητα 5.2) η τιμή αυτής της παραμέτρου επηρεάζει κατά πολύ τη συλλογιστική ενός αγοραστή.

Στην παρούσα ενότητα, προτείνουμε ένα αλγόριθμο υπολογισμού της παραμέτρου r βασιζόμενοι σε τεχνικές εύρεσης ομοιότητας, με βάση τις περιγραφές τόσο των στόχων των αγοραστών όσο και των περιγραφών των προϊόντων. Επιπρόσθετα, λαμβάνουμε υπόψιν Quality of Service (QoS) – ποιοτικά - χαρακτηριστικά των προϊόντων. Τα QoS χαρακτηριστικά είναι πολύ σημαντικά σε σενάρια επιλογής πωλητών συγκεκριμένων προϊόντων αφού αναφέρονται σε ποιοτικά και όχι λειτουργικά χαρακτηριστικά. Ένας αγοραστής δεν πρέπει να εστιάζει μόνο στις περιγραφές των προϊόντων (οι οποίες

μπορεί να λογιστούν σαν λειτουργικά χαρακτηριστικά), αλλά επίσης σε παράμετρος όπως ο χρόνος παράδοσης, η τιμή, ο βαθμός εμπιστοσύνης του πωλητή, κ.λπ. Τα QoS χαρακτηριστικά είναι αυτά που κάνουν τη διαφορά σε ένα σύνολο πωλητών. Ας φανταστούμε πως ένας αριθμός πωλητών προσφέρουν το ίδιο ακριβώς προϊόν. Πως ο αγοραστής θα επιλέξει ανάμεσά τους; Κάποιοι αλγόριθμοι που έχουν προταθεί κατά καιρούς [203], απλά επιλέγουν τυχαία ένα από αυτούς. Δυστυχώς όμως μια τέτοια επιλογή δεν είναι η βέλτιστη, ιδιαίτερα δε, σε ανοιχτά και εντελώς δυναμικά περιβάλλοντα. Έτσι λοιπόν, στο προτεινόμενο μοντέλο αποδίδουμε ιδιαίτερη πρακτική σημασία στα QoS χαρακτηριστικά όπως θα διαπιστώσουμε πιο κάτω.

Στη βιβλιογραφία, μπορεί κανείς να βρει ένα σύνολο μεθόδων για την εύρεση ομοιότητας, κυρίως υπηρεσιών αλλά και προϊόντων. Μπορεί κανείς να βρει μεθόδους που βασίζονται σε shopbots, σε πράκτορες συστάσεων (recommendation agents) αλλά και ταιριάσματος υπηρεσιών διαδικτύου (web services matchmaking). Επίσης, μπορεί κανείς να βρει τεχνικές ταιριάσματος αιτημάτων για υπηρεσίες που τίθενται από έξυπνους πράκτορες, αλλά αυτές βασίζονται σε συγκεκριμένες γλώσσες περιγραφής των υπηρεσιών που προσφέρουν οι πράκτορες αλλά και των αντίστοιχων αιτημάτων.

Κάνοντας μια αναζήτηση στη βιβλιογραφία, μπορεί κανείς να βρει τις ακόλουθες ερευνητικές προσπάθειες. Στο [6], οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια γλώσσα περιγραφής υπηρεσιών (Service Description Language - SDL) και προτείνουν μια τεχνική για τον υπολογισμό ταιριάσματος υπηρεσιών με βάση τη σημασιολογική απόσταση ανάμεσα στις περιγραφές τους και στις αιτήσεις των χρηστών. Όπως θα διαπιστώσουμε όμως, οι σημασιολογικές τεχνικές εξεύρεσης ομοιότητας απαιτούν αρκετό χρόνο ώστε να εξάγουν το τελικό αποτέλεσμα. Στο [47], μια άλλη μεθοδολογία ταιριάσματος B2B υπηρεσιών παρουσιάζεται και περιγράφεται αναλυτικά. Οι αιτήσεις των αγοραστών δίνονται μέσα από μια φόρμα όπου ‘hard’ και ‘soft’ περιορισμοί καθορίζονται από τους χρήστες. Φόρμες χρησιμοποιούνται επίσης κατά την περιγραφή των προσφορών των πωλητών και σχετίζονται με τη μάρκα, την τιμή, την ποσότητα, την απόδοση, το χρόνο παράδοσης, κ.λπ. Στο [77], οι συγγραφείς προτείνουν την Domain Concept Language (DCL) ενώ στα [84] και [203] οι προτεινόμενες τεχνικές εμπλέκουν τη χρήση QoS χαρακτηριστικών στους μηχανισμούς ταιριάσματος υπηρεσιών. Επίσης, συγκεκριμένη οντολογία χρησιμοποιείται για την περιγραφή και το ταίριασμα αιτήσεων και περιγραφών για υπηρεσίες. Στο [163], οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια τεχνική βασισμένη σε Description Logic (DL) για ένα πολύ-πρακτορικό σύστημα. Ένα σύνολο από αλγόριθμους παρουσιάζονται αλλά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να είναι πιο

αποδοτικά εφόσον βασιζόταν σε τεχνικές που χρησιμοποιούν σημασιολογική απόσταση. Το σύστημα LARKS παρουσιάζεται στο [178]. Το εξεταζόμενο σύστημα αφορά στο ταίριασμα αιτήσεων και υπηρεσιών που προσφέρονται από πράκτορες λογισμικού και βασίζεται σε μια συγκεκριμένη γλώσσα περιγραφής των υπηρεσιών και αιτήσεων. Μια ανάλογη προσπάθεια δίνεται επίσης στα [177] και [190]. Στο [204], η παρουσιαζόμενη μεθοδολογία λαμβάνει υπόψιν της την ιστορικότητα στο ταίριασμα αιτήσεων και υπηρεσιών και με αυτό τον τρόπο μπορεί η απόδοση του συστήματος να αυξηθεί.

Οδηγηθήκαμε στον προτεινόμενο αλγόριθμο μια και αλγόριθμοι που υπάρχουν στις προαναφερόμενες ερευνητικές περιοχές παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα και δεν μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα στο εξεταζόμενο σενάριο. Μην ξεχνάμε πως ο αγοραστής χρειάζεται μια απλή τεχνική η οποία θα δώσει αποτελέσματα σε μικρό χρονικό διάστημα ώστε η τιμή της παραμέτρου r να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια στον μηχανισμό συλλογιστικής του αγοραστή κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Ο λόγος είναι ότι ο υπολογισμός αυτός λαμβάνει χώρα είτε κατά την κατασκευή των Q-Πινάκων είτε ακριβώς πριν την έναρξη διαπραγματεύσεων με τους πωλητές όπως θα δούμε στο Κεφάλαιο 7. Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει το τελικό αποτέλεσμα να εξαχθεί γρήγορα και αποδοτικά διότι ειδάλλως θα επιβαρύνει την όλη διαδικασία των αγοραπωλησιών με ότι αποτέλεσμα αυτό συνεπάγεται. Τα μειονεκτήματα λοιπόν αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Οι χρήστες δεν έχουν την ευχέρεια να καθορίσουν τους στόχους των πρακτόρων – αγοραστών σε πολύπλοκες σχετικά γλώσσες. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η γνώση των γλωσσών αυτών. Είναι πιο εύκολο και προτιμότερο να τοποθετούν λέξεις – κλειδιά στον καθορισμό των στόχων και να αναμένουν στη συνέχεια τα αποτελέσματα. Συνεπώς, ο οποιοσδήποτε αλγόριθμος θα πρέπει να είναι ικανός να χειρίζεται τέτοιου είδους περιγραφές. Για παράδειγμα, μια πολύ απλοϊκή περιγραφή ενός προϊόντος – στόχου θα μπορούσε να ήταν: ‘Βιβλίο, Δίκτυα Υπολογιστών’. Ακόμη, και η προσφορά μια διεπαφής που θα υλοποιεί κάποιου είδους ‘μετάφραση’ (ώστε οι χρήστες να μπορούν να δίνουν λέξεις κλειδιά), υποθέτει επιπλέον προσπάθεια από την πλευρά των προγραμματιστών και ίσως να δημιουργεί προβλήματα όταν αλλαγές συμβαίνουν στις γλώσσες αυτές (που μπορεί να είναι συχνές αφού οι κατασκευαστές τους προχωρούν σε ενημερώσεις για την αύξηση της απόδοσης).

- Τα shopbots (βλ. ενότητα 3.3.3), στα οποία θα μπορούσαν να βασιστούν οι χρήστες παρουσιάζουν δυστυχώς κάποια μειονεκτήματα. Είναι πάρα πολύ δύσκολο για ένα website ή πράκτορα (shopbot) να καλύψει όλες τις ανάγκες για προϊόντα των χρηστών. Για αυτό το λόγο, ο χρόνος που απαιτείται για επιστροφή των αποτελεσμάτων αυξάνει. Επίσης, δεν υπάρχουν διάφορες προτυποποιήσεις ώστε να καθορίζεται η μορφή των αποτελεσμάτων που επιστρέφουν οι προμηθευτές – πωλητές ώστε να υπάρχει μια ομοιόμορφη αντιμετώπιση από τα shopbots. Αυτό επιβάλλει ένα αποδοτικό υπολογιστικό μηχανισμό στην πλευρά των shopbots ώστε να καλύψουν όλες τις πιθανές διεπαφές με τους πωλητές. Παρόλα αυτά, ένας τέτοιου είδους μηχανισμός απαιτεί χρόνο για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, ιδιαίτερα δε, όταν πρόκειται να επικοινωνήσει με ένα μεγάλο αριθμό πωλητών. Τέλος, τα shopbots στοχεύουν κυρίως στη σύγκριση τιμών και όχι στην εξαγωγή μιας τιμής που θα αντιστοιχεί την παράμετρο r.

- Οι πράκτορες συστάσεων (recommendation agents) μπορούν να προσφέρουν εξατομικευμένες (personalized) υπηρεσίες και να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις τους μαθαίνοντας από τη συμπεριφορά τους αλλά αυτή η διαδικασία απαιτεί ένα στάδιο ‘συζήτησης’ με τους χρήστες πριν ξεκινήσουν τη λειτουργία τους [71]. Αυτό δυστυχώς απαιτεί χρόνο, αλλά και δεν είναι αποδοτικό για την πλειοψηφία των προϊόντων, να ξέρει ο πράκτορας το σύνολο των προτιμήσεων του χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης χρειάζεται ένα βιβλίο για δίκτυα υπολογιστών δεν είναι απαραίτητο να ξέρει ο πράκτορας το φύλο ή την ηλικία του χρήστη. Ο προσανατολισμός των πρακτόρων συστάσεων είναι εντελώς διαφορετικός (χρησιμοποιούνται πολύπλοκοι αλγόριθμοι ακόμα και στοιχεία της ομάδας που πιθανόν ανήκει ένας χρήστης ώστε να εξάγουν το προϊόν που ταιριάζει καλύτερα σε ένα χρήστη) από ένα απλό υπολογισμό του βαθμού συσχέτισης.

- Οι μεθοδολογίες που βασίζονται σε οντολογίες, παρουσιάζουν το πρόβλημα της ανομοιομορφίας. Δεν υπάρχει προς το παρόν μια κοινή οντολογία για την περιγραφή των προϊόντων η οποία να μπορεί να επεξεργαστεί εύκολα και αποδοτικά. Έτσι λοιπόν, οι αγοραστές πρέπει να είναι ικανοί να αναγνωρίζουν και να χρησιμοποιούν όλα τις πιθανές έννοιες που μπορεί να παρουσιαστούν σε διάφορες οντολογίες.

- Ένα πλήθος τεχνικών έχουν προταθεί για το ταίριασμα υπηρεσιών διαδικτύου (για υπηρεσίες οι οποίες προσφέρονται και απαιτούνται από πράκτορες λογισμικού) [6], [77], [91], [116], [163], [177], [178], [188], [203], [204]. Παρολαυτά, σύμφωνα με το [203], υπάρχουν τρεις μεγάλες δυσκολίες στην εφαρμογή των μεθόδων αυτών.

- Οι τεχνικές αυτές εξετάζουν μόνο ταιριάσματα στην περιγραφή των λειτουργιών που προσφέρουν οι πράκτορες χρησιμοποιώντας συντακτική ή σημασιολογική ομοιότητα.
- Μόνο ελάχιστοι αλγόριθμοι εξετάζουν QoS χαρακτηριστικά τα οποία όπως θα δούμε πιο κάτω είναι πολύ σημαντικά.
- Δεν υπάρχει μέχρι στιγμής μια αποδοτική τεχνική που να συνδυάζει σημασιολογική ομοιότητα με χρήση QoS χαρακτηριστικών των προϊόντων.

Τέλος, στο [18], μια τεχνική που βασίζεται στην ασαφή λογική προτείνεται για την επιλογή συγκεκριμένων προϊόντων. Η προτεινόμενη τεχνική απαιτεί ένα πρώτο στάδιο αλληλεπίδρασης με το χρήστη μέσω ειδικής διεπαφής αλλά είναι πλήρως προσανατολισμένη σε ηλεκτρονικά προϊόντα (π.χ. dvd players, cameras, κ.λπ.).

Ο προτεινόμενος αλγόριθμος για την επιλογή προϊόντων υπερκαλύπτει τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα. Πρόκειται για έναν αυτόματο τρόπο ταιριάσματος των αιτήσεων των αγοραστών με τις περιγραφές των προϊόντων βασιζόμενοι σε τυπικά χαρακτηριστικά των προϊόντων αλλά και σε QoS χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, παίρνουμε υπόψιν το επίπεδο εμπιστοσύνης του πωλητή το οποίο έχει υπολογιστεί με βάσει μια άλλη τεχνική (βλ. Κεφάλαιο 9). Ο προτεινόμενος αλγόριθμος δεν βασίζεται σε γνώση που καταγράφεται από τους ειδικούς, όπως στο [18], ούτε απαιτεί ένα στάδιο εκπαίδευσης όπως στο [66]. Επίσης, δεν χρειαζόμαστε μια προσέγγιση που ακολουθείται στις τεχνικές ταιριάσματος υπηρεσιών όπως στο [177]. Οι προαναφερόμενες μέθοδοι αυξάνουν τον υπολογιστικό χρόνο και είναι πολύπλοκες για το δικό μας σενάριο. Προτείνουμε, μια απλή, αποδοτική τεχνική η οποία εξάγει την τελική τιμή της παραμέτρου r. Με αυτό τον τρόπο ο αγοραστής εξοικονομεί υπολογιστικούς πόρους και χρόνο τον οποίο διαθέτει αποκλειστικά και μόνο στη διαδικασία διαπραγμάτευσης με τους πωλητές. Έτσι λοιπόν, η ερευνητική συνεισφορά μας είναι η ακόλουθη:

- Προτείνουμε ένα νέο αλγόριθμο υπολογισμού του βαθμού συσχέτισης (παράμετρος r) βασιζόμενοι σε ένα μεγάλο πλήθος τεχνικών λεξικογραφικής ομοιότητας. Βασιζόμαστε σε τεχνικές λεξικογραφικής ομοιότητας μια και αυτές απαιτούν λιγότερο χρόνο για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος αλλά και λιγότερους υπολογιστικούς πόρους.

- Ακολουθούμε τη λογική που παρουσιάζεται στο [203] και εμπλέκουμε στη διαδικασία υπολογισμού QoS χαρακτηριστικά των προϊόντων αλλά και των πωλητών.
- Προτείνουμε μια νέα τεχνική λεξικογραφικής ομοιότητας την οποία ονομάζουμε *Extended Q-Gram*. Η τεχνική αυτή βασίζεται στον αλγόριθμο που παρουσιάζεται στο [61].

5.3.1. Υπολογισμός Βαθμού Συσχέτισης (Relevance Factor Calculation)

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για τον υπολογισμό του βαθμού συσχέτισης r βασίζεται στις περιγραφές των αιτημάτων των αγοραστών όπως επίσης και στις περιγραφές των προϊόντων / υπηρεσιών. Κατά ένα μέρος, υιοθετούμε την προσέγγιση που παρουσιάζεται στο [178].

Κάθε αίτημα ενός αγοραστή αποτελείται από:

- Την πληροφορία πλαισίου που αφορά το προϊόν / υπηρεσία (είδος προϊόντος / υπηρεσίας, κατηγορία, κ.λπ.).
- Την περιγραφή του προϊόντος / υπηρεσίας χρησιμοποιώντας ένα αριθμό από λέξεις – κλειδιά.
- Ένα σύνολο περιορισμών. Για παράδειγμα, ο αγοραστής μπορεί να θέσει άνω όριο για την τιμή, άνω ή κάτω όριο για το χρόνο παράδοσης, κ.λπ. Κάθε ένας περιορισμός χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο όνομα και μια συγκεκριμένη τιμή.

Παραπλήσια λογική ισχύει και για την πλευρά του πωλητή. Έτσι λοιπόν, ένα προϊόν / υπηρεσία χαρακτηρίζεται από:

- Την πληροφορία πλαισίου που αφορά το προϊόν / υπηρεσία (είδος προϊόντος / υπηρεσίας, κατηγορία, κ.λπ.).
- Την περιγραφή του προϊόντος / υπηρεσίας με βάσει ένα σύνολο απλών προτάσεων.
- Ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, χαρακτηριστικά ενός προϊόντος / υπηρεσίας μπορεί να αποτελούν η τιμή, ο χρόνος παράδοσης, το νόμισμα, κ.λπ. Κάθε ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά έχει ένα συγκεκριμένο όνομα και τιμή.

5.3.2. Γενική Περιγραφή Μεθοδολογίας

Η μεθοδολογία που προτείνουμε βασίζεται σε ένα σύνολο αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας. Η επιλογή της συγκεκριμένης κατηγορίας αλγορίθμων έγινε ώστε ο αγοραστής να σπαταλήσει το λιγότερο δυνατό χρόνο για τον υπολογισμό της παραμέτρου r. Οι αλγόριθμοι λεξικογραφικής ομοιότητας βασίζονται κυρίως στο ταίριασμα χαρακτήρων ανάμεσα σε δύο συμβολοσειρές. Δοσμένων δύο συμβολοσειρών $X=x_1x_2 \ldots x_N$ και $Y=y_1y_2 \ldots y_M$ με μέγεθος N και M αντίστοιχα, με x_i και y_i να ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο αλφάβητο A, η λεξικογραφική ομοιότητα είναι μια τιμή που αναπαριστά το βαθμό ομοιότητας των δύο συμβολοσειρών. Οι αλγόριθμοι αυτοί κυρίως βασίζονται στον υπολογισμό των κοινών υποακολουθιών χαρακτήρων ανάμεσα στις δύο συμβολοσειρές. Για παράδειγμα, μπορούν να βασίζονται στο πλήθος των κοινών χαρακτήρων ή στο πλήθος των κοινών διγραμμάτων (bigrams), τριγραμμάτων (trigrams), κ.λπ.

Για να προσδώσουμε αποδοτικότητα στη μέθοδό μας, χρησιμοποιούμε ένα μεγάλο αριθμό αλγορίθμων (δεκαπέντε - 15). Επίσης, προτείνουμε ένα νέο αλγόριθμο ομοιότητας που βασίζεται στη γνωστή τεχνική Q-gram, ενώ δεν βασιζόμαστε καθόλου σε αλγορίθμους σημασιολογικής ομοιότητας. Οι λόγοι για τους οποίους βασιζόμαστε στην προτεινόμενη προσέγγιση είναι οι εξής:

- Στοχεύουμε στην αποφυγή πολύ ‘αισιόδοξων’ ή πολύ ‘απαισιόδοξων’ αποτελεσμάτων. Πιο κάτω (ενότητα 5.3.5.2) μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματά μας σε σχέση με την απόδοση των αλγορίθμων.
- Στοχεύουμε στη χρήση αλγορίθμων που χρησιμοποιούν διαφορετικές τεχνικές και εξετάζουν διαφορετικά τμήματα των συμβολοσειρών έτσι ώστε να έχουμε μια πιο σφαιρική και αντικειμενική άποψη για την ομοιότητά τους. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιούμε αλγορίθμους που εξετάζουν κοινούς χαρακτήρες, κοινά διγράμματα και κοινά τριγράμματα.
- Στοχεύουμε στην αποφυγή των μειονεκτημάτων του κάθε αλγορίθμου και στην αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων τους. Στον Πίνακα 16, βλέπουμε μια σύντομη σύγκριση των αλγορίθμων. Μπορούμε να διαπιστώσουμε πως κάποιοι αποδίδουν καλά όταν συγκρίνουν ονόματα ενώ κάποιοι άλλοι αποδίδουν καλά όταν συγκρίνουν συντμήσεις, κ.λπ.
- Αποφεύγουμε τους αλγορίθμους σημασιολογικής ομοιότητας για δύο κυρίως λόγους:

- Οι αλγόριθμοι σημασιολογικής ομοιότητας βασίζονται κυρίως λεξικολογικές ταξινομίες (π.χ. το Wordnet [191]) και έτσι απαιτούν μεγάλα χρονικά διαστήματα για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος (σε σύγκριση με τις μεθόδους λεξικογραφικής ομοιότητας). Στη ενότητα 5.3.5.1 δίνουμε κάποια αριθμητικά δεδομένα σε σχέση με τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης τόσο για τις λεξικογραφικές όσο και για τις σημασιολογικές μεθόδους.
- Στοχεύουμε στο να προτείνουμε ένα γενικό πλαίσιο για τον υπολογισμό της παραμέτρου r για την κάλυψη όσο το δυνατόν περισσοτέρων datasets. Όμως, οι περισσότερες πιθανότητες είναι τα datasets να περιέχουν συντμήσεις, συνδυασμούς λέξεων, αριθμούς, κ.λπ. Τέτοιοι συνδυασμοί λέξεων ή συντμήσεις δεν αποτελούν έγκυρες λέξεις και έτσι οι αλγόριθμοι σημασιολογικής ομοιότητας δεν αποδίδουν καλά. Ας σκεφτούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Έστω ότι ένας αγοραστής ψάχνει αυτοκίνητο με air condition. Στην περιγραφή του αιτήματός του ή στην περιγραφή του προϊόντος το air condition μπορεί να έχει καθοριστεί με τη συμβολοσειρά ‘AC’. Αν ένας αλγόριθμος αναζητήσει την ένδειξη ‘AC’ στο Wordnet, θα βρει δύο σημασίες: α) actinium και β) alternating current. Καμία όμως από τις δύο δεν παραπέμπει σε αυτοκίνητο και προφανώς δεν θα ταιριάξει ποτέ με μια αναφορά της μορφής ‘air condition’.

- Προτείνουμε ένα νέο αλγόριθμο ομοιότητας αφού κανένας από τους υπόλοιπους δεν εξετάζει ταυτόχρονα όλα τα κοινά τμήματα των συμβολοσειρών (χαρακτήρες, διγράμματα, τριγράμματα, κ.λπ.). Όλοι τους εξετάζουν μόνο ένα από τα χαρακτηριστικά των συμβολοσειρών.

Στον Πίνακα 15, παρουσιάζονται οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται από την προτεινόμενη μεθοδολογία. Η χρήση ενός τόσο μεγάλου αριθμού αλγορίθμων έχει στόχο να υπερκεράσει τα μειονεκτήματα του καθενός. Πιο συγκεκριμένα, προσπαθούμε να αποφύγουμε πολύ αισιόδοξες ή απαισιόδοξες προβλέψεις. Κάθε φορά που υπολογίζεται το αποτέλεσμα του κάθε αλγορίθμου, υπολογίζουμε τη διακύμανση των τιμών αυτών V_{sim}. Όταν το V_{sim} είναι πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο T_V, απορρίπτουμε από τους υπολογισμούς τη μέγιστη και τη ελάχιστη τιμή ομοιότητας. Διαφορετικά, χρησιμοποιούμε όλες τις διαθέσιμες τιμές για τον υπολογισμό του μέσου όρου τους που αποτελεί και την τελική πρόβλεψη της λεξικογραφικής ομοιότητας.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτής γίνεται για τον υπολογισμό ομοιότητας της πληροφορίας πλαισίου όπως επίσης και για τον υπολογισμό της ομοιότητας της

περιγραφής του προϊόντος. Το πλαίσιο πληροφορίας της αίτησης του αγοραστή συγκρίνεται με το πλαίσιο πληροφορίας του προϊόντος, οι λέξεις κλειδιά του αιτήματος συγκρίνονται με την περιγραφή του προϊόντος και οι περιορισμοί που τίθενται στο αίτημα συγκρίνονται με τις διαθέσιμες ιδιότητες των προϊόντων. Με βάση τα παραπάνω, παίρνουμε δύο αποτελέσματα ομοιότητας: α) ομοιότητα των λέξεων κλειδιών (kFactor), και β) ομοιότητα στους περιορισμούς (cFactor). Αυτά τα αποτελέσματα συνδυάζονται με τα QoS χαρακτηριστικά τα οποία θεωρούμε πως είναι:

- Η τιμή του προϊόντος (Price - P) σαν ποσοστό της αποτίμησης (Valuation - V) του αγοραστή για το προϊόν αυτό.
- Ο χρόνος παράδοσης (Delivery Time – D) σαν ποσοστό μιας μέγιστης προκαθορισμένης από τον αγοραστή τιμής (D_{max}).
- Ο βαθμός εμπιστοσύνης του πωλητή (T). Πρόκειται για μια πολύ σημαντική παράμετρο η οποία υποδεικνύει αν ο αγοραστής είναι φρόνιμο να συνδιαλλαγεί με το συγκεκριμένο πωλητή. Υπολογίζεται από ένα ασαφή ελεγκτή (βλ. Κεφάλαιο 9) και παίρνει τιμές στο διάστημα [-1, 1]. Μια τιμή ίση με -1 υποδηλώνει ένα πωλητή με κακή φήμη και πολλά αρνητικά σχόλια ενώ μια τιμή ίση με 1 υποδηλώνει ένα πολύ έμπιστο πωλητή.

Πίνακας 15. Λίστα Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας.

Αλγόριθμοι Βασισμένοι σε Ομοιότητα Χαρακτήρων	**Αλγόριθμοι Βασισμένοι σε Διανύσματα**
• Lin Metric (2nd Metric) [112], • Maedche – Staab Metric [118], • Longest Common Subsequence (LCSS) [126], • Longest Common Substring (LCST) [115], • Jaro Metric [81], • Jaro - Winkler Metric [190], (απλός ή βασισμένος στα LCST, LCSS, bigrams, trigrams), • Needleman - Wunch Distance [126], • Smith – Waterman Distance [169], • Extended Q-gram Metric.	• Dice Coefficient [100], • Αλγόριθμος Dice βασισμένος σε bigrams, • Αλγόριθμος Dice βασισμένος στο LCST.

Πίνακας 16. Σύγκριση Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας.

Αλγόριθμος		
Edit Distance	Μεθοδολογία:	Μετρά το πλήθος των απαραίτητων μετακινήσεων για τη μετατροπή της μιας συμβολοσειράς στην άλλη. Το κόστος κάθε κίνησης είναι ίσο με 1.
	Πλεονεκτήματα:	Αποτελεί ένα γρήγορο τρόπο για την εύρεση των διαφορών δύο συμβολοσειρών.
	Μειονεκτήματα:	Δεν εξάγει καλά αποτελέσματα όταν: α) οι συμβολοσειρές έχουν πολλούς κοινούς χαρακτήρες αλλά σε αντίστροφη σειρά και β) οι δύο συμβολοσειρές δεν έχουν το ίδιο μήκος. Για παράδειγμα οι συμβολοσειρές ‘st_name’ και ‘student_name’ έχουν απόσταση 6 που υποδηλώνει πως δεν έχουν ομοιότητα.
LCSS	Μεθοδολογία:	Υπολογίζει τη μέγιστη κοινή υποακολουθία που αποτελείται από συνεχόμενους ή μη χαρακτήρες.
	Πλεονεκτήματα:	Ισχυρή και αποδοτική μέθοδος υπολογισμού του βαθμού ομοιότητας δύο συμβολοσειρών.
	Μειονεκτήματα:	• Υπάρχει η πιθανότητα μη υπολογισμού κάποιων κοινών χαρακτήρων. • Το αποτέλεσμα χρειάζεται επεξεργασία σε ένα επόμενο στάδιο για να απεικονίζει τον βαθμό ομοιότητας των συμβολοσειρών. • Κουβαλά τα μειονεκτήματα της μεθόδου Edit Distance.
LCSt	Μεθοδολογία:	Υπολογίζει τη μέγιστη κοινή υποακολουθία που αποτελείται από συνεχόμενους χαρακτήρες.
	Πλεονεκτήματα:	Ισχυρή και αποδοτική μέθοδος υπολογισμού του βαθμού ομοιότητας δύο συμβολοσειρών.
	Μειονεκτήματα:	Η μέθοδος LCSt είναι τμήμα της LCSS και συνεπώς μεταφέρει τα μειονεκτήματά της.
Smith - Waterman	Μεθοδολογία:	Χρησιμοποιεί δυναμικό προγραμματισμό για τον τελικό υπολογισμό. Στόχος είναι ο υπολογισμός του κόστους για τη μετατροπή της μιας συμβολοσειράς στην άλλη. Συνήθως το κόστος δεν είναι ίσο με 1.
	Πλεονεκτήματα:	Ανάλογα με το dataset ο χρήστης μπορεί να καθορίσει το κόστος των μετακινήσεων.
	Μειονεκτήματα:	Χρειάζεται μια φάση επεξεργασίας για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.
Needleman - Wunch	Μεθοδολογία:	Όμοια με την Smith – Waterman.
	Πλεονεκτήματα:	Όμοια με την Smith – Waterman.

	Μειονεκτήματα:	Όμοια με την Smith – Waterman.
Jaro	Μεθοδολογία:	Λαμβάνει υπόψιν της τους κοινούς χαρακτήρες των δύο συμβολοσειρών αλλά και το μήκος τους.
	Πλεονεκτήματα:	Αποδοτικός αλγόριθμος για τον υπολογισμό της λεξικογραφικής ομοιότητας.
	Μειονεκτήματα:	Βασίζεται μόνο στους κοινούς χαρακτήρες των συμβολοσειρών χωρίς να λαμβάνει υπόψιν της τα κοινά διγράμματα ή τριγράμματα.
Jaro - Winkler	Μεθοδολογία:	Παίρνει το αποτέλεσμα της τεχνικής Jaro και υπολογίζει το μέγιστο κοινό πρόθεμα. Το μήκος του κοινού προθέματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 4.
	Πλεονεκτήματα:	Όμοια με τον αλγόριθμο Jaro.
	Μειονεκτήματα:	• Αποδίδει καλύτερα όταν συγκρίνει ονόματα. • Το ελάχιστο μήκος του κοινού προθέματος είναι ίσο με 4. • Βασίζεται στο αποτέλεσμα ενός άλλου αλγορίθμου και συνεπώς για την εκτέλεσή του θα πρέπει να προηγηθεί η εκτέλεση του αλγορίθμου Jaro.
Lin **(2nd Metric)**	Μεθοδολογία:	Μετρά τα κοινά τριγράμματα που υπάρχουν ανάμεσα στις δύο συμβολοσειρές.
	Πλεονεκτήματα:	Παίρνει υπόψιν του κοινά τμήματα των συμβολοσειρών (τριγράμματα).
	Μειονεκτήματα:	• Αποδίδει καλύτερα όταν συγκρίνει συμβολοσειρές που αποτελούν έγκυρες λέξεις μιας γλώσσας. • Δεν εξετάζει την ομοιότητα χαρακτήρων ή διγραμμάτων.
Maedche - Staab	Μεθοδολογία:	Χρησιμοποιεί την edit distance ανάμεσα σε δύο συμβολοσειρές.
	Πλεονεκτήματα:	Είναι μια απλή μετρική ομοιότητας.
	Μειονεκτήματα:	Έχει τα μειονεκτήματα της μετρικής Edit Distance.

5.3.3. Αλγόριθμος Λεξικογραφικής Ομοιότητας Extended Q-Gram

Στην παρούσα ενότητα, περιγράφουμε ένα νέο αλγόριθμο λεξικογραφικής ομοιότητας που βασίζεται στην τεχνική Q-Gram. Τον αλγόριθμο αυτό τον ονομάζουμε *extended Q-Gram*. Η παράμετρος Q παίρνει διάφορες τιμές από 1 μέχρι και το μέγεθος της μικρότερης συμβολοσειράς. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να εξετάσουμε την ομοιότητα των χαρακτήρων, διγραμμάτων, τριγραμμάτων, κ.λπ. Ας υποθέσουμε ότι δύο

συμβολοσειρές $X = x_1x_2\ldots x_N$ και $Y = y_1y_2\ldots y_M$ είναι πανομοιότυπα (N = M). Σε αυτή την περίπτωση ανάμεσά τους θα υπήρχαν N = M κοινοί χαρακτήρες, N-1 κοινά διγράμματα, N-2 κοινά τριγράμματα, κ.λπ. Προφανώς θα υπήρχε 1 κοινό N-γράμμα. Με βάση αυτό το σκεπτικό ο συνολικός αριθμός των κοινών υπο-ακολουθιών που υπάρχουν ανάμεσα στις δύο συμβολοσειρές είναι:

$$S = N + (N-1) + (N-2) + \ldots + 1 = \frac{N \cdot (N+1)}{2} \tag{5.15}$$

Έτσι λοιπόν, ο τελικός βαθμός ομοιότητας ανάμεσα στις δύο συμβολοσειρές δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Sim(X, Y) = \frac{2}{\Lambda \cdot (\Lambda+1)} \cdot \sum_{Q=1}^{\Lambda} |Q - Grams| \tag{5.16}$$

όπου τα σύμβολα | | περιγράφουν το πλήθος των κοινών χαρακτήρων, διγραμμάτων, κ.λπ. (Q=1, 2, 3, …, Λ) και

$$\Lambda = \min(N, M) \tag{5.17}$$

Το αποτέλεσμα είναι μια τιμή στο διάστημα [0,1]. Η προτεινόμενη τεχνική αποδίδει ένα συγκεκριμένο βάρος σε κάθε κοινό Q-Gram ανάλογα με το πλήθος των χαρακτήρων που περιλαμβάνει. Για παράδειγμα, το κοινό Λ-Gram έχει βάρος $\frac{1}{\Lambda \cdot (\Lambda+1)}$.

Επιπρόσθετα, αν η μια από τις δύο συμβολοσειρές αποτελεί μέρος της άλλης τότε το τελικό αποτέλεσμα είναι ίσο με 1. Σε αυτό το σημείο ας δώσουμε ένα αριθμητικό παράδειγμα. Έστω ότι έχουμε τις συμβολοσειρές: S = 'student' και T = 'dentist'. Για αυτές ισχύει:

Κοινοί χαρακτήρες : 6

Κοινά διγράμματα : 4

Κοινά τριγράμματα : 2

Κοινά 4-γράμματα : 1

Κοινά 5-γράμματα : 0

Κοινά 6-γράμματα : 0

Κοινά 7-γράμματα : 0

Ο τελικός βαθμός ομοιότητας με βάση τον παραπάνω τύπο υπολογισμού είναι:

$$\text{Sim}(S, T) = \frac{26}{56} \approx 46.43\% \tag{5.18}$$

5.3.4. Περιγραφή Αλγορίθμου

Στον Αλγόριθμο 1, βλέπουμε τον προτεινόμενο αλγόριθμο για τον υπολογισμό της παραμέτρου r. Στην αρχή ο αγοραστής υπολογίζει την ομοιότητα της πληροφορίας πλαισίου. Εφόσον το αποτέλεσμα είναι πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο τότε προχωρά στα επόμενα βήματα. Για παράδειγμα, το όριο αυτό μπορεί να καθοριστεί στο 0.7 - 0.8. Εάν ο βαθμός ομοιότητας για την πληροφορία πλαισίου είναι κάτω από το όριο τότε ο αλγόριθμος τερματίζεται δίνοντας σαν τελικό αποτέλεσμα το 0 (το προϊόν δεν σχετίζεται καθόλου με την αίτηση του αγοραστή). Ο καθορισμός του ορίου κρίνεται απαραίτητος διότι είναι πολύ δύσκολο για όλους τους αλγορίθμους να εξάγουν ένα εντελώς αντικειμενικό αποτέλεσμα (με την ανθρώπινη διάσταση του όρου) παρά μόνο αν συγκρίνουν ίδιες συμβολοσειρές. Για παράδειγμα, αν συγκρίνουμε τις συμβολοσειρές ‘4dr’ και ‘4door’ για ένα dataset αυτοκινήτων κανένας αλγόριθμος δεν δίνει αποτέλεσμα 1.0.

Μετά τον υπολογισμό της ομοιότητας για την πληροφορία πλαισίου. Ο αλγόριθμος υπολογίζει άλλες δύο παραμέτρους ομοιότητας: για τις λέξεις κλειδιά και για τους περιορισμούς. Στην πραγματικότητα προσπαθεί να διαπιστώσει πόσες λέξεις κλειδιά αναφέρονται στις περιγραφές των προϊόντων καθώς και πόσοι περιορισμοί μπορούν να ικανοποιηθούν από τα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Με βάση το παραπάνω σκεπτικό υπολογίζονται δύο παράμετροι:

a) ομοιότητα λέξεων κλειδιών (kFactor), και

b) ομοιότητα στους περιορισμούς (cFactor).

Για αυτές τις δύο παραμέτρους ισχύουν:

$$\text{kFactor} = \frac{k}{|\text{keywords}|} \tag{5.19}$$

$$\text{cFactor} = \frac{c}{|\text{constraints}|} \tag{5.20}$$

όπου το k συμβολίζει το πλήθος των λέξεων κλειδιών που υπάρχουν στην περιγραφή του προϊόντος, |keywords| είναι το πλήθος όλων των λέξεων κλειδιών, c είναι το πλήθος

των περιορισμών που μπορούν να ικανοποιηθούν και |constraints| είναι το πλήθος όλων των περιορισμών.

Για τον υπολογισμό της τελικής της παραμέτρου r χρησιμοποιούνται δύο προσεγγίσεις:

a) η '*hard'* προσέγγιση, και

b) η '*soft'* προσέγγιση.

Βασιζόμενοι στην 'hard' προσέγγιση η τελική τιμή της r δίνεται από την επόμενη εξίσωση:

$$r = kFactor \cdot cFactor \cdot QoSFactor \tag{5.21}$$

όπου ο QoSFactor αναλύεται πιο κάτω. Με βάση τη συγκεκριμένη προσέγγιση, ο αγοραστής ακολουθεί μια απαισιόδοξη στρατηγική μιας και όταν ακόμη και μια από τις τρεις (3) παραμέτρους είναι 0 τότε η τιμή της r είναι επίσης 0. Αυτό σημαίνει πως για να χαρακτηριστεί ένα προϊόν σχετικό με την αίτηση – στόχους του αγοραστή πρέπει οπωσδήποτε τουλάχιστον μια / ένας λέξη κλειδί / περιορισμός πρέπει να ικανοποιηθεί. Ακολουθώντας την 'soft' προσέγγιση, η τιμή της r δίνεται από την επόμενη εξίσωση:

$$r = w_1 \cdot kFactor + w_2 \cdot cFactor + w_3 \cdot QoSFactor \tag{5.22}$$

όπου

$$\sum_{i=1}^{3} w_i = 1 \tag{5.23}$$

Στην παραπάνω εξίσωση, ο αγοραστής μπορεί να αυξομειώσει τα βάρη w_i ώστε να προσδώσει μεγαλύτερη σημασία σε μια από τις τρεις παραμέτρους κατά τον υπολογισμό του τελικού αποτελέσματος.

Τέλος, για τον υπολογισμό του QoSFactor, χρησιμοποιούμε την επόμενη εξίσωση:

$$QoSFactor = pFactor \cdot dFactor \cdot tFactor \tag{5.24}$$

όπου

$$pFactor = \left(1 - \frac{P}{V}\right)^a \tag{5.25}$$

$$dFactor = \left(1 - \frac{D}{D_{max}}\right)^n \tag{5.26}$$

$$\text{tFactor} = \left(\frac{T+1}{2}\right)^{m} \tag{5.27}$$

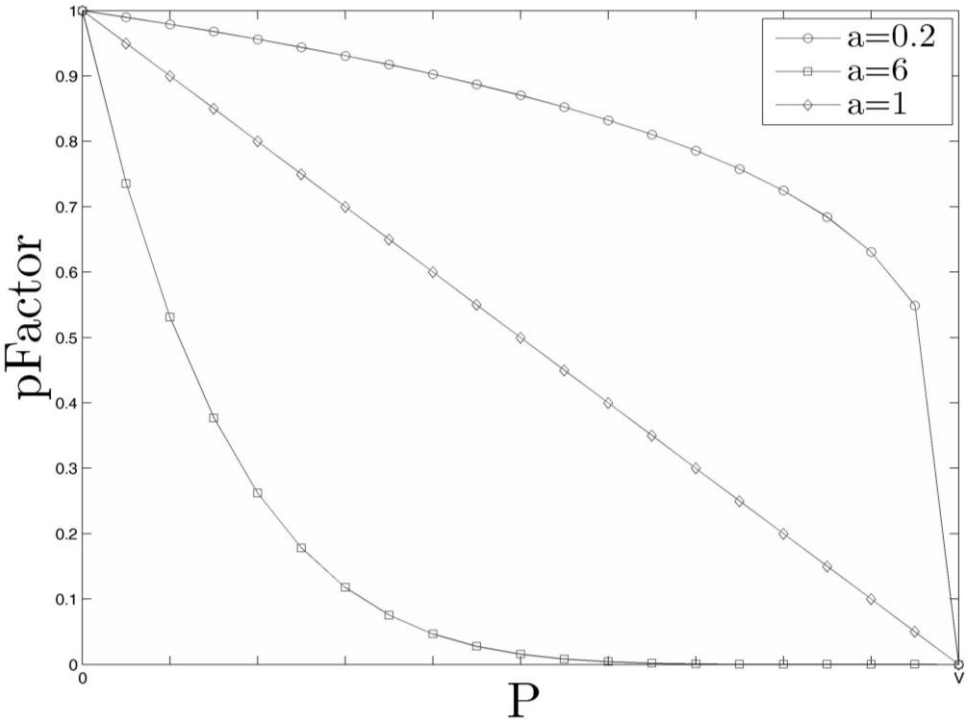
Στις παραπάνω εξισώσεις, P είναι η τιμή του προϊόντος, V είναι η αποτίμηση που έχει ο αγοραστής για το προϊόν, D είναι οι ημέρες παράδοσης του προϊόντος, D_{max} είναι μια μέγιστη τιμή σε σχέση με τις ημέρες παράδοσης, T είναι η τιμή εμπιστοσύνης για τον συγκεκριμένο πωλητή, και a, n, m είναι παράμετροι πολιτικής. Όλες οι παράμετροι παίρνουν τιμές στο διάστημα [0,1]. Προφανώς, κατά τον υπολογισμό του QoSFactor μπορεί να χρησιμοποιηθεί η 'soft' προσέγγιση καθορίζοντας τρία βάρη για τους pFactor, dFactor και tFactor. Σε μια τέτοια περίπτωση ο QoSFactor υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη συνάρτηση:

$$\text{QoSFactor} = wt_1 \cdot \text{pFactor} + wt_2 \cdot \text{dFactor} + wt_3 \cdot \text{tFactor} \tag{5.28}$$

με

$$\sum_{i=1}^{3} wt_i = 1 \tag{5.29}$$

Στο Σχήμα 25, βλέπουμε πως επηρεάζει η παράμετρος πολιτικής a τον υπολογισμό της παραμέτρου pFactor. Όσο πιο μικρή τιμή έχει το a τόσο πιο 'αισιόδοξος' είναι ο αγοραστής αφού ακόμη και για πολύ μεγάλες τιμές του προϊόντος κοντά στο V η τιμή του pFactor είναι σχετικά υψηλές (σε σύγκριση με την περίπτωση όπου το a έχει τιμές πολύ μικρές κάτω από 1). Όταν a = 1 τότε το pFactor είναι μια φθίνουσα γραμμική συνάρτηση.



Σχήμα 25. Χρήση της παραμέτρου πολιτικής a.

Στο σημείο αυτό, δίνουμε μια μικρή ανάλυση σε σχέση με την τιμή της παραμέτρου r. Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να έχουμε μια τιμή για την r μεγαλύτερη από ένα προκαθορισμένο όριο TR. Πάνω από το TR το προϊόν θεωρείται πως είναι σχετικό με την αίτηση / στόχους του αγοραστή. Ας υποθέσουμε επίσης ότι ακολουθούμε την 'hard' προσέγγιση στον υπολογισμό και θέλουμε να υπολογίσουμε, έστω, την τιμή του T το οποίο παριστάνει την τιμή εμπιστοσύνης που πρέπει να έχει ο πωλητής ώστε να προκύψει μια τιμή για το r πάνω από TR. Κάνοντας υπολογισμούς προκύπτει πως:

$$T \geq \max\left(\min\left(2 \cdot e^{\frac{\ln\left(\frac{TR}{kFactor \cdot cFactor \cdot pFactor \cdot dFactor}\right)}{m}} - 1{,}1\right), -1\right) \qquad (5.30)$$

ενώ όταν ακολουθούμε την 'soft' προσέγγιση παίρνουμε

$$T \geq \max\left(\min\left(2 \cdot e^{\frac{\ln\left(\frac{TR - w_1 \cdot kFactor - w_2 \cdot cFactor}{w_3 \cdot pFactor \cdot dFactor}\right)}{m}} - 1{,}1\right), -1\right) \qquad (5.31)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις δίνουν ένα κάτω όριο για την τιμή του T, ώστε να προκύψει τιμή για το r μεγαλύτερη από το TR. Με βάση αυτή την τιμή, ο αγοραστής ορίζοντας το όριο TR, μπορεί αυτομάτως να απορρίπτει πωλητές που δεν έχουν τιμή εμπιστοσύνης όσο υποδηλώνουν οι παραπάνω εξισώσεις. Παραπλήσιοι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν ώστε να προκύψουν τιμές για όλες τις βασικές παραμέτρους όπως τα P ή D. Πληροφοριακά δίνουμε τις αντίστοιχες εξισώσεις για την παράμετρο P. Οι εξισώσεις αυτές ορίζουν το άνω όριο τιμής και είναι (για την 'hard' και 'soft' προσέγγιση αντίστοιχα):

$$P \le \min\left(\max\left(V \cdot \left(1 - e^{\frac{\ln\left(\frac{TR}{kFactor \cdot cFactor \cdot dFactor \cdot tFactor}\right)}{a}} \right), 0 \right), V \right) \quad (5.32)$$

$$P \le \min\left(\max\left(V \cdot \left(1 - e^{\frac{\ln\left(\frac{TR - w_1 \cdot kFactor - w_2 \cdot cFactor}{w_3 \cdot dFactor \cdot tFactor}\right)}{a}} \right), 0 \right), V \right) \quad (5.33)$$

Αλγόριθμος 1. Αλγόριθμος για τον υπολογισμό της παραμέτρου r.

```
Algorithm RelevanceFactorCalculation
Input: Buyer Request, Product Description
Output: Product Relevance Factor
Begin
   CS = getSimilarity(RequestContext, ProductContext)
   If CS > threshold Then
      Foreach keyword in Buyer Request
         Foreach attribute in Product Description
            KS = getSimilarity(keyword, attribute)
            If KS > threshold Then
               k++
               break
            EndIf
         EndFor
      EndFor
```

```
        Foreach constraint in Buyer Request
            Foreach constraint attribute in Product Description
                CoS = getSimilarity(keyword, constraint attribute)
                If CoS > threshold Then
                    c++
                    break
                EndIf
            EndFor
        EndFor
        kFactor = k / |keywords|
        cFactor = c / |constraints|
        pFactor = calculatepFactor(ProductPrice)
        dFactor = calculatedFactor(DeliveryTime)
        tFactor = calculatetFactor(TrustValue)
        QoSFactor = calculateQoSFactor(pFactor, dFactor, tFactor)
        productRelevance = getRelevance(kFactor, cFactor, QoSFactor)
    Else
        productRelevance = 0
    EndIf
End
```

5.3.5. Πειραματικά Αποτελέσματα

Για την αποτίμηση του προτεινόμενου μοντέλου, εκτελούμε ένα αριθμό πειραμάτων προσπαθώντας να δείξουμε την αποδοτικότητα του αλγορίθμου κατά την επιλογή των προϊόντων στην πλευρά του αγοραστή. Χρησιμοποιούμε τις πολύ γνωστές μετρικές: ακρίβεια (precision) και ανάκληση (recall) [136]. Στον Πίνακα 17, βλέπουμε τις περιπτώσεις αντιστοίχισης των κλάσεων που έχουν προβλεφθεί και των πραγματικών κλάσεων που έχουν παρατηρηθεί. Βασιζόμενοι στον Πίνακα 17 ορίζουμε τις μετρικές της ακρίβειας και της ανάκλησης ως εξής:

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \tag{5.34}$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \tag{5.35}$$

Επιπρόσθετα, ορίζουμε την F-Measure μετρική, που αποτελεί ένα σταθμισμένο συνδυασμό των παραπάνω μετρικών, ως εξής:

$$\text{F-Measure} = 2 \cdot \frac{\text{Precision} \cdot \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \tag{5.36}$$

Πίνακας 17. Αντιστοιχία ανάμεσα στις προβλεφθείσες και τις πραγματικές κλάσεις.

		Truth	
		Relevant	**Irrelevant**
Algorithm	**Relevant**	TP	FP
	Irrelevant	FN	TN

5.3.5.1. Αποτελέσματα για τις μετρικές ακρίβειας και ανάκτησης

Αρχικά, χρησιμοποιούμε δεδομένα βιβλίων τα οποία είναι διαθέσιμα στο [13]. Το dataset αποτελείται από δεδομένα για 271378 βιβλία (τίτλος, έτος έκδοσης, συγγραφέας, εκδότης) και έχουν ανακτηθεί από το γνωστό δικτυακό τόπο Amazon. Για την αποτίμηση του μοντέλου μας, ανακτήσαμε 44 περιγραφές των πιο best-selling βιβλίων τα οποία βρήκαμε στον δικτυακό τόπο [114]. Θεωρούμε πως τα 44 αυτά βιβλία αποτελούν αιτήσεις αγοραστών, ενώ τα βιβλία που περιέχονται στο dataset αποτελούν περιγραφές προϊόντων.

Για τα δεδομένα αυτά, ο αλγόριθμος εξήγαγε ένα αποτέλεσμα για τη μετρική της ακρίβειας ίση με 100% ενώ για τη μετρική της ανάκτησης 75%. Η τιμή της μετρικής F-Measure είναι ίση με 85.7%. Η τιμή της μετρικής ανάκτησης ήταν μικρή κυρίως επηρεαζόμενη από τους περιορισμούς που τέθηκαν μέσω των δεδομένων. Για παράδειγμα, αν ένα βιβλίο είχε ημερομηνία έκδοσης το 1954 τότε οποιαδήποτε άλλη ημερομηνία οδηγούσε σε αποτυχία ικανοποίησης αυτού του περιορισμού (υιοθετήσαμε την ‘hard’ προσέγγιση). Σε αυτές τις περιπτώσεις σημαίνει ότι η τιμή του cFactor ήταν ίση με 0.

Για την καλύτερη αποτίμηση του αλγορίθμου, εκτελούμε επιπρόσθετα πειράματα με δεδομένα αυτοκινήτων. Παίρνουμε περιγραφές αυτοκινήτων και αγγελίες ζήτησης από ένα πασίγνωστο ελληνικό δικτυακό τόπο αγγελιών. Οι περιγραφές των αυτοκινήτων περιλαμβάνουν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά τους όπως αυτά αναφέρονται στον συγκεκριμένο δικτυακό τόπο. Σε αυτά τα πειράματα, η τιμές για τις μετρικές της

ακρίβειας, της ανάκτησης και της F-Measure είναι ίσες με 70%. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήσαμε ένα όριο για την τιμή ομοιότητας ίση με 0.7. Αν υιοθετήσουμε ένα όριο ομοιότητας ίσο με 0.65 τότε οι τιμές για τις προαναφερθείσες μετρικές είναι 53%, 100% και 69.2% αντίστοιχα. Σε αυτά τα πειράματα, η τιμή της μετρικής της ανάκτησης είναι μεγαλύτερη σε σχέση με το dataset των βιβλίων διότι είχαμε περισσότερες περιπτώσεις ικανοποίησης των περιορισμών που τέθηκαν. Επιπρόσθετα, τα δεδομένα των αυτοκινήτων δόθηκαν σε έμπειρους χρήστες ώστε να καθορίσουν το ποια ταιριάσματα είναι σωστά [18]. Με βάση τις απαντήσεις των χρηστών πήραμε τιμές 100%, 76.9% και 86.9% για τις μετρικές της ακρίβειας, της ανάκτησης και της F-Measure αντίστοιχα (όριο ομοιότητας ίσο με 0.7). Εάν μειώσουμε το όριο ομοιότητας στο 0.65 τότε οι αντίστοιχες τιμές είναι 84.2%, 100% και 91.4%. Σε σύγκριση με το [18], για τα δεδομένα των αυτοκινήτων εμείς επιτυγχάνουμε μια τιμή για τη μετρική της ανάκτησης ίση με 100% όταν στο [18] η αντίστοιχη τιμή είναι ίση με 87.6%. Επιπλέον, στο [181], για δεδομένα αυτοκινήτων το παρουσιαζόμενο μοντέλο επιτυγχάνει τιμή ακρίβειας κάτω από 70% και τιμή ανάκτησης πάνω από 90%. Η μέγιστη τιμή για τη μετρική F-Measure και για δεδομένα αυτοκινήτων είναι ίση με 67%.

Ας δούμε σε αυτό το σημείο τα αποτελέσματα των πειραμάτων μας όταν ακολουθούμε την ‘soft’ προσέγγιση στον υπολογισμό της παραμέτρου r. Εκτελούμε την ‘soft’ προσέγγιση για τα δεδομένα των αυτοκινήτων και υποθέτουμε ότι QoSFactor = 1. Από τα πειράματα πήραμε τιμή ακρίβειας ίση με 34.78%, τιμή ανάκτησης ίση με 94.11% και τιμή για την F-Measure μετρική ίση με 50.79%. Τα αποτελέσματα κρίνονται χειρότερα συγκρινόμενα με την ‘hard’ προσέγγιση κυρίως λόγω του γεγονότος ότι η ‘soft’ προσέγγιση είναι πιο ευέλικτη όσον αφορά στην τελική τιμή της παραμέτρου r. Αυτό σημαίνει πως η ‘soft’ προσέγγιση βγάζει ταιριάσματα για όλες ή τουλάχιστον για τη συντριπτική πλειοψηφία των αιτήσεων των αγοραστών εκ των οποίων τα περισσότερα δεν είναι σωστά. Λόγω του γεγονότος ότι χρησιμοποιούνται βάρη στον υπολογισμό της τιμής r τις περισσότερες φορές το τελικό αποτέλεσμα υπερβαίνει το όριο που θέσαμε και έτσι ο αλγόριθμος αντιλαμβάνεται λανθασμένα ταιριάσματα.

Σε σχέση με τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης του αλγορίθμου, ο μέσος χρόνος εκτέλεσης ήταν 35 δευτερόλεπτα όταν χρησιμοποιήσαμε μόνο τους αλγορίθμους λεξικογραφικής ομοιότητας. Για λόγους σύγκρισης, προσθέσαμε στην εξαγωγή της ομοιότητας ένα αλγόριθμο σημασιολογικής ομοιότητας. Ο αλγόριθμος αυτός προτάθηκε από τους Leacock και Chodorow [107] και βασίζεται στο Wordnet [191] εξάγοντας το τελικό αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας το μήκος του ελάχιστου μονοπατιού από τη μια

έννοια μέχρι την άλλη. Κατά τη γνώμη μας, ο αλγόριθμος αυτός απαιτεί σχετικά λιγότερο χρόνο σε σύγκριση με άλλους αλγορίθμους σημασιολογικής ομοιότητας (για παράδειγμα αλγόριθμοι που βασίζεται στο περιεχόμενο πληροφορίας απαιτούν περισσότερο χρόνο αφού εξετάζουν τα υπώνυμα κάθε έννοιας που μπορεί να έχουν οι εξεταζόμενες συμβολοσειρές / λέξεις). Ο μέσος χρόνος, λοιπόν, για την εκτέλεση του αλγορίθμου, με χρήση μόνο ενός αλγορίθμου σημασιολογικής ομοιότητας, ήταν 19 λεπτά και 03 δευτερόλεπτα. Ο λόγος είναι προφανής. Οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε μια ταξινομία θα πρέπει να εξετάσουν ολόκληρη την αρχιτεκτονική της ταξινομίας ώστε να ανακαλύψουν συσχετίσεις ανάμεσα στις εξεταζόμενες συμβολοσειρές / λέξεις. Άλλωστε για την εύρεση των συσχετίσεων θα πρέπει να εξεταστούν πολλές έννοιες των λέξεων και μια πολύπλοκη σχετικά διασύνδεσή τους. Πιστεύουμε πως η προσθήκη επιπρόσθετων αλγορίθμων σημασιολογικής ομοιότητας θα αύξανε ακόμη περισσότερο τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης.

Συγκρίνοντας την προσπάθειά μας με άλλες ερευνητικές προσπάθειες, μπορούμε να πούμε τα εξής. Στο [18], οι συγγραφείς δεν παρουσιάζουν αριθμητικά αποτελέσματα παρά μόνο την αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος. Πρόκειται για ένα σύνθετο σύστημα αφού για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος απαιτεί την εμπλοκή τόσο των χρηστών όσο και εμπειρογνωμόνων. Για παράδειγμα, σε ένα αρχικό βήμα, οι χρήστες πρέπει να συμπληρώσουν κάποιες φόρμες με κρίσιμα στοιχεία που σχετίζονται με τις προτιμήσεις τους. Αυτού του είδους οι πληροφορίες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των χρηστών με τα προϊόντα. Επιπρόσθετα, εμπειρογνώμονες καλούνται να κρίνουν τις συνδέσεις αυτές ώστε να σφραγιστεί η συσχέτιση προϊόντων και χρηστών. Οι γνώμες των εμπειρογνωμόνων χρησιμοποιούνται και για τον καθορισμό κοινών κριτηρίων ανάμεσα σε διαφορετικούς προμηθευτές προϊόντων. Στο δικό μας προτεινόμενο μοντέλο δεν απαιτείται κανενός είδους αλληλεπίδραση με εμπειρογνώμονες ενώ και η αλληλεπίδραση με τους χρήστες είναι ελάχιστη (μόνο για την καταγραφή των αιτημάτων για προϊόντα).

Στο [66], οι συγγραφείς περιγράφουν τρία πειραματικά σενάρια. Παρουσιάζουν αποτελέσματα για χίλια (1000) ερωτήματα που απευθύνονται σε δύο συστήματα εξαγωγής ομοιότητας: το Decaf και το iMatch. Ο μέσος χρόνος εκτέλεσης για το Decaf και στα τρία σενάρια είναι 1098.09 δευτερόλεπτα ενώ για το iMatch είναι 1030.61 δευτερόλεπτα. Όπως διαπιστώνουμε, υπάρχει τεράστια διαφορά στο χρόνο εκτέλεσης σε σύγκριση με το προτεινόμενο μοντέλο.

5.3.5.2. Σύγκριση Αλγορίθμων Λεξικογραφικής Ομοιότητας

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε μια σύντομη σύγκριση των αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας. Για το σκοπό αυτό, ορίζουμε τρεις νέες μετρικές:

$$MX_i = \frac{\left|R_i = \max\left(r_i\right)\right|}{S} \tag{5.37}$$

$$MN_i = \frac{\left|R_i = \min\left(r_i\right)\right|}{S} \tag{5.38}$$

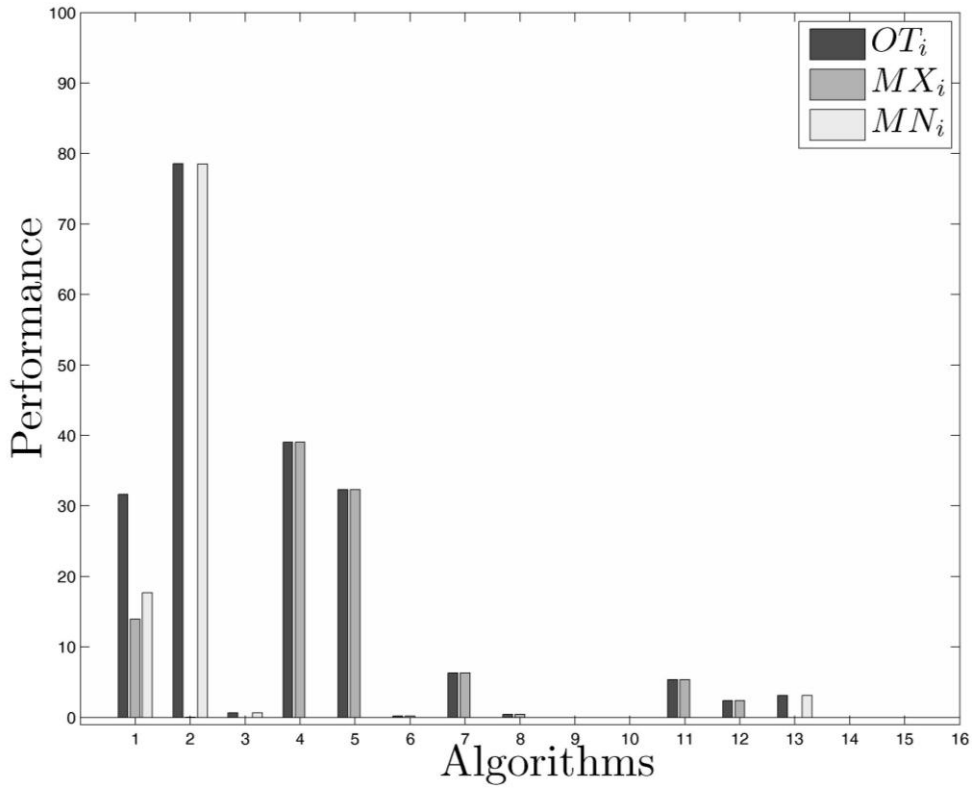
$$OT_i = \frac{MX_i + MN_i}{S} \tag{5.39}$$

όπου R_i είναι το τελικό αποτέλεσμα του i αλγορίθμου, $\max(r_i)$ και $\min(r_i)$ είναι η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή αντίστοιχα των αποτελεσμάτων r_i όλων των αλγορίθμων. Η παράμετρος S απεικονίζει το πλήθος των πειραμάτων (συγκρίσεων). Έτσι, η μεταβλητή MX_i απεικονίζει το ποσοστό των συγκρίσεων στις οποίες ο i αλγόριθμος εξήγαγε τη μέγιστη τιμή από όλους ενώ το MN_i αντιστοιχεί στο ποσοστό των συγκρίσεων στις οποίες ο αλγόριθμος i εξήγαγε το ελάχιστο αποτέλεσμα από όλους. Η μετρική OT_i απεικονίζει τα ποσοστά των συγκρίσεων στις οποίες ο i αλγόριθμος είχε τη μέγιστη ή την ελάχιστη τιμή. Η σειρά i των αλγορίθμων παρουσιάζεται στον Πίνακα 18.

Στο Σχήμα 26, βλέπουμε την απόδοση των αλγορίθμων σε σχέση με τις μετρικές MX_i, MN_i και OT_i. Για την εξαγωγή της απόδοσής τους χρησιμοποιήθηκε το dataset αυτοκινήτων. Οι αλγόριθμοι Lin, Maedche-Staab, Jaro-Winkler και Needleman-Wunch έχουν τη χειρότερη ίσως απόδοση. Ο Maedche-Staab στο 80% των συγκρίσεων αποδίδει τη μικρότερη τιμή (απαισιόδοξη προσέγγιση), ενώ οι Jaro-Winkler και Needleman-Wunch στο 40% των συγκρίσεων εξάγουν τη μέγιστη τιμή (αισιόδοξη προσέγγιση). Η μετρική Lin στο 12% των περιπτώσεων εξάγει τη μέγιστη τιμή και στο 18% των περιπτώσεων εξάγει την ελάχιστη. Οι υπόλοιποι αλγόριθμοι έχουν μια ‘φυσιολογική’ συμπεριφορά με τους 9, 10, 14, 15 και 16 να μην έχουν σε καμία περίπτωση τη μέγιστη ή ελάχιστη τιμή. Υπενθυμίζουμε πως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή απορρίπτονται από το προτεινόμενο σύστημα μόνο όταν η διακύμανση των αποτελεσμάτων υπερβαίνει ένα προκαθορισμένο όριο.

Πίνακας 18. Κατάταξη αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας.

Κατάταξη (i)	Αλγόριθμος Λεξικογραφικής Ομοιότητας
1	Lin Metric (2nd Metric)
2	Maedche – Staab Metric
3	Jaro Metric
4	Jaro - Winkler Metric
5	Needleman - Wunch Distance
6	Jaro Winkler based on LCST
7	Jaro Winkler based on LCSS
8	Smith – Waterman Distance
9	Jaro Winkler based on trigrams
10	Jaro Winkler based on bigrams
11	Extended Q-gram Metric
12	Dice Coefficient
13	Dice algorithm based on bigrams
14	Dice algorithm based on the LCST
15	Longest Common Subsequence (LCSS)
16	Longest Common Substring (LCST)

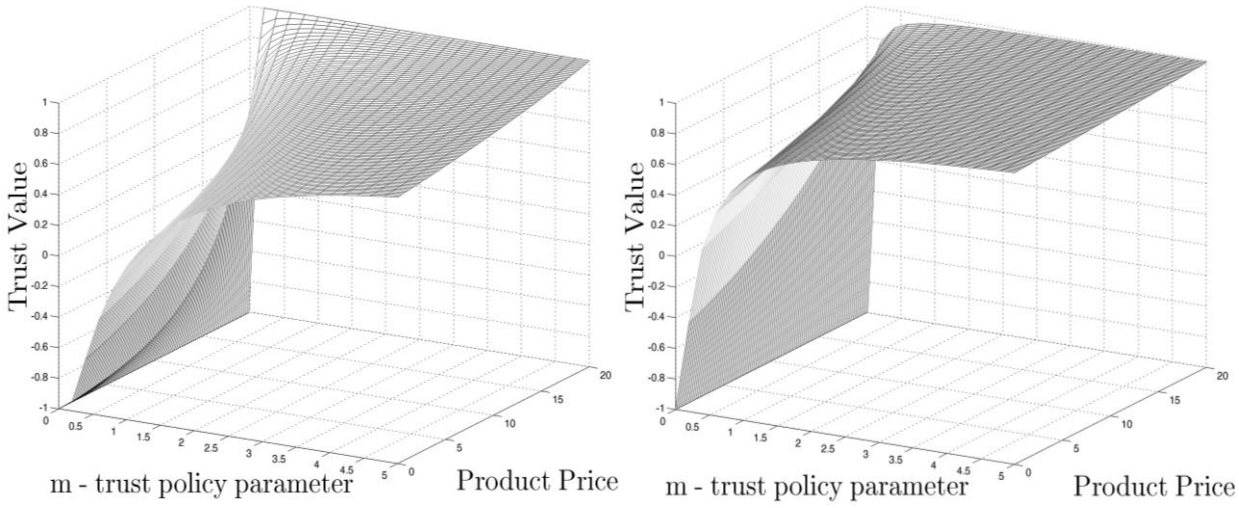


Σχήμα 26. Απόδοση των αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας.

5.3.5.3. Σύγκριση ‘hard’ και ‘soft’ προσέγγισης

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε μια περισσότερο αναλυτική σύγκριση των δύο προσεγγίσεων (‘hard’ και ‘soft’) υπολογισμού της παραμέτρου r. Στο Σχήμα 27, παρουσιάζουμε το όριο για την τιμή εμπιστοσύνης που πρέπει να έχει ο πωλητής σε σχέση με την τιμή του προϊόντος και την παράμετρο πολιτικής m. Θα πρέπει να σημειωθεί πως χρησιμοποιούμε TR = 0.5 το οποίο είναι ένα ‘μεσαίο’ όριο για την τιμή της παραμέτρου r. Έτσι λοιπόν για να επιτύχουμε ένα r μεγαλύτερο από 0.5 πρέπει η τιμή της εμπιστοσύνης να ακολουθεί την καμπύλη που απεικονίζεται στο Σχήμα 27. Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον να δούμε πως, ειδικά για υψηλές τιμές του προϊόντος (κοντά στο άνω όριο το οποίο έχει τεθεί ίσο με 20 – ίσο με το 50% της αποτίμησης που έχει ο αγοραστής), ο πωλητής πρέπει να έχει βαθμό εμπιστοσύνης ίσο ή μεγαλύτερο από 1. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση (τιμή εμπιστοσύνης κάτω από 1), η τελική τιμή της r δεν πρόκειται να ξεπεράσει το όριο 0.5. Συνεπώς, σε αυτές τις περιπτώσεις θα θεωρηθεί ότι το προϊόν δεν είναι σχετικό με τους στόχους του αγοραστή με αποτέλεσμα να μην προχωρήσει η αγοραπωλησία. Στο Σχήμα 27β, βλέπουμε πως όταν δεν έχουμε 100% ταιριάσματα στα αιτήματα και στους περιορισμούς του αγοραστή τότε για ακόμη μικρότερες τιμές του προϊόντος το κάτω όριο της τιμής εμπιστοσύνης του πωλητή

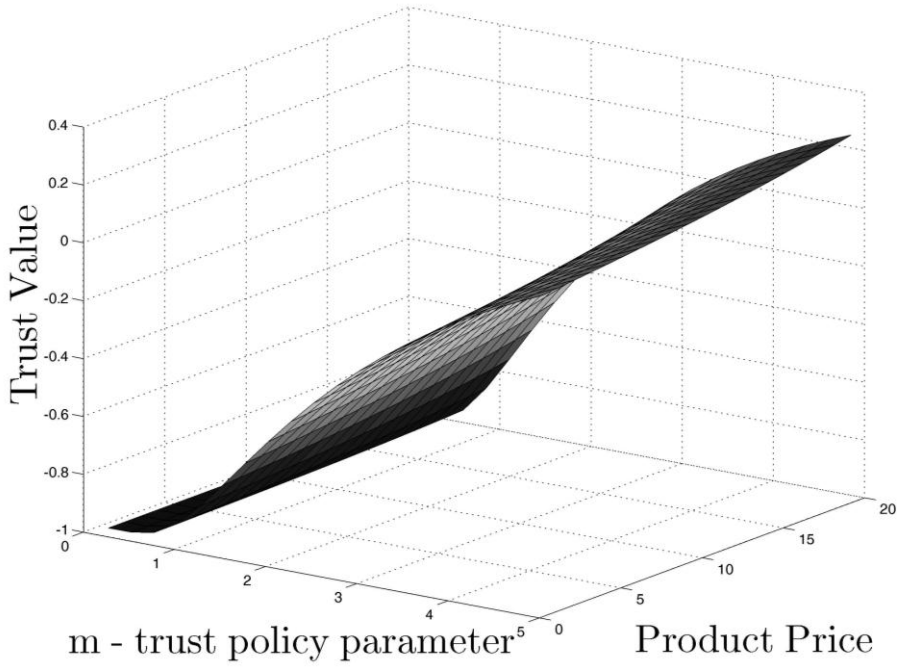
πρέπει να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από 1. Το ίδιο ισχύει και για την πλειοψηφία των τιμών της παραμέτρου πολιτικής m.



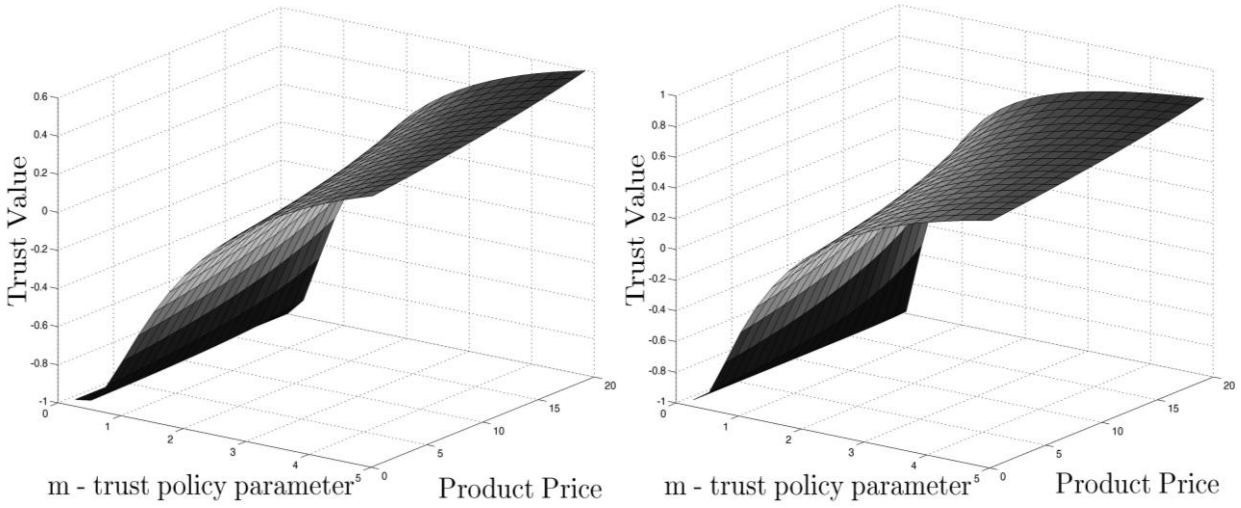
(α) **(β)**

Σχήμα 27. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Hard' προσέγγιση.

Στο Σχήμα 28, μπορούμε να δούμε το όριο της τιμής εμπιστοσύνης που πρέπει να έχει ο πωλητής ώστε να εξαχθεί βαθμός συσχέτισης πάνω από 0.5. Για τα αποτελέσματα έχει χρησιμοποιηθεί η 'soft' προσέγγιση ενώ τα βάρη είναι ίσα με $w_1 = 0.2$, $w_2 = 0.4$ και $w_3 = 0.4$. Βλέπουμε πως η 'soft' προσέγγιση εξάγει πιο μικρό όριο για την τιμή της εμπιστοσύνης σε σχέση με την 'hard' προσέγγιση. Στο Σχήμα 29, μπορούμε να δούμε το όριο για την τιμή της εμπιστοσύνης, όταν για τους υπολογισμούς, θεωρήσαμε πως $w_1 = 0.2$, $w_2 = 0.2$ και $w_3 = 0.6$ (ο αγοραστής δίνει περισσότερο βάρος στα QoS χαρακτηριστικά του προϊόντος).



Σχήμα 28. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης για 80% ταιριάσματα – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4).



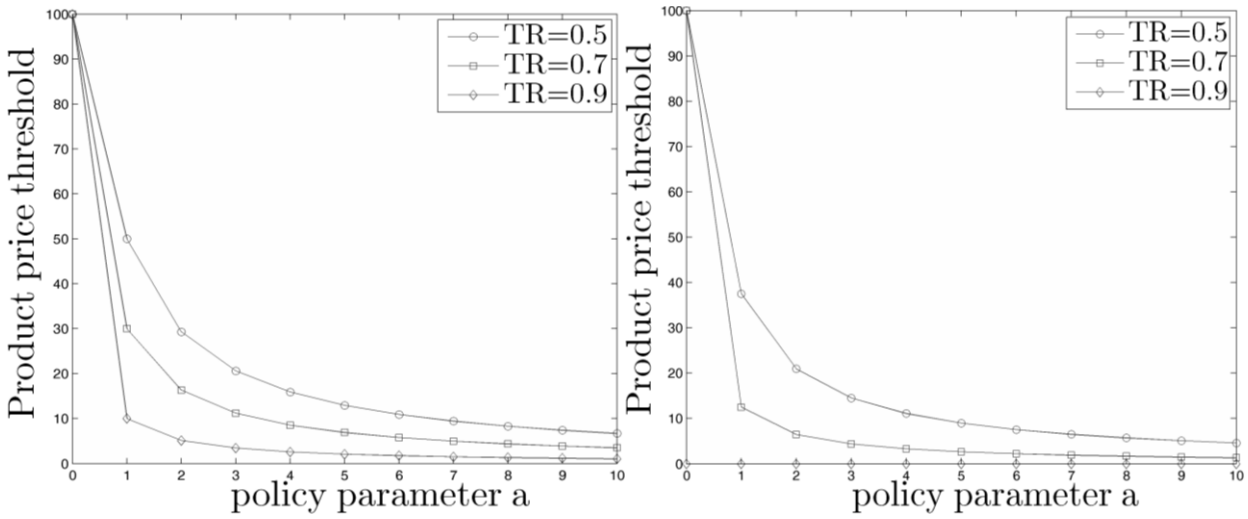
(α) **(β)**

Σχήμα 29. Όριο για την τιμή εμπιστοσύνης: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.2, 0.6).

Στο Σχήμα 30, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σε σχέση με το άνω όριο της τιμής του προϊόντος ώστε να επιτευχθεί τιμή για την παράμετρο r μεγαλύτερη από την τιμή του TR όπως αυτή απεικονίζεται στη γραφική παράσταση. Παρατηρούμε ότι όσο λιγότερα είναι τα ταιριάσματα στα αιτήματα και στους περιορισμούς του αγοραστή τόσο φθηνότερο

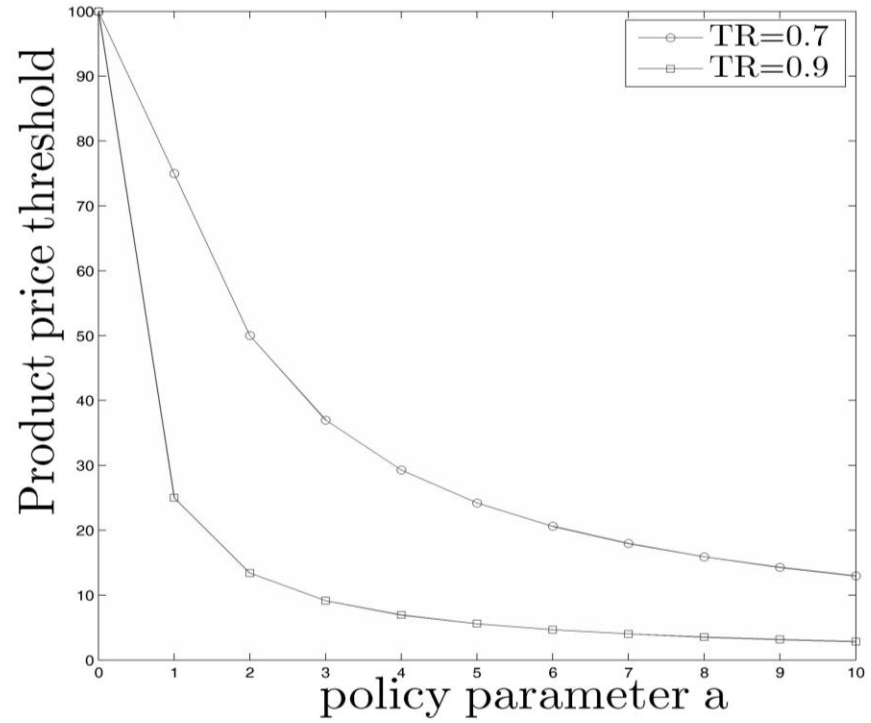
πρέπει να είναι το προϊόν ώστε να επιτευχθεί τιμή για το r πάνω από 0.2, 0.5 και 0.8 αντίστοιχα. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 30β, για να επιτύχουμε τιμή r μεγαλύτερη από 0.8 πρέπει ο πωλητής να δώσει το προϊόν χωρίς να λάβει αντίτιμο, πράγμα το οποίο είναι αδύνατο. Κατά συνέπεια, σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αδύνατο να επιτύχουμε τιμή για το r πάνω από 0.8.

Στο Σχήμα 31, βλέπουμε τα αποτελέσματα για την 'soft' προσέγγιση όταν έχουμε 100% ταιριάσματα για τα αιτήματα και τους περιορισμούς του αγοραστή. Στο Σχήμα 32 και στο Σχήμα 33 δίνουμε τα αποτελέσματά μας για 80% ταιριάσματα και διαφορετικά βάρη (0.2, 0.4, 0.4 και 0.2, 0.2, 0.6) τα οποία χρησιμοποιούνται από την'soft' προσέγγιση.

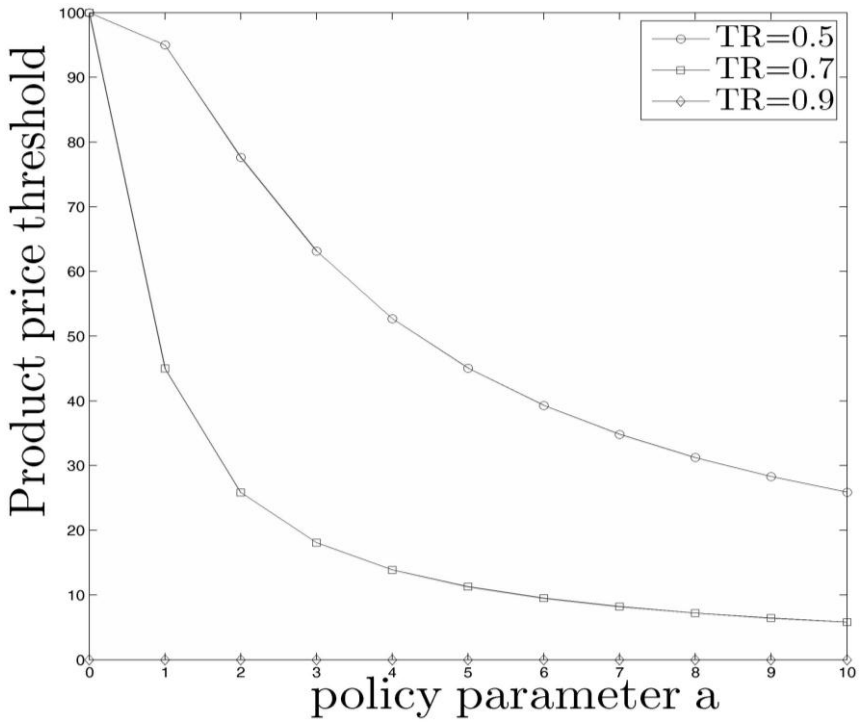


(α) (β)

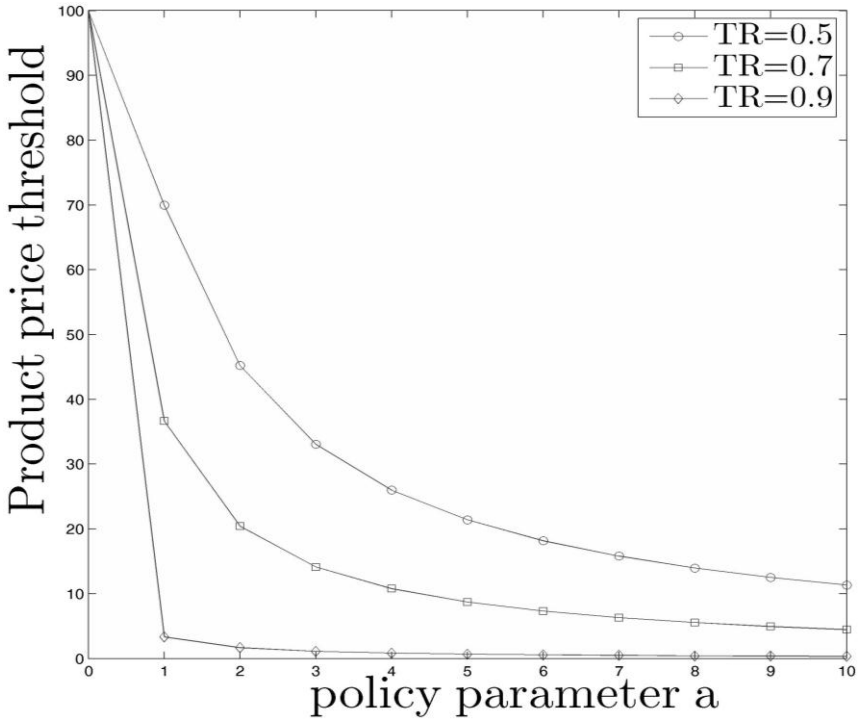
Σχήμα 30. Όριο για την τιμή του προϊόντος: (α) 100% ταιριάσματα, (β) 80% ταιριάσματα – 'Hard' προσέγγιση.



Σχήμα 31. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (100% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4).



Σχήμα 32. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (80% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.4, 0.4).



Σχήμα 33. Όριο για την τιμή του προϊόντος για διάφορες τιμές εμπιστοσύνης (80% ταιριάσματα) – 'Soft' προσέγγιση (βάρη: 0.2, 0.2, 0.6).

5.4. Ερευνητική Συνεισφορά

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάσαμε τις προτάσεις για δύο μεθόδους με τις οποίες ένας αγοραστής είναι ικανός να επιλέγει τόσο μια οντότητα που υλοποιεί πωλήσεις όσο και ένα μηχανισμό ελέγχου της ομοιότητας ενός προϊόντος με τους στόχους του. Οι μέθοδοι αυτοί εκτελούνται ακριβώς πριν ο αγοραστής ξεκινήσει να διαπραγματεύεται την πιθανότητα της αγοραπωλησίας. Οι προτεινόμενες μέθοδοι εξάγουν γρήγορα και αποδοτικά τα αποτελέσματά τους.

Όσον αφορά στην επιλογή των οντοτήτων διαπιστώσαμε ένα κενό στην υπάρχουσα βιβλιογραφία αφού οι ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν κυρίως στην απ' ευθείας αλληλεπίδραση αγοραστών με τους πωλητές. Εμείς βασιζόμενοι σε μεθόδους ενισχυτικής μάθησης καθορίζουμε ένα μηχανισμό ο οποίος αφού πρώτα εκπαιδευτεί εξάγει τη βέλτιστη οντότητα σύμφωνα με ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Το σημαντικό είναι πως λαμβάνουμε υπόψιν πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά των προϊόντων αλλά και των πωλητών. Φυσικά, βασίσαμε τη μοντελοποίηση μας σε μια λίστα χαρακτηριστικών η οποία μπορεί εύκολα να επεκταθεί ώστε να έχουμε ακόμη πιο αποδοτικά αποτελέσματα.

Όσον αφορά στη δεύτερη προτεινόμενη τεχνική, καθορίζουμε μια μέθοδο με την οποία ο αγοραστής μπορεί να ορίσει το βαθμό συσχέτισης του προϊόντος με τους στόχους του. Οι υπάρχουσες ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν κυρίως σε ταιριάσματα που βασίζονται σε συγκεκριμένες γλώσσες και φορμαλισμούς προερχόμενες κυρίως από την περιοχή των υπηρεσιών διαδικτύου. Επίσης, ελάχιστες έρευνες έχουν υιοθετήσει Quality of Service χαρακτηριστικά. Εμείς, με την προτεινόμενη μεθοδολογία βασιζόμαστε τόσο σε χαρακτηριστικά των προϊόντων (π.χ. περιορισμοί για την τιμή, για το χρόνο παράδοσης, κ.λπ.) όσο και σε χαρακτηριστικά του ίδιου του πωλητή (π.χ. επίπεδο εμπιστοσύνης). Για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος χρησιμοποιούμε ένα μεγάλο σύνολο αλγορίθμων λεξικογραφικής ομοιότητας ώστε να έχουμε μια πιο αντικειμενική άποψη όσον αφορά στο βαθμό ομοιότητας. Τα πειραματικά αποτελέσματα και για τις δύο μεθόδους δείχνουν μια πολύ καλή απόδοση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΓΟΡΑΣΤΩΝ

Στην παρούσα διατριβή, εστιάζουμε κυρίως στις αλληλεπιδράσεις που μπορεί να έχει ένα πλήθος αγοραστών με ένα σύνολο πωλητών με απώτερο στόχο την υλοποίηση μιας αγοραπωλησίας. Έχοντας εξετάσει τη συμπεριφορά των πωλητών και έχοντας προτείνει μεθόδους υπολογισμού βασικών παραμέτρων αλλά και ένα μηχανισμό λήψης απόφασης, στο παρόν κεφάλαιο εστιάζουμε στην πλευρά του αγοραστή. Το κύριο μέλημά μας είναι να περιγράψουμε και να αναλύσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των οντοτήτων και να προτείνουμε τρόπους για την πιο αποδοτική συμπεριφορά τους. Υποθέτουμε πλήρη άγνοια στα χαρακτηριστικά των οντοτήτων και προτείνουμε ένα μοντέλο που βασίζεται στις αρχές της θεωρίας παιγνίων για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης μεταξύ αγοραστών και πωλητών. Ουσιαστικά, μοντελοποιούμε την αλληλεπίδραση σαν μια διαπραγμάτευση που εκτελείται για ένα συγκεκριμένο αριθμό γύρων. Εξετάζουμε διαπραγματεύσεις [22], [35], [78], [83], [123], [145], [147] τόσο ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή, όσο και ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πλήθος πωλητών. Τέλος, η ανάλυση της διαπραγμάτευσης γίνεται για δύο σενάρια: α) διαπραγμάτευση με βάση ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων, και β) διαπραγμάτευση για πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων.

6.1. Ορισμοί

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μια διαπραγμάτευση κάτω από πλήρη άγνοια για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Διαπραγμάτευση (negotiation) είναι η διαδικασία με την οποία κάποιες οντότητες προσπαθούν να συμφωνήσουν για την ανταλλαγή κάποιων προϊόντων έναντι κάποιου συγκεκριμένου τιμήματος. Μια διαπραγμάτευση μπορεί να γίνει για:

- *Ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων (π.χ. τιμή) ή*
- *Πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων*

Όταν εξετάζονται πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων τότε η διαπραγμάτευση μπορεί να γίνει [45]:

- ***Σε μορφή πακέτου***. Όλα τα χαρακτηριστικά συνδέονται μεταξύ τους και οι προσφορές γίνονται για ένα πακέτο που τα περιέχει όλα μαζί.

- ***Ταυτόχρονα***. Η διαπραγμάτευση γίνεται για όλα τα χαρακτηριστικά ταυτόχρονα αλλά το κάθε ένα θεωρείται ότι είναι ανεξάρτητο από τα υπόλοιπα.
- ***Ακολουθιακά***. Η διαπραγμάτευση γίνεται για κάθε ένα χαρακτηριστικό ένα - ένα με τη σειρά.

Όσον αφορά στο πλήθος των οντοτήτων που συμμετέχουν στη διαπραγμάτευση αυτή μπορεί να αφορά αλληλεπιδράσεις:

- ***Ένας προς ένα***
- ***Ένας προς πολλούς***
- ***Πολλοί προς πολλούς***

Η πιο απλή μορφή είναι η πρώτη και φυσικά είναι αυτή που έχει συγκεντρώσει το μεγαλύτερο ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας. Οι ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις ενός αγοραστή με πολλαπλούς πωλητές αποτελεί ακόμη ένα ερευνητικό αντικείμενο στο οποίο έχει γίνει μεν δουλειά αλλά υπάρχουν ακόμα ανοιχτά ζητήματα. Τέλος, στον τομέα των διαπραγματεύσεων πολλών προς πολλούς έχουν γίνει κάποιες προσπάθειες οι οποίες στηρίζονται συνήθως στη θεωρία παιγνίων.

Στις διαπραγματεύσεις, οι οντότητες που συμμετέχουν έχουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά. Ένα από αυτά είναι ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής. Ως χρονικός ορίζοντας συμμετοχής μπορεί να θεωρηθεί το χρονικό διάστημα για το οποίο μια οντότητα είναι διατεθειμένη να συμμετάσχει στη διαπραγμάτευση. Μετά το πέρας αυτού του διαστήματος, η οντότητα εγκαταλείπει τη διαπραγμάτευση άσχετα από το τελικό αποτέλεσμα. Ο χρονικός ορίζοντας μπορεί να εκφραστεί με διάφορες μετρικές, όπως αριθμός των γύρων, χρόνος σε λεπτά ή δευτερόλεπτα, ακόμα και ημέρες. Στη συντριπτική πλειοψηφία των ερευνητικών προσπαθειών, μια διαπραγμάτευση αφορά σε ένα αριθμό γύρων στους οποίους ανταλλάσσονται προσφορές και έτσι ο χρονικός ορίζοντας αντίστοιχα παριστάνει πλήθος γύρων. Προφανώς, ο χρονικός ορίζοντας διαφέρει στις διάφορες οντότητες και μπορεί να εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να θέσει στον αντίστοιχο πράκτορα, το πλήθος των γύρων για τον οποίο επιθυμεί να διερευνήσει την πιθανότητα επίτευξης συμφωνίας.

Η στρατηγική είναι μια ακόμη βασική παράμετρος των παικτών που λαμβάνουν μέρος στις διαπραγματεύσεις. Ως στρατηγική (strategy) ορίζεται η ακολουθία των ενεργειών τις οποίες επιλέγει μια οντότητα ώστε να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα [50]. Στις διαπραγματεύσεις, ο κύριος στόχος είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους το οποίο μπορεί

με τη σειρά του να υπολογίζεται κάτω από μια συγκεκριμένη οπτική. Το συνηθέστερο είναι το ποσό των Χρηματικών Μονάδων (ΧΜ) που αποκομίζει η οντότητα από τυχόν συμφωνία. Όμως, μπορεί η στόχευση ενός παίκτη να είναι απλά το κλείσιμο μιας συμφωνίας όταν δεν εμπλέκονται ΧΜ στην όλη διαδικασία. Βέβαια, πάντα θα υπάρχουν παράμετροι που θα ορίζουν το όφελος της κάθε οντότητας με βάση ένα σύνολο χαρακτηριστικών (π.χ. τιμή, χρόνος παράδοσης, χρόνος ολοκλήρωσης της συμφωνίας, ποιότητα, κ.λπ.). Το όφελος και οι απαντήσεις των αντιπάλων είναι αυτά που καθορίζουν τις στρατηγικές που θα ακολουθηθούν σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως στις διαπραγματεύσεις μπορούμε να διακρίνουμε δύο ακόμη κατηγοριοποιήσεις, ανάλογα με την ποσότητα της πληροφορίας που είναι γνωστή για τους ‘αντιπάλους’:

- ***Γνώση για τα χαρακτηριστικά του αντιπάλου***
- ***Άγνοια για τα χαρακτηριστικά του αντιπάλου***

Επιπρόσθετα, ανάλογα με το πλήθος των οντοτήτων που έχουν συγκεκριμένη πληροφόρηση αναγνωρίζουμε:

- ***Συμμετρική πληροφόρηση***
- ***Ασύμμετρη πληροφόρηση***

Στην πρώτη περίπτωση, η γνώση ή άγνοια, αφορούν και τις δύο οντότητες. Για παράδειγμα, σε μια διαπραγμάτευση μπορούμε να θεωρήσουμε πως και οι δύο οντότητες γνωρίζουν το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του άλλου, οπότε γνωρίζουν το μέγιστο όριο διάρκειας της διαπραγμάτευσης. Όταν υπάρχει ασύμμετρη γνώση, σημαίνει πως η μια οντότητα γνωρίζει περισσότερες πληροφορίες για την άλλη (ενώ το αντίθετο δεν συμβαίνει). Πιστεύουμε πως θέλοντας να προσομοιώσουμε πραγματικές καταστάσεις, το σενάριο της πλήρους άγνοιας είναι το βασικό. Για αυτό το λόγο, το ακολουθούμε στην παρούσα διατριβή.

6.2. Σχετική Βιβλιογραφία

Στις διαπραγματεύσεις, το πιο κοινό μοντέλο είναι το διαπραγματευτικό παίγνιο [139]. Μια από τις πρώτες μελέτες μιας διαπραγμάτευσης για ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων παρουσιάστηκε στο [172]. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια ανάλυση για ένα παίγνιο συγκεκριμένου χρονικού ορίζοντα το οποίο περιλαμβάνει εναλλασσόμενες προσφορές. Όμως, οι συγγραφείς υποθέτουν κοινή γνώση στα χαρακτηριστικά των

παικτών (π.χ. ο χρονικός ορίζοντας) και ότι οι οντότητες δεν αυξάνουν τη ζήτηση κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Παραπλήσια προσέγγιση περιγράφεται στο [156]. Ωστόσο, οι συγγραφείς υποθέτουν άπειρο χρονικό ορίζοντα καθώς και στατικές χρονικές προτιμήσεις. Στο [52] παρουσιάζεται ένα διαπραγματευτικό παίγνιο με επιλογές εγκατάλειψης στην πλευρά του πωλητή. Ο πωλητής αντιμετωπίζει άπειρο αριθμό αγοραστών, ενώ η αποτίμηση του αγοραστή αλλά και η κατανομή της για το προϊόν, αποτελεί κοινή γνώση στους δύο παίκτες. Το πιο σημαντικό σημείο της εργασίας είναι ότι οι αγοραστές δεν έχουν την ευκαιρία να κάνουν προσφορές στους πωλητές, πράγμα που απομακρύνει πολύ το περιγραφόμενο σενάριο από μια πραγματική κατάσταση.

Δύο στρατηγικές των οντοτήτων που συμμετέχουν σε μια διαπραγμάτευση περιγράφονται στο [20]. Αυτές είναι η hard και η soft. Πιθανότητες για τα όρια τιμών των οντοτήτων αποτελούν κοινή γνώση και δίνονται εξωγενώς. Σε κάθε γύρο οι οντότητες κάνουν κάποιες προσφορές στον αντίπαλο. Αν η προσφορά γίνει αποδεκτή τότε η αλληλεπίδραση τελειώνει, ειδάλλως η προσφορά απορρίπτεται και ο παίκτης, του οποίου είναι η σειρά, κάνει μια νέα προσφορά. Στο [28], ένα πλαίσιο διαπραγμάτευσης περιγράφεται και αναλύεται. Η διαπραγμάτευση αφορά άπειρο χρονικό ορίζοντα. Οι συγγραφείς περιγράφουν πως ο χρόνος επηρεάζει τη λογική συμπεριφορά των οντοτήτων. Δείχνουν πως οι οντότητες πρέπει να ανταλλάξουν κάποια προσωπική πληροφορία πριν καταλήξουν σε συμφωνία. Στην εργασία παρουσιάζονται οι στρατηγικές των οντοτήτων και περιγράφεται η στρατηγική ισορροπίας.

Ένας Pareto βέλτιστος αλγόριθμος για διαπραγματεύσεις παρουσιάζεται στο [82]. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται για την παραγωγή των προσφορών σε οποιοδήποτε κατάσταση και για μικρό χρονικό διάστημα. Στην περιγραφόμενη διαπραγμάτευση, οι οντότητες έχουν περιορισμένη γνώση για τους χρονικούς ορίζοντες και τα οφέλη των δύο πλευρών. Στο [42], οι συγγραφείς καθορίζουν συναρτήσεις για τη δημιουργία προσφορών και περιγράφουν ένα σύνολο στρατηγικών με βάση τις οποίες οι οντότητες προσπαθούν να κλείσουν μια συμφωνία. Παρουσιάζουν ένα μοντέλο για διαπραγματεύσεις και δίνουν πειραματικά αποτελέσματα. Εξετάζουν ένα μεγάλο αριθμό στρατηγικών και ορίζουν κάποιες μετρικές με τις οποίες προσπαθούν να αποτιμήσουν το προτεινόμενο σύστημα. Όμοια προσέγγιση ακολουθείται και στο [43]. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψιν είναι, οι χρονικοί ορίζοντες, τα όρια τιμών και οι συντελεστές απομείωσης. Οι συντελεστές αυτοί μειώνουν το όφελος μιας οντότητας με το πέρασμα

του χρόνου. Μελετάται επίσης η βέλτιστη στρατηγική και ορίζονται τρεις τύποι συναρτήσεων δημιουργίας προσφορών:

a) *linear (γραμμική)*,

b) *boulware (η οντότητα φτάνει στην τελευταία προτεινόμενη τιμή πολύ αργά - υπομονετική)*, και

c) *conceder (η οντότητα φτάνει στην τελευταία προτεινόμενη τιμή πολύ γρήγορα - επιθετική)*.

Μια σύγκριση ταυτόχρονων και ακολουθιακών διαπραγματεύσεων γίνεται στο [130]. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται δείχνουν πως το μοντέλο των ταυτόχρονων διαπραγματεύσεων υπερτερεί έναντι του μοντέλου των ακολουθιακών. Για την εξαγωγή αυτού του συμπεράσματος, ένα σύνολο διαπραγματεύσεων ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές προσομοιώνεται. Ένα προσαρμοστικό μοντέλο διαπραγμάτευσης παρουσιάζεται στο [124]. Προτείνεται ένας αλγόριθμος προσαρμογής ώστε η συμφωνία να επιτευχθεί μέσα στους καθορισμένους χρονικούς ορίζοντες. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μια μαρκοβιανή διαδικασία απόφασης και μια τεχνική καθορισμού της βέλτιστης στρατηγικής.

Σχετικά με το σενάριο των ταυτόχρονων διαπραγματεύσεων το κύριο βάρος έχει πέσει στην περίπτωση όπου ένας αγοραστής διεξάγει ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις με ένα σύνολο πωλητών. Στο [174], οι συγγραφείς μελετούν ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε ένα αγοραστή και πολλαπλούς πωλητές. Ο αγοραστής δεν χρειάζεται να περιμένει μέχρι να λάβει τις προσφορές από όλα τα νήματα που χρησιμοποιεί για τις διαπραγματεύσεις, πριν δημιουργήσει την επόμενη προσφορά. Επιπρόσθετα, ο κάθε ένας πωλητής μπορεί να μπει και να βγει από τη διαπραγμάτευση με ένα δυναμικό τρόπο. Η συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια υιοθετεί την προσέγγιση του συντονιστή (coordinator) όπως και αυτή που παρουσιάζεται στο [146]. Οι συγγραφείς προτείνουν τρεις στρατηγικές συντονισμού για ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις. Οι προτεινόμενες στρατηγικές είναι:

a) Desperate,

b) *Patient*, και

c) *Optimized Patient*.

Όπως διαφαίνεται από τα ονόματά τους, η πρώτη αφορά μια επιθετική στρατηγική, η δεύτερη μια υπομονετική ενώ η τρίτη εφαρμόζει κάποιους κανόνες βελτιστοποίησης στην υπομονετική στρατηγική.

Οι συγγραφείς στο [131] επεκτείνουν την προηγούμενη εργασία και προτείνουν επίσης στρατηγικές για το συντονισμό των νημάτων σε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις. Ο συντονιστής αποτελεί το πιο σημαντικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί ένα απλό σημείο αποτυχίας (single point of failure). Είναι υπεύθυνος για τον καθορισμό των στρατηγικών που ακολουθούν τα νήματα, παρακολουθώντας την κατάσταση των διαπραγματεύσεων που επιτελούν. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται βασίζονται σε εμπειρική αξιολόγηση.

Τέλος, στο [3] περιγράφονται δύο στρατηγικές για διαπραγματεύσεις. Θεωρείται ότι ο χρόνος της διαπραγμάτευσης είναι συνεχής και οι οντότητες βασίζονται στις προτεινόμενες στρατηγικές ώστε να καθορίσουν τις προσφορές τους. Οι συγγραφείς αναφέρουν πως το μοντέλο τους παράγει περισσότερο αποδεκτά αποτελέσματα σε σύγκριση με τις πιο γενικές προσεγγίσεις για ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις.

Στην παρούσα διατριβή και στη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή, εστιάζουμε τόσο σε ένας προς ένα, όσο και σε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις. Ορίζουμε τη στρατηγική ισορροπίας όταν η διαπραγμάτευση γίνεται με βάση ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων αλλά και τη στρατηγική ισορροπίας όταν αφορά σε πολλαπλά χαρακτηριστικά. Η μελέτη γίνεται υποθέτοντας πλήρη άγνοια για οποιοδήποτε από τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων. Επίσης, μελετάμε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις και εξετάζουμε την πλευρά του αγοραστή. Προσπαθώντας να υπερκαλύψουμε τα μειονεκτήματα των υπολοίπων ερευνητικών προσπαθειών προτείνουμε ένα μοντέλο που δεν απαιτεί την ύπαρξη ενός συντονιστή. Με αυτό τον τρόπο, προσπαθούμε να προμηθεύσουμε τον αγοραστή με μια αποδοτική και γρήγορη μέθοδο, βάσει της οποίας θα συγκλίνει στο βέλτιστο πιθανό αποτέλεσμα.

6.3. Μοντελοποίηση Διαπραγμάτευσης

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε συνοπτικά το μοντέλο / πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης ώστε να υπενθυμίσουμε στον αναγνώστη τις βασικές παραμέτρους του εξεταζόμενου σεναρίου. Άλλωστε, αυτό έχει αναλυτικά περιγραφεί και στο Κεφάλαιο 4.

Εξετάζουμε την περίπτωση όπου οι αγοραστές έχουν απ' ευθείας διαπραγματεύσεις με τους πωλητές. Στόχος τους είναι η επίτευξη συμφωνίας σχετικά με την αγοραπωλησία ενός προϊόντος. Οι αγοραστές προτιμούν να διαπραγματευτούν και να αλληλεπιδράσουν απ' ευθείας με τους πωλητές παρά να απευθυνθούν σε μεσίτες (brokers) στους οποίους θα πρέπει να πληρώσουν κάποιο επιπρόσθετο κόστος. Μοντελοποιούμε αυτή την αλληλεπίδραση με ένα συγκεκριμένου ορίζοντα παίγνιο διαπραγμάτευσης (finite horizon bargaining game) το οποίο χαρακτηρίζεται από άγνοια γύρω από τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων.

Η διαπραγμάτευση εμπλέκει ένα σύνολο αλληλο-προσφορών. Ο αγοραστής συμμετέχει στη διαπραγμάτευση για χρονικό ορίζοντα που καθορίζεται από το χρήστη, όπως περιγράφηκε στο σενάριο (βλ. Κεφάλαιο 4), ενώ ο πωλητής υπολογίζει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής προσαρμοζόμενος σε κάθε ιδιαίτερη περίπτωση με βάση το μοντέλο που περιγράφεται στο [93]. Στο πλαίσιο της διαπραγμάτευσης λαμβάνουμε τις ακόλουθες υποθέσεις:

- Εάν κάποιος από τους δύο χρονικούς ορίζοντες εκπνεύσει και δεν έχει υπάρξει συμφωνία, τότε η διαπραγμάτευση λήγει και οι δύο οντότητες δεν αποκομίζουν κάποιο όφελος.
- Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, οι οντότητες προτείνουν μια τιμή για το συγκεκριμένο προϊόν. Εάν ο 'αντίπαλος' αποδεχθεί την προσφορά, η διαπραγμάτευση λήγει και οι δύο οντότητες αποκομίζουν όφελος που εξάγεται με τη βοήθεια μιας συγκεκριμένης συνάρτησης οφέλους. Προφανώς, σε αυτές τις περιπτώσεις το όφελος είναι θετικό.
- Κάθε οντότητα δεν έχει απολύτως καμία γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά του 'αντιπάλου' όποια και να είναι αυτά.
- Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, οι δύο οντότητες αποφασίζουν εάν θα συνεχίσουν τη διαπραγμάτευση ή όχι. Συνέχιση της διαπραγμάτευσης σημαίνει πως η οντότητα που εξετάζει μια προσφορά την απορρίπτει και προτείνει μια δικιά της τιμή, με βάση μια συγκεκριμένη στρατηγική που υιοθετεί για την κάθε αλληλεπίδραση.
- Ο πωλητής ξεκινά να προτείνει πρώτος και στη συνέχεια ακολουθεί ο αγοραστής (εφόσον απορρίψει την προσφορά). Θεωρούμε πως υπάρχει ένα διακριτό ρολόι το οποίο απεικονίζει τους γύρους (και συνεπώς τις προσφορές) της διαπραγμάτευσης. Ο πωλητής προτείνει τιμές στους 'περιττούς' γύρους 2n+1, n

= 0, 1, 2, …, ενώ ο αγοραστής προτείνει τιμές στους ‘ζυγούς’ γύρους 2n, n = 1, 2, … .

6.4. Στρατηγικές Οντοτήτων

Στην ενότητα 4.2, περιγράφουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά και τις στρατηγικές που μπορεί να ακολουθήσει ένας πωλητής. Απώτερος στόχος είναι η πώληση όσο το δυνατόν περισσότερων προϊόντων, σε όσο το δυνατόν περισσότερους αγοραστές. Υπενθυμίζουμε πως τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πωλητή είναι: το κόστος του προϊόντος c, το κέρδος που επιθυμεί αρχικά να αποκομίσει ε, ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής T_s, ο συντελεστής απομείωσης δ_s και η στρατηγική τιμολογιακής πολιτικής $p_{s\to b}$. Το όφελος για κάθε προσφορά υπολογίζεται από τη συνάρτηση οφέλους U_s.

Επίσης, στην ενότητα 4.4.2, είδαμε τα χαρακτηριστικά ενός αγοραστή. Υπενθυμίζουμε πως αυτά είναι τα εξής: η αποτίμηση για το προϊόν V, ο συντελεστής απομείωσης δ_b, ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής T_b και η στρατηγική τιμολογιακής πολιτικής $p_{b\to s}$. Το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής από κάθε προσφορά υπολογίζεται από τη συνάρτηση οφέλους U_b, η οποία μπορεί να έχει την απλοϊκή μορφή της εξίσωσης 6.1 ή μια πιο σύνθετη μορφή. Θυμίζουμε επίσης, πως ο αγοραστής υπολογίζει το βαθμό συσχέτισης $r \in [0,1]$ του προϊόντος με τους στόχους του ώστε να δει το πόσο αυτό ταιριάζει με τις επιθυμίες του. Συνεπώς, το μέγιστο όφελος που μπορεί να αποκομίσει στην πραγματικότητα είναι ίσο με:

$$U_b = V \cdot r - p \tag{6.1}$$

για την περίπτωση χρήσης της απλοϊκής συνάρτησης οφέλους (p είναι η τιμή του προϊόντος). Αυτό σημαίνει πως ο αγοραστής δεν επιθυμεί να πληρώσει παραπάνω από $V \cdot r$ για το συγκεκριμένο προϊόν. Σε πιο ρεαλιστικά παραδείγματα, ο αγοραστής μπορεί να επιθυμεί η συνάρτηση οφέλους να απεικονίζει το ρίσκο της διαπραγμάτευσης αφού τελική του επιθυμία είναι η αγορά του προϊόντος. Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις μια συνάρτηση που αντανακλά το φόβο που έχει ο αγοραστής για την τελική έκβαση της διαπραγμάτευσης είναι η ακόλουθη:

$$U_b = \begin{cases} \ln(V \cdot r - p) & \text{if } 0 \le p < V \cdot r - 1 \\ 0 & \text{if } p \ge V \cdot r - 1 \end{cases} \tag{6.2}$$

Σε αυτή την περίπτωση, ο αγοραστής είναι ενήμερος ρίσκου, αλλά αποκομίζει μεγάλα οφέλη όταν η συμφωνηθείσα τιμή είναι πολύ μικρή. Επιπρόσθετα, η λογαριθμική συνάρτηση υποδηλώνει την αποστροφή του ρίσκου από την πλευρά του αγοραστή. Μια άλλη σύνθετη σχετικά συνάρτηση οφέλους είναι αυτή που έχει προταθεί στο [42] και υπολογίζει το ουσιαστικό όφελος του αγοραστή. Το όφελος, λοιπόν, υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$U_b = \min\left(1, \left(\frac{V - p}{V - p^0_{b \to s}}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right) \tag{6.3}$$

όπου p είναι η τιμή συμφωνίας και $p^0_{b \to s}$ είναι η πρώτη προτεινόμενη τιμή. Η παράμετρος β είναι μια τιμή που επηρεάζει την κυρτότητα της καμπύλης της συνάρτησης οφέλους και συνεπώς απεικονίζει το πόσο ‘ευαίσθητος’ είναι ο αγοραστής σε αλλαγές της τιμής του προϊόντος.

Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ο αγοραστής χρησιμοποιεί ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων ο οποίος εξάγει το αν πρέπει να γίνει, ή όχι, αποδεκτή η προσφορά του πωλητή. Εν συντομία, όταν ο αγοραστής λάβει μια προσφορά στο γύρο t ίση με $p_{s \to b}$, οι ενέργειες που έχει στη διάθεσή του είναι οι ακόλουθες:

$$A_b(t, p_{s \to b}) = \begin{cases} \text{quit} & \text{if } t > T_b \\ \text{accept} & \text{if } t \le T_b \text{ and } p_{s \to b} \le V \text{ and } U_b\left(p_{s \to b}\right) \ge U_b\left(p_{b \to s}\right) \\ \text{reject and counter propose } p_{b \to s} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6.4}$$

Στην εξίσωση 6.4, βλέπουμε πως η μόνη περίπτωση να αποδεχθεί ο αγοραστής την προσφορά του πωλητή είναι όταν δεν έχει λήξει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του και το όφελος που αποκομίζει από την προσφορά $p_{s \to b}$ είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το όφελος που θα αποκομίσει αν ο πωλητής αποδεχθεί τη δική του προσφορά $p_{b \to s}$ στον επόμενο γύρο της διαπραγμάτευσης. Προφανώς όμως, δεν είναι σίγουρος για την αποδοχή της δικής του προσφοράς στον επόμενο γύρο της διαπραγμάτευσης. Τέλος, στην παραπάνω εξίσωση, για λόγους διευκόλυνσης της συζήτησης, θεωρούμε πως r = 1.

6.5. Στρατηγική Ισορροπίας για ένα χαρακτηριστικό προϊόντων

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας για το πρωτόκολλο διαπραγμάτευσης που περιγράφηκε πιο πάνω. Το αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης βασίζεται σε δύο παραμέτρους:

- τους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής για τους δύο 'αντιπάλους', και
- τις στρατηγικές που ακολουθούν οι παίκτες.

Ωστόσο, αφού δεν υπάρχει καμία απολύτως γνώση για τις παραμέτρους των παικτών και στις δύο πλευρές, θα πρέπει αυτοί να προβλέψουν με κάποιο τρόπο τις τιμές τους βασιζόμενοι στις προσφορές που κάνει ο ένας στον άλλο. Έτσι θα είναι ικανοί να λάβουν τη βέλτιστη απόφαση σε κάθε γύρο του παιγνίου σχετικά την ενέργεια που θα κάνουν. Στο σενάριο μας, υποθέτουμε πως δεν υπάρχει η δυνατότητα από την πλευρά των παικτών για μάθηση των κατανομών των στρατηγικών των 'αντιπάλων', αλλά κάποιου είδους πρόβλεψη όπως θα δούμε πιο κάτω.

6.5.1. Εκτιμητής του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής και των στρατηγικών

Ας εξετάσουμε πρώτα τη μέθοδο με την οποία γίνεται η εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Θα περιγράψουμε τη συλλογιστική ενός αγοραστή ενώ παρόμοια συλλογιστική ισχύει και για την πλευρά των πωλητών. Υποθέτουμε πως οι παίκτες λειτουργούν λογικά. Στο σενάριό μας, υποθέτουμε πως ο αγοραστής λαμβάνει τιμές που αντιστοιχούν στην προτεινόμενη τιμή του προϊόντος και απολύτως τίποτα άλλο. Με βάση αυτές τις τιμές μπορεί να προβλέψει την κατανομή της τιμολογιακής στρατηγικής αλλά όχι την κατανομή με την οποία επιλέγει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Έτσι λοιπόν, θεωρούμε πως ο αγοραστής μπορεί να υιοθετήσει δύο συναρτήσεις πρόβλεψης για την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή. Αυτές είναι οι εξής:

- Ομοιόμορφη συνάρτηση

$$P(t \le T_S \le t + \Delta_t, \Delta_t \to 0) = \begin{cases} \dfrac{1}{t_{max}}, \text{if } t < t_{max} \\ 1, \quad \text{if } t \ge t_{max} \end{cases} \tag{6.5}$$

- Γραμμική συνάρτηση

$$P(t \le T_S \le t + \Delta_t, \Delta_t \to 0) = \begin{cases} \dfrac{t}{t_{max}}, \text{if } t < t_{max} \\ 1, \quad \text{if } t \ge t_{max} \end{cases} \tag{6.6}$$

όπου $P(t \le T_s \le t + \Delta_t, \Delta_t \to 0)$ αναπαριστά την πιθανότητα T_s = t (δηλαδή ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή να λήγει στο χρόνο t).

Η παράμετρος t_{max} καθορίζεται από το χρήστη και απεικονίζει την τακτική που θέλει αυτός να ακολουθήσει. Αν το t_{max} είναι μικρό, σημαίνει πως ο αγοραστής θεωρεί ότι ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του πωλητή λήγει σύντομα και πρέπει να προσαρμόσει τη συμπεριφορά του ανάλογα (η πιθανότητα λήξης του ορίζοντα είναι ίση με 1). Ανάλογη συλλογιστική ισχύει όταν το t_{max} επιλεγεί να είναι μεγάλο. Προφανώς, ισχύει ότι $t_{max} \le T_b$. Παρατηρούμε πως στην περίπτωση χρήσης της ομοιόμορφης συνάρτησης, η πιθανότητα λήξης του ορίζοντα του πωλητή ουσιαστικά παίρνει δύο τιμές οι οποίες φυσικά είναι σταθερές κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Συνεπώς, ξαφνικά σε κάποιο γύρο της διαπραγμάτευσης, ο αγοραστής θεωρεί πως πιθανώς να υπάρξει λήξη του ορίζοντα και πρέπει να αντιδράσει ανάλογα (εφαρμόζεται κάποιου είδους πίεση στη συμπεριφορά του). Στη δεύτερη περίπτωση (γραμμική συνάρτηση), παρατηρούμε μια γραμμική αύξηση της τιμής της πιθανότητας καθώς πλησιάζουμε στο τέλος της διαπραγμάτευσης (από την οπτική του αγοραστή το άνω όριο του ορίζοντα συμμετοχής στο παίγνιο καθορίζεται από το T_b). Άρα, ο αγοραστής πρέπει να προσαρμοστεί σταδιακά στην προοπτική πιθανής λήξης της διαπραγμάτευσης από την πλευρά του πωλητή.

Για την εκτίμηση της κατανομής της τιμολογιακής στρατηγικής, υιοθετούμε την τεχνική Kernel Density Estimation (KDE) [183]. Η KDE είναι μια μεθοδολογία για την εκτίμηση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας μιας κατανομής η οποία είναι εντελώς άγνωστη. Χρησιμοποιείται σε ένα σύνολο εφαρμογών στις περιοχές της μηχανικής μάθησης, εξόρυξης γνώσης, κ.λπ. Ας υποθέσουμε πως ένας αριθμός παρατηρήσεων (x_1, x_2, …, x_N) έχουν εξαχθεί από μια άγνωστη κατανομή. Ο Kernel εκτιμητής για αυτή την κατανομή καθορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{N \cdot h} \sum_{i=1}^{N} K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \tag{6.7}$$

όπου x είναι η μεταβλητή της οποίας την κατανομή θέλουμε να εκτιμήσουμε, N είναι το μέγεθος του δείγματος, h είναι το εύρος (bandwidth) εκτιμητή και $K(\cdot)$ είναι η Kernel

συνάρτηση. Σαν Kernel συνάρτηση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα σύνολο γνωστών συναρτήσεων κάποιες από τις οποίες είναι η τριγωνική, η ομοιόμορφη, η κανονική, η Epanechnikov, κ.λπ. Γενικά η συνάρτηση Kernel είναι μια συμμετρική συνάρτηση η οποία ολοκληρώνεται στο 1. Εμείς, στο μοντέλο μας, χρησιμοποιούμε την Gaussian συνάρτηση οπότε η εκτίμηση της κατανομής πιθανότητας της τιμολογιακής στρατηγικής του πωλητή δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$P(x) = \frac{1}{N \cdot h} \cdot \sum_{i=1}^{N} K\left(\frac{x - p_{si}}{h}\right) \tag{6.8}$$

και συνεπώς:

$$P(x) = \frac{1}{N \cdot h} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x - p_{si})^2}{2 \cdot h^2}} \tag{6.9}$$

όπου h είναι το εύρος (μια παράμετρος ομαλοποίησης) της Kernel συνάρτησης. Η αποδοτική χρήση ενός Kernel εκτιμητή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τιμή του εύρους h [168]. Κάποιες τεχνικές για τον αποδοτικό προσδιορισμό της τιμής του h έχουν προταθεί στο [85] και στο [151]. Όμως, στο [168], οι συγγραφείς προτείνουν μια συγκεκριμένη εξίσωση για την εξαγωγή της τιμής αυτής η οποία είναι η εξής:

$$h \approx 1.06 \cdot \min\left(\sqrt{Var(x)}, \frac{iqr(x)}{1.34}\right) \cdot N^{-\frac{1}{5}} \tag{6.10}$$

όπου Var(x) αναπαριστά τη διακύμανση των εξεταζόμενων τιμών και irq(x) είναι το interquartile των τιμών. Στο σενάριο μας, για απλοποίηση των πράξεων χρησιμοποιούμε h = 1. Έτσι, η εξίσωση 6.9 μετασχηματίζεται στην ακόλουθη:

$$P(x) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{(x - p_{si})^2}{2}} \tag{6.11}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις η μεταβλητή p_{si} αναπαριστά τις προτεινόμενες τιμές από τον πωλητή σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Με βάση την παραπάνω ανάλυση, μπορούμε να εξάγουμε την αθροιστική συνάρτηση κατανομής για την τιμολογιακή στρατηγική του πωλητή ως εξής:

$$CDF(x) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2} \cdot \left(1 + erf\left(\frac{x - p_{si}}{\sqrt{2}}\right)\right) \tag{6.12}$$

με την erf() να αποτελεί τη συνάρτηση σφάλματος (error function) της Gaussian κατανομής. Λόγω του γεγονότος ότι η συνάρτηση σφάλματος δεν μπορεί να επιλυθεί μαθηματικά, χρησιμοποιούμε μια προσέγγιση αυτής η οποία δίνεται από την επόμενη εξίσωση:

$$\mathrm{erf}(x) \approx \mathrm{sgn}(x) \cdot \sqrt{1 - e^{-x^2 \cdot \frac{\frac{4}{\pi} + a \cdot x^2}{1 + a \cdot x^2}}} \qquad (6.13)$$

με το a = 0.14 [160] και το sgn() να είναι θετικό στην περίπτωσή μας.

6.5.2. Ακολουθιακή Στρατηγική Ισορροπίας

Για τον καθορισμό της ακολουθιακής στρατηγικής ισορροπίας, ακολουθούμε τη συλλογιστική που αναπτύσσεται στο [29].

Ορισμός 1

Έπειτα από μια προσφορά του πωλητή p_s^t, ο αγοραστής αποφασίζει την επόμενη ενέργειά του σε χρόνο t με βάση το:

$$D_b^t(p_S^t, V, t) = \begin{cases} \text{Accept}, & \text{if } [[(T_S = t) \text{ or } (T_S = t+1)] \text{ and } (p_S^t \le V)] \text{ or } [U_b(p_S^t) \ge U_b(p_b^t)] \\ \text{Defect} & \text{if } [(T_b = t) \text{ or } (T_b = t+1)] \text{ and } (p_S^t > V) \\ \text{Reject and Propose} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(6.14)

Ορισμός 2

Έπειτα από μια προσφορά του αγοραστή p_b^t, ο πωλητής αποφασίζει την επόμενη ενέργειά του σε χρόνο t με βάση το:

$$D_S^t(p_b^t, c, t) = \begin{cases} \text{Accept}, & \text{if } [[(T_b = t) \text{ or } (T_b = t+1)] \text{ and } (p_b^t \ge c)] \text{ or } [U_b(p_b^t) \ge U_b(p_S^t)] \\ \text{Defect} & \text{if } [(T_S = t) \text{ or } (T_S = t+1)] \text{ and } (p_b^t < c) \\ \text{Reject and Propose} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(6.15)

Το όφελος το οποίο ο αγοραστής αποκομίζει σε χρόνο t από τη διαπραγμάτευση δίνεται από:

$$\delta_b^{t-1} \cdot U_b^t \cdot P(\text{accept}) \tag{6.16}$$

όπου

$$P(\text{accept}) = P\left(\left(\left((T_S = t) \text{ or } (T_S = t+1)\right) \text{and } (p_S^t \le V)\right) \text{or } \left(U_b(p_S^t) \ge U_b(p_b^t)\right)\right) \tag{6.17}$$

αναπαριστά την πιθανότητα του να δεχθεί ο αγοραστής την προσφορά του πωλητή. Επίσης, έχουμε:

$$P(p_S^t \le V) = CDF(V) \tag{6.18}$$

$$P(p_S^t \le p_b^t) = CDF(p_b^t) \tag{6.19}$$

Όταν οι παίκτες έχουν πλήρη γνώση για τα χαρακτηριστικά των ‘αντιπάλων’ τους, η συμφωνία επιτυγχάνεται αμέσως. Όμως, δεν ισχύει αυτό όταν εξετάζουμε μια διαπραγμάτευση στην οποία υπάρχει πλήρη άγνοια για τα χαρακτηριστικά των παικτών. Οι παίκτες σε κάθε γύρο κάνουν μια προσφορά στον ‘αντίπαλο’ κάτω από άγνοια και χωρίς να γνωρίζουν ούτε την αντίδραση του άλλου παίκτη σε σχέση με την αποδοχή ή όχι της προσφοράς. Σε αυτές τις περιπτώσεις ορίζουμε την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας (sequential equilibrium). Η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας απαιτεί τον καθορισμό δύο στοιχείων:

- των στρατηγικών των παικτών, και,
- την πίστη του κάθε παίκτη σχετικά με τον τύπο του ‘αντιπάλου’.

Στο [139], τρεις αναγκαίες συνθήκες καθορίζονται στο ζεύγος στρατηγικών και πίστης έτσι ώστε να μπορεί να οριστεί η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας.

- Το παίγνιο διαπραγμάτευσης απαιτεί η στρατηγική κάθε παίκτη να είναι η βέλτιστη μετά από κάθε σύνολο ιστορικού. Ιστορικό αποτελούν τα βήματα μέσα από τα οποία ο κάθε παίκτης βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση. Προφανώς, το ιστορικό περιλαμβάνει και την πληροφόρηση που ο κάθε παίκτης έχει καταφέρει να συλλέξει μέχρι το συγκεκριμένο σημείο της διαπραγμάτευσης.
- Το σύστημα μέσα από το οποίο καθορίζεται η πίστη του κάθε παίκτη πρέπει να είναι συνεπές (consistent) [102].
- Όταν ένας παίκτης πειστεί για την ταυτότητα και τον τύπο του άλλου τότε δεν μεταπείθεται σε καμία περίπτωση.

Με βάση τις παραπάνω συνθήκες και ακολουθώντας τη συλλογιστική που περιγράφεται στο [139], μπορούμε να ορίσουμε την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας για μια διαπραγμάτευση.

Ορισμός 3

Μια ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας είναι ένα ζεύγος το οποίο απαρτίζεται από μια στρατηγική και ένα σύστημα καθορισμού πίστης και ικανοποιεί τις ακόλουθες συνθήκες:

- ***Ακολουθιακή λογική***. Μετά από κάθε σύνολο ιστορικού (ενέργειες που έχουν γίνει μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο) για τον παίκτη που πρέπει να κάνει μια ενέργεια, η στρατηγική του είναι η βέλτιστη δεδομένων των στρατηγικών των δύο παικτών.
- ***Συνέπεια***. Το σύστημα καθορισμού πίστης είναι συνεπές για κάθε σύνολο ιστορικού.
- ***Ο παίκτης δεν μεταπείθεται όταν διαμορφώσει άποψη***. Όταν μια πιθανότητα (πίστη) είναι ίση με 0, τότε παραμένει ίση με 0 για όλα τα επόμενα βήματα. Το ίδιο ισχύει όταν η πιθανότητα γίνει ίση με 1.

Μια ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας αποτελείται από συναρτήσεις που καθορίζουν τη βέλτιστη στρατηγική για κάθε παίκτη με βάση την πληροφορία για το πώς η διαπραγμάτευση έχει εξελιχθεί μέχρι ένα συγκεκριμένο σημείο [28]. Σε κάθε γύρο ο παίκτης του οποίου είναι η σειρά να κάνει μια ενέργεια, εφόσον απορρίψει την προσφορά του άλλου, προτείνει μια τιμή σύμφωνα με την τιμολογιακή του στρατηγική. Ουσιαστικά η επιλογή είναι στο αν θα απορρίψει ή θα αποδεχθεί την προσφορά. Η απόφαση για την αποδοχή βασίζεται στην εκτίμηση της κατανομής της στρατηγικής του άλλου όπως επίσης και στην εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του ‘αντιπάλου’. Αυτό γίνεται διότι θεωρούμε πως κάθε παίκτης επιθυμεί να αποδεχθεί μια αυξημένη / μειωμένη τιμή από το να λήξει η διαπραγμάτευση με σύγκρουση. Υπενθυμίζουμε πως σε περίπτωση σύγκρουσης το όφελος και για τους δύο είναι ίσο με 0. Όμως, δεν είναι δυνατόν οι δύο παίκτες να αποδεχθούν τιμές οι οποίες είναι εκτός των ορίων που αρχικά θέτουν (V και c). Για αυτό το λόγο, η βέλτιστη στρατηγική των παικτών είναι αυτή η οποία τους κάνει να είναι αδιάφοροι σχετικά με την αποδοχή της προσφοράς σε σχέση με το να την απορρίψουν και να περιμένουν να γίνει πιθανώς

αποδεκτή η δική τους πρόταση δεδομένης της πίστης που έχουν διαμορφώσει αλλά και την εκτίμηση που έχουν κάνει για τη στρατηγική και το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του ‘αντιπάλου’.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζουμε αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες ώστε να φανούν οι διαφορές τους με το δικό μας προτεινόμενο μοντέλο. Ένα σύνολο τεχνικών μάθησης έχουν προταθεί κατά καιρούς στη διεθνή βιβλιογραφία. Για παράδειγμα, στα [56] και [135], οι συγγραφείς προτείνουν τη χρήση γενετικών αλγορίθμων έτσι ώστε να μπορούν οι πράκτορες να ανακαλύπτουν την πιο αποδοτική στρατηγική διαπραγμάτευσης. Ωστόσο αυτές οι μέθοδοι στοχεύουν κυρίως στην εξαγωγή μιας βέλτιστης στρατηγικής που θα λειτουργήσει ως απάντηση στις κινήσεις του ‘αντιπάλου’, ενώ στις περιπτώσεις των διαπραγματεύσεων απαιτείται μια πιο σφαιρική τεχνική συλλογιστικής σχετικά με τη συμπεριφορά του. Επίσης, η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η μέθοδος που βασίζεται στον κανόνα του Bayes [17], [200]. Σε αυτές τις ερευνητικές προσπάθειες η εκτίμηση των πιθανοτήτων συγκεκριμένων υποθέσεων σχετικά με τις προτιμήσεις του ‘αντιπάλου’ ή τα όρια τιμών παράγονται από τα προτεινόμενα μοντέλα. Όμως, ένα σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως ο κάθε πράκτορας πρέπει να γνωρίζει εκ των προτέρων την κατανομή της πιθανότητας των μεταβλητών αυτών, πράγμα πολύ δύσκολο, αφού για το σκοπό αυτό απαιτείται πληροφορία που οι παίκτες κρατούν κρυφή. Στο [170], προτείνεται η χρήση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης για να μπορούν οι παίκτες να μαθαίνουν να προτείνουν μια λύση που έχει τις περισσότερες πιθανότητες να γίνει αποδεκτή από την άλλη οντότητα. Πιο συγκεκριμένα, οι προσφορές που απορρίπτονται από μια οντότητα λαμβάνονται ως αρνητικές απαντήσεις για τον αλγόριθμο μάθησης, όταν οι προσφορές της άλλης οντότητας λαμβάνονται ως θετικά παραδείγματα. Ωστόσο, ο αλγόριθμος αυτός δεν συνδυάζεται με ένα μοντέλο συλλογιστικής ώστε να μπορεί να λαμβάνει υπόψιν του όλες τις παραμέτρους μιας διαπραγμάτευσης.

Συνεχίζοντας την επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, στο [158] οι συγγραφείς χρησιμοποιούν πολυώνυμα ώστε να προσεγγίσουν τη συνάρτηση πιθανότητας της στρατηγικής που ακολουθεί η άλλη πλευρά. Στόχος είναι η μοντελοποίηση της συμπεριφοράς της, ενώ το πλήθος των δεδομένων που απαιτούνται ώστε να εξαχθεί ένα αποδοτικό αποτέλεσμα είναι σαφώς μεγαλύτερο από τις υπόλοιπες ερευνητικές προσπάθειες. Επίσης, ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι η συνάρτηση πιθανότητας προσεγγίζεται μέσα από τυχαίες τιμές. Στο [74], προτείνεται μια μέθοδος εκμάθησης της συνάρτησης οφέλους του ‘αντιπάλου’. Η μέθοδος βασίζεται στον κανόνα του Bayes και

αποτελεί μι παραμετρική μέθοδο που λειτουργεί καλά όταν η δομή της συνάρτησης οφέλους είναι γνωστή. Στο [26], οι συγγραφείς προτείνουν μια μη-παραμετρική μέθοδο που βασίζεται στην τεχνική KDE για την εκμάθηση των παραμέτρων της άλλης πλευράς. Η μέθοδος αποσκοπεί στην εκμάθηση των βαρών των χαρακτηριστικών που υιοθετεί ο 'αντίπαλος' για τον τελικό καθορισμό του οφέλους. Ωστόσο, οι συγγραφείς θεωρούν πως η στρατηγική της άλλης πλευράς είναι γνωστή, πράγμα που απομακρύνει το εξεταζόμενο σενάριο από πραγματικές καταστάσεις. Μια ακόμη παραμετρική μέθοδος εκμάθησης προτείνεται στο [53]. Η στόχευση είναι σε μιας ευκαιρίας παίγνια και εφόσον αποτελεί μια παραμετρική διαδικασία αυτό σημαίνει πως οι συγγραφείς υποθέτουν πως το μοντέλο συμπεριφοράς της άλλης οντότητας είναι γνωστό. Η μέθοδος εκμάθησης που προτείνεται βασίζεται στη μεγιστοποίηση της απόδοσης μιας στρατηγικής. Στο [113], προτείνεται ένας αυτόνομος πράκτορας, ο οποίος μπορεί να συμμετέχει σε διαπραγματεύσεις προτείνοντας τιμές αλλά και αποδεχόμενος προσφορές. Οι συγγραφείς δηλώνουν πως οι περισσότερες συμφωνίες κλείνουν λόγω της αποδοχής του πράκτορα των προσφορών της άλλης πλευράς, πράγμα που σημαίνει πως ίσως ο μηχανισμός παραγωγής τιμών να μην είναι τόσο αποδοτικός. Επιπρόσθετα, στη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια, πολλές φορές, προτείνονται οι ίδιες τιμές από το μηχανισμό παραγωγής τους που ίσως δεν είναι και τόσο αποδοτικό επίσης. Η αποδοχή των προσφορών γίνεται με τη βοήθεια ενός τυχαίου ορίου τιμών, σενάριο που δεν αντιστοιχεί σε πραγματικές καταστάσεις. Τέλος, στο [140], προτείνεται ένα μοντέλο καθορισμού της στρατηγικής οντοτήτων που συμμετέχουν σε διαπραγματεύσεις με βάση το ιστορικό διαπραγματεύσεων άλλων οντοτήτων. Η ερευνητική προσπάθεια εστιάζει στην εκμάθηση των πιθανοτήτων να γίνει δεκτή μια προσφορά. Αυτή η παράμετρος επηρεάζει τη στρατηγική που επιλέγεται κάθε φορά. Οι συγγραφείς βασίζονται σε έρευνες στο πεδίο των κοινωνικών επιστημών που υποδεικνύουν πως οι άνθρωποι συμμετέχοντας σε διαπραγματεύσεις δεν ακολουθούν πάντα τη στρατηγική ισορροπίας ούτε και προσπαθούν συνεχώς να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους. Ωστόσο, δύο είναι τα κρίσιμα σημεία που πιθανώς να μην κάνουν την προτεινόμενη τεχνική να μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές καταστάσεις. Το πρώτο αφορά στη διαθεσιμότητα και στην επιθυμία των διαφόρων οντοτήτων να προσφέρουν το ιστορικό των διαπραγματεύσεων ειδικά όταν αυτά τα δεδομένα μπορούν να τα αποκτήσουν και πωλητές (με ότι συνέπειες αυτό θα έχει). Το δεύτερο είναι το κατά πόσο μπορούν αποτελέσματα ερευνών στο πεδίο των κοινωνικών επιστημών να εφαρμοστούν στις περιπτώσεις όπου αυτόνομοι πράκτορες αναλαμβάνουν να φέρουν εις πέρας ένα σύνολο διαπραγματεύσεων.

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω, στη δική μας περίπτωση προσπαθούμε να καλύψουμε πραγματικές καταστάσεις όπου κανείς δεν γνωρίζει καμία από τις ατομικές πληροφορίες των άλλων οντοτήτων. Η τεχνική KDE συνδυάζεται με τη στόχευση της μεγιστοποίησης του κέρδους αλλά και της πίεσης του τερματισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής ώστε να καταλήξουμε στο όριο τιμών που πρέπει να γίνει αποδεκτό. Δεν θεωρούμε τίποτα γνωστό, δεν χρειάζεται να έχουμε γνώση κάποιας αρχικής τιμής πιθανότητας, δεν χρειάζεται να βασιστούμε σε μηχανισμούς εκμάθησης του οφέλους της άλλης οντότητας, δεν χρειάζεται να εκπαιδεύσουμε το σύστημα αλλά ούτε και να χρησιμοποιήσουμε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων. Κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης, η τεχνική KDE μας προσφέρει την τιμή της πιθανότητας η προσφορά του 'αντιπάλου' να είναι σε αποδεκτά όρια και στη συνέχεια λαμβάνεται η απόφαση της αποδοχής ή μη.

Πρόταση 1

Για το παίγνιο διαπραγμάτευσης που περιγράφεται από την εξίσωση 6.14 υπάρχει ένας συνδυασμός στρατηγικών που ικανοποιεί την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας όταν οι παίκτες ανταλλάσουν προσφορές. Εάν ο αγοραστής χρησιμοποιεί:

- ομοιόμορφη συνάρτηση για να εκτιμήσει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή και βασίζεται στον KDE εκτιμητή για την εκτίμηση της στρατηγικής του πωλητή, ο αγοραστής πρέπει να απορρίψει κάθε προσφορά σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης και να αποδεχθεί μόνο όταν:

$$p_S^t \leq \begin{cases} V - \dfrac{t_{max} \cdot (V - p_b^t) \cdot z'}{2 \cdot z + z' \cdot t_{max} - 2 \cdot z \cdot z'}, \text{if } t < t_{max} \\ V - \dfrac{(V - p_b^t) \cdot z'}{2 \cdot z + z' - 2 \cdot z \cdot z'}, \text{if } t \geq t_{max} \end{cases} \quad (6.20)$$

με

$$z = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - e^{-Q \cdot \frac{\frac{4}{\pi} + a \cdot Q}{1 + a \cdot Q}}} \right) \quad (6.21)$$

$$Q = \frac{(V - p_{si})^2}{2} \quad (6.22)$$

$$z' = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - e^{-W \cdot \frac{4}{\pi} + a \cdot W}} \right) \tag{6.23}$$

$$W = \frac{(p_b^t - p_{si})^2}{2} \tag{6.24}$$

και N είναι το πλήθος των προσφορών που έχει κάνει ο πωλητής μέχρι το συγκεκριμένο γύρο.

- γραμμική συνάρτηση για να εκτιμήσει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή και βασίζεται στον KDE εκτιμητή για την εκτίμηση της στρατηγικής του πωλητή, ο αγοραστής πρέπει να απορρίψει κάθε προσφορά σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης και να αποδεχθεί μόνο όταν:

$$p_s^t \leq \begin{cases} V - \dfrac{t_{max} \cdot (V - p_b^t) \cdot z'}{(2 \cdot t + 1) \cdot z + z' \cdot t_{max} - (2 \cdot t + 1) \cdot z \cdot z'} & \text{if } t < t_{max} \\ V - \dfrac{(V - p_b^t) \cdot z'}{2 \cdot z + z' - 2 \cdot z \cdot z'} & \text{if } t \geq t_{max} \end{cases} \tag{6.25}$$

όπου τα z και z’ ορίζονται όπως πιο πάνω (εξισώσεις (6.21) και (6.23)).

<u>Απόδειξη</u>

Για απλότητα στους υπολογισμούς θεωρούμε πως $\delta_b = 1$. Ίδια λογική ισχύει με αυτή που θα αναπτύξουμε και στην περίπτωση όπου $\delta_b < 1$.

Α. Ο αγοραστής είναι ακολουθιακά λογικός εάν και μόνο εάν σε κάθε σύνολο πληροφορίας στο οποίο είναι να κάνει μια ενέργεια, μεγιστοποιεί το αναμενόμενο όφελος δεδομένου της πίστης που έχει στο συγκεκριμένο βήμα. Βασιζόμενοι σε αυτή την προσέγγιση, σε χρόνο t, η ακόλουθη ανίσωση πρέπει να είναι αληθής έτσι ώστε ο αγοραστής να είναι αδιάφορος ανάμεσα στην αποδοχή ή όχι της προσφοράς του πωλητή.

$$U_b^t(p_s^t) \geq U_b^t(p_b^t) \tag{6.26}$$

και, συνεπώς, εάν στοχεύσουμε στο βέλτιστο αποτέλεσμα του επόμενου γύρου (ο πωλητής δέχεται την προσφορά του αγοραστή):

$$(V - p_s^t) \cdot (P(L) + P(R) - P(L) \cdot P(R)) \geq (V - p_b^t) \cdot P(S_A) \tag{6.27}$$

με

$$P(L) = \left(P(T_S = t) + P(T_S = t+1)\right) \cdot P(p_S^t \le V) \tag{6.28}$$

και

$$P(R) = P(p_S^t \le p_b^t) \tag{6.29}$$

Επίσης, $P(S_A)$ είναι η πιθανότητα να αποδεχθεί ο πωλητής την προσφορά του αγοραστή στον γύρο t+1. Αφού ο αγοραστής δεν έχει καθόλου γνώση για τα χαρακτηριστικά του πωλητή, πρέπει να υπολογίσει / εκτιμήσει την πιθανότητα αυτή μέσα από μια λογική συλλογιστική. Για αυτό το λόγο, η ακόλουθη εξίσωση είναι αληθής:

$$P(S_A) = P(U_S^{t+1}(p_b^t) \ge U_S^{t+1}(p_S^{t+1})) = P(p_S^{t+1} \le p_b^t) \tag{6.30}$$

Είναι λογικό για τον αγοραστή να σκεφτεί πως το όφελος για τον πωλητή θα είναι μεγαλύτερο όταν η προτεινόμενη τιμή είναι μεγαλύτερη. Η παράμετρος $P(p_S^{t+1} \le p_b^t)$ μπορεί να εκτιμηθεί με την τεχνική KDE όπως έχουμε εξηγήσει πιο πάνω. Ουσιαστικά η τεχνική KDE μας δίνει ένα σύστημα πίστης για τη σχέση των προτεινόμενων τιμών του αγοραστή και του πωλητή. Λύνοντας την ανίσωση (6.27) ως προς p_S^t παίρνουμε την ακόλουθη σχέση:

$$p_S^t \le \begin{cases} V - \dfrac{t_{max} \cdot (V - p_b^t) \cdot z'}{2 \cdot z + z' \cdot t_{max} - 2 \cdot z \cdot z'}, \text{if } t < t_{max} \\ V - \dfrac{(V - p_b^t) \cdot z'}{2 \cdot z + z' - 2 \cdot z \cdot z'}, \text{if } t \ge t_{max} \end{cases} \tag{6.31}$$

δεδομένου της πίστης για το χρονικό ορίζοντα και τη στρατηγική του πωλητή. Στο συγκεκριμένο σενάριο, θεωρούμε πως ο πωλητής ακολουθεί και παραμένει στην τιμολογιακή στρατηγική που επιλέγει. Σε περίπτωση όπου ο πωλητής προτείνει τυχαίες τιμές, τότε η πιθανότητα που υπολογίζεται από τον KDE εκτιμητή, θα αλλάζει συνεχώς με ότι αυτό συνεπάγεται για τον υπολογισμό της στρατηγικής ισορροπίας.

Β. Η απόδειξη για την περίπτωση όπου ο αγοραστής χρησιμοποιεί γραμμική συνάρτηση για την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή είναι παραπλήσια.

□

Πρόταση 2

Για το παίγνιο διαπραγμάτευσης που περιγράφεται από την εξίσωση 6.15 υπάρχει ένας συνδυασμός στρατηγικών που ικανοποιεί την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας όταν οι παίκτες ανταλλάσουν προσφορές. Εάν ο πωλητής χρησιμοποιεί:

- ομοιόμορφη συνάρτηση για να εκτιμήσει τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή και βασίζεται στον KDE εκτιμητή για την εκτίμηση της στρατηγικής του αγοραστή, ο πωλητής πρέπει να απορρίψει κάθε προσφορά σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης και να αποδεχθεί μόνο όταν:

$$p_b^t \geq \begin{cases} c + \dfrac{t_{max} \cdot (p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + t_{max} \cdot (1 - s') - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t < t_{max} \\ c + \dfrac{(p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + (1 - s') - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t \geq t_{max} \end{cases} \tag{6.32}$$

με

$$s = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2 \cdot N} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - e^{-R \cdot \frac{\frac{4}{\pi} + a \cdot R}{1 + a \cdot R}}} \right) \tag{6.33}$$

$$R = \frac{(c - p_{bi})^2}{2} \tag{6.34}$$

$$s' = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{2 \cdot N} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - e^{-M \cdot \frac{\frac{4}{\pi} + a \cdot M}{1 + a \cdot M}}} \right) \tag{6.35}$$

$$M = \frac{(p_s^t - p_{bi})^2}{2} \tag{6.36}$$

- γραμμική συνάρτηση για να εκτιμήσει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή και βασίζεται στον KDE εκτιμητή για την εκτίμηση της στρατηγικής του αγοραστή, ο πωλητής πρέπει να απορρίψει κάθε προσφορά σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης και να αποδεχθεί μόνο όταν:

$$p_b^t \geq \begin{cases} c + \dfrac{t_{max} \cdot (p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{(2 \cdot t + 1) \cdot (1 - s) + t_{max} \cdot (1 - s') - 2 \cdot (2 \cdot t + 1) \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t < t_{max} \\ c + \dfrac{(p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + (1 - s') - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t \geq t_{max} \end{cases} \quad (6.37)$$

όπου τα s και s' ορίζονται όπως πιο πάνω (εξισώσεις (6.33) και (6.35)).

<u>Απόδειξη</u>

Για απλότητα στους υπολογισμούς θεωρούμε πως $\delta_s = 1$. Ίδια λογική ισχύει με αυτή που θα αναπτύξουμε και στην περίπτωση όπου $\delta_s < 1$.

Α. Ο πωλητής είναι ακολουθιακά λογικός εάν και μόνο εάν σε κάθε σύνολο πληροφορίας στο οποίο είναι να κάνει μια ενέργεια, μεγιστοποιεί το αναμενόμενο όφελος δεδομένου της πίστης που έχει στο συγκεκριμένο βήμα. Βασιζόμενοι σε αυτή την προσέγγιση, σε χρόνο t, η ακόλουθη ανίσωση πρέπει να είναι αληθής έτσι ώστε ο πωλητής να είναι αδιάφορος ανάμεσα στην αποδοχή ή όχι της προσφοράς του αγοραστή.

$$U_S^t(p_b^t) \geq U_S^t(p_S^t) \quad (6.38)$$

και συνεπώς, εάν στοχεύσουμε στο βέλτιστο αποτέλεσμα για το επόμενο γύρο (ο αγοραστής αποδέχεται την προσφορά του πωλητή):

$$(p_b^t - c) \cdot (P(L') + P(R') - P(L') \cdot P(R')) \geq (p_S^t - c) \cdot P(B_A) \quad (6.39)$$

με

$$P(L') = \left(P(T_b = t) + P(T_b = t+1)\right) \cdot \left(1 - P(p_b^t \leq c\right) \quad (6.40)$$

και

$$P(R') = 1 - P\left(p_b^t \leq p_s^t\right) \quad (6.41)$$

Επίσης, η $P(B_A)$ αναπαριστά την πιθανότητα ο αγοραστής να δεχτεί την προσφορά του πωλητή στον γύρο t+1. Εάν ο πωλητής είναι ένας λογικός παίκτης τότε η ακόλουθη εξίσωση είναι αληθής:

$$P(B_A) = 1 - P(p_b^{t+1} \leq p_S^t) \quad (6.42)$$

Η παράμετρος $P(p_b^{t+1} \le p_s^t)$ μπορεί να εκτιμηθεί με τη χρήση της KDE τεχνικής και συνεπώς λύνοντας την ανίσωση (6.39) παίρνουμε:

$$p_b^t \ge \begin{cases} c + \dfrac{t_{max} \cdot (p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + t_{max} \cdot (1 - s') - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t < t_{max} \\ c + \dfrac{(p_s^t - c) \cdot (1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + (1 - s') - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} & \text{if } t \ge t_{max} \end{cases} \quad (6.43)$$

δεδομένου της πίστης για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή και της πίστης για την τιμολογιακή στρατηγική του.

Β. Η απόδειξη για την περίπτωση όπου ο πωλητής χρησιμοποιεί γραμμική συνάρτηση για την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή είναι παραπλήσια.

□

6.6. Στρατηγική Ισορροπίας για πολλαπλά χαρακτηριστικά προϊόντων

Στην παρούσα ενότητα, μελετάμε διαπραγματεύσεις για πολλαπλά χαρακτηριστικά (issues) των προϊόντων. Για παράδειγμα, οι οντότητες προσπαθούν να κλείσουν μια συμφωνία που περιλαμβάνει τιμές για ένα σύνολο χαρακτηριστικών όπως η τιμή, ο χρόνος παράδοσης, η ποιότητα, κ.α. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αντιμετώπισης ενός τέτοιου είδους διαπραγμάτευσης [45]:

- ***Μορφή Πακέτου (package deal)***. Οι τιμές των χαρακτηριστικών συνδέονται μεταξύ τους σε ένα πακέτο. Κάθε προσφορά ουσιαστικά είναι πακέτο τιμών.
- ***Ταυτόχρονη διαπραγμάτευση (simultaneous negotiation)***. Οι οντότητες διαπραγματεύονται ταυτόχρονα για όλες τις τιμές των χαρακτηριστικών ανεξάρτητα όμως η μια από τις άλλες.
- ***Ακολουθιακή διαπραγμάτευση (sequential negotiation)***. Οι οντότητες διαπραγματεύονται ακολουθιακά για το κάθε ένα χαρακτηριστικό, πρώτα για το ένα και αφού κλείσει η συμφωνία, έπειτα για το επόμενο, κ.λπ.

Προφανώς, η κάθε μια από τις παραπάνω προσεγγίσεις εξάγει και διαφορετικό αποτέλεσμα. Οι παραπάνω προσεγγίσεις έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όταν μια οντότητα ακολουθεί τη μορφή πακέτου θα πρέπει ο συνδυασμός όλων των τιμών να είναι τέτοιος ώστε να εξάγει μεγάλη τιμή οφέλους. Αυτό πρέπει να συμβαίνει ταυτόχρονα. Τυχόν απόρριψη μιας προσφοράς οδηγεί σε νέα πρόταση για όλες τις τιμές των χαρακτηριστικών. Στο σενάριο αυτό, οι οντότητες εξοικονομούν χρόνο αλλά

για να επιτευχθεί μια συμφωνία θα πρέπει η κάθε οντότητα να είναι πλήρως ικανοποιημένη από όλα τα χαρακτηριστικά ως σύνολο. Στην ταυτόχρονη διαπραγμάτευση, ναι μεν εξοικονομείται χρόνος αλλά οι οντότητες πρέπει να διατηρούν ξεχωριστές και πιθανώς διαφορετικού τύπου συναρτήσεις οφέλους τις οποίες και να ελέγχουν για τυχόν επίτευξη συμφωνίας. Η ακολουθιακή διαπραγμάτευση απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση της διαδικασίας αφού οι οντότητες θα πρέπει να συμφωνήσουν στις τιμές όλων των χαρακτηριστικών με τη σειρά. Προφανώς, η μη επίτευξη συμφωνίας για ένα χαρακτηριστικό οδηγεί σε σύγκρουση, αφού δεν έχει νόημα να συνεχιστεί η διαπραγμάτευση περαιτέρω. Εμείς, υιοθετούμε την προσφορά πακέτου στα επόμενα βήματά μας. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι μπορεί η οντότητα να αποκομίσει το ίδιο όφελος από ένα σύνολο συνδυασμών των τιμών των χαρακτηριστικών.

Ο αγοραστής για την παραγωγή τιμών για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη στρατηγική που μπορεί να είναι η ίδια όπως και την παραγωγή μιας απλής τιμής. Έτσι, τίθεται μια περιοχή τιμών $[min_i, max_i]$ η οποία αποτελεί το όριο τιμών για κάθε ένα χαρακτηριστικό. Η οντότητα δεν αποδέχεται και δεν παράγει τιμές έξω από αυτό το διάστημα τιμών. Η συνάρτηση που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τιμών είναι η ακόλουθη [44]:

$$O_i = min_i + \varphi(t) \cdot (max_i - min_i) \tag{6.44}$$

για την πλευρά του αγοραστή και

$$O_i = min_i + (1 - \varphi(t)) \cdot (max_i - min_i) \tag{6.45}$$

για την πλευρά του πωλητή. Η συνάρτηση φ() αποτελεί μια συνάρτηση στρατηγικής η οποία εξαρτάται από τον χρόνο t και ορίζεται ως εξής:

$$\varphi(t) = k + (1-k) \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\frac{1}{\psi}},\ T = \{T_b \text{ or } T_s\} \tag{6.46}$$

με $k \in [0,1]$ και ψ να αποτελεί μια θετική τυχαία παράμετρο στρατηγικής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω συναρτήσεις αφορούν στην παραγωγή τιμής για το χαρακτηριστικό i και ότι τα διαστήματα $[min_i, max_i]$ είναι διαφορετικά για τον αγοραστή και τον πωλητή αντίστοιχα.

Με βάση τα παραπάνω, η συνάρτηση απόφασης σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης για τον αγοραστή είναι η εξής:

$$D_b^t\left(O_S^t, \bigcap_{i=1}^{N}\left[\min_i, \max_i\right] t\right) = \begin{cases} \text{Quit} & \text{if } \left(\left(t = T_S \text{ or } t+1 = T_S\right) \text{and } O_S^t \notin \bigcap_{i=1}^{N}\left[\min_i, \max_i\right]\right) \text{or } t > T_b \\ \text{Accept} & \text{if } \left(\left(t = T_S \text{ or } t+1 = T_S\right) \text{and } O_S^t \in \bigcap_{i=1}^{N}\left[\min_i, \max_i\right]\right) \text{or } U_b\left(O_S^t\right) \geq U_b\left(O_b^{t+1}\right) \\ \text{Reject} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(6.47)

όπου N είναι το πλήθος των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών, t είναι ο τρέχων χρόνος, T_s είναι ο χρονικός ορίζοντα του πωλητή, T_b είναι ο χρονικός ορίζοντας του αγοραστή, $\min_i$ και $\max_i$ είναι η ελάχιστη και η μέγιστη αποδεκτή τιμή για το χαρακτηριστικό i, U_b είναι η συνάρτηση οφέλους του αγοραστή, O_S^t είναι η προσφορά του πωλητή στον τρέχοντα γύρο της διαπραγμάτευσης και O_b^{t+1} είναι η προσφορά που θα κάνει ο αγοραστής εφόσον απορρίψει την προσφορά του πωλητή.

Το όφελος για κάθε χαρακτηριστικό i είναι ίσο με [26]:

$$U_{b,i} = \begin{cases} \dfrac{x_i - \min_i}{\max_i - \min_i} & \text{if i is increasing} \\ \dfrac{\max_i - x_i}{\max_i - \min_i} & \text{if i is decreasing} \end{cases} \tag{6.48}$$

Το πρώτο σκέλος της συνάρτησης οφέλους αφορά χαρακτηριστικά τα οποία κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης πρέπει να αυξάνει η τιμή τους (increasing) στις προσφορές ώστε ο αγοραστής να αποκομίζει περισσότερο όφελος. Το αντίθετο πρέπει να συμβαίνει για χαρακτηριστικά στα οποία η τιμή τους πρέπει να βαίνει μειούμενη (decreasing). Για παράδειγμα, η τιμή του προϊόντος πρέπει να μειώνεται κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης ώστε ο αγοραστής να αποκομίζει περισσότερο όφελος (όσο πιο 'μακριά' από το $\max_i$ τόσο το καλύτερο). Το αντίθετο συμβαίνει για το Quality of Service ενός προϊόντος. Το τελικό όφελος μιας προσφοράς υπολογίζεται ως ένα σταθμισμένο άθροισμα των γινομένων του οφέλους για το κάθε χαρακτηριστικό επί το αντίστοιχο βάρος w_i. Η ακόλουθη εξίσωση αποδίδει το τελικό όφελος:

$$U_b = \sum_{i=1}^{N} w_i \cdot U_{b,i} \tag{6.49}$$

Στην παραπάνω εξίσωση ισχύει ότι:

$$\sum_{i=1}^{N} w_i = 1 \tag{6.50}$$

Θα πρέπει να σημειωθεί πως αντίστοιχες συναρτήσεις λήψης απόφασης καθώς και οφέλους ισχύουν για την πλευρά του πωλητή. Η συνάρτηση απόφασης του πωλητή δίνεται από την επόμενη εξίσωση:

$$D_s^t\left(O_b^t, \bigcap_{i=1}^{N}[\min_i, \max_i]\, t\right) = \begin{cases} \text{Quit} & \text{if } \left(\left(t = T_b \text{ or } t+1 = T_b\right) \text{and } O_b^t \notin \bigcap_{i=1}^{N}[\min_i, \max_i]\right) \text{or } t > T_s \\ \text{Accept} & \text{if } \left(\left(t = T_b \text{ or } t+1 = T_b\right) \text{and } O_b^t \in \bigcap_{i=1}^{N}[\min_i, \max_i]\right) \text{or } U_s\left(O_b^t\right) \geq U_s\left(O_s^{t+1}\right) \\ \text{Reject} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(6.51)

όπου U_s είναι η συνάρτηση οφέλους του πωλητή (υπολογίζεται όπως στην πλευρά του αγοραστή αλλά με διαφορετικά βάρη), O_b^t είναι η προσφορά του αγοραστή στον τρέχοντα γύρο και O_s^{t+1} είναι η προσφορά που θα κάνει ο πωλητής εφόσον απορρίψει την προσφορά του αγοραστή.

Με βάση τη συνάρτηση λήψης απόφασης μπορούμε να ορίσουμε την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας (sequential equilibrium). Για να οριστεί αυτή θα πρέπει να ισχύουν οι συνθήκες που συζητήσαμε στην παράγραφο 6.5 για την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας σε μια διαπραγμάτευση στην οποία ‘εμπλέκεται’ ένα μόνο χαρακτηριστικό του εξεταζόμενου προϊόντος. Με βάση λοιπόν αυτό το σκεπτικό, η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας βασίζεται αποκλειστικά στη λογική αντίδραση του αγοραστή στις προσφορές του πωλητή, προσπαθώντας φυσικά να μεγιστοποιήσει το όφελός του κάτω από πλήρη άγνοια για τα όρια τιμών και τη στρατηγική που ακολουθεί ο πωλητής. Έτσι λοιπόν σε κάθε γύρο, για να αποδεχθεί ο αγοραστής την προσφορά του πωλητή, θα πρέπει να ισχύει:

$$R_b\left(O_s^t\right) \geq R_b\left(O_b^{t+1}\right) \tag{6.52}$$

και κατ’ επέκταση:

$$U_b\left(O_s^t\right) \cdot P\left(D_b^t = \text{Accept}\right) \geq U_b\left(O_b^{t+1}\right) \cdot P(D_s^{t+1} = \text{Accept}) \tag{6.53}$$

Συνεπώς, ο αγοραστής θα πρέπει να απορρίψει κάθε προσφορά και να αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή για την οποία ισχύει:

$$U_b\left(O_s^t\right) \geq \frac{U_b\left(O_b^{t+1}\right) \cdot P(D_s^{t+1} = \text{Accept})}{P\left(D_b^t = \text{Accept}\right)} \tag{6.54}$$

Όμοια, προσέγγιση ακολουθείται και για την πλευρά του αγοραστή. Με αυτό τον τρόπο καθορίζουμε τη στρατηγική ισορροπίας και για τις δύο οντότητες.

Στην παραπάνω εξίσωση θα πρέπει να υπολογιστούν οι δύο πιθανότητες αφού το όφελος του αγοραστή με βάση τις προσφορές των δύο παικτών μπορεί εύκολα να εξαχθεί από τη συνάρτηση οφέλους. Ο αγοραστής προφανώς δεν γνωρίζει τη συνάρτηση απόφασης του πωλητή καθώς και κανένα από τα χαρακτηριστικά του, οπότε συλλογιζόμενος λογικά, υποθέτει πως ο πωλητής θα αποδεχθεί την προσφορά, εφόσον το όφελος που θα αποκομίσει θα είναι μεγαλύτερο από την προσφορά που ετοιμάζεται να κάνει εάν την απορρίψει. Έτσι λοιπόν έχουμε ότι:

$$P\left(D_s^{t+1} = \text{Accept}\right) = P\left(U_s\left(O_b^{t+1}\right) \geq U_s\left(O_s^{t+2}\right)\right) \tag{6.55}$$

και συνεπώς:

$$P\left(D_s^{t+1} = \text{Accept}\right) = P\left(\sum_{i=1}^{N} w_{s,i} \cdot \left(U_{s,i}\left(x_i^b\right) - U_{s,i}\left(x_i^s\right)\right) \geq 0\right) \tag{6.56}$$

όπου $w_{s,i}$ είναι το βάρος του i χαρακτηριστικού στην πλευρά του πωλητή, $U_{s,i}$ είναι το αντίστοιχο όφελος, x_i^b είναι η τιμή που προσέφερε ο αγοραστής για το χαρακτηριστικό i και x_i^s είναι η τιμή που πρόκειται να προσφέρει ο πωλητής για το χαρακτηριστικό i. Τη συγκεκριμένη πιθανότητα θα την υπολογίσουμε αλγοριθμικά ώστε να εξάγουμε μια τιμή που να απεικονίζει την πιθανότητα αποδοχής από την πλευρά του πωλητή. Ο αλγοριθμικός υπολογισμός λαμβάνει υπόψη ένα μεγάλο πλήθος πιθανών πολιτικών για την εξαγωγή των τιμών του κάθε χαρακτηριστικού. Ο υπολογισμός αυτός περιγράφεται στη συνέχεια.

Ας περάσουμε τώρα στον υπολογισμό της πιθανότητας $P\left(D_b^t = \text{Accept}\right)$. Για τον υπολογισμό αυτής της πιθανότητας ισχύει:

$$P(D_b^t = \text{Accept}) = P\left(\left(\left(t = T_s \text{ or } t+1 = T_s\right) \text{and } O_s^t \in \bigcap_{i=1}^{N}\left[\min_i, \max_i\right]\right) \text{or } U_b\left(O_s^t\right) \geq U_b\left(O_b^{t+1}\right)\right) \tag{6.57}$$

και συνεπώς:

$$P(D_b^t = \text{Accept}) = P(L) + P(R) - P(L) \cdot P(R) \tag{6.58}$$

όπου

$$P(L) = P\left(\left(t = T_s \text{ or } t+1 = T_s \right) \text{and } O_s^t \in \bigcap_{i=1}^{N} \left[\min_i, \max_i \right] \right) \tag{6.59}$$

και

$$P(R) = P\left(U_b\left(O_s^t \right) \geq U_b\left(O_b^{t+1} \right) \right) \tag{6.60}$$

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο αγοραστής υιοθετεί μια ομοιόμορφη κατανομή για την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα του πωλητή με βασική παράμετρο το t_{max}. Η εξίσωση που υιοθετείται είναι ίδια με αυτή που συζητήθηκε στην παράγραφο 6.5.1 (εξίσωση 6.5). Έτσι λοιπόν, μετά από υπολογισμούς παίρνουμε ότι (θεωρούμε πως $t < t_{max}$):

$$P(L) = \frac{2}{t_{max}} \cdot P\left(O_s^t \in \bigcap_{i=1}^{N} \left[\min_i, \max_i \right] \right) \tag{6.61}$$

και

$$P(R) = P\left(\sum_{i=1}^{N} w_{b,i} \cdot \left(U_{b,i}\left(x_i^s \right) - U_{b,i}\left(x_i^b \right) \right) \geq 0 \right) \tag{6.62}$$

όπου $w_{b,i}$ είναι τα βάρη που χρησιμοποιεί ο αγοραστής για το υπολογισμό του οφέλους για το κάθε ένα χαρακτηριστικό. Συνεχίζοντας τους υπολογισμούς παίρνουμε ότι:

$$P(L) = \frac{2}{t_{max}} \cdot \prod_{i=1}^{N} P\left(O_{s,i}^t \in \left[\min_i, \max_i \right] \right) \tag{6.63}$$

και συνεπώς:

$$P(L) = \frac{2}{t_{max}} \cdot \prod_{i=1}^{N} P\left(x_i^s \in \left[\min_i, \max_i \right] \right) \tag{6.64}$$

και

$$P(R) = P\left(\sum_{i=1}^{N} \frac{w_{b,i}}{\max_i - \min_i} \cdot I \cdot \left(x_i^s - x_i^b \right) \geq 0 \right) \tag{6.65}$$

όπου I = 1 όταν η τιμή του χαρακτηριστικού πρέπει να αυξάνεται για να αυξηθεί το όφελος και I = -1 όταν η τιμή του χαρακτηριστικού πρέπει να μειώνεται για να αυξηθεί το

όφελος. Στο σημείο αυτό εφαρμόζουμε τη μέθοδο εκτίμησης Kernel Density Estimator (KDE) [68], [168] ώστε να υπολογιστεί η πιθανότητα $P\left(x_i^s \in [\min_i, \max_i]\right)$. Η μέθοδος KDE βασίζεται στις τιμές που λαμβάνει σαν προσφορές ο αγοραστής σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Με χρήση αυτής της τεχνικής παίρνουμε ότι:

$$P(L) = \frac{2}{t_{max}} \cdot \prod_{i=1}^{N} \int_{\min_i}^{\max_i} f\left(x_i^s\right) dx_i^s \tag{6.66}$$

όπου $f\left(x_i^s\right)$ είναι συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας που εξάγεται από τη μέθοδο KDE. Τελικά μετά από υπολογισμούς παίρνουμε ότι:

$$P(L) = \frac{2}{t_{max}} \cdot \prod_{i=1}^{N} \frac{1}{2 \cdot N} \sum_{j=1}^{n} \left[\sqrt{1 - e^{A}} - \sqrt{1 - e^{A'}} \right] \tag{6.67}$$

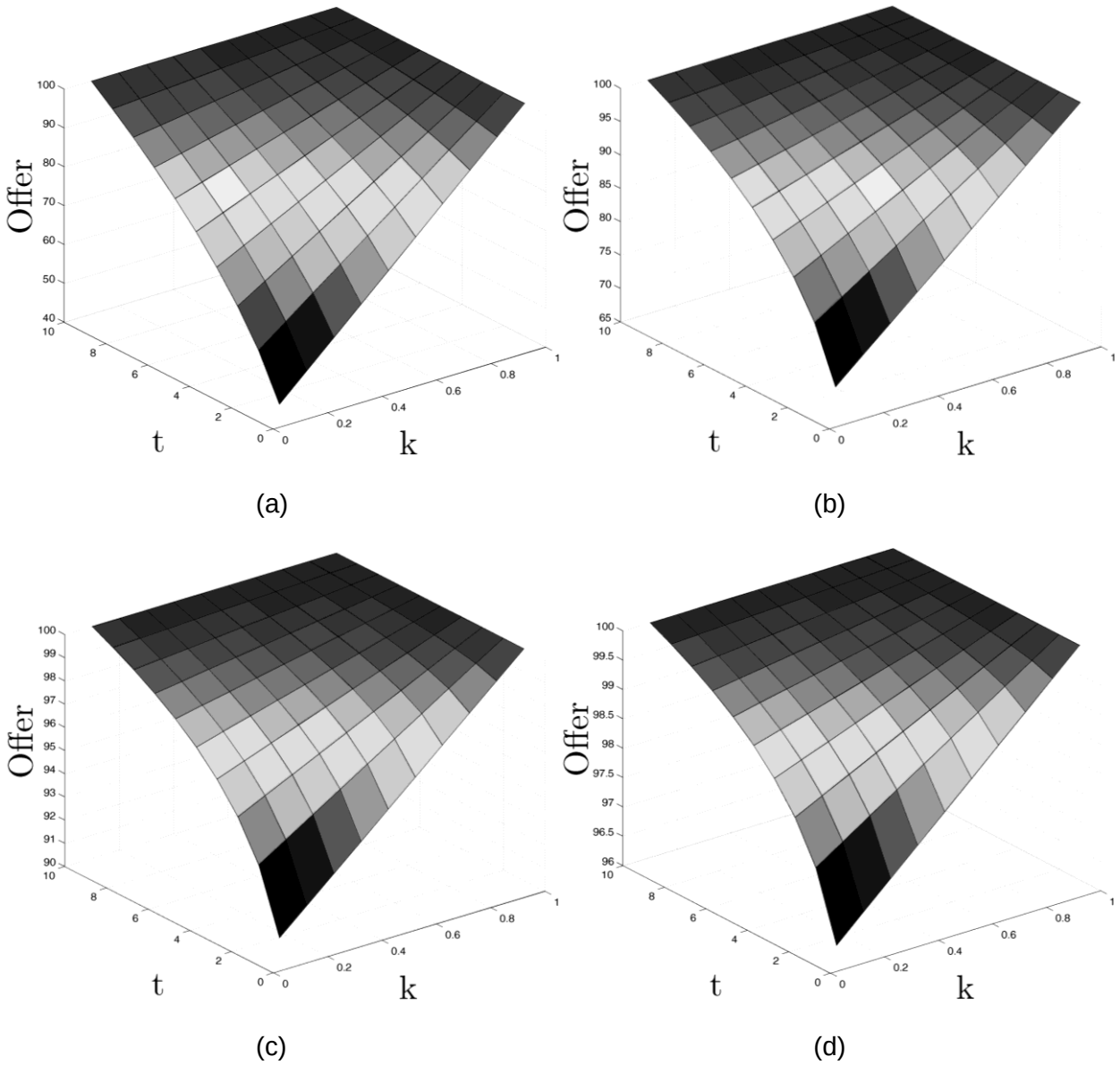
$$A = -\frac{\left(x_i^s - \min_i\right)^2}{2} \cdot \frac{4/\pi + \alpha \cdot \frac{\left(x_i^s - \min_i\right)^2}{2}}{1 + \alpha \cdot \frac{\left(x_i^s - \min_i\right)^2}{2}} \tag{6.68}$$

$$A' = -\frac{\left(x_i^s - \max_i\right)^2}{2} \cdot \frac{4/\pi + \alpha \cdot \frac{\left(x_i^s - \max_i\right)^2}{2}}{1 + \alpha \cdot \frac{\left(x_i^s - \max_i\right)^2}{2}} \tag{6.69}$$

και n να αποτελεί το πλήθος των προσφορών για κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Για απλότητα, στους παραπάνω υπολογισμούς πήραμε ότι το εύρος (bandwidth) του KDE είναι ίσο με 1. Επίσης, παίρνουμε $\alpha \approx 0.140012$ όπως ακριβώς αναφέρεται στη βιβλιογραφία. Η συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε στην KDE ήταν Gaussian. Την πιθανότητα $P(R)$ θα την προσεγγίσουμε αλγοριθμικά όπως και την $P\left(D_s^{t+1} = \text{Accept}\right)$. Εκτελέστηκε ένας μεγάλος αριθμός πειραμάτων για ένα πολύ μεγάλο πλήθος στρατηγικών και κατά συνέπεια συνδυασμών τιμών που προσομοιώνουν τις τιμές στην πλευρά του πωλητή.

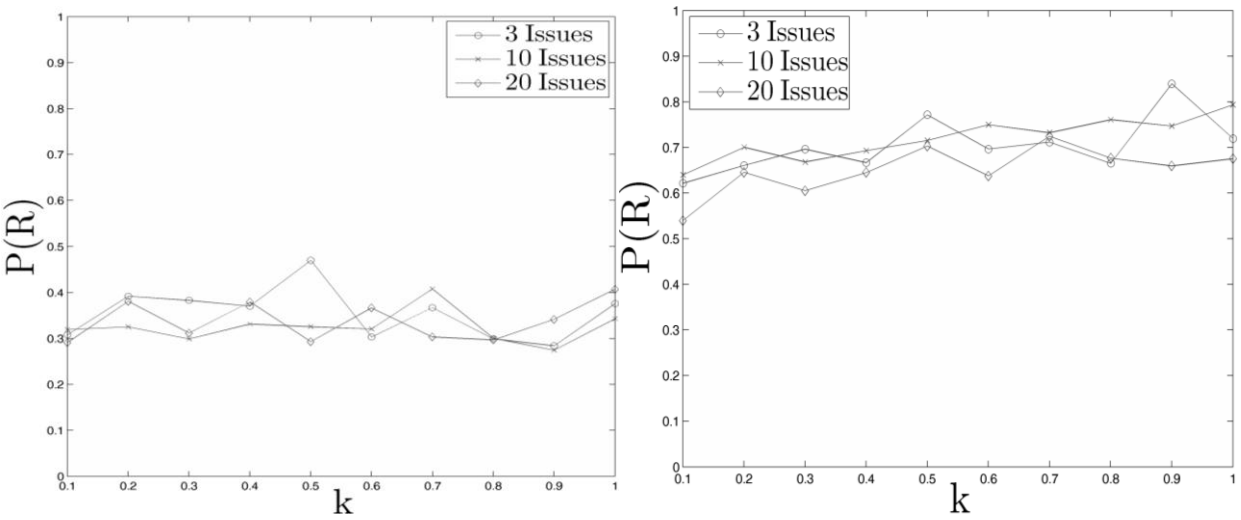
Τα επόμενα πειράματα εκτελέστηκαν για να διαπιστώσουμε το πώς επηρεάζει τις προσφορές που ανταλλάσσονται η παράμετρος στρατηγικής k σε συνάρτηση με τους γύρους t στους οποίους γίνονται οι προσφορές. Για την εκτέλεση των πειραμάτων

θεωρήσαμε ότι μέγιστη προσφορά είναι ίση με 100 ενώ η ελάχιστη είναι ίση με 5. Στο Σχήμα 34, παρατηρούμε το ύψος των προσφορών για διάφορες τιμές της παραμέτρου k (a. ψ = 2, b. ψ = 5, c. ψ = 20, d. ψ = 50). Θα πρέπει να σημειωθεί πως η χρήση της εξίσωσης 6.44 ισχύει μόνο για την πλευρά του αγοραστή. Βλέπουμε πως η κλίση της καμπύλης είναι ίδια, αλλά αλλάζει εντελώς το ύψος της προσφοράς. Όσο μεγαλύτερο είναι το ψ τόσο μεγαλύτερο είναι το ύψος των προσφορών και πιο κοντά στη μέγιστη τιμή. Από την άλλη, η τιμή του k επηρεάζει αρκετά τις προσφορές αφού μικρή τιμή του, ειδικά στους πρώτους γύρους της διαπραγμάτευσης, οδηγεί σε αρκετά μικρές προσφορές.



Σχήμα 34. Δημιουργία προσφορών σε σχέση με την παράμετρο στρατηγικής k.

Για τον υπολογισμό της πιθανότητας P(R) εκτελέσαμε ένα αρκετά μεγάλο πλήθος προσομοιώσεων. Για κάθε τιμή του k, στην πλευρά του αγοραστή, μελετήσαμε ένα σύνολο προσομοιώσεων όλων των βασικών παραμέτρων μιας διαπραγμάτευσης από τις μέγιστες – ελάχιστες τιμές μέχρι και τους χρονικούς ορίζοντες. Για κάθε τιμή του k εκτελέσαμε 100 προσομοιώσεις τις οποίες επιλέξαμε τυχαία σε διάφορα διαστήματα τις τιμές των βασικών παραμέτρων. Μετά την επιλογή αυτή, πήραμε άλλες 100 φορές τυχαία στο διάστημα [10,200] τους χρονικούς ορίζοντες των δύο πλευρών και υπολογίσαμε την πιθανότητα P(R). Συνολικά, εκτελέστηκαν 100000 προσομοιώσεις. Τέλος, εξετάστηκαν προσομοιώσεις για 3, 10, και 20 χαρακτηριστικά των προϊόντων. Στην πλευρά του πωλητή θεωρήσαμε ότι προτείνονται τιμές για τα χαρακτηριστικά των προϊόντων με βάση μια εκθετική κατανομή της οποίας η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή επιλέγονται όπως και στην πλευρά του αγοραστή. Η παράμετρος λ της εκθετικής κατανομής μας υποδηλώνει ουσιαστικά το ύψος της πιθανότητας με την οποία ο πωλητής προσφέρει χαμηλές τιμές. Επίσης, θεωρήσαμε πως οι τιμές των χαρακτηριστικών των προϊόντων ως επί το πλείστον (70%) πρέπει να μειώνονται ώστε ο αγοραστής να αποκομίζει όσο το δυνατόν περισσότερο όφελος (π.χ. τιμή, χρόνος παράδοσης, κ.λπ.). Όταν η τιμή του λ είναι μικρή σημαίνει πως η πιθανότητα ο πωλητής να μας δώσει μικρές τιμές είναι αντίστοιχα μικρή ενώ όταν η τιμή του λ είναι μεγάλη σημαίνει πως η πιθανότητα να μας δώσει ο πωλητής μικρή τιμή είναι μεγάλη. Στο Σχήμα 35, βλέπουμε τις τιμές που πήραμε για την πιθανότητα P(R) όταν χρησιμοποιήσαμε λ = 0.001 και για διάφορες τιμές του πλήθους των χαρακτηριστικών. Αρχικά, παρατηρούμε ότι το πλήθος των χαρακτηριστικών δεν επηρεάζει την τιμή της πιθανότητας. Οι μέσοι όροι τιμής της πιθανότητας όταν λ = 0.001 είναι 0.35, 0.32 και 0.34 για 3, 10 και 20 χαρακτηριστικά. Όταν λ = 100 τότε οι αντίστοιχοι μέσοι όροι είναι ίσοι με 0.70, 0.72 και 0.65. Έτσι λοιπόν, όταν η πιθανότητα να προτείνει ο πωλητής μικρή τιμή είναι και αυτή μικρή τότε το P(R) είναι επίσης μικρό αφού σε αυτές οι τιμές είναι σχετικά μεγάλες και εμείς έχουμε υποθέσει ότι οι τιμές των χαρακτηριστικών πρέπει να είναι μικρές (θεωρήσαμε ότι για το 70% των χαρακτηριστικών των προϊόντων οι τιμές πρέπει να μειώνονται ώστε να αποκομίζει ο αγοραστής κέρδος).



(a) (b)

Σχήμα 35. Υπολογισμός της πιθανότητας P(R): (a) για λ = 0.001, (b) για λ = 100.

Βλέπουμε λοιπόν, πως η πιθανότητα P(R) βασίζεται στην παράμετρο λ αφού η τιμή της παίζει σημαντικό ρόλο στη λήψη της απόφασης αποδοχής ή όχι. Ο αγοραστής εμπλεκόμενος σε διαπραγματεύσεις με τον πωλητή δεν μπορεί να γνωρίζει την κατανομή που αυτός υιοθετεί για την εξαγωγή των τιμών των χαρακτηριστικών. Έτσι επιλέγει μια τιμή για το λ και με αυτό τον τρόπο μπορεί να υπολογίζει την P(R), και κατά συνέπεια να λαμβάνει αποφάσεις σε κάθε γύρο. Η επιλογή μιας μεγάλης τιμής για την παράμετρο λ οδηγεί όπως βλέπουμε σε μεγαλύτερες τιμές της πιθανότητας γύρω και ορισμένες φορές πάνω από το 70%. Μια μελλοντική επέκταση της παρούσας διατριβής αποτελεί μια τεχνική εκτίμησης της σωστής τιμής για το λ που θα βασίζεται στις προσφορές που κάνει ο πωλητής. Ας θυμηθούμε πως οι προσφορές αυτές αφορούν σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, οπότε η τιμή του λ θα μπορούσε να είναι διαφορετική για κάθε ένα. Άρα στην ουσία έχουμε ένα πλήθος παραμέτρων λ οι οποίες θα πρέπει να εκτιμηθούν.

Όσον αφορά την πιθανότητα $P\left(D_s^{t+1} = \text{Accept}\right)$ ο υπολογισμός της θα βασιστεί σε μεθόδους εκτίμησης των βαρών που χρησιμοποιεί ο πωλητής για την εξαγωγή του τελικού οφέλους κάθε προσφοράς αλλά και στην εκτίμηση της επόμενης προσφοράς. Ένα σύνολο προσομοιώσεων θα χρησιμοποιηθούν ώστε να εξαχθεί το τελικό αποτέλεσμα. Πρόκειται για μελλοντική επέκταση της παρούσας διατριβής αφού την παρούσα στιγμή η τιμή της μπορεί να ληφθεί ως ίση με 0.5 (ομοιόμορφη κατανομή).

6.7. Ταυτόχρονες Διαπραγματεύσεις

Οι ένας προς πολλούς διαπραγματεύσεις αποτελούν ουσιαστικά ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε μια οντότητα και ένα σύνολο αντιπάλων. Υπερτερούν σε σύγκριση με ένα μοντέλο όπου η οντότητα θα έπρεπε ακολουθιακά να διαπραγματευτεί με ένα σύνολο αντιπάλων. Με τις ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις, η οντότητα εξοικονομεί χρόνο ενώ έχει τη δυνατότητα να επιλέξει την καλύτερη δυνατή προσφορά. Η οντότητα συνήθως χρησιμοποιεί ένα σύνολο νημάτων για να υλοποιήσει τις διαπραγματεύσεις. Το μειονέκτημα όμως σε αυτές τις περιπτώσεις είναι ότι απαιτούν συντονιστή [130], [131]. Αυτό ακριβώς το μειονέκτημα καλύπτουμε με την προτεινόμενη προσέγγιση. Τα νήματα λειτουργούν αυτόνομα αφού βασίζονται στη θεωρία του σμήνους (Swarm Intelligence) ώστε να επιλέξουν την πιο σωστή στρατηγική και τελικά να φτάσουν στο βέλτιστο δυνατό αποτέλεσμα. Εστιάζουμε στην πλευρά του αγοραστή και στις επόμενες ενότητες αναλύουμε την προσέγγισή μας.

6.7.1. Εξεταζόμενο Σενάριο

Όπως έχουμε ήδη περιγράψει, ο αγοραστής έχει την ευκαιρία να διαπραγματευτεί με ένα σύνολο πωλητών που έχουν στη διάθεσή τους ένα συγκεκριμένο προϊόν. Ο αγοραστής δεν έχει απολύτως καμία γνώση για τα χαρακτηριστικά αυτών των πωλητών, όμως, ο απώτερος στόχος είναι να αγοράσει το προϊόν στην πιο συμφέρουσα προσφορά. Ο αγοραστής εμπλέκεται σε ένα σύνολο διαπραγματεύσεων για ένα συγκεκριμένο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό, και για μεγαλύτερη απόδοση, επιλέγει τις ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις αφού η σειριακή διαπραγμάτευση με κάθε ένα από τους πωλητές απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο [130]. Επίσης, η σειριακή διαπραγμάτευση δεν εγγυάται τη βέλτιστη λύση για τους δεδομένους πωλητές, αφού ο αγοραστής θα πρέπει να ολοκληρώσει όλες τις διαπραγματεύσεις κάτω από πίεση χρόνου (το χρονικό διάστημα που αποδίδεται σε κάθε μια διαπραγμάτευση είναι ένα τμήμα του αρχικού χρόνου εμπλοκής) και έπειτα να καταλήξει στην τελική απόφαση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μικρότερο χρονικό διάστημα παραμένει ένας αγοραστής σε μια διαπραγμάτευση τόσο λιγότερες προσφορές ανταλλάσσονται και συνεπώς μειώνονται οι πιθανότητες για καλύτερη τιμή συμφωνίας σε σύγκριση με μια περίπτωση όπου ο αγοραστής θα είχε περισσότερο χρόνο στη διάθεση του.

Για τις ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις, ο αγοραστής χρησιμοποιεί ένα αριθμό νημάτων (threads). Τα νήματα συγχρονίζονται αυτόματα χρησιμοποιώντας μια έκδοση της γνωστής τεχνικής Particle Swarm Optimization (PSO) [40]. Βασιζόμενοι σε αυτή την τεχνική, στην παρούσα διατριβή, προτείνουμε μια αυτόματη συμπεριφορά για το κάθε νήμα, έτσι ώστε τελικά ο αγοραστής να καταλήξει στη βέλτιστη λύση για τους δεδομένους πωλητές. Ουσιαστικά, τα νήματα αποτελούν το σμήνος, όπως αυτό περιγράφεται στη θεωρία της PSO τεχνικής, το οποίο με βάση το τοπικό βέλτιστο καθώς και το συνολικό βέλτιστο προσπαθεί να οδηγηθεί στη βέλτιστη συνολικά λύση για όλους. Τα νήματα φτάνουν στη βέλτιστη λύση μέσα από μια ομαδική προσπάθεια.

6.7.2. Χρήση της Θεωρίας του Σμήνους

Η Θεωρία τους Σμήνους (ΘΣ) μελετά τη συμπεριφορά αυτόνομων οντοτήτων οι οποίες δρουν σε μη κεντρικοποιημένα περιβάλλοντα. Ο αλγόριθμος PSO βασίζεται στην προσομοίωση της συμπεριφοράς μιας ομάδας οντοτήτων και έχει τις ρίζες του στη συμπεριφορά πτηνών όταν κινούνται σε σμήνη. Σε τέτοιου είδους συστήματα κάθε οντότητα ακολουθεί μια εντελώς απλοϊκή συμπεριφορά. Ακολουθεί τη δική της επιτυχία καθώς επίσης και την επιτυχία των γειτόνων της. Έτσι, η ομαδική συμπεριφορά εξάγεται ως αποτέλεσμα αυτών των απλοϊκών προσεγγίσεων, οι οποίες τελικά οδηγούν στις βέλτιστες περιοχές ενός χώρου αναζήτησης. Η θέση κάθε οντότητας προσαρμόζεται σύμφωνα με τη δική της εμπειρία αλλά και την εμπειρία των άλλων. Ας συμβολίσουμε με x_k^t τη θέση της k οντότητας σε χρόνο t. Η θέση αλλάζει προσθέτοντας την ταχύτητα της οντότητας v_k^{t+1} και σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$x_k^{t+1} = x_k^t + v_k^{t+1} \tag{6.70}$$

Η ταχύτητα της οντότητας είναι πάρα πολύ σημαντική παράμετρος αφού οδηγεί στη βέλτιστη λύση όπως ο αλγόριθμος εκτελείται. Στην PSO, η ταχύτητα υπολογίζεται ως εξής:

$$v_{kj}^{t+1} = v_{kj}^t + c_1 \cdot r_{1j}^t \cdot (y_{kj}^t - x_{kj}^t) + c_2 \cdot r_{2j}^t \cdot (\hat{y}_{kj}^t - x_{kj}^t) \tag{6.71}$$

όπου, v_{kj}^t είναι η ταχύτητα της οντότητας j σε χρόνο t, x_{kj}^t είναι η θέση της οντότητας k στη διάσταση j, c_1 και c_2 είναι θετικές σταθερές που χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση και r_{1j}, r_{2j} είναι τυχαίες τιμές στο διάστημα [0,1]. Επιπρόσθετα, στην

παραπάνω εξίσωση, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί τη βέλτιστη ατομική / τοπική θέση καθώς και τη βέλτιστη ομαδική θέση (αναπαριστώνται με τις y_{kj}^{t} και $\hat{y}_{kj}^{t}$ παραμέτρους αντίστοιχα). Η ατομική βέλτιστη θέση σε χρόνο t+1υπολογίζεται από:

$$y_k^{t+1} = \begin{cases} y_k^t & \text{if } f(x_k^{t+1}) \geq f(y_k^t) \\ x_k^{t+1} & \text{if } f(x_k^{t+1}) < f(y_k^t) \end{cases} \quad (6.72)$$

όπου f(·) είναι η αποκαλούμενη fitness συνάρτηση. Έτσι, η ομαδική βέλτιστη θέση δίνεται από:

$$\hat{y}_k^t = y_i^t \mid i \in \{1,..,N\} \text{ and } f(\hat{y}_k^t) = \min\{f(y_1^t), f(y_2^t), ..., f(y_N^t)\} \quad (6.73)$$

με N να αποτελεί το πλήθος των οντοτήτων. Στην παραπάνω εξίσωση, θεωρούμε πως ο στόχος μας είναι η ελαχιστοποίηση ενός κόστους.

Στον Πίνακα 19, βλέπουμε το πώς συνδέονται οι έννοιες της ΘΣ, και πιο συγκεκριμένα της τεχνικής PSO, με το σενάριο μας. Κάθε νήμα του αγοραστή αποτελεί την οντότητα της PSO. Στόχος τους είναι να συγκλίνουν στη βέλτιστη λύση η οποία είναι η βέλτιστη τιμή (μικρότερη τιμή) για τη συγκεκριμένη ομάδα πωλητών. Στο σενάριό μας, θεωρούμε πως οι πωλητές δεν σχετίζονται μεταξύ τους και δεν συνεννοούνται ώστε να χειραγωγήσουν την τιμή του προϊόντος.

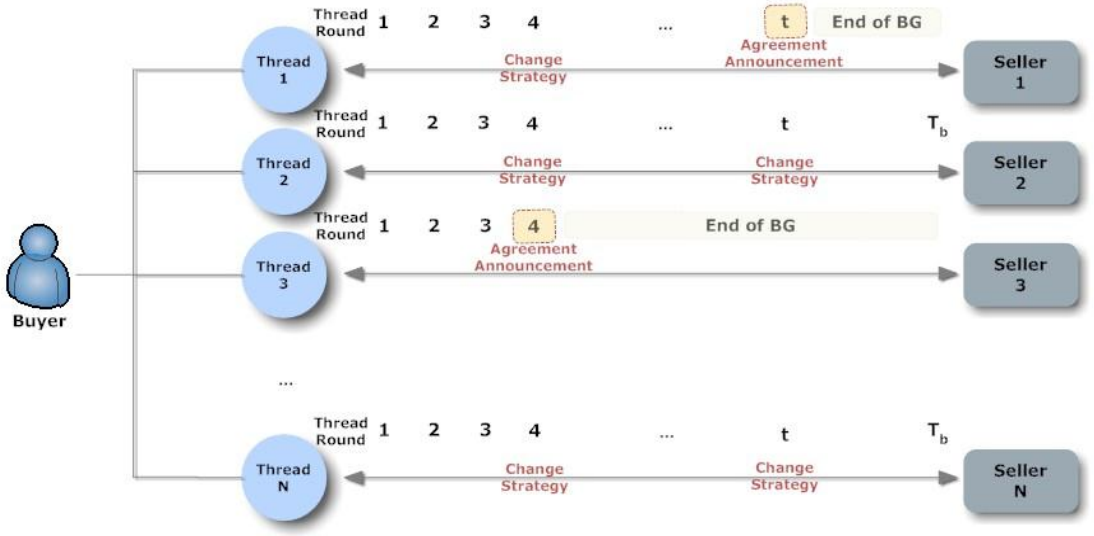
Πίνακας 19. Σύνδεση των εννοιών της ΘΣ με το σενάριο μας.

Έννοια της ΘΣ	***Αντιστοιχία στο Σενάριο***
Οντότητα	Κάθε νήμα του αγοραστή
Θέση της Οντότητας	Η τιμή η οποία πρόκειται να ανταλλαχθεί σε μια διαπραγμάτευση
Ατομική Βέλτιστη Θέση	Η μικρότερη τιμή που έχει παρατηρηθεί στο κάθε νήμα μέχρι τον συγκεκριμένο γύρο.
Ομαδική Βέλτιστη Θέση	Η χαμηλότερη (καλύτερη) τιμή συμφωνίας ανάμεσα σε όλα τα νήματα μέχρι τον συγκεκριμένο γύρο.
Ταχύτητα	Η ποσότητα κατά την οποία πρέπει να γίνει μείωση στην τιμή που προσφέρει το κάθε νήμα (η οποία θα προσφερθεί στον πωλητή στους επόμενους γύρους).

Ο αγοραστής θα αποδεχθεί προσφορές οι οποίες είναι κάτω από την αποτίμηση που έχει για το προϊόν (V). Κάθε οντότητα καθορίζει τη δική της τιμολογιακή στρατηγική. Η στρατηγική αυτή καθορίζει με τη σειρά της τις τιμές που ο αγοραστής θα προτείνει σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Κάθε νήμα ακολουθεί τη στρατηγική ισορροπίας. Η παράμετρος t_{max} ορίζεται μέσα από την ανάλυση της στρατηγικής ισορροπίας και τίθεται ίση με το 90% του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή. Μια μελλοντική επέκταση της έρευνάς μας είναι ο καθορισμός μιας δυναμικής τεχνικής για τον καθορισμό της τιμής για το t_{max}. Κάθε νήμα εμπλέκεται σε διαπραγμάτευση με ένα συγκεκριμένο πωλητή. Όλα τα νήματα ξεκινούν με την ίδια τιμολογιακή στρατηγική. Όταν επιτευχθεί συμφωνία τότε το συγκεκριμένο νήμα στέλνει ένα μήνυμα συμφωνίας στα υπόλοιπα μαζί με πληροφορίες που αφορούν στη συμφωνία (τιμή, κ.λπ.). Θεωρούμε πως ο χρόνος που απαιτείται για την αποστολή, μετάδοση και λήψη του μηνύματος είναι αμελητέος. Η ατομική βέλτιστη θέση είναι η μικρότερη τιμή για την οποία το κάθε νήμα διαπραγματεύεται με το συγκεκριμένο πωλητή. Το ομαδικό βέλτιστο καθορίζεται εφόσον κάποια συμφωνία κλείσει με κάποιο πωλητή. Όταν ένα νήμα κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης λάβει ένα μήνυμα συμφωνίας από κάποιο άλλο νήμα τότε:

- εάν η τρέχουσα τιμή για την οποία διαπραγματεύεται το νήμα είναι μικρότερη / καλύτερη από το ομαδικό βέλτιστο, τότε παραμένει στην τρέχουσα κατάσταση ακολουθώντας την τρέχουσα τιμολογιακή στρατηγική.
- εάν το ομαδικό βέλτιστο είναι μικρότερο / καλύτερο από την τρέχουσα τιμή του νήματος, τότε το νήμα καλείται να αλλάξει την τιμολογιακή στρατηγική του έτσι ώστε να φτάσει στην ομαδική βέλτιστη θέση.

Η ταχύτητα των νημάτων καθορίζεται όταν τα νήματα επιθυμούν την αλλαγή της θέσης τους (μια συμφωνία ανακοινώθηκε σε μια καλύτερη τιμή). Η ταχύτητα αρχικά υπολογίζεται όταν ανακοινωθεί μια συμφωνία και σε κάθε γύρο από εκεί και έπειτα. Εάν το ομαδικό βέλτιστο δεν είναι μικρότερο / καλύτερο από την τρέχουσα τιμή τότε η ταχύτητα τίθεται ίση με 0 ειδάλλως υπολογίζεται από τις μαθηματικές εξισώσεις που η PSO υποδεικνύει. Όπως έχει ειπωθεί, η ταχύτητα επηρεάζει τόσο την τιμολογιακή στρατηγική όσο και τις τιμές που πρόκειται να προσφέρει ο αγοραστής στο εναπομείναντα χρόνο της διαπραγμάτευσης. Η γενική αρχιτεκτονική του προτεινόμενου μοντέλου απεικονίζεται στο Σχήμα 36.



Σχήμα 36. Ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις.

6.8. Πειραματικά Αποτελέσματα

Στις προηγούμενες ενότητες, περιγράψαμε και αναλύσαμε τη στρατηγική ισορροπίας για το σενάριο της διαπραγμάτευσης το οποίο πραγματεύεται η παρούσα διατριβή. Η στρατηγική ισορροπίας ακολουθείται από κάθε ένα νήμα που χρησιμοποιεί ο αγοραστής. Για αυτό το λόγο, σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης κάθε νήμα πρέπει να κάνει αποδεκτή την προσφορά του πωλητή όπως αυτό υποδηλώνεται από τις εξισώσεις (6.20) και (6.25) και ο πωλητής πρέπει να αποδεχτεί την προσφορά του αγοραστή όπως αυτό υποδηλώνεται από τις εξισώσεις (6.32) και (6.37).

Στην παρούσα ενότητα, εξετάζουμε τη χρήση της ομοιόμορφης κατανομής για την εκτίμηση του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής των παικτών. Από αυτή την οπτική, ας προσπαθήσουμε να καθορίσουμε το χρονικό διάστημα κατά το οποίο είναι πιθανή μια συμφωνία. Για απλότητα στους μαθηματικούς υπολογισμούς, υποθέτουμε ότι $t > t_{max}$ το οποίο σημαίνει πως η διαπραγμάτευση έχει πιθανώς διαρκέσει για μεγάλο αριθμό γύρων (πλησιάζει η λήξη των δύο χρονικών οριζόντων συμμετοχής. Αν εφαρμόσουμε τις εξισώσεις (4.1) και (4.17) στις (6.20) και (6.32) και θεωρήσουμε πως οι παίκτες ακολουθούν μια γραμμική τιμολογιακή στρατηγική, παίρνουμε ότι ο αγοραστής είναι σε θέση να αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή όταν:

$$t \geq \frac{T_b \cdot T_s \cdot (c + \varepsilon + a \cdot V - V - a \cdot p_0)}{a \cdot (V - p_0) \cdot T_s + \varepsilon \cdot T_b} \tag{6.74}$$

με

$$a = \frac{z'}{2 \cdot z + z' - 2 \cdot z \cdot z'} \tag{6.75}$$

όπου z και z' δίνονται από τις εξισώσεις (6.21) και (6.23) αντίστοιχα. Στην άλλη πλευρά, ο πωλητής θα μπορούσε να αποδεχθεί την προσφορά του αγοραστή όταν:

$$t \geq \frac{T_b \cdot T_s \cdot (c + b \cdot \varepsilon - p_0)}{(V - p_0) \cdot T_s + b \cdot \varepsilon \cdot T_b} \tag{6.76}$$

με

$$b = \frac{(1 - s')}{2 \cdot (1 - s) + 1 - s' - 2 \cdot (1 - s) \cdot (1 - s')} \tag{6.77}$$

όπου s και s' υπολογίζονται από τις εξισώσεις (6.38) και (6.39). Βασιζόμενοι σε αυτή την ανάλυση, συμπεραίνουμε πως μια συμφωνία είναι δυνατή στο διάστημα:

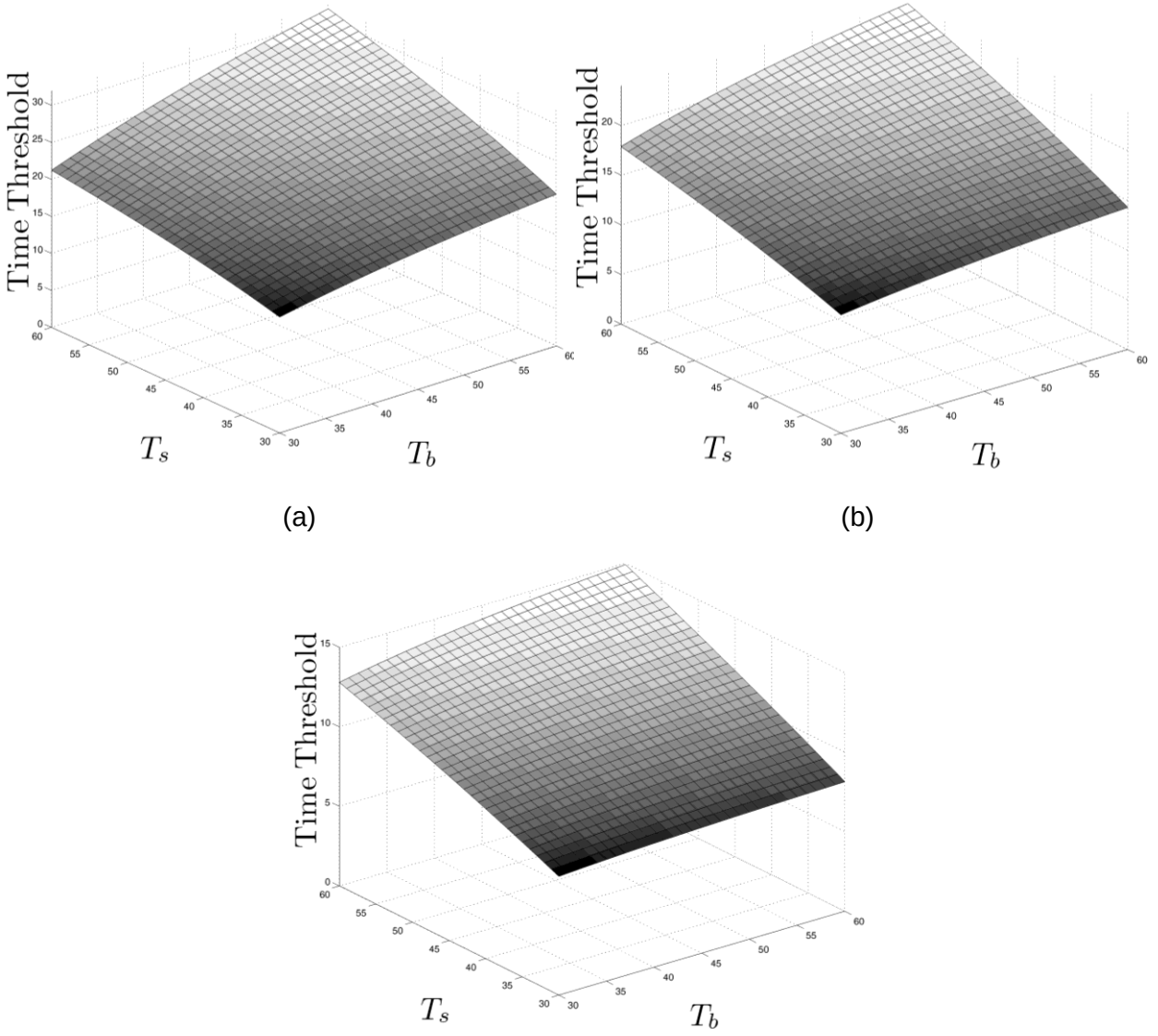
$$\left[\min\left(\frac{T_b \cdot T_s \cdot (c + \varepsilon + a \cdot V - V - a \cdot p_0)}{a \cdot (V - p_0) - \cdot T_s + \varepsilon \cdot T_b}, \frac{T_b \cdot T_s \cdot (c + b \cdot \varepsilon - p_0)}{(V - p_0) \cdot T_s + b \cdot \varepsilon \cdot T_b} \right), \min\left(T_b, T_s\right) \right] \tag{6.78}$$

Παραπλήσιοι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν και στις περιπτώσεις όπου πιο πολύπλοκες τιμολογιακές στρατηγικές χρησιμοποιούνται από τους παίκτες. Στο Σχήμα 37, παρουσιάζουμε μια γραφική παράσταση του ελάχιστου αριθμού γύρων της διαπραγμάτευσης στον οποίο θα μπορούσε να επιτευχθεί συμφωνία ανάμεσα στους παίκτες. Στα πειράματά μας χρησιμοποιούμε:

- V = 100 ΧΜ,
- p_0 = 1 ΧΜ,
- c = 10 ΧΜ, και,
- ε = 100 ΧΜ

Στο Σχήμα 37a, παίρνουμε τις παραμέτρους a και b ίσες με 0.9, στο Σχήμα 37b τις παίρνουμε ίσες με 0.5 και στο Σχήμα 37c ίσες με 0.2. Μπορούμε να δούμε πως όσο μικρότερες είναι οι τιμές των παραμέτρων τόσο μικρότερο είναι το χρονικό σημείο στο οποίο μπορεί να επιτευχθεί η συμφωνία. Με αυτό τον τρόπο η συμφωνία είναι πιθανή πριν τη λήξη της διαπραγμάτευσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παραμέτρου z τόσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου a. Μεγάλη τιμή για το z σημαίνει πως ο πωλητής προσφέρει αρκετά μικρότερες τιμές σε σύγκριση με την αποτίμηση V του αγοραστή. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά τόσο μεγαλύτερη γίνεται η τιμή του z.

Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ο πωλητής μειώνει τις τιμές του και η διαφορά ανάμεσα στην προσφορά και στην αποτίμηση μεγαλώνει. Παραπλήσια λογική ισχύει και την πλευρά του πωλητή (όσον αφορά στις αντιμετώπιση των προσφορών του αγοραστή).



Σχήμα 37. Ελάχιστος αριθμός γύρου για την επίτευξη συμφωνίας.

Ας υποθέσουμε τώρα πως μια συμφωνία επιτυγχάνεται σε ένα από τα νήματα του αγοραστή. Η συμφωνία αυτή ουσιαστικά επηρεάζει τον καθορισμό ενός νέου ομαδικού βέλτιστου. Κάθε ένα από τα εναπομείναντα νήματα, θα πρέπει μετά την ανακοίνωση της συμφωνίας, να υπολογίσουν τη νέα ταχύτητα μετάβασης σε μια νέα θέση εφόσον αυτό είναι δυνατό. Το κάθε νήμα αλλάζει τη στρατηγική του εφόσον η τιμή για την οποία

διαπραγματεύεται είναι μεγαλύτερη / χειρότερη από την τιμή του ομαδικού βέλτιστου. Ας συμβολίσουμε με u τη μεταβλητή η οποία απεικονίζει τη νέα τιμή της ταχύτητας μετάβασης. Το νήμα πρέπει να υιοθετήσει μια νέα θέση έτσι ώστε να συγκλίνει προς τη νέα ομαδική βέλτιστη θέση. Αυτό το γεγονός απεικονίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$p_b^{t+1} = p_b^t - u \tag{6.79}$$

Αναλύοντας τη συγκεκριμένη εξίσωση παίρνουμε:

$$\left(\frac{t}{T_b}\right)^k \cdot V - u = \left(\frac{t+1}{T_b}\right)^m \cdot V \tag{6.80}$$

όπου k είναι η παράμετρος πολιτικής που εφαρμόστηκε στον προηγούμενο γύρο και m είναι η νέα παράμετρος πολιτικής που πρέπει να ακολουθηθεί στον τρέχοντα γύρο. Στην παραπάνω εξίσωση, θεωρούμε πως η αρχική τιμή p_0 που προτείνει αρχικά ο αγοραστής είναι αμελητέα για τους υπολογισμούς μας. Λύνοντας την εξίσωση ως προς τη νέα παράμετρο πολιτικής m, παίρνουμε:

$$m = \frac{\ln\left(\left(\frac{t}{T_b}\right)^k - \frac{u}{V}\right)}{\ln\left(\frac{t+1}{T_b}\right)} \tag{6.81}$$

Στην εξίσωση αυτή, η ποσότητα $\ln\left(\frac{t+1}{T_b}\right)$ είναι αρνητική αφού $t+1 < T_b$ και έτσι για να έχουμε θετικό τελικό αποτέλεσμα το ακόλουθο πρέπει να είναι αληθές:

$$0 < \left(\frac{t}{T_b}\right)^k - \frac{u}{V} < 1 \tag{6.82}$$

Βασιζόμενοι στην εξαγόμενη ανίσωση παίρνουμε πως:

$$k > \frac{\ln\left(1 + \frac{u}{V}\right)}{\ln\left(\frac{t}{T_b}\right)} \text{ and } u<0 \tag{6.83}$$

το οποίο καθορίζει ένα κάτω όριο για την παράμετρο πολιτικής k. Έτσι η ακόλουθη εξίσωση είναι αληθής:

$$k = \frac{\ln\left(1+\frac{u}{V}\right)}{\ln\left(\frac{t}{T_b}\right)} + e \tag{6.84}$$

όπου e είναι μια θετική ποσότητα. Αφού αντικαταστήσουμε την τιμή της k στην εξίσωση 6.81 παίρνουμε πως τελικά:

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\left(\frac{t}{T_b}\right)^e \cdot V + \left(\frac{t}{T_b}\right)^e \cdot u - u}{V}\right)}{\ln\left(\frac{t+1}{T_b}\right)} \tag{6.85}$$

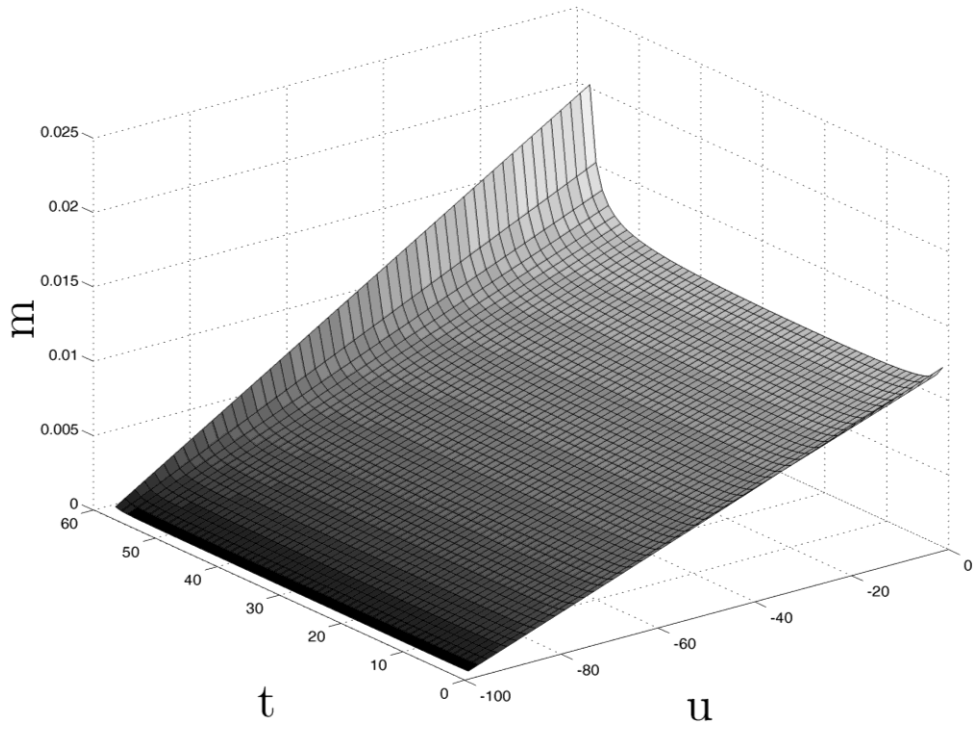
η οποία καθορίζει τη νέα τιμή της παραμέτρου πολιτικής του αγοραστή έτσι ώστε να συγκλίνει προς την ομαδική βέλτιστη λύση. Μια τέτοια στρατηγική οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές και επηρεάζεται κυρίως από την ταχύτητα μετάβασης u και την τιμή του σφάλματος e.

Στον Πίνακα 20, παρουσιάζουμε τις τιμές που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματα μας. Στο Σχήμα 38, απεικονίζουμε την τιμή της στρατηγικής m για διαφορετικές τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής καθώς και της ταχύτητας u. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της παραμέτρου e τόσο μικρότερη γίνεται η τιμή της m. Υπενθυμίζουμε πως μια τιμή τιμολογιακής στρατηγικής μικρότερη από 2 περιγράφει ένα ανυπόμονο αγοραστή ο οποίος προτείνει υψηλές τιμές σε σχέση με την αρχική αλλά και την τιμή της αποτίμησης V. Το αντίθετο συμβαίνει όταν η τιμή της τιμολογιακής στρατηγικής είναι μεγαλύτερη του 2. Στο Σχήμα 38a η τιμή της e είναι ίση με 10^{-2} το οποίο σημαίνει ότι η προηγούμενη τιμή της τιμολογιακής πολιτικής βρίσκεται κοντά στο κάτω όριο όπως το έχουμε υπολογίσει πιο πάνω. Μπορούμε να διαπιστώσουμε πως η τιμολογιακή στρατηγική είναι πολύ ‘επιθετική’ ειδικά όταν η απόλυτη τιμή της ταχύτητας u είναι μεγάλη. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει μια συμφωνία που έχει ανακοινωθεί και αποδεικνύεται πολύ επικερδής για τον αγοραστή όποτε και τα υπόλοιπα νήματα πρέπει να αντιδράσουν ανάλογα. Η σύγκλιση πρέπει να γίνει γρήγορα προς τη βέλτιστη θέση. Όπως

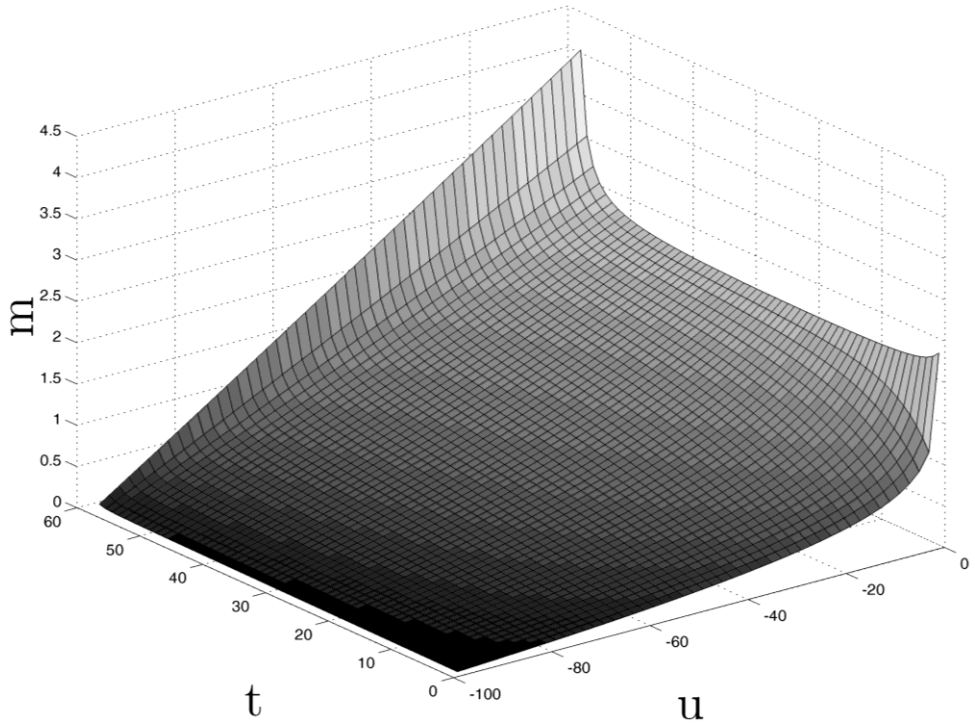
παρατηρούμε από τις υπόλοιπες γραφικές παραστάσεις κάτι παραπλήσιο ισχύει και για τις υπόλοιπες τιμές του e. Όταν η τιμή της ταχύτητας είναι μικρή σχετικά τότε ο αγοραστής παραμένει περίπου στη στρατηγική του που είχε και στους προηγούμενους γύρους.

Πίνακας 20. Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός αγοραστή.

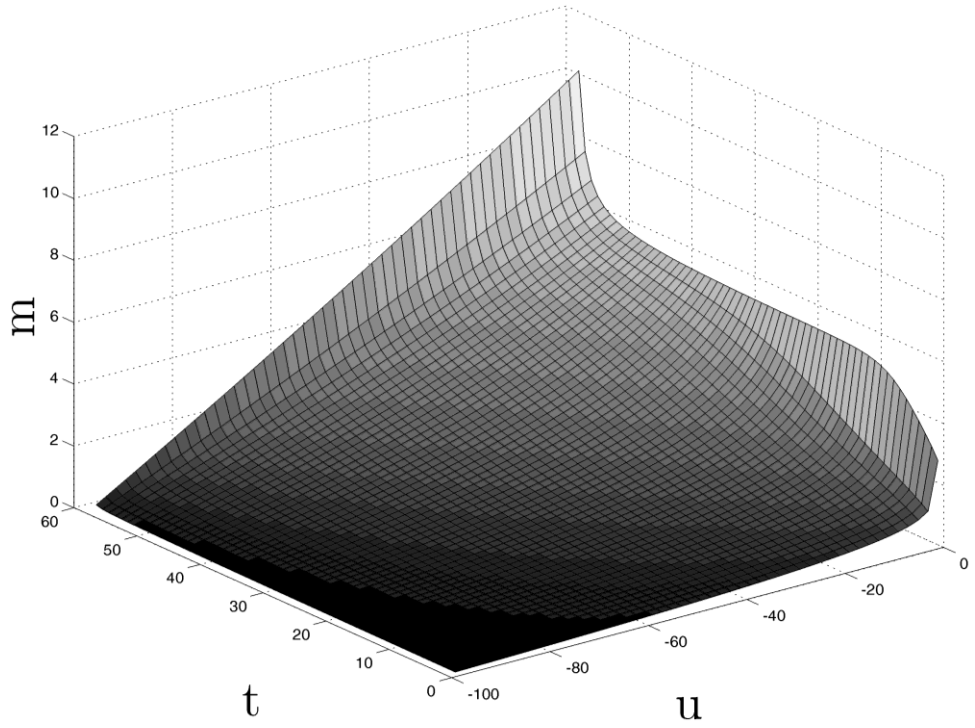
Παράμετροι Αγοραστή		Παράμετροι Πωλητή	
Αρχική Τιμή (p_0)	~U (1,V/5) ΧΜ	Κόστος (c)	~U (1,10) ΧΜ
Αποτίμηση (V)	~U(1,100) ΧΜ	Κέρδος (ε)	~U(1,150) ΧΜ



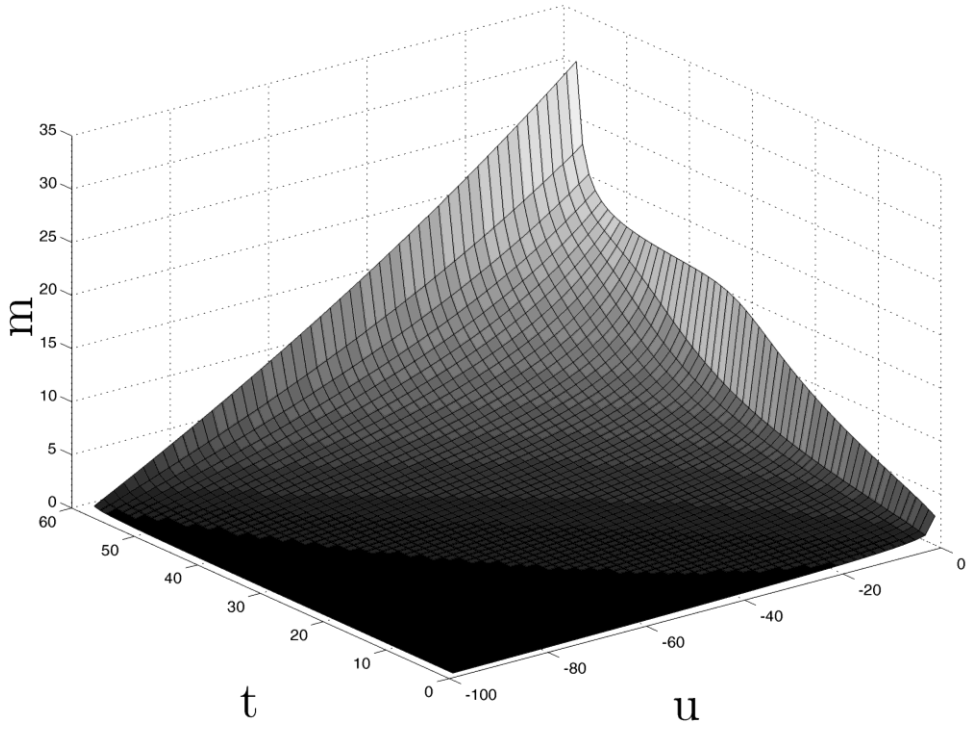
(a) e = 0.01


m
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
60
50
40
30
20
10
0
t
-100
-80
-60
-40
-20
0
u

(b) e = 2


m
12
10
8
6
4
2
0
60
50
40
30
20
10
0
t
-100
-80
-60
-40
-20
0
u

(c) e = 5



(d) e = 15

Σχήμα 38. Γραφικές παραστάσεις της τιμολογιακής στρατηγικής του αγοραστή.

Στο Σχήμα 39, βλέπουμε τα αποτελέσματά μας για τιμές σφάλματος e = 10^{-3} και 2. Απεικονίζουμε τρεις μετρικές: τη μέση τιμή συμφωνίας, τη μέση τυπική απόκλιση των τιμών συμφωνίας που επιτυγχάνονται στα νήματα και τη μέση βέλτιστη τιμή συμφωνίας. Εκτελέσαμε τα πειράματα για 5, 10, 25, 50 και 100 νήματα. Η παράμετρος t_{max} καθορίζεται ίση με το 90% του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής και για τους δύο παίκτες. Αυτό σημαίνει πως οι παίκτες περιμένουν μέχρι τη λήξη του χρονικού ορίζοντα πριν θεωρήσουν ότι η πιθανότητα λήξης του ορίζοντα συμμετοχής του ‘αντιπάλου’ είναι αυξημένη. Παρατηρούμε ότι όταν e = 10^{-3} η μέση τιμή συμφωνίας είναι μεγαλύτερη από ότι στη δεύτερη περίπτωση (e = 2). Επίσης, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των νημάτων τόσο μικρότερη γίνεται η τιμή συμφωνίας. Αυτό δείχνει μια βελτίωση στην αποδοτικότητα του προτεινόμενου μοντέλου, αφού είναι επωφελές για τον αγοραστή να διαπραγματεύεται με πολλούς πωλητές. Όταν e = 10^{-3} παρατηρούμε ότι η τυπική απόκλιση των τιμών συμφωνιών είναι μεγαλύτερη. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές συμφωνίας έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Το ίδιο παρατηρούμε και στα δεδομένα του Πίνακα 21. Στο σημείο αυτό ορίζουμε το ποσοστό της διαφοράς των τιμών συμφωνίας ως τον Δείκτη Εύρους Τιμών (Price Range Indicator) ως εξής:

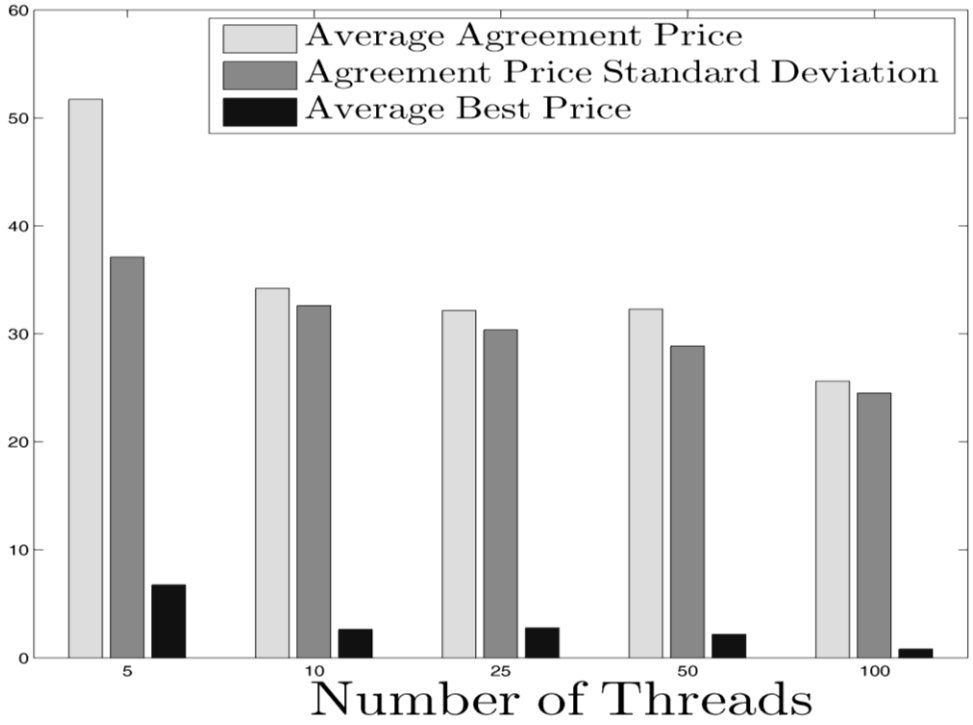
$$PRI(x_1, x_2) = \frac{A(x_1) - A(x_2)}{A(x_2)} \cdot 100 \tag{6.86}$$

όπου $A(x_1)$ είναι η μέση τιμή συμφωνίας όταν $e = x_1$ και $A(x_2)$ είναι η μέση τιμή συμφωνίας όταν $e = x_2$. Βασιζόμενοι στην ίδια λογική, ορίζουμε τον Δείκτη Τυπικής Απόκλισης (Standard Deviation Difference) ως εξής:

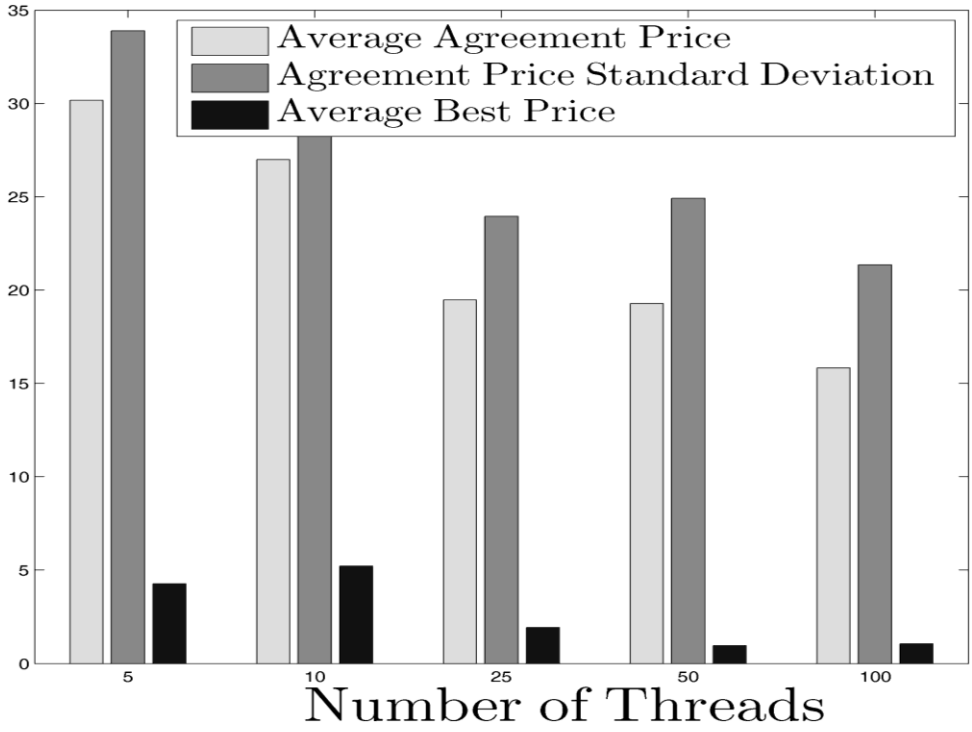
$$DD(x_1, x_2) = \frac{D(x_1) - D(x_2)}{D(x_2)} \cdot 100 \tag{6.87}$$

όπου $D(x_1)$ είναι η μέση τιμή συμφωνίας όταν $e = x_1$ και $D(x_2)$ είναι η μέση τιμή συμφωνίας όταν $e = x_2$. Για τη μελέτη μας ορίζουμε δύο όρια: $x_1 = 10^{-3}$ και $x_2 = 2$.

Η διαφορά στην απόκλιση των τιμών είναι περίπου ανάμεσα σε 10% και 15% στην πλειονότητα των περιπτώσεων (μόνο όταν $e = 10^{-3}$ η απόκλιση είναι μικρότερη απ' ότι στη δεύτερη περίπτωση). Επιπρόσθετα, όταν το πλήθος των νημάτων αυξάνει, η διαφορά στην τιμή συμφωνίας μειώνεται φτάνοντας σε ένα επίπεδο περίπου ίσο με 60% όπου και μένει σταθερή.



(a) e = 0.001



(b) e = 2

Σχήμα 39. Πειραματικά αποτελέσματα για τη μέση τιμή συμφωνίας, την απόκλιση και τη μέση βέλτιστη τιμή.

Πίνακας 21. Διαφορά στην τιμή συμφωνίας και στην απόκλιση.

Αριθμός Νημάτων	PRI	DD
5	71.47%	9.45%
10	26.69%	10.75%
25	65.09%	26.83%
50	67.41%	15.91%
100	61.84%	14.75%

Στο Σχήμα 40, συγκρίνουμε τη μέση τιμή συμφωνίας όταν η παράμετρος t_{max} είναι ίση με το 50% του χρονικού ορίζοντα των παικτών. Η τιμή σφάλματος e έχει χρησιμοποιηθεί ίση με 2. Όταν ο αριθμός των νημάτων αυξάνει, η μείωση στη μέση τιμή συμφωνίας γίνεται μεγαλύτερη όταν η χρήση του t_{max} = 50% εφαρμόζεται στην πλευρά του αγοραστή. Αυτό σημαίνει πως είναι πιο αποδοτικό για τον αγοραστή να διαπραγματευτεί με όσους περισσότερους πωλητές μπορεί. Η προτεινόμενη

μεθοδολογία οδηγεί σε μικρότερες τιμές συμφωνίας. Στο Σχήμα 41, μπορούμε να δούμε ότι οι τιμές της απόκλισης μειώνονται στις ίδιες περιπτώσεις.

Σχήμα 40. Μέση τιμή συμφωνίας για διαφορετικό πλήθος νημάτων.

Σχήμα 41. Μέση απόκλιση της τιμή συμφωνίας για διαφορετικό πλήθος νημάτων.

Στον Πίνακα 22 και στον Πίνακα 23, συγκρίνουμε τα αποτελέσματά μας για διαφορετικές τιμές κέρδους του πωλητή. Μεγαλύτερες τιμές συμφωνίας επιτυγχάνονται όταν ο πωλητής στοχεύει σε μεγαλύτερες τιμές κέρδους. Η ίδια παρατήρηση ισχύει και για τιμές της απόκλισης. Αυτές είναι μεγαλύτερες όταν το κέρδος είναι μεγάλο. Όμως, η βέλτιστη τιμή συμφωνίας κινείται περίπου στα ίδια επίπεδα και για τις δύο περιπτώσεις. Όταν ο πωλητής στοχεύει σε μέγιστο αρχικό κέρδος 50 ΧΜ (η τιμή του κέρδους επιλέγεται τυχαία κατά την έναρξη της διαπραγμάτευσης), ο πωλητής μπορεί να κερδίσει περίπου το 62% του αρχικού κέρδους και όταν το πλήθος των νημάτων είναι 5. Κερδίζει περίπου το 55% του αρχικού κέρδους όταν τα νήματα είναι 10, περίπου το 40% του αρχικού κέρδους όταν τα νήματα είναι 25, το 53% όταν είναι 50 και περίπου το 35% όταν τα νήματα είναι 100. Τα αντίστοιχα ποσοστά για την περίπτωση όπου το μέγιστο κέρδος του πωλητή είναι 300 ΧΜ είναι 41%, 26%, 25%, 22%, και 12% αντίστοιχα. Από τα περιεχόμενα των πινάκων και τα προαναφερόμενα ποσοστά, συμπεραίνουμε πως οι προτεινόμενη λύση είναι πολύ αποδοτική για τους αγοραστές όταν χρησιμοποιούν ένα μεγάλο αριθμό νημάτων και για τους πωλητές όταν στοχεύουν σε ένα σχετικό μικρό ποσό κέρδους.

Πίνακας 22. Πειραματικά αποτελέσματα για μέγιστο κέρδος ίσο με 300 ΧΜ.

Πλήθος Νημάτων	**Μέγιστο κέρδος Πωλητή = 300 ΧΜ**		
	Μέση τιμή Συμφωνίας	**Απόκλιση τιμών**	**Βέλτιστη Τιμή**
5	35.678	29.872	5.198
10	24.734	30.662	2.576
25	23.746	30.724	2.490
50	21.502	28.248	1.426
100	14.390	19.903	0.430

Πίνακας 23. Πειραματικά αποτελέσματα για μέγιστο κέρδος ίσο με 50 ΧΜ.

Πλήθος Νημάτων	Μέγιστο κέρδος Πωλητή = 50 ΧΜ		
	Μέση τιμή Συμφωνίας	Απόκλιση τιμών	Βέλτιστη Τιμή
5	20.550	14.480	6.226
10	18.914	13.826	3.400
25	14.964	12.608	2.676
50	28.258	14.982	2.220
100	13.763	11.428	1.048

Σχετικά με το πλήθος των συγκρούσεων στις εξεταζόμενες διαπραγματεύσεις, παρατηρήσαμε μια μέγιστη τιμή ίση με 22% όταν το πλήθος των νημάτων ήταν 100. Σε αυτές τις περιπτώσεις, σε ένα αριθμό νημάτων δεν υπήρξε συμφωνία και τελικά η διαπραγμάτευση έκλεισε με μηδέν όφελος και για τις δύο πλευρές. Όταν ανακοινωθεί μια συμφωνία σε κάποιο από τα νήματα τότε τα υπόλοιπα αλλάζουν τη στρατηγική τους ώστε να πιέσουν τους αντίστοιχους πωλητές να μειώσουν περαιτέρω τις προσφορές τους. Αυτό όμως εγκυμονεί τον κίνδυνο μιας σύγκρουσης αφού είναι άγνωστα τόσο η στρατηγική των πωλητών όσο και ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής τους. Το μέσο ποσοστό συγκρούσεων σε όλα τα πειράματα ήταν ίσος με 5.06%. Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση η οποία συνδέεται με τα περιεχόμενα του Πίνακα 23, είναι το γεγονός πως όταν το μέγιστο κέρδος που επεδίωκαν οι πωλητές ήταν ίσο με 50 ΧΜ, το ποσοστό των συγκρούσεων ήταν μόλις 0.92%.

6.9. Ερευνητική Συνεισφορά

Η ερευνητική μας συνεισφορά στη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή έχει δύο προεκτάσεις. Υποθέτοντας πλήρη άγνοια των οντοτήτων για τα χαρακτηριστικά των αντιπάλων τους ορίζουμε τη στρατηγική ισορροπίας για διαπραγματεύσεις που αφορούν σε ένα και σε πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Η στρατηγική αυτή αφορά στη λογική αντίδραση των οντοτήτων σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης με βάση το σκεπτικό ότι αυτές λειτουργούν λογικά. Η λογική λειτουργία έχει να κάνει με το γεγονός ότι με βάση τις πληροφορίες που έχουν σε κάθε γύρο, προσπαθούν να

μεγιστοποιήσουν το κέρδος επιλέγοντας την πιο κατάλληλη ενέργεια. Οι περισσότερες ερευνητικές προσπάθειες που μπορεί να βρει κανείς στη βιβλιογραφία θεωρούν γνώση πάνω σε κάποιο από τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων, ενώ αυτές που υποθέτουν άγνοια βασίζονται αποκλειστικά στη θεωρία παιγνίων. Όπως έχουμε εξηγήσει, η θεωρία παιγνίων στοχεύει στο να προσφέρει το μέγιστο κέρδος όταν οι οντότητες λειτουργούν με περιορισμένες επιλογές. Εμείς ενισχύουμε ένα παιγνιο-θεωρητικό μοντέλο με τη χρήση της KDE τεχνικής ώστε να προσεγγίσουμε πιθανοθεωρητικά την τιμολογιακή στρατηγική του αντιπάλου. Ουσιαστικά, προσπαθούμε να εκτιμήσουμε τη στρατηγική του αντιπάλου μέσω του υπολογισμού της πιθανότητας η επόμενη τιμή / προσφορά να είναι μέσα σε κάποια όρια. Δεν προσπαθούμε να ‘μάθουμε’ με χρήση μηχανισμών μάθησης τις τιμές βασικών παραμέτρων της συμπεριφοράς των αντιπάλων. Αυτή η τεχνική δεν απαιτεί πρότερη γνώση για κάποια πιθανότητα όπως συμβαίνει με το νόμο του Bayes όταν αυτός χρησιμοποιείται για την εξαγωγή της στρατηγικής ισορροπίας. Στο νόμο του Bayes θα έπρεπε να καθορίσουμε ρητά την αρχική τιμή της πιθανότητας ο αντίπαλος να ανήκει σε κάποιο συγκριμένο τύπο.

Επιπρόσθετα, μελετούμε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις με τις οποίες ένας αγοραστής εξερευνεί την πιθανότητα μιας αγοραπωλησίας σε ένα σύνολο πωλητών. Στόχος είναι η επίτευξη της καλύτερης δυνατής συμφωνίας στο σύνολο των πωλητών. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιεί ένα σύνολο νημάτων, ένα για κάθε πωλητή. Το κάθε ένα από αυτά ακολουθεί τη στρατηγική ισορροπίας που έχει καθοριστεί στο προηγούμενο βήμα. Η διαφορά του προτεινόμενου μοντέλου με τις ερευνητικές προσπάθειες που κανείς μπορεί να βρει στη βιβλιογραφία [130], [146], [174], είναι το γεγονός ότι το μοντέλο μας δεν απαιτεί την ύπαρξη συντονιστή ο οποίος θα καθορίζει τις στρατηγικές των νημάτων. Ο συντονιστής αποτελεί ένα απλό σημείο αποτυχίας και τυχόν δυσλειτουργία του θα προκαλέσει πρόβλημα στις διαπραγματεύσεις που εκτελούν τα νήματα. Επίσης, δεν είναι και τόσο αποδοτικό το να δέχεται ο συντονιστής σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης τα δεδομένα του κάθε νήματος και στη συνέχεια να καθορίζει τη στρατηγική που θα ακολουθήσουν στον επόμενο γύρο. Αυτό απαιτεί αυξημένο χρόνο, αυξημένο πλήθος μηνυμάτων καθώς και υπολογιστικούς πόρους. Για να πετύχουμε το στόχο της αυτόνομης λειτουργίας του κάθε νήματος, βασιστήκαμε στη θεωρία του σμήνους και πιο συγκεκριμένα στον αλγόριθμο PSO. Συνεπώς όποτε ένα νήμα επιτύχει μια συμφωνία τότε τα υπόλοιπα αξιοποιούν αυτή την πληροφορία της κάθε συμφωνίας ώστε να πιέσουν τους αντίστοιχους πωλητές να κάνουν καλύτερες προσφορές (εφόσον ακολουθούν μια στρατηγική που είναι χειρότερη σε σχέση με τα δεδομένα της

συμφωνίας που έχει ήδη κλείσει). Τα αποτελέσματα δείχνουν πως πρόκειται για μια αποδοτική μέθοδο που μπορεί να προσφέρει στον αγοραστή ένα μηχανισμό που θα του φέρει ως αποτέλεσμα τη βέλτιστη δυνατή λύση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΗΨΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΑΓΟΡΑΣΤΩΝ

Όταν οι αγοραστές εμπλέκονται σε διαπραγματεύσεις με πωλητές χρειάζονται ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων, ο οποίος να είναι ικανός να χειριστεί τη δυναμικότητα που καταγράφεται σε μια ΗΑ. Η δυναμικότητα των ΗΑ, όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνήθως σχετίζεται με τις συμπεριφορές και τις προθέσεις που έχουν οι αυτόνομες οντότητες που δραστηριοποιούνται μέσα σε αυτές. Στη βιβλιογραφία, το κύριο βάρος των ερευνητών έχει πέσει στη μοντελοποίηση των διαπραγματεύσεων κάτω από το πρίσμα της μεγιστοποίησης του κέρδους. Ο τελικός σκοπός είναι αυτός, αλλά απαιτείται μια μέθοδος που θα ενσωματώνει μηχανισμούς χειρισμού της αβεβαιότητας / ασάφειας (παρά το γεγονός ότι η αβεβαιότητα αναφέρεται σε καταστάσεις που προσεγγίζονται πιθανοθεωρητικά – βλ. ενότητα 4.4 – και η ασάφεια αναφέρεται σε καταστάσεις που προσεγγίζονται καλύτερα με εργαλεία όπως η ασαφής λογική, χωρίς βλάβη της γενικότητας, θεωρούμε πως για το σενάριο μας αυτά τα δύο αποτελούν την ίδια έννοια) που υπάρχει όταν παρατηρείται άγνοια για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων ώστε ο αγοραστής να μπορεί να προσαρμόζεται σε οποιαδήποτε κατάσταση βρεθεί. Σε αυτό το κεφάλαιο, προτείνουμε ένα τέτοιο μηχανισμό για την πλευρά του αγοραστή, ο οποίος βασίζεται στην ασαφή λογική. Προτείνουμε μια βάση γνώσης που προσομοιώνει την ανθρώπινη συμπεριφορά σε αντίστοιχες καταστάσεις αλλά και μια μέθοδο αυτόματης εξαγωγής της βάσης γνώσης, ώστε ταχύτατα αυτή να δημιουργείται από απλά αριθμητικά δεδομένα. Έτσι πετυχαίνουμε να δημιουργήσουμε ένα αποδοτικό μηχανισμό όπως ακριβώς φαίνεται και από τα τελικά μας αποτελέσματα τα οποία συγκρίνουμε με προηγούμενες ερευνητικές εργασίες.

7.1. Γενική Περιγραφή

Όπως έχει ήδη περιγραφεί, οι αγοραστές εμπλέκονται σε ένα σύνολο διαπραγματεύσεων με ένα αριθμό πωλητών. Ο τελικός στόχος είναι η απόκτηση του καλύτερου δυνατού προϊόντος στην καλύτερη δυνατή τιμή. Λέγοντας το καλύτερο δυνατό προϊόν εννοούμε ένα προϊόν το οποίο θα ταιριάζει απόλυτα στις επιθυμίες των αγοραστών αλλά και θα συνδυάζει ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Αυτά τα χαρακτηριστικά συνήθως είναι ο μικρότερος δυνατός χρόνος παράδοσης του προϊόντος, το υψηλότερο δυνατό επίπεδο εμπιστοσύνης του πωλητή, κ.λπ. Επίσης, έχουμε ήδη περιγράψει πως οι αγοραστές εμπλεκόμενοι στις διαπραγματεύσεις αυτές

δεν έχουν απολύτως καμία γνώση ή ένδειξη για τις τιμές των βασικών χαρακτηριστικών των πωλητών, που σημαίνει ότι δυσκολεύει πάρα πολύ η λήψη της τελικής απόφασης. Με βάση τη θεωρία παιγνίων καθορίσαμε μια ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας την οποία φυσικά και ακολουθούν οι αγοραστές.

Αλλά ας εστιάσουμε σε ένα αγοραστή. Εμπλεκόμενος σε μια διαπραγμάτευση και μη έχοντας γνώση για τον πωλητή, παρότι ακολουθεί την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας, έχει άγνοια για τις προθέσεις του πωλητή και συνεπώς δεν έχουν εξαλειφθεί εντελώς οι πιθανότητες αποτυχίας. Ο λόγος είναι το γεγονός πως η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας έχει υπολογιστεί προσπαθώντας να καλύψει την άγνοια για τις βασικές παραμέτρους του πωλητή χρησιμοποιώντας τον Kernel εκτιμητή. Όμως ο εκτιμητής βασίζεται στο μοναδικό στοιχείο που είναι γνωστό στον αγοραστή και αυτό είναι η προσφορά στον τρέχοντα γύρο αλλά και το ιστορικό των προσφορών. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μια έξυπνη και αποδοτική τεχνική, ο αγοραστής χρειάζεται ένα επιπρόσθετο μηχανισμό λήψης αποφάσεων, ο οποίος θα μοιάζει με τον μηχανισμό λήψης αποφάσεων των ανθρώπων. Θα εμπλέκει δηλαδή παραμέτρους αλλά και κανόνες οι οποίοι θα υποδεικνύουν πότε ο αγοραστής θα πρέπει να σταματήσει τη διαπραγμάτευση και να αποδεχθεί την τρέχουσα προσφορά.

Προτείνουμε λοιπόν, όπως και στην πλευρά του πωλητή, ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων βασισμένο στην ασαφή λογική. Με αυτό τον τρόπο ενισχύουμε τον μηχανισμό συλλογιστικής ενός αγοραστή επεκτείνοντας και ενισχύοντας την ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας. Η ασαφής λογική θα προσφέρει ένα μηχανισμό χειρισμού της άγνοιας και ασάφειας σχετικά με τις προθέσεις του πωλητή ενώ θα εξάγει αυτόματα τις απαραίτητες αποφάσεις σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Άλλωστε, είναι ευρέως γνωστό στην επιστημονική κοινότητα πως η ασαφής λογική είναι το πιο κατάλληλο εργαλείο για αυτές τις περιπτώσεις. Η άγνοια του αγοραστή και γενικότερα των δύο παικτών αφορά στο χρονικό ορίζοντα συμμετοχής στη διαπραγμάτευση, τις προτεινόμενες τιμές, τις ακολουθούμενες στρατηγικές αλλά και στα όρια τιμών για τις δύο οντότητες (κόστος c και αποτίμηση V). Πιο συγκεκριμένα, για την πλευρά του αγοραστή η υιοθέτηση της ασαφούς λογικής αφορά:

- στην αναπαράσταση ενός αγοραστή – εμπειρογνώμονα και πιο συγκεκριμένα στην αναπαράσταση των κανόνων για τη λήψη της απόφασης περί την αποδοχή ή μη της προσφοράς του πωλητή.
- στην εξαγωγή – συμπερασμό της επόμενης απόφασης η οποία πρέπει να ληφθεί σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης.

Το προτεινόμενο σύστημα θα αυξήσει την αποδοτικότητα του αγοραστή σε σχέση με τις αγορές προϊόντων. Για παράδειγμα, όπως θα δούμε, αυξάνεται το ποσοστό των συμφωνιών για αγοραπωλησίες προϊόντων, μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος για το κλείσιμο συμφωνιών αλλά και ελαχιστοποιείται, όσο είναι δυνατό, η τιμή συμφωνίας, πράγμα το οποίο ωφελεί τα μέγιστα τον αγοραστή.

Η ερευνητική συνεισφορά μας είναι η ακόλουθη:

- Ορίζουμε και υλοποιούμε ένα ασαφές σύστημα για την αναπαράσταση και το συμπερασμό της λήψης της κατάλληλης απόφασης για ένα αγοραστή ο οποίος συμμετέχοντας σε μια ΗΑ προσπαθεί να αποκτήσει τα προϊόντα που επιθυμεί.
- Εφαρμόζουμε το προτεινόμενο σύστημα στο μηχανισμό λήψης αποφάσεων των αγοραστών. Ο μηχανισμός εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο των διαπραγματεύσεων λαμβάνοντας υπόψιν τις τιμές βασικών παραμέτρων των πωλητών.
- Αποτιμούμε την απόδοση του προτεινόμενου συστήματος σχετικά με:
  - Το συνολικό αριθμό συμφωνιών σε ένα πλήθος διαπραγματεύσεων,
  - Την τελική τιμή της συμφωνίας σε κάθε επιτυχή διαπραγμάτευση,
  - Τον απαιτούμενο χρόνο για την επιτυχή έκβαση μιας διαπραγμάτευσης, και,
  - Το τελικό όφελος που αποκομίζει ένας αγοραστής από κάθε επιτυχή διαπραγμάτευση. Το όφελος βασίζεται κυρίως στην τιμή του προϊόντος όταν η διαπραγμάτευση αφορά ένα χαρακτηριστικό ενώ βασίζεται σε ένα σύνολο παραμέτρων όταν έχουμε διαπραγματεύσεις για πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων.

Το προτεινόμενο ασαφές σύστημα βασίζεται στα ερευνητικά ευρήματα που παρουσιάζονται στα [93] και [95] ενώ παρουσιάζεται αναλυτικά στο [95]. Οι συγκεκριμένες ερευνητικές προσπάθειες εστιάζουν στην πλευρά του πωλητή και συνεπώς έχουμε πλέον ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο και για τις δύο πλευρές με το οποίο προσπαθούμε να προσφέρουμε μηχανισμούς λήψης αποφάσεων που προσομοιώνουν την ανθρώπινη συλλογιστική κάτω από πλήρη άγνοια για βασικές παραμέτρους των συμπεριφορών των οντοτήτων. Επίσης, συγκρίνουμε τα αποτελέσματα που παίρνουμε από το προτεινόμενο σύστημα με ένα μοντέλο που βασίζεται στη θεωρία βέλτιστης παύσης (Optimal Stopping Theory) [48], [106]. Η θεωρία της βέλτιστης παύσης έχει να

κάνει με την επιλογή του κατάλληλου χρονικού σημείου στο οποίο πρέπει να ληφθεί μια απόφαση (π.χ. αποδοχή της προσφοράς του πωλητή).

7.2. Σχετική Βιβλιογραφία

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε συνοπτικά τις ερευνητικές προσπάθειες που έχουν καταγραφεί στη διεθνή βιβλιογραφία και μελετούν τη χρήση της ασαφούς λογικής σε διάφορα τμήματα της συμπεριφοράς οντοτήτων που συμμετέχουν σε ΗΑ.

Η ασαφής λογική έχει χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς στις περισσότερες πτυχές της συμπεριφοράς των αγοραστών και των πωλητών. Για παράδειγμα, στο [19] παρουσιάζεται ένα μοντέλο διαπραγμάτευσης το οποίο βασίζεται στην ασαφή λογική όσο αφορά τον προσδιορισμό των προσφορών που ανταλλάσσονται κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Επίσης, γίνεται μια σύγκρισή του με ένα μοντέλο το οποίο βασίζεται σε προσφορές που εξάγονται από ένα συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο. Επιπρόσθετα, προτείνεται και ένα τρίτο μοντέλο το οποίο βασίζεται στην ασαφή λογική μεν αλλά υιοθετεί λεξικογραφική περιγραφή των τιμών των παραμέτρων. Η διαπραγμάτευση αφορά κυρίως την τιμή του προϊόντος αλλά και την ποιότητα του. Για κάθε διαπραγμάτευση ορίζονται δέκα (10) προσφορές το οποίο φυσικά είναι πολύ περιοριστικό για το προτεινόμενο σύστημα. Το πλήθος των προσφορών είναι πολύ μικρό έτσι ώστε να μπορέσει να αποκαλύψει τα πλεονεκτήματα καθώς και τα μειονεκτήματα των προτεινόμενων μοντέλων. Άλλωστε, ρεαλιστικά σενάρια πρέπει εμπλέκουν ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό προσφορών.

Η ασαφής λογική μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ώστε να περιγράψει τις στρατηγικές που πρέπει να ακολουθήσουν οι εμπλεκόμενες οντότητες. Ένα τέτοιο σενάριο περιγράφεται στο [23]. Απλές ευριστικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για την εκμάθηση των προτιμήσεων των εμπλεκόμενων μερών αφού όπως έχουμε ήδη τονίσει το μεγαλύτερο πρόβλημα στις διαπραγματεύσεις είναι η άγνοια για τις προτιμήσεις των οντοτήτων. Οι στρατηγικές των οντοτήτων περιγράφονται ρητά σαν ασαφή συστήματα και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για την εξαγωγή νέων προσφορών σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Οι συγγραφείς εξετάζουν πολλαπλά χαρακτηριστικά προϊόντων και χρησιμοποιούνται επίπεδα σημαντικότητας αυτών των χαρακτηριστικών σε συνδυασμό με τις προσφορές του ‘αντιπάλου’.

Ένα μοντέλο δημοπρασιών με χρήση ασαφούς λογικής παρουσιάζεται στο [72]. Το εξεταζόμενο σενάριο αφορά σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή. Παρουσιάζεται ένας

προτεινόμενος αλγόριθμος τον οποίο χρησιμοποιούν πράκτορες λογισμικού ώστε να συμμετέχουν στις δημοπρασίες. Ένας αριθμός ευριστικών ασαφών κανόνων και ένας μηχανισμός συμπερασμού με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζουν τη βέλτιστη προσφορά ώστε αυτή τελικά να προταθεί στον πωλητή. Φυσικά, και εδώ τα χαρακτηριστικά των προϊόντων παίζουν σημαντικό ρόλο.

Στο [101], παρουσιάζεται ένα σύστημα το οποίο βασίζεται σε διαπραγματεύσεις για πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Επίσης, οι συγγραφείς μελετούν ένα σενάριο όπου υπάρχει περιορισμένη γνώση σχετικά με τα χαρακτηριστικά των εμπλεκόμενων οντοτήτων. Το προτεινόμενο σύστημα υιοθετεί τις αρχές της θεωρίας οφέλους (Utility Theory) αλλά και ένα μηχανισμό συμπερασμού που βασίζεται σε ασαφείς περιορισμούς. Ο στόχος είναι να καθοριστεί ένας αποδοτικός μηχανισμός ο οποίος θα μεγιστοποιήσει το όφελος των οντοτήτων όταν διαπραγματεύονται σε ανοιχτά περιβάλλοντα. Όμως, στη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια δεν αποτυπώνονται αναλυτικά αποτελέσματα που αφορούν στην απόδοση του προτεινόμενου συστήματος.

Πολύ-πρακτορικά συστήματα υιοθετούν τις αρχές της ασαφούς λογικής στο [111] και στο [187]. Πιο συγκεκριμένα, στο [111], παρουσιάζεται ένα μοντέλο ακολουθιακής διαπραγμάτευσης το οποίο βασίζεται στην ασαφή λογική. Η ασαφής λογική προσφέρει ένα μηχανισμό πρόβλεψης των αποδεκτών τιμών όταν οι πράκτορες λογισμικού πρόκειται να υλοποιήσουν από κοινού ομάδες εταιρειών. Στο [187], οι συγγραφείς μελετούν επίσης διαπραγματεύσεις που βασίζονται στην ασαφή λογική. Στην ερευνητική αυτή προσπάθεια, περιγράφονται τόσο οι ασαφείς κανόνες όσο και οι στρατηγικές λήψης αποφάσεων. Το μοντέλο χρησιμοποιεί λεξικογραφική περιγραφή των παραμέτρων και εξετάζονται πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Δυστυχώς όμως παρουσιάζονται περιορισμένα ερευνητικά αποτελέσματα τα οποία κυρίως αφορούν γραφικές παραστάσεις των εξόδων του συστήματος. Αποτελέσματα σχετικά με το πλήθος συμφωνιών, το τελικό όφελος των οντοτήτων, κ.λπ. απουσιάζουν από το συγκεκριμένο άρθρο.

Στο [117], οι συγγραφείς μελετούν ένα μοντέλο διαπραγμάτευσης το οποίο βασίζεται σε ασαφείς περιορισμούς. Οι πράκτορες λογισμικού προσπαθούν να καθορίζουν μια δίκαιη λύση για όλες τις εμπλεκόμενες οντότητες. Παρόλα αυτά το σενάριο ίσως δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα αφού από τη φύση του το πρόβλημα αφορά σε οντότητες που θέλουν να μεγιστοποιήσουν το όφελός τους και κατά συνέπεια λειτουργούν εγωιστικά στα πλαίσια μιας διαπραγμάτευσης. Στο άρθρο περιγράφεται ένα σύνολο επιλογών οι οποίες αποσκοπούν στο να ικανοποιήσουν όλα τα μέρη. Έτσι, αν

μια οντότητα δεν αποδεχθεί μια προσφορά, τότε αυτή που την πρότεινε προσπαθεί να βρει μια άλλη που να είναι αποδεκτή τελικά. Το προτεινόμενο σύστημα υιοθετεί ασαφείς περιορισμούς με προτεραιότητα να αναπαραστήσει τις εναλλακτικές επιλογές σχετικά με τις τιμές των εξεταζόμενων χαρακτηριστικών των προϊόντων.

Τέλος, στο [144], η διαπραγμάτευση στηρίζεται στην ανταλλαγή προσφορών που βασίζονται σε ασαφείς τιμές και για τις δύο πλευρές (αγοραστής και πωλητής). Το προτεινόμενο πρωτόκολλο επιτρέπει την προσφορά τόσο ασαφών όσο και συγκεκριμένων τιμών. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται σε παραμέτρους όπως το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής στη διαπραγμάτευση, την ελάχιστη ή τη μέγιστη αποδεκτή τιμή για κάθε χαρακτηριστικό των προϊόντων, κ.λπ. Όμως, οι συγγραφείς θεωρούν αυτά τα χαρακτηριστικά κοινή γνώση ανάμεσα στις οντότητες το οποίο φυσικά δεν απεικονίζει την πραγματικότητα.

Τεχνικές μηχανικής μάθησης αλλά και υπολογιστικής νοημοσύνης έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί σε σενάριο διαπραγματεύσεων ώστε να χειριστούν συγκεκριμένες παραμέτρους των συμπεριφορών των οντοτήτων. Στο [137] παρουσιάζεται ένας μηχανισμός προσαρμογής που βασίζεται σε ένα νευρωνικό δίκτυο (Neural Network). Το νευρωνικό δίκτυο βοηθά τις οντότητες να μάθουν και έπειτα να προβλέψουν τη συμπεριφορά των αντιπάλων. Με αυτό τον τρόπο, η οντότητα μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη ενέργεια που θα ακολουθήσει σε κάθε επόμενο γύρο της διαπραγμάτευσης. Διαπραγματεύσεις πολλαπλών χαρακτηριστικών εξετάζονται στο [201]. Η κάθε οντότητα χρησιμοποιεί ασαφή λογική ώστε να αποτιμήσει το επίπεδο ικανοποίησης της από τα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Η ασαφής λογική χρησιμοποιείται επίσης στα [111] και [184]. Η ασαφής λογική χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ορίων τιμών των οντοτήτων ή για τη λήψη απόφασης σχετικά με την αποδοχή ή όχι μιας προσφοράς. Το μειονέκτημα είναι πως οι προτεινόμενες βάσεις κανόνων χαρακτηρίζονται από απλοϊκότητα ενώ βασίζονται σε λίγες σχετικά παραμέτρους. Επιπρόσθετα, συναντούμε προσπάθειες στις οποίες η ασαφής λογική χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των προσφορών που θα προταθούν σε επόμενους γύρους της διαπραγμάτευσης [19]. Στη συγκεκριμένη εργασία προτείνονται τρία διαφορετικά σχήματα.

7.3. Εφαρμογή Υπολογιστικής Νοημοσύνης

7.3.1. Εξεταζόμενο Σενάριο

Ένας πολυάσχολος χρήστης επιθυμεί να αγοράσει ένα άρθρο τεχνητής νοημοσύνης. Παρόλα αυτά, δεν έχει τον απαιτούμενο χρόνο ώστε μόνος του να αναζητήσει, να βρει και να ολοκληρώσει την αγορά του άρθρου. Για να γίνει αυτό, πρέπει να αναζητήσει το άρθρο σε ένα μεγάλο πλήθος εκδοτών ή ηλεκτρονικά βιβλιοπωλεία, να συγκρίνει τιμές και τελικά να αποφασίσει την αγορά του συγκεκριμένου άρθρου στην πιο συμφέρουσα τιμή από τον πιο κατάλληλο πωλητή. Έτσι, αποφασίζει να αναθέσει αυτή τη δουλειά σε ένα αυτόνομο τμήμα λογισμικού (πράκτορας), το οποίο και θα κάνει τις απαραίτητες ενέργειες που περιγράψαμε προηγουμένως. Ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να καθορίσει τον τίτλο του άρθρου, το συγγραφέα, τον εκδότη, κ.λπ. και να προσδιορίσει ένα χρονικό όριο μέσα στο οποίο πρέπει να πραγματοποιηθεί η αγορά (εφόσον το επιθυμεί – σε κάποιες εφαρμογές το όριο αυτό είναι κρίσιμο σε άλλες όχι). Επίσης, πρέπει να καθορίσει μια ή ένα εύρος ποσού (τιμής του άρθρου) το οποίο είναι διατεθειμένος να δαπανήσει για τη συγκεκριμένη αγορά. Το λογισμικό αναλαμβάνει αυτή την υποχρέωση και βρίσκει ένα πλήθος πωλητών που κατέχουν το άρθρο και προχωρά μαζί τους σε διαπραγματεύσεις σχετικά με τις τιμές των βασικών παραμέτρων του προϊόντος (κυρίως τιμή) ώστε να λάβει την τελική απόφαση. Οι διαπραγματεύσεις μπορούν να γίνουν είτε σειριακά, είτε παράλληλα. Εάν υπάρξει συμφωνία, το λογισμικό προχωρά στην απόκτηση του άρθρου και στη συνέχεια αφού ολοκληρώσει την απαραίτητη πληρωμή επιστρέφει το άρθρο στο χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, ολοκληρώνεται επιτυχώς το έργο που ανέλαβε το λογισμικό. Εφόσον έχει τεθεί αρχικά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση της αγοράς, το λογισμικό αποδίδει τμήμα αυτού για τη διαπραγμάτευση με κάθε πωλητή στην περίπτωση που επιλεγεί η σειριακή αλληλεπίδραση με τους πωλητές. Σε διαφορετική περίπτωση (παράλληλη διαπραγμάτευση) ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής είναι το αρχικό χρονικό διάστημα που καθόρισε ο χρήστης.

Σε αυτό το σενάριο, το κύριο χαρακτηριστικό είναι η αβεβαιότητα / ασάφεια σχετικά με τις προθέσεις των πωλητών αφού υποθέτουμε πως δεν υπάρχει απολύτως καμία γνώση που αφορά στα χαρακτηριστικά τους. Ο δυνητικός αγοραστής δεν είναι δυνατόν να γνωρίζει π.χ. το όριο τιμών (μέχρι που μπορεί να φτάσει μια μείωση τιμών από την πλευρά του πωλητή – αν αυτός είναι διατεθειμένος να το κάνει) αλλά πολύ περισσότερο δεν γνωρίζει για ποιο χρονικό διάστημα ο πωλητής είναι διατεθειμένος να συμμετέχει σε μια διαπραγμάτευση. Επίσης, δεν είναι δυνατόν να γνωρίζει ο δυνητικός αγοραστής τη στρατηγική προσφορών του πωλητή. Αυτό σημαίνει πως ο αγοραστής δεν είναι σίγουρος για την πιθανή μείωση τιμών αλλά και το ύψος αυτής.

Για να καλύψουμε αυτή την αβεβαιότητα / ασάφεια σε τέτοιου είδους σενάρια, προτείνουμε τη χρήση της ασαφούς λογικής που θεωρείται στην επιστημονική κοινότητα πως είναι η πλέον κατάλληλη για τέτοιες περιπτώσεις. Ουσιαστικά προτείνουμε ένα ασαφές σύστημα το οποίο μπορεί να χειριστεί την αβεβαιότητα / ασάφεια σχετικά με τα χαρακτηριστικά των πωλητών και με αυτό τον τρόπο να εξάγει την πιο κατάλληλη απόφαση σε σχέση με την αγορά του επιθυμητού προϊόντος. Η χρήση της ασαφούς λογικής θα ενισχύσει αποδοτικά την αυτονομία των τμημάτων λογισμικού που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες.

Η συμπεριφορά του αγοραστή και του πωλητή έχει ήδη περιγραφεί στο Κεφάλαιο 4 και στο Κεφάλαιο 6. Ουσιαστικά και οι δύο οντότητες έχουν μια συνάρτηση λήψης απόφασης η οποία βασίζεται στην προσφερόμενη τιμή (θεωρούμε διαπραγματεύσεις για ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων). Ειδικά για τον αγοραστή θα τροποποιήσουμε αυτή τη συνάρτηση έτσι ώστε η απόφαση να λαμβάνεται από το προτεινόμενο ασαφές σύστημα. Υπάρχουν συγκεκριμένοι χρονικοί ορίζοντες συμμετοχής αλλά και συναρτήσεις οφέλους για τα οποία υποθέτουμε πως δεν υπάρχει γνώση σε κάποια από τις δύο οντότητες. Ο πωλητής ξεκινά πρώτος τις προσφορές ενώ ακολουθεί ο αγοραστής. Εάν κάποιος από τους δύο χρονικούς ορίζοντες εκπνεύσει, η διαπραγμάτευση λήγει χωρίς όφελος και για τους δύο. Ο πωλητής ξεκινά από μια σχετικά υψηλή τιμή και καθώς η διαπραγμάτευση προχωρά, εάν διαπιστώσει πως οι προσφορές του απορρίπτονται, έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις τιμές, πάντα όμως σύμφωνα με μια συγκριμένη τιμολογιακή στρατηγική. Ο αγοραστής ξεκινά από μια σχετικά χαμηλή τιμή και εάν διαπιστώσει ότι οι προσφορές του απορρίπτονται, έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τις προτεινόμενες τιμές, ακολουθώντας τη δική του τιμολογιακή στρατηγική.

7.3.2. Ανάλυση

Στο μοντέλο διαπραγμάτευσης το οποίο εξετάζουμε, και οι δύο οντότητες (αγοραστής και πωλητής) λειτουργούν λογικά και δεν επιθυμούν να τελειώσουν την αλληλεπίδραση με μια σύγκρουση. Ο λόγος είναι ότι μια σύγκρουση θα αποδώσει όφελος μηδέν και στους δύο. Φυσικά, αυτό γίνεται εφόσον είναι δυνατόν όπως καθορίζεται από τα όρια τιμών που οι δύο παίκτες έχουν θέσει (η ζώνη συμφωνίας δεν είναι το κενό σύνολο). Η συμπεριφορά του αγοραστή ορίζεται από ένα ασαφές σύστημα το οποίο εξάγει την

κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Όπως θα δούμε το σύστημα βασίζεται στις ακόλουθες συνθήκες:

- Η διαφορά του τρέχοντος γύρου από τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής.
- Η διαφορά ανάμεσα στις προσφορές των δύο οντοτήτων.
- Η πίστη που έχει ο αγοραστής σχετικά τη λήξη του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή.
- Η αποτίμηση που έχει ο αγοραστής για το προϊόν.

Ο αγοραστής λειτουργώντας λογικά πρόκειται να αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή όταν οι τιμές των δύο πρώτων παραμέτρων είναι χαμηλές ενώ των δύο άλλων είναι υψηλές (στην επόμενη ενότητα καθορίζουμε τόσο τη σημασία τους όσο και το πεδίο τιμών τους). Ο αγοραστής στοχεύει κυρίως σε χαμηλές τιμές και έτσι πρέπει να περιμένει για κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να τις επιτύχει. Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε πως εάν ο αγοραστής είναι ένας υπομονετικός παίκτης θα πρέπει να περιμένει μεγάλο αριθμό γύρων ώστε να μπορέσει να οδηγήσει τον πωλητή σε χαμηλότερες τιμές (εάν αυτό είναι εφικτό). Αυτό σημαίνει πως σε τέτοιες περιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο για ένα υπομονετικό αγοραστή να κάνει αποδεκτές τις προσφορές του πωλητή στους πρώτους γύρους της διαπραγμάτευσης.

Η τιμολογιακή στρατηγική που παρουσιάστηκε στην εξίσωση 4.4 έχει ένα άνω όριο ίσο με V. Όσο μικρότερο είναι το V τόσο μικρότερες τιμές είναι διατεθειμένος ο αγοραστής να προτείνει στον πωλητή. Σε κάποιο χρονικό σημείο t οι προσφορές του αγοραστή και του πωλητή πρέπει να είναι σχετικά κοντά έτσι ώστε η πιθανότητα αποδοχής των προσφορών να αυξηθεί κατακόρυφα. Για το λόγο αυτό, ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$p_0 + (\frac{t}{T_b})^k \cdot (V - p_0) \approx c + \varepsilon \cdot (1 - \frac{t}{T_s})^l \qquad (7.1)$$

όπου το k απεικονίζει την τιμολογιακή πολιτική του αγοραστή και το l την τιμολογιακή πολιτική που ακολουθεί ο πωλητής. Αν θεωρήσουμε πως $a \cdot p_0 = V$, με a > 1, τότε από την εξίσωση προκύπτει πως η αποτίμηση V του αγοραστή είναι περίπου ίση με:

$$V \approx \frac{a \cdot c \cdot T_b^k + a \cdot \varepsilon \cdot T_b^k \cdot (1 - t \cdot T_s^{-1})^l}{T_b^k + (a-1) \cdot t^k} \qquad (7.2)$$

Φυσικά η ζώνη συμφωνίας ισχύει μόνο όταν V > c και συνεπώς έχουμε πως:

$$T_b^k \cdot T_s^l \cdot c \cdot (a-1) + a \cdot \varepsilon \cdot T_b^k \cdot (T_s - t)^l - c \cdot (a-1) \cdot T_s^l \cdot t^k > 0 \quad (7.3)$$

Λόγω των πολύπλοκων υπολογισμών, θεωρούμε πως η πολιτική του πωλητή είναι l = 1 (γραμμική) και αναλύουμε το μοντέλο μας μόνο για τις ακόλουθες περιπτώσεις πολιτικών του αγοραστή.

A. k = 1 (γραμμική τιμολογιακή στρατηγική)

Όταν και οι δύο πολιτικές είναι γραμμικές τότε με βάση τις παραπάνω εξισώσεις παίρνουμε πως μια συμφωνία είναι δυνατή στο χρονικό διάστημα που ορίζεται ως εξής:

$$t < \frac{T_b \cdot T_s \cdot (c \cdot (a-1) + a \cdot \varepsilon)}{a \cdot \varepsilon \cdot T_b + c \cdot (a-1) \cdot T_s)} \Rightarrow t \in \left[0, \frac{T_b \cdot T_s \cdot (c \cdot (a-1) + a \cdot \varepsilon)}{a \cdot \varepsilon \cdot T_b + c \cdot (a-1) \cdot T_s)} \right] \quad (7.4)$$

B. k = 2 (υπομονετική τιμολογιακή στρατηγική)

Όταν ο αγοραστής είναι ένας υπομονετικός παίκτης τότε η πιθανότητα συμφωνίας υπάρχει σε χρόνο:

$$t \in \left[\frac{a \cdot \varepsilon \cdot T_b^2 + \sqrt{a^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot T_b^4 + 4 \cdot c \cdot T_b^2 \cdot T_s^2 \cdot (a^2 \cdot \varepsilon + c \cdot a^2 - 2 \cdot a \cdot c - a \cdot \varepsilon + c)}}{-2 \cdot (a-1) \cdot c \cdot T_s}, \right.$$
$$\left. \frac{a \cdot \varepsilon \cdot T_b^2 - \sqrt{a^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot T_b^4 + 4 \cdot c \cdot T_b^2 \cdot T_s^2 \cdot (a^2 \cdot \varepsilon + c \cdot a^2 - 2 \cdot a \cdot c - a \cdot \varepsilon + c)}}{-2 \cdot (a-1) \cdot c \cdot T_s} \right] \Rightarrow$$

$$t \in \left[0, \frac{a \cdot \varepsilon \cdot T_b^2 - \sqrt{a^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot T_b^4 + 4 \cdot c \cdot T_b^2 \cdot T_s^2 \cdot (a^2 \cdot \varepsilon + c \cdot a^2 - 2 \cdot a \cdot c - a \cdot \varepsilon + c)}}{-2 \cdot (a-1) \cdot c \cdot T_s} \right] \quad (7.5)$$

Παραπλήσιοι υπολογισμοί ισχύουν και για άλλες τιμές των παραμέτρων k και l.

Ας υποθέσουμε τώρα πως θέλουμε το μοντέλο να επιτύχει την καλύτερη δυνατή απόδοση, όσον αφορά στην πλευρά του αγοραστή. Η καλύτερη δυνατή απόδοση θα επιτευχθεί μέσα από μια τιμή για το προϊόν η οποία είναι η βέλτιστη. Όπως ειπώθηκε όμως, η τιμή του προϊόντος έχει ένα άνω όριο το οποίο είναι ίσο με την αποτίμηση V. Ας συγκρίνουμε λοιπόν το μοντέλο μας με ένα θεωρητικό βέλτιστο το οποίο καθορίζεται από τη θεωρία βέλτιστης παύσης. Για να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή λύση πρέπει η διαφορά της τιμής να είναι μικρότερη από το μηδέν (0). Έχουμε λοιπόν πως η ακόλουθη ανίσωση πρέπει να είναι αληθής:

$$\frac{p_b^t - R_{OST}}{R_{OST}} \leq 0 \tag{7.6}$$

όπου R_{OST} είναι το όριο τιμής που καθορίζεται από τη θεωρία βέλτιστης παύσης. Λύνοντας την ανίσωση ως προς V παίρνουμε πως πρέπει να ισχύει:

$$V \leq \frac{R_{OST} \cdot a \cdot T_b^k}{T_b^k + (a-1) \cdot t^k} \tag{7.7}$$

Η ανίσωση αυτή καθορίζει ένα άνω όριο για να επιτύχουμε τιμή προϊόντος που είναι καλύτερη ακόμη και από το θεωρητικό βέλτιστο το οποίο προκύπτει συνήθως από το εύρος της ζώνης συμφωνίας (βλ. ενότητα 4.4.1).

7.3.3. Μοντέλο Ασαφούς Λογικής

Όπως έχουμε ήδη αναλύσει, οι συμμετέχοντες σε μια διαπραγμάτευση, σε κάθε γύρο, προτείνουν μια προσφορά στον ‘αντίπαλο’. Οι οντότητες αποδέχονται τις προσφορές μόνο όταν αυτές είναι μέσα στα όρια που έχουν εξ’ αρχής θέσει. Ένα σημαντικό στοιχείο είναι πως οι οντότητες δεν έχουν γνώση και πρέπει να αντιληφθούν με κάποιο τρόπο τον κίνδυνο να εκπνεύσει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του άλλου παίκτη. Όταν διαπιστώσουν κάτι τέτοιο, προτιμούν να αποδεχθούν μια μεγαλύτερη / μικρότερη προσφορά, από το να διακινδυνεύσουν τη λήξη της διαπραγμάτευσης χωρίς συμφωνία. Και αυτό γίνεται διότι σε μια τέτοια περίπτωση δεν αποκομίζουν κανένα απολύτως όφελος.

7.3.3.1. Μεταβλητές – Συναρτήσεις Συμμετοχής

Εμείς στην παρούσα ενότητα, εστιάζουμε στην πλευρά του αγοραστή και περιγράφουμε ένα μηχανισμό συλλογιστικής με βάση τον οποίο ο αγοραστής λαμβάνει τις αποφάσεις του σε κάθε γύρο. Ουσιαστικά, η απόφαση λαμβάνεται περί της αποδοχής ή μη της προσφοράς του πωλητή. Σχεδιάζουμε και αναπτύσσουμε ένα ασαφές σύστημα το οποίο καθορίζει ακριβώς αυτή την αντίδραση στις προσφορές του πωλητή. Ορίζουμε τον συντελεστή αποδοχής (Acceptance Degree - AD), ο οποίος αναπαριστά τη δυνατότητα αποδοχής της προσφοράς του πωλητή. Αναπαριστά την επιθυμία του αγοραστή για την αποδοχή της προσφοράς με στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους στο συγκεκριμένο σημείο στο οποίο καλείται να λάβει την απόφαση. Μια υψηλή τιμή για

τον συντελεστή AD υποδηλώνει την αποδοχή ενώ μια χαμηλή τιμή υποδηλώνει την απόρριψη. Ορίζουμε πως ο συντελεστής AD εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- από το βαθμό συσχέτισης (relevance factor - r) του προϊόντος με τους στόχους του αγοραστή.
- από την απόλυτη τιμή της διαφοράς ανάμεσα στην προσφορά του αγοραστή και στην προσφορά του πωλητή (price difference - d). Ως προσφορά του αγοραστή λογίζεται η προσφορά που πρόκειται να γίνει στον επόμενο γύρο σύμφωνα με την τιμολογιακή στρατηγική.
- από την πίστη (belief - b) του αγοραστή σχετικά με τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του πωλητή.
- από τη διαφορά ανάμεσα στον τρέχοντα γύρο της διαπραγμάτευσης και στον χρονικό ορίζοντα του αγοραστή (time difference - t).
- από την αποτίμηση του αγοραστή για το προϊόν (valuation - V). Ουσιαστικά, η παράμετρος αυτή συμβολίζει το μέγιστο όριο το οποίο ο αγοραστής είναι δυνατόν να πληρώσει για το προϊόν.

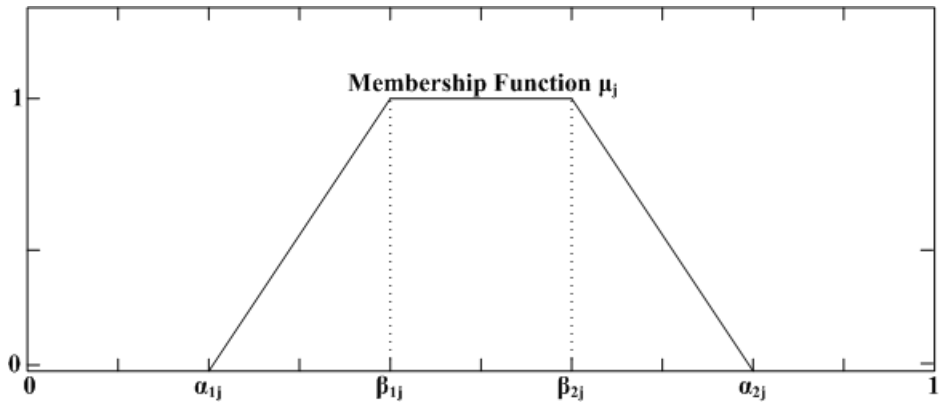
Χρησιμοποιώντας την ασαφή λογική, εισάγουμε ένα ασαφές σύστημα που βασίζεται σε ένα σύνολο κανόνων που είναι ικανό να προσαρμόζει τις αποφάσεις του αγοραστή στα χαρακτηριστικά των προϊόντων αλλά και της διαπραγμάτευσης. Το σύστημα αποτελεί ένα μη γραμμικό συνδυασμό των εισόδων που τις απεικονίζει στις εξόδους. Λεξικογραφικές τιμές αποτελούν τις τιμές των ασαφών μεταβλητών. Οι συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών μεταβλητών είναι τραπεζοειδής. Η γενική μορφή του είναι η ακόλουθη:

$$\mu_j(u_i)=\begin{cases}0 & \text{if } u_i \le a_{1j}\\ \dfrac{u_i-a_{1j}}{\beta_{1j}-\alpha_{1j}} & \text{if } u_i \in [a_{1j},\beta_{1j})\\ \dfrac{a_{2j}-u_i}{a_{2j}-\beta_{2j}} & \text{if } u_i \in (\beta_{2j},a_{2j})\\ 0 & \text{if } u_i \ge a_{2j}\\ 1 & \text{if } u_i \in [\beta_{1j},\beta_{2j}]\end{cases} \tag{7.8}$$

ή χρησιμοποιώντας ένα διαφορετικό μαθηματικό συμβολισμό:

$$\mu_j(u_i;a_{1j},\beta_{1j},\beta_{2j},\alpha_{2j}) = \max(\min(\frac{u_i - a_{1j}}{\beta_{1j} - \alpha_{1j}},1,\frac{\alpha_{2j} - u_i}{\alpha_{2j} - \beta_{2j}}),0) \quad (7.9)$$

με $\alpha_{1j} \le \beta_{1j} \le \beta_{2j} \le \alpha_{2j}$ και μ_j είναι η j συνάρτηση συμμετοχής, u_i είναι η i ασαφής μεταβλητή και α_{ij}, β_{ij} να αποτελούν τα όρια τιμών για τον καθορισμό του τραπεζίου. Στο Σχήμα 42 βλέπουμε τη σχηματική αναπαράσταση μιας τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής.



Σχήμα 42. Σχηματική αναπαράσταση της τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής.

Το ασαφές σύστημα βασίζεται σε μια βάση κανόνων για τη λειτουργία του συμπερασμού. Έτσι, η απεικόνιση των εισόδων στις εξόδους γίνεται με κανόνες της μορφής *if condition then action*. Υιοθετούμε ένα σύστημα πολλαπλών εισόδων και μιας εξόδου (multi-input single-output - MISO) και κάθε κανόνας R_j έχει την ακόλουθη μορφή (οι είσοδοι είναι οι παράμετροι $r = u_1$, $d = u_2$, $b = u_3$, $t = u_4$, $V = u_5$ και η έξοδος είναι η παράμετρος $y = AD$):

R_j : If r is $A_{1(j)}$ AND d is $A_{2(j)}$ AND b is $A_{3(j)}$ AND t is $A_{4(j)}$ AND V is $A_{5(j)}$ Then AD is $B_{(j)}$.

Τα $A_{i(j)}$ και $B_{(j)}$ αποτελούν τις λεξικογραφικές περιγραφές των ασαφών μεταβλητών. Οι τιμές α_{ij}, β_{ij} που αποτελούν τα όρια των τραπεζίων μπορούν να εξαχθούν μέσα από ένα σύστημα στατιστικής μάθησης [125] έτσι ώστε να έχουμε μια πιο ακριβή αναπαράσταση της σημασιολογίας της διαπραγμάτευσης.

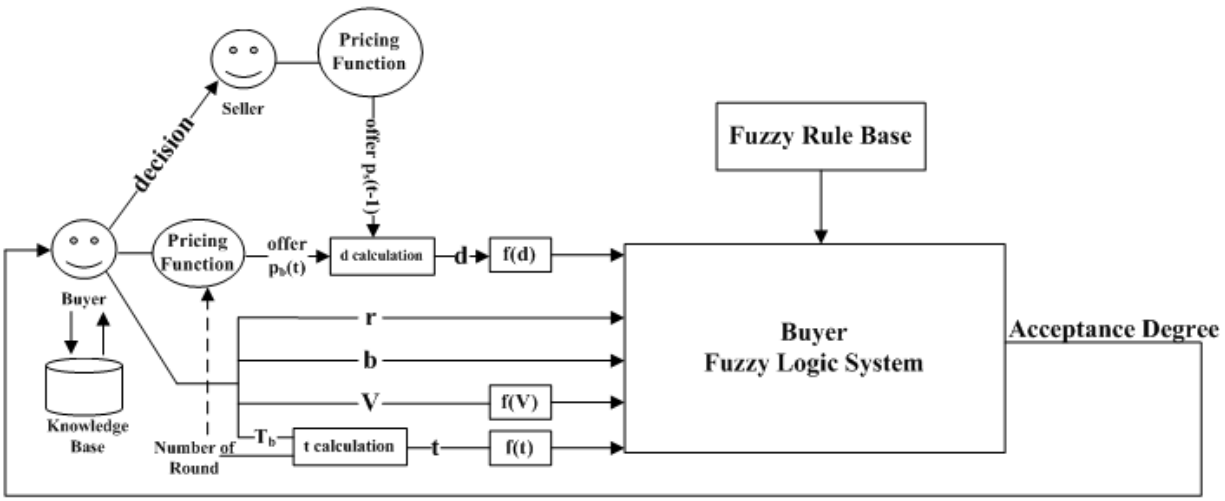
Η αρχιτεκτονική του ασαφούς συστήματος του αγοραστή απεικονίζεται στο Σχήμα 43. Ο αγοραστής διατηρεί μια βάση γνώσης με την απαραίτητη πληροφορία για τον

καθορισμό των βασικών παραμέτρων. Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ο αγοραστής λαμβάνει μια προσφορά από τον πωλητή και υπολογίζει την παράμετρο AD. Η τιμή της AD αποτελεί τη βάση για τη λήψη απόφασης η οποία και ανακοινώνεται στον πωλητή. Ουσιαστικά, το ασαφές σύστημα περιλαμβάνει μια επεξεργασία τριών βημάτων:

- *Fuzzification*: οι πραγματικοί αριθμοί που μπαίνουν ως είσοδοι στο σύστημα μετατρέπονται σε ασαφή σύνολα.
- *Συμπερασμός*: με βάση την προσφερόμενη βάση γνώσης και κανόνων, η διαδικασία του συμπερασμού εξάγει τη λεξικογραφική τιμή της εξόδου (παράμετρος AD).
- *Defuzzification*: η ασαφής τιμή της μεταβλητής εξόδου μετατρέπεται σε πραγματικό αριθμό.

Για το πρώτο στάδιο, χρησιμοποιούμε τη μεθοδολογία Center of Gravity (CoG) [141]. Έτσι, η τελική τιμή της AD υπολογίζεται με βάση την επόμενη εξίσωση:

$$AD = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_j(u_i) \cdot u_i}{\sum_{i=1}^{N} \mu_j(u_i)} \tag{7.10}$$



Σχήμα 43. Η αρχιτεκτονική του ασαφούς συστήματος του αγοραστή.

7.3.3.2. Βάση Κανόνων

Το προτεινόμενο ασαφές σύστημα βασίζεται σε μια βάση ασαφών κανόνων έτσι ώστε να εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Η βάση κανόνων έχει δημιουργηθεί από εμπειρογνώμονες και προσπαθεί να καλύψει όλες τις πτυχές μιας διαπραγμάτευσης. Ουσιαστικά, προσπαθεί να μιμηθεί τις ενέργειες που θα έκανε ένας άνθρωπος σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Οι λεξικογραφικές τιμές των μεταβλητών εισόδων και εξόδου είναι οι εξής: $A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = A_5 = B_1 =$ {low, medium, high} για τις παραμέτρους r, d, b, t, V και AD. Τα ασαφή σύνολα του συστήματος απεικονίζονται στο Σχήμα 44. Για παράδειγμα, μια τιμή low r σημαίνει πως το προϊόν έχει μικρή ομοιότητα με τους στόχους του αγοραστή ενώ αντίστοιχη σημασιολογία αποδίδεται και στις υπόλοιπες δύο τιμές. Για μια πιο αποδοτική λύση, χρησιμοποιούμε τον τελεστή very (very(μ(r)) = $\mu(r)^2$). Μια τιμή very low r σημαίνει συμβολίζει το γεγονός ότι το προϊόν δεν είναι καθόλου σχετικό με τους στόχους του αγοραστή. Αντίθετα, μια τιμή very high r σημαίνει πως το προϊόν έχει τη μέγιστη δυνατή συσχέτιση με τους στόχους του αγοραστή. Οι πραγματικές τιμές της παραμέτρου r βρίσκονται στο διάστημα [0,1]. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους ισχύει αντίστοιχη σημασιολογία. Η επεξήγηση της σημασίας των λεξικογραφικών τιμών απεικονίζεται στον Πίνακα 24.

Πίνακας 24. Σημασιολογία των λεξικογραφικών τιμών.

Παράμετρος	**Λεξικογραφικές Τιμές**			**Περιοχή Τιμών**
	Low	**Medium**	**High**	
d	Η διαφορά ανάμεσα στην προσφορά του πωλητή και στην επερχόμενη τιμή του αγοραστή είναι μικρή.	Η διαφορά ανάμεσα στην προσφορά του πωλητή και στην επερχόμενη τιμή του αγοραστή έχει μεσαία τιμή.	Η διαφορά ανάμεσα στην προσφορά του πωλητή και στην επερχόμενη τιμή του αγοραστή είναι μεγάλη.	$[0, p_s^0 - p_b^0]$
b	Η πίστη για το πέρας του χρονικού ορίζοντα του πωλητή έχει μικρή τιμή.	Η πίστη για το πέρας του χρονικού ορίζοντα του πωλητή έχει μεσαία τιμή.	Η πίστη για το πέρας του χρονικού ορίζοντα του πωλητή έχει μεγάλη τιμή.	[0, 1]
t	Ο υπολειπόμενος χρόνος μέχρι τη λήξη του	Ο υπολειπόμενος χρόνος μέχρι τη λήξη του	Ο υπολειπόμενος χρόνος μέχρι τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του	$[0, T_b]$

	χρονικού ορίζοντα του αγοραστή είναι μικρός.	χρονικού ορίζοντα του αγοραστή έχει μεσαία τιμή.	αγοραστή είναι μεγάλος.	
V	Η αποτίμηση του αγοραστή για το προϊόν είναι μικρή.	Η αποτίμηση του αγοραστή για το προϊόν είναι μεσαία.	Η αποτίμηση του αγοραστή για το προϊόν είναι μεγάλη.	$[0, \infty)$

Θεωρούμε πως η παράμετρος V φράσσεται και το εύρος τιμών της είναι στο διάστημα $[0, V_{max}]$ με το V_{max} να καθορίζεται από τον αγοραστή για κάθε μια διαπραγμάτευση. Επίσης, υιοθετούμε σιγμοειδείς συναρτήσεις στο διάστημα [0,1] για τις παραμέτρους d, t, και V οι οποίες παίρνουν την τιμή 0.5 στα $\frac{d_{max}}{2}$, $\frac{T_b}{2}$, and $\frac{V_{max}}{2}$ αντίστοιχα ως ακολούθως:

$$f(d) = \left(1 + e^{-\left(d - \frac{d_{max}}{2}\right)}\right)^{-1} \tag{7.11}$$

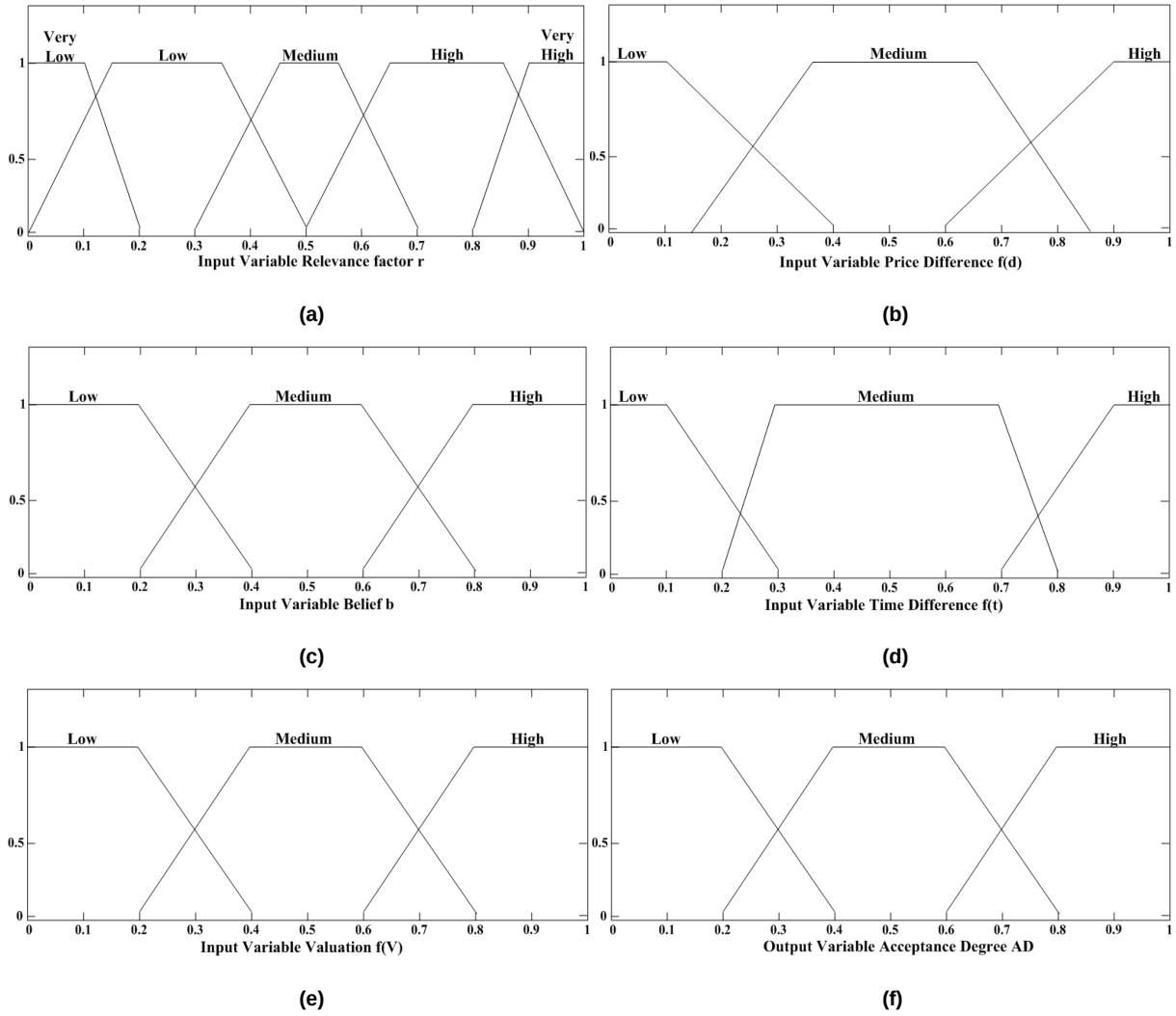
$$f(t) = \left(1 + e^{-\left(t - \frac{T_b}{2}\right)}\right)^{-1} \tag{7.12}$$

$$f(V) = \left(1 + e^{-\left(V - \frac{V_{max}}{2}\right)}\right)^{-1} \tag{7.13}$$

με το d_{max} να είναι ίσο με $p_s^0 - p_b^0$ που αντιστοιχεί στη διαφορά των πρώτων προσφορών ανάμεσα στους δύο παίκτες. Μια τιμή f(d) κοντά στο 1 δείχνει πως η διαφορά των προσφορών είναι κοντά στο d_{max}. Μια τιμή f(d) κοντά στο 0 δείχνει πως η διαφορά των προσφορών είναι μικρή και άρα οι δύο προσφορές είναι παραπλήσιες. Η ίδια λογική ισχύει και για τις υπόλοιπες σιγμοειδείς συναρτήσεις.

Σχετικά με την παράμετρο εξόδου AD, μια ασαφής τιμή low AD σημαίνει πως η επιθυμία του αγοραστή για την αποδοχή της προσφοράς του πωλητή είναι μικρή (και συνεπώς

κάνει τον αγοραστή να μην την αποδεχτεί) και συνεπώς πρέπει να κάνει μια αντι-πρόταση. Μια τιμή medium AD σημαίνει πως ο αγοραστής είναι ουδέτερος σχετικά με την αποδοχή ή την απόρριψη ενώ, τέλος, μια τιμή high AD σημαίνει πως η προσφορά πρέπει να γίνει αποδεκτή. Στην τελευταία περίπτωση η διαπραγμάτευση λήγει με όφελος και για τους δύο.



Σχήμα 44. Ασαφή σύνολα για το σύστημα λήψης αποφάσεων του αγοραστή.

Πίνακας 25. Επισκόπηση των ασαφών κανόνων του συστήματος του αγοραστή.

Κανόνας	Μεταβλητές Εισόδου					Μεταβλητή Εξόδου
	r	d	b	t	V	AD
1	very low - $\mu(r)^2$	-	-	-	-	Low
2	low	not low	not high	not low	not high	Low

3	low	low	high	low	high	Medium
4	medium	low	not low	not high	high	Medium
5	medium	not low	low	high	high	Low
6	high	low	high	low	high	High
7	high	high	low	high	low	Low
8	high	medium	medium	medium	medium	Medium
9	very high - $\mu(r)^2$	not high	not low	not high	not low	High
10	very high - $\mu(r)^2$	high	low	high	low	Medium

Μέσα από τη χρήση της βάσης κανόνων, προσπαθούμε να μιμηθούμε την ανθρώπινη συμπεριφορά σε παρόμοιες καταστάσεις. Μην ξεχνάμε πως σε αυτές τις περιπτώσεις δεν υπάρχει καθόλου γνώση για τα χαρακτηριστικά αλλά και τις προθέσεις των πωλητών. Ο προτεινόμενος μηχανισμός μοντελοποιεί την ασαφή γνώση που έχει ο αγοραστής σχετικά με τις προθέσεις του πωλητή. Οι κανόνες έχουν τη μορφή Mamdani [119] η οποία είναι η ακόλουθη:

$$R_j: IF\ x_{1j}\ is\ A_{1j}\ AND/OR\ x_{2j}\ is\ A_{2j}\ AND/OR\ \ldots.\ AND/OR\ x_{nj}\ is\ A_{nj}\ THEN\ y_j\ is\ B_j$$

όπου x_{ij} είναι οι είσοδοι του j κανόνα, y_j είναι η έξοδος του j κανόνα και A_{ij}, B_j είναι οι τιμές των μεταβλητών εισόδου και εξόδου οι οποίες, όπως αναφέρθηκε ήδη, είναι λεξικογραφικές τιμές. Στον Πίνακα 25, μπορούμε να δούμε μια επισκόπηση των ασαφών κανόνων που έχουν καθοριστεί για το σύστημά μας. Σε αυτό το σημείο, θα περιγράψουμε κάποιους από τους πιο σημαντικούς κανόνες του συστήματος ώστε ο αναγνώστης να καταλάβει πως αυτοί μπορούν να εξάγουν συγκεκριμένες αποφάσεις αλλά και το γιατί.

Ασαφής Κανόνας: *R_2*

If (r is Low AND d is Not Low AND b is Not High AND t is Not Low AND V is Not High Then AD is Low

Εξήγηση

Εάν ο βαθμός συσχέτισης για ένα προϊόν είναι μικρός, οι τιμές των παραμέτρων d, b, t, και V υποδηλώνουν μια μεγάλη διαφορά στις προσφορές των παικτών και ο αγοραστής πιστεύει πως ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή δεν θα εκπνεύσει στους αμέσως επόμενους γύρους, τότε ο αγοραστής πρέπει να απορρίψει την τρέχουσα προσφορά. Η απόφαση αυτή ενισχύεται από τις τιμές των t και V. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η παράμετρος t δείχνει πως υπάρχει αρκετός χρόνος μέχρι τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του αγοραστή (και πιθανή λήξη της διαπραγμάτευσης γενικά) και η παράμετρος V δείχνει πως ο αγοραστής έχει χαμηλή ή μέση αποτίμηση για το προϊόν (το προϊόν δεν είναι πολύ σημαντικό για την επίτευξη των στόχων του).

Ασαφής Κανόνας: R_4

If (r is Medium AND d is Low AND b is Not Low AND t is Not High AND V is High Then AD is Medium

Εξήγηση

Ο αγοραστής είναι ουδέτερος σχετικά με την αποδοχή ή όχι της προσφοράς, λόγω του γεγονότος ότι ο βαθμός συσχέτισης έχει μεσαίες τιμές και, πιθανώς, υπάρχουν και άλλα προϊόντα που ικανοποιούν τις ανάγκες του περισσότερο. Επιπρόσθετα, η αποτίμηση για το προϊόν είναι σχετικά υψηλή ενώ οι παράμετροι b και t δείχνουν ότι η διαπραγμάτευση έχει πιθανώς φτάσει στο τέλος της. Τέλος, η διαφορά τιμών είναι μικρή που σημαίνει πως οι προσφορές βρίσκονται σε παραπλήσια επίπεδα.

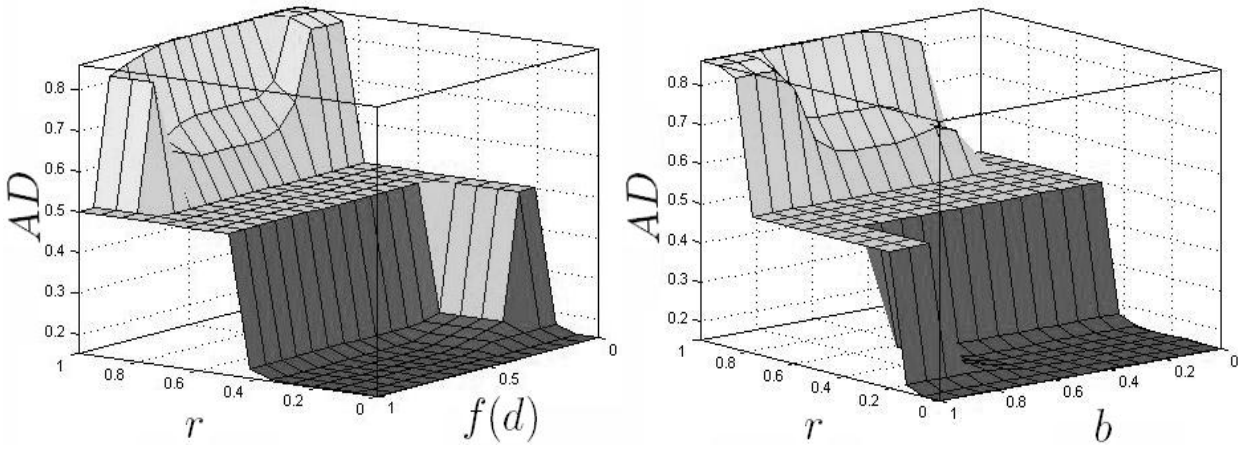
Έχει σημασία επίσης, να σημειώσουμε πως οι ασαφείς κανόνες που έχουν καθοριστεί στο σύστημά μας, στοχεύουν στην άμεση αποδοχή της προσφοράς του πωλητή όταν το προϊόν είναι πολύ σημαντικό για την επίτευξη των στόχων του αγοραστή. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, το ασαφές σύστημα, ουσιαστικά υποδεικνύει στον αγοραστή να προχωρήσει όσο το δυνατόν περισσότερο στη διαπραγμάτευση με στόχο να πιέσει τον πωλητή να μειώσει τις προσφορές του.

7.3.4. Πειραματικά Αποτελέσματα

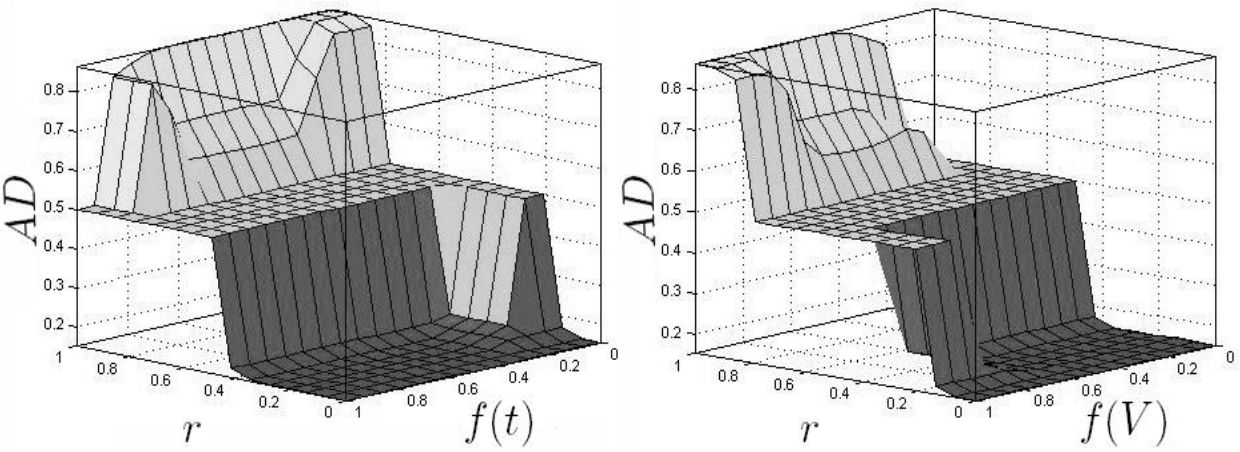
7.3.4.1. Γενική Απόδοση του Μοντέλου

Στο Σχήμα 45, παρουσιάζουμε τις γραφικές παραστάσεις της παραμέτρου AD για διάφορους συνδυασμούς των μεταβλητών εισόδου (r, d, t, b, V). Όπως βλέπουμε, ο βαθμός συσχέτισης παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη λήψη αποφάσεων από τον αγοραστή. Η αποδοχή της προσφοράς του πωλητή γίνεται πιο εύκολα όταν ο βαθμός συσχέτισης είναι μεγαλύτερος από 0.5. Επιπρόσθετα, όπως επίσης φαίνεται στις γραφικές παραστάσεις, ο αγοραστής επιδεικνύει μια ουδέτερη συμπεριφορά όταν η πίστη για τη λήξη της διαπραγμάτευσης αλλά και η αποτίμηση για το προϊόν έχουν μικρές τιμές. Αυτό είναι λογικό, αφού ο αγοραστής δεν θέλει να αποδεχτεί την προσφορά αμέσως, ιδιαίτερα δε, για ένα προϊόν για το οποίο έχει μικρή αποτίμηση. Επιπλέον, ο αγοραστής βλέπει πως η διαπραγμάτευση θα συνεχιστεί και ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή πιθανότατα δεν εκπνέει στους αμέσως επόμενους γύρους. Μια άλλη ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι, ο αγοραστής μένει στη διαπραγμάτευση μέχρι να συγκλίνουν οι τιμές των προσφορών που υποβάλουν οι δύο παίκτες.

Αξίζει να σημειωθεί πως, ο αγοραστής ουσιαστικά προσαρμόζει τις αποφάσεις του σε χρόνο t με βάση τις τιμές των παραμέτρων εισόδου έτσι ώστε να έχει μια πιο αποδοτική συμπεριφορά σε χρόνο t + 1. Όμως, οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε χρόνο t + 1 θα μπορούσαν επίσης να ληφθούν υπόψιν στον προτεινόμενο μηχανισμό συλλογιστικής. Πρόκειται για ένα ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα το οποίο αποτελεί και μελλοντικό στόχο. Επιπλέον, οι συναρτήσεις συμμετοχής θα μπορούσαν να προσαρμόζονται σε κάθε προσαρμοσμένη απόφαση έτσι ώστε να έχουμε μια πιο αποδοτική αναπαράσταση των ασαφών συνόλων που να ανταποκρίνεται πλήρως σε κάθε περίπτωση που μπορεί ο αγοραστής να συναντήσει σε μια διαπραγμάτευση. Η τεχνική που θα μπορούσε να εφαρμοστεί ονομάζεται Μοντέλο Αντίστροφης Συλλογιστικής (Inverse Reference Model) [141].



(a) **(b)**



(c) **(d)**

Σχήμα 45. Γραφικές παραστάσεις της παραμέτρου AD.

7.3.4.2. Παράμετροι Πειραμάτων

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε τις παραμέτρους που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματά μας. Και οι δύο πλευρές ακολουθούν μια τιμολογιακή στρατηγική όπως έχει περιγραφεί στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας διατριβής. Ο αγοραστής ακολουθεί μια τιμολογιακή στρατηγική όπως φαίνεται στην εξίσωση 4.4 ενώ ο πωλητής ακολουθεί τιμολογιακή στρατηγική όπως έχει περιγραφεί στις ενότητες 4.2.1, 4.2.2 και 4.2.3 [93]. Στον Πίνακα 26, βλέπουμε τις βασικές παραμέτρους καθώς και τις τιμές τους.

Πίνακας 26. Οι βασικές παράμετροι του αγοραστή και του πωλητή.

Παράμετρος	**Συμβολισμός**	**Περιοχή Τιμών (U: Ομοιόμορφη Κατανομή)**
Τιμολογιακή Πολιτική του Αγοραστή	k	~U(0,6)
Αποτίμηση για το προϊόν	V	~U(0,V_{max}[4])
Χρονικός Ορίζοντας Αγοραστή	T_b	~U(T_{min},T_{max})[5]
Χρονικός Ορίζοντας Πωλητή	T_s	Υπολογίζεται όπως έχει περιγραφεί πιο πάνω και παρουσιαστεί στα [93] και [94]

[4] V_{max} : καθορίζεται σε κάθε πείραμα χωριστά. Οι τιμές τις οποίες δίνουμε είναι : 5, 20, 50, 80, 100, 150, και 200 ΧΜ.

[5] Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του αγοραστή καθορίζεται τυχαία στο διάστημα [T_{min}, T_{max}]. Τα T_{min} και T_{max} ορίζονται στην αρχή του κάθε σετ διαπραγματεύσεων.

Επιδιωκόμενο Κέρδος του Πωλητή	ε	~U(0,20)
Κόστος του Πωλητή για το προϊόν	c	~U(0,10)
Συντελεστής για την εξαγωγή του χρονικού ορίζοντα του Πωλητή	*α*	500

7.3.4.3. Απόδοση Ασαφούς Συστήματος

Για να αποτιμήσουμε την απόδοση του συστήματός μας, βασιζόμενοι στην ανάλυση που παρουσιάζεται στο [42] ορίζουμε μια νέα μετρική την οποία ονομάζουμε δείκτη σύγκλισης (Convergence Indicator - CI). Ο δείκτης αυτός απεικονίζει το πόσο κοντά στην αρχική τιμή (που προτείνει ο αγοραστής) βρίσκεται η τιμή συμφωνίας. Ουσιαστικά ο δείκτης απεικονίζει το πόσο υπομονετικός είναι ο αγοραστής σε σχέση με τις προσφορές που κάνει. Ο δείκτης εξάγεται με τη βοήθεια της ακόλουθης εξίσωσης:

$$CI = \frac{V - p_A}{V - p^0_{b \to s}} \tag{7.14}$$

Ο δείκτης υπολογίζεται όταν το τελικό αποτέλεσμα μιας διαπραγμάτευσης είναι η συμφωνία και οι τιμές που παίρνει βρίσκονται στο διάστημα [0,1]. Μια τιμή CI = 1 δείχνει ότι το προϊόν πουλήθηκε σε τιμή ίση με την πρώτη τιμή που πρότεινε ο αγοραστής και συνεπώς η αγορά του αποδεικνύεται άκρως συμφέρουσα (θυμίζουμε πως ο αγοραστής ξεκινά τις προσφορές του από μια πολύ μικρή τιμή). Μια τιμή CI = 0 δείχνει πως το προϊόν πουλήθηκε σε τιμή ίση με την αποτίμηση V που έχει ο αγοραστής και αποτελεί τη χειρότερη περίπτωση. Ο δείκτης CI παραμένει σε υψηλά επίπεδα στα πειράματά μας πράγμα που σημαίνει πως το προτεινόμενο μοντέλο είναι αρκετά αποδοτικό για τους αγοραστές. Συγκεκριμένα αποτελέσματα απεικονίζονται στον Πίνακα 27.

Στην πλευρά του πωλητή, το όφελος εξαρτάται από την τιμή του προϊόντος, και απεικονίζεται σαν τις ΧΜ της διαφοράς από το κόστος. Όπως μπορούμε να δούμε στον Πίνακα 28 το προτεινόμενο μοντέλο είναι επίσης επικερδές για τον πωλητή αφού το όφελος της χρήσης της ασαφούς λογικής στην πλευρά του αγοραστή είναι μεγαλύτερο απ' ότι στην περίπτωση μιας απλής διαπραγμάτευσης όπου οι οντότητες παραμένουν προσηλωμένες στη στρατηγική ισορροπίας.

Πίνακας 27. Αποτελέσματα για διάφορες τιμές της παραμέτρου V.

V (max value)	***CI***
5	0.837
20	0.702
50	0.771
80	0.829
100	0.844
150	0.874
200	0.891

Πίνακας 28. Αποτελέσματα για διάφορες τιμές της παραμέτρου V.

V (max value)	***Απλή Διαπραγμάτευση Μέσο όφελος***	***Ασαφές Μοντέλο Μέσο όφελος***
5	0.83	1.012
20	1.36	1.835
50	1.48	3.666
80	1.62	3.865
100	1.70	4.455
150	1.76	4.937
200	1.81	5.064

Για να διερευνήσουμε ακόμη περισσότερο την απόδοση του συστήματος, συγκρίνουμε τα αποτελέσματά μας με τα αποτελέσματα αλγορίθμων που έχουν προταθεί στο πεδίο της θεωρίας βέλτιστης παύσης (Optimal Stopping Theory - OST) [164], [165]. Η θεωρία βέλτιστης παύσης πραγματεύεται το πρόβλημα της επιλογής του κατάλληλου χρονικού διαστήματος για να τερματιστεί μια αλληλεπίδραση με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση του αναμενόμενου οφέλους ή την ελαχιστοποίηση ενός κόστους που συσσωρεύεται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης. Κάποια από τα πιο γνωστά προβλήματα στο συγκεκριμένο πεδίο αποτελούν το πρόβλημα της βέλτιστης επιλογής γραμματέως καθώς και το πρόβλημα της πώλησης περιουσιακών στοιχείων [154]. Συμπεριφερόμαστε λοιπόν στο πρόβλημά μας σαν ένα πρόβλημα βέλτιστης παύσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο Κεφάλαιο 8, προτείνουμε λύσεις στο πρόβλημα της διαπραγμάτευσης με μηδενική γνώση, οι οποίες βασίζονται στη θεωρία βέλτιστης παύσης.

Στη θεωρία των χρονοσειρών και στα προβλήματα one-way ανταλλαγής ένας παίκτης ψάχνει να βρει τη μέγιστη (ελάχιστη) τιμή σε μια ακολουθία. Στο [39], οι συγγραφείς καθορίζουν τη μέγιστη ανταγωνιστική απόδοση ενός αριθμού παραλλαγών του προβλήματος. Αποδεικνύουν τη βέλτιστη ντετερμινιστική στρατηγική αναζήτησης σε ανταγωνιστικούς αλγορίθμους. Ας θεωρήσουμε ότι οι τιμές που ανταλλάσσονται επιλέγονται στην περιοχή τιμών [m, M] με m > 0. Βασιζόμενοι στη θεωρία βέλτιστης παύσης ένας παίκτης πρέπει να κάνει αποδεκτή την πρώτη προσφορά η οποία είναι μεγαλύτερη (μικρότερη) από:

$$R = \sqrt{M \cdot m} \tag{7.15}$$

Η παράμετρος R αναπαριστά το όριο που υποδηλώνει την πιο προσφέρουσα τιμή σε μια διαπραγμάτευση η οποία διέπεται από τις αρχές της θεωρίας βέλτιστης παύσης. Χρησιμοποιούμε το θεωρητικό αυτό μοντέλο που βασίζεται στη θεωρία βέλτιστης παύσης ώστε να αποτιμήσουμε το δικό προτεινόμενο μοντέλο. Επιπρόσθετα, ακολουθώντας το [104] ορίζουμε μια νέα μετρική η οποία βασίζεται στην επόμενη εξίσωση:

$$\Delta_R = \frac{R - R_{optimal}}{R_{optimal}} \cdot 100\% \tag{7.16}$$

όπου R είναι η τιμή συμφωνίας η οποία επιτυγχάνεται από το δικό μας μοντέλο και $R_{optimal}$ είναι η τιμή που η θεωρία βέλτιστης παύσης υποδεικνύει. Για τον υπολογισμό του $R_{optimal}$ και μόνο για τους σκοπούς των πειραμάτων, παίρνουμε m = c και M = c + ε (τα c και ε δεν είναι γνωστά στον αγοραστή). Υπενθυμίζουμε πως το ε επιλέγεται τυχαία σε ένα διάστημα τιμών κατά την έναρξη της κάθε μιας διαπραγμάτευσης.

Εκτελούμε ένα αριθμό πειραμάτων για μικρές τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής αλλά και μεγάλες. Στον Πίνακα 29 και στον Πίνακα 30, βλέπουμε τα αποτελέσματά μας όταν το μέγιστο ε είναι ίσο με 20 ΧΜ. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι πολύ αποδοτικό ιδιαίτερα όταν οι τιμές της αποτίμησης V του αγοραστή είναι μικρές. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι τιμές συμφωνίας είναι μικρότερες από αυτές που υποδεικνύει η θεωρία βέλτιστης παύσης. Καθώς η τιμή της αποτίμησης V αυξάνει, αντίστοιχα αυξάνουν και οι τιμές συμφωνίας και ξεπερνούν από κάποιο σημείο και μετά αυτές που υποδεικνύει η

θεωρία βέλτιστης παύσης. Για υψηλές τιμές του V το Δ_R αυξάνει επίσης. Καλύτερες επιδόσεις επιτυγχάνονται όταν εξετάζουμε μεγάλες τιμές για το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο αγοραστής μπορεί να περιμένει περισσότερο ώστε να αναγκάσει τον πωλητή να αποδεχθεί ή να προτείνει μικρότερες προσφορές.

Πίνακας 29. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μικρές τιμές για το χρονικό ορίζοντα ($\varepsilon \in (0, 20]$).

V (max value)	Δ_R
5	-43.61%
20	-32.14%
50	-15.71%
80	-2.96%
100	3.53%
150	23.18%
200	34.90%

Πίνακας 30. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μεγάλες τιμές για το χρονικό ορίζοντα ($\varepsilon \in (0, 20]$).

V (max value)	Δ_R
5	-55.77%
20	-35.78%
50	-18.85%
80	-8.05%
100	5.97%
150	22.69%
200	34.63%

Στην περίπτωση όπου ο πωλητής στοχεύει σε μεγαλύτερο κέρδος ε παίρνουμε ακόμη καλύτερα αποτελέσματα. Στον Πίνακα 31 και στον Πίνακα 32 απεικονίζουμε τη σύγκριση με τη θεωρία βέλτιστης παύσης. Παρατηρούμε ότι τώρα παίρνουμε καλύτερα

αποτελέσματα για μεγαλύτερο πλήθος των τιμών αποτίμησης V. Και εδώ, μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής οδηγούν σε καλύτερες τιμές για το Δ_R. Ο λόγος είναι το γεγονός πως οι διαπραγματεύσεις διαρκούν περισσότερο χρόνο. Ο πωλητής με το πέρασμα του χρόνου αναγκάζεται να προτείνει ή να αποδεχθεί χαμηλότερες τιμές διότι προτιμά να πουλήσει το προϊόν σε λίγο μικρότερη τιμή από το να ρισκάρει μια σύγκρουση που οδηγεί σε όφελος 0. Αυτό γίνεται κυρίως όταν η αποτίμηση V έχει μικρές τιμές. Στην αντίθετη περίπτωση, ο αγοραστής μπορεί να αποδεχθεί υψηλότερες τιμές πράγμα το οποίο οδηγεί σε χειρότερα από τη θεωρία βέλτιστης παύσης αποτελέσματα.

Πίνακας 31. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μικρές τιμές για το χρονικό ορίζοντα ($\varepsilon \in (0, 80]$).

V (max value)	Δ_R
5	-63.77%
20	-50.78%
50	-40.26%
80	-29.04%
100	-17.41%
150	11.92%
200	22.27%

Πίνακας 32. Σύγκριση με τα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης – Μεγάλες τιμές για το χρονικό ορίζοντα ($\varepsilon \in (0, 80]$)

V (max value)	Δ_R
5	-76.40%
20	-63.22%
50	-50.72%
80	-36.33%
100	-18.45%
150	3.14%

200	24.21%

7.3.4.4. Σύγκριση με Άλλες Ερευνητικές Προσπάθειες

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε μια σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με αποτελέσματα άλλων σημαντικών ερευνητικών προσπαθειών, ώστε ο αναγνώστης να μπορέσει να δει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της προτεινόμενης μεθόδου. Τα αποτελέσματά μας αφορούν σε ένα πολύ μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων (εκτελέσαμε 7000 διαπραγματεύσεις συνολικά) ανάμεσα σε υποτιθέμενους αγοραστές και πωλητές. Στα πειράματά μας εξετάσαμε συγκεκριμένες τιμές για την αποτίμηση V που έχει ο αγοραστής για το προϊόν. Για κάθε τιμή από αυτές, εκτελέσαμε 500 διαπραγματεύσεις έχοντας σαν στόχο να αποκτήσουμε μια αντικειμενική άποψη για την απόδοση του προτεινόμενου συστήματος. Οι διαπραγματεύσεις αφορούσαν τόσο περιπτώσεις μεγάλων χρονικών οριζόντων συμμετοχής όσο και μικρών (υιοθετούμε την προσέγγιση που παρουσιάζεται στο [42]). Ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του αγοραστή επιλέγεται τυχαία κατά την έναρξη των διαπραγματεύσεων ενώ ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής των πωλητών επιλέγεται όπως περιγράφεται στο [93] και στο [94].

Στο σημείο αυτό, δίνουμε κάποια βασική πληροφόρηση σε σχέση με τις εξεταζόμενες ερευνητικές προσπάθειες. Στο [19], το προτεινόμενο μοντέλο περιλαμβάνει 100 διαπραγματεύσεις για την τιμή και την ποιότητα του προϊόντος. Όλες οι παράμετροι της διαπραγμάτευσης επιλέγονται τυχαία σε συγκριμένα διαστήματα τιμών. Επιπρόσθετα, το μοντέλο υποθέτει μια σύγκρουση, ως αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης, μετά από 10 συνεχόμενες προσφορές. Αυτό φυσικά περιορίζει την προσέγγιση των συγγραφέων αφού κάτι τέτοιο κρίνεται μη εφαρμόσιμο σε πραγματικές περιπτώσεις. Οι παίκτες προφανώς έχουν διαφορετικούς χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής οι οποίοι προσαρμόζονται δυναμικά.

Το μοντέλο που παρουσιάζεται στο [144], εμπλέκει ένα αριθμό πειραμάτων για διαφορετικές τιμές των βασικών παραμέτρων της διαπραγμάτευσης. Οι συγγραφείς θεωρούν ένα διάστημα το οποίο περιορίζει τις αποδεκτές τιμές των προϊόντων και ορίζεται από μια ελάχιστη τιμή ίση με 10 και μια μέγιστη τιμή ίση με 40. Επίσης, θεωρούν τρία διαφορετικά σενάρια σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής: μικρό (10 προσφορές), μεσαίο (20 προσφορές) και μεγάλο (40 προσφορές). Βασιζόμενοι στις παραπάνω παραμέτρους, οι συγγραφείς παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Ισχυρίζονται πως χρησιμοποιώντας την ασαφή λογική, η διαπραγμάτευση απαιτεί

λιγότερο χρόνο ώστε να φτάσει σε τελικό αποτέλεσμα ιδιαίτερα δε αν συγκριθεί με ένα μοντέλο το οποίο δεν κάνει χρήση της θεωρίας. Όμως, όπως δηλώνουν στο άρθρο, δεν μπορούν να ισχυριστούν ότι το μοντέλο που χρησιμοποιεί την ασαφή λογική έχει καλύτερη απόδοση από ένα που δεν τη χρησιμοποιεί. Τέλος, δηλώνουν πως η ασαφής λογική κάνει το μοντέλο πιο ευέλικτο και μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα.

Οι συγγραφείς στο [42], πειραματίζονται με ένα αριθμό στρατηγικών τις οποίες ακολουθούν οι παίκτες και παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Τα αποτελέσματά τους αφορούν στο ουσιαστικό όφελος που αποκομίζουν οι οντότητες από τη διαπραγμάτευση αλλά και το ποσοστό συμφωνιών. Εξετάζουν δύο περιπτώσεις: μεγάλους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής οι οποίοι επιλέγονται τυχαία στο διάστημα [30,60] γύρων, και μικρούς οι οποίοι επιλέγονται τυχαία στο διάστημα [2,10] γύρους.

Αμέσως μετά, περιγράφουμε τη σύγκριση του μοντέλου μας με τις άλλες ερευνητικές προσπάθειες σε σχέση με:

- Το πλήθος των συμφωνιών σε ένα αριθμό πειραμάτων (είτε το ποσοστό που ουσιαστικά αποτελεί την ίδια μετρική).
- Το ουσιαστικό όφελος που αποκομίζουν οι οντότητες από τη διαπραγμάτευση.
- Το πλήθος των βημάτων (γύρων) κάθε φορά που μια συμφωνία είναι το τελικό αποτέλεσμα μιας διαπραγμάτευσης.

Παράμετρος Σύγκρισης: Πλήθος συμφωνιών (Ποσοστό)

Στο [19], οι συγγραφείς εξετάζουν τρεις περιπτώσεις διαπραγματεύσεων οι οποίες εμπλέκουν προσφορές που βασίζονται σε πραγματικές τιμές, σε ασαφή σύνολα και σε ασαφείς ετικέτες. Παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους για τα ανταλλασσόμενα μηνύματα, το όφελος και το ποσοστό συμφωνιών. Παρόλα αυτά, καμία άλλη πληροφόρηση δεν δίνεται σχετικά με τα όρια τιμών που έχουν οι οντότητες, τη στρατηγική τους, κ.λπ. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ένα μέγιστο ποσοστό συμφωνιών ίσο με 86% σε όλα τα πειράματα όταν χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα.

Στο [42], οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα μοντέλο για διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε πράκτορες λογισμικού και παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Εξετάζουν ένα μεγάλο πλήθος τακτικών / στρατηγικών και καθορίζουν τις ακόλουθες μετρικές: α) το ουσιαστικό όφελος των πρακτόρων λογισμικού, β) το όφελος του κόστους, και, γ) την απόδοση σχετικά με το ουσιαστικό όφελος σε σύγκριση με ένα παίγνιο πλήρους

γνώσης. Στα αποτελέσματά τους, για όλα τα πειράματα και για όλες τις στρατηγικές το ποσοστό των συμφωνιών εξαρτάται από τη στρατηγική που ακολουθείται. Κυμαίνεται από 45% για την boulware στρατηγική έως 100% για την conceder. Αυτά τα ποσοστά αφορούν σε μεγάλους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής (επιλέγονται τυχαία από 30 έως 60 γύρους). Στο σενάριο όπου χρησιμοποιούνται μικρές τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής (επιλέγονται τυχαία από 10 έως και 30 γύρους) το μέγιστο ποσοστό συμφωνιών κινείται από 10% έως 90% (για όλες τις στρατηγικές). Σε αυτή την περίπτωση μόνο μια στρατηγική επιτυγχάνει ποσοστό 90% ενώ όλες οι υπόλοιπες κινούνται κάτω από το 60%.

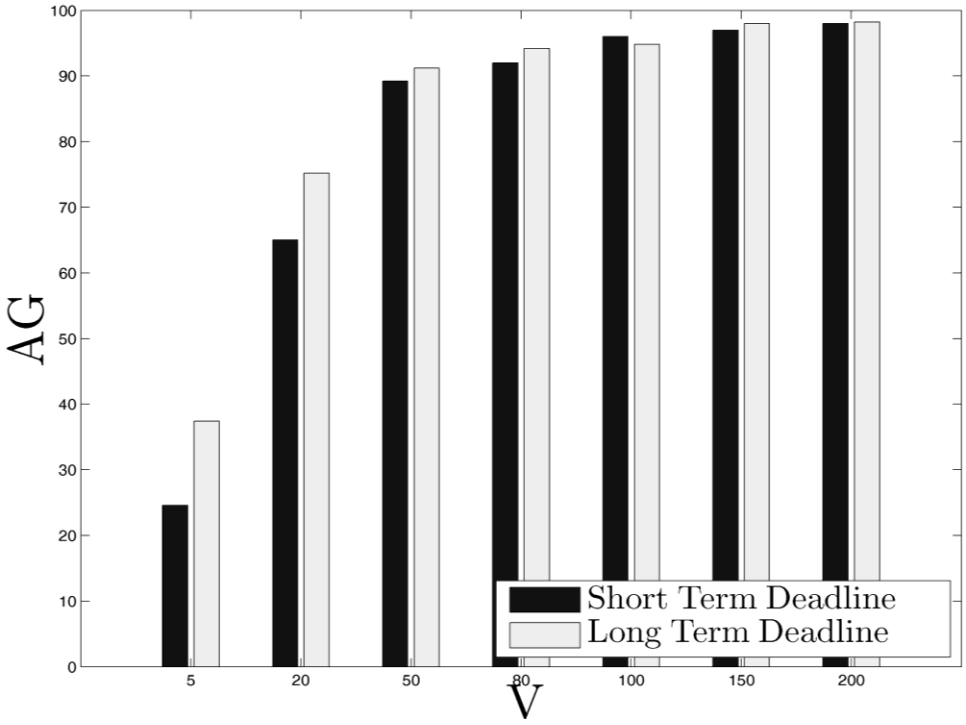
Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο [3] μπορούν να συγκριθούν μόνο ως προς το ποσοστό συμφωνιών το οποίο και ορίζεται ως ο Ρυθμός Επιτυχίας (Success Rate). Στη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια παρατηρούμε ότι το μέγιστο ποσοστό είναι κοντά στο 90% για πολύ μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής των οντοτήτων. Σε αυτή την προσπάθεια, οι χρονικοί ορίζοντες καθορίζονται ως ένα σύνολο δευτερολέπτων μέσα στο οποίο θα πρέπει οι οντότητες να ολοκληρώσουν τη διαπραγμάτευση. Ο χρόνος αντίδρασης είναι περίπου 5 sec που σημαίνει πως σε ένα χρονικό διάστημα 450-550 sec (όπως ορίζουν οι συγγραφείς) κάθε οντότητα μπορεί να κάνει περίπου 90-100 προσφορές. Τρεις στρατηγικές είναι αυτές που εξετάζονται: α) Flexible, β) General, και c) Desperate. Κάθε μια από αυτές ουσιαστικά ορίζει μια τιμολογιακή πολιτική. Το ποσοστό συμφωνιών για κάθε μια από αυτές είναι:

- *Flexible*: από 30% (μικρές τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες) μέχρι 90% (μεγάλες τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες).
- *General*: από 25% (μικρές τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες) μέχρι 70% (μεγάλες τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες).
- *Desperate*: από 15% (μικρές τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες) μέχρι 55% (μεγάλες τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες).

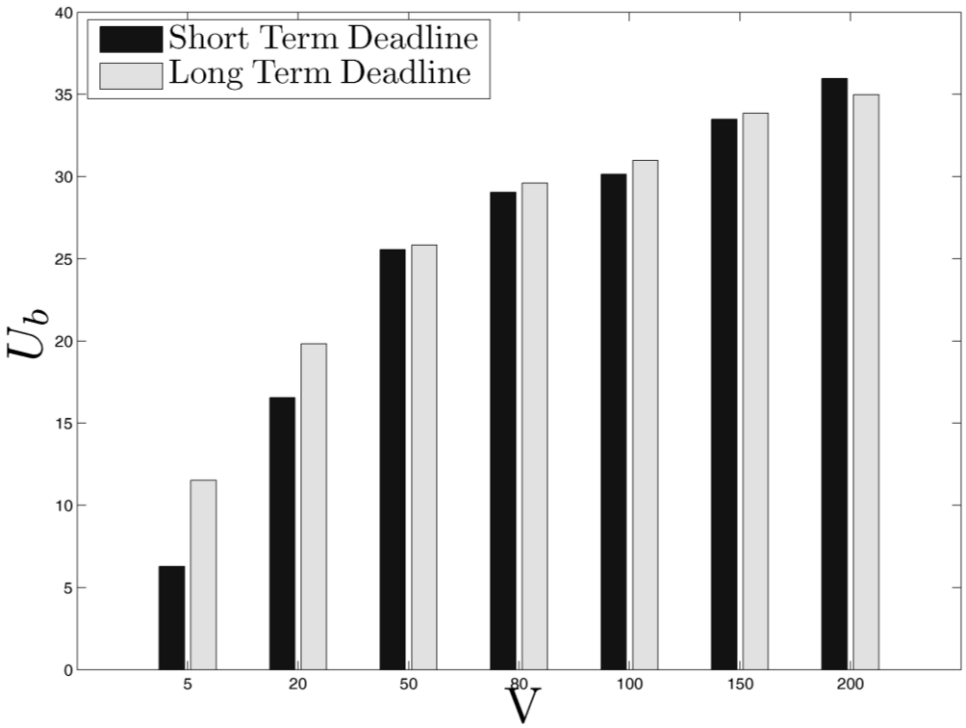
Στο Σχήμα 46, βλέπουμε τα αποτελέσματά μας για μικρές και μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Στο συγκεκριμένο σχήμα, βλέπουμε τα αποτελέσματα για διαφορετικές τιμές της αποτίμησης V. Εάν θεωρήσουμε ένα μέσο χρονικό ορίζοντα και μια αποτίμηση από 50 μέχρι 80 ΧΜ, παρατηρούμε ότι το μοντέλο μας επιτυγχάνει ένα υψηλό ποσοστό συμφωνιών (πάνω από 85%). Το ποσοστό κινείται πολύ κοντά στο 100% όταν η αποτίμηση είναι πάνω από 100 ΧΜ. Τα αποτελέσματα αυτά είναι παρόμοια με αυτά που παρουσιάζονται στο [42] για μεγάλες τιμές του χρονικού

ορίζοντα. Όμως το μοντέλο μας υπερτερεί στην περίπτωση των μικρότερων τιμών για τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής συγκρινόμενα με το [42]. Το ποσοστό συμφωνιών σε αυτή την περίπτωση είναι πάνω από 60%. Επίσης, το μοντέλο μας υπερτερεί σε σύγκριση με το [19].

Επιπρόσθετα, στις προσομοιώσεις μας, επικεντρώνουμε στο όφελος που θα αποκομίσουν οι οντότητες από το τελικό αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης. Στο Σχήμα 47, παρουσιάζουμε το μέσο όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής σε όλες τις περιπτώσεις και για ένα πλήθος διαφορετικών τιμών της αποτίμησης V. Παρατηρούμε ότι όσο η τιμή της αποτίμησης αυξάνει τόσο μεγαλώνει και το όφελος που ο αγοραστής καρπώνεται. Ο λόγος είναι ότι μέσα από τη διαπραγμάτευση ο αγοραστής ακολουθεί μια πολιτική η οποία πιέζει τον πωλητή ώστε να κλείσει τη συμφωνία σε τιμές που είναι άκρως επικερδείς για τον αγοραστή.



Σχήμα 46. Ποσοστό συμφωνιών για διαφορετικές τιμές αποτίμησης V.



Σχήμα 47. Όφελος αγοραστή για διαφορετικές τιμές αποτίμησης V.

Παράμετρος Σύγκρισης: Ουσιαστικό Όφελος

Στο [42], για όλες τις στρατηγικές και όλα τα πειράματα παρουσιάζεται ένα μέγιστο ουσιαστικό όφελος ίσο με 0.6. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων το μέσο ουσιαστικό όφελος είναι κάτω από 0.6 για μικρούς αλλά και μεγάλους χρονικούς ορίζοντες. Ειδικά για μικρές τιμές του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής το μέσο ουσιαστικό όφελος είναι κάτω από 0.4 για όλες τις στρατηγικές. Στον Πίνακα 33, βλέπουμε ότι το μοντέλο μας έχει καλύτερη απόδοση σχετικά με το μέσο ουσιαστικό όφελος. Το όφελος αυξάνει όσο αυξάνει η αποτίμηση V του αγοραστή για το προϊόν. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο αγοραστής ξεκινά τις προσφορές του από μια σχετικά μικρή τιμή και η στρατηγική που ακολουθεί πιέζει τον πωλητή να αποδεχθεί μικρότερες τιμές. Όμως, μια υψηλή τιμή της αποτίμησης V δείχνει πως το προϊόν είναι σημαντικό για τον αγοραστή και ίσως μπορεί να αποδεχθεί υψηλότερες τιμές συμφωνίας. Το ασαφές σύστημα λαμβάνει υπόψιν του όλες αυτές τις παραμέτρους και καθορίζει την πιο κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Στον Πίνακα 33, χρησιμοποιήσαμε μικρές τιμές για το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής (επιλέγεται τυχαία στο διάστημα [1,10]). Παρατηρούμε πως η χαμηλότερη τιμή των αποτελεσμάτων μας είναι υψηλότερη από τη μέγιστη τιμή που επιτυγχάνεται στο [42].

Στον Πίνακα 34, βλέπουμε τα αποτελέσματά μας για μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα (επιλέγεται τυχαία στο διάστημα [1,60]). Η διαφορά εδώ είναι πως υπάρχει πιθανότητα να έχουμε ένα αγοραστή με χρονικό ορίζοντα κάτω από 30 γύρους σε αντίθεση με το [144] όπου μεγάλη τιμή θεωρείται μια τιμή ίση με 40 γύρους ή με το [42] όπου μεγάλη τιμή θεωρείται ένας ορίζοντας στο [30,60]. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει μικρός χώρος ώστε να επιτευχθεί συμφωνία αλλά παρά το γεγονός αυτό το μέσο ουσιαστικό όφελος είναι ίσο με 0.7. Στα πειράματά μας, η μέγιστη τιμή που επιτεύχθηκε για το μέσο ουσιαστικό όφελος ήταν ίση με 0.98.

Στον Πίνακα 35, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας όταν ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του αγοραστή επιλέγεται στο διάστημα [30,60]. Ουσιαστικά, σύμφωνα με τις ερευνητικές προσπάθειες που παρουσιάσαμε, πρόκειται για μεγάλες τιμές του ορίζοντα. Παρατηρούμε πως στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, το μέσο ουσιαστικό όφελος βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα (πάνω από 0.9). Η καλύτερη τιμή αποτελέσματος επιτεύχθηκε όταν η τιμή της αποτίμησης V ήταν ίση με 200 ΧΜ. Αυτή η τιμή είναι κοντά στα αποτελέσματα της θεωρίας βέλτιστης παύσης.

Πίνακας 33. Αποτελέσματα για μικρές τιμές του χρονικού ορίζοντα.

V (max value)	**Μέσο Ουσιαστικό Όφελος**	**Μέσο Πλήθος Βημάτων για συμφωνία**
5	0.41	4.34
20	0.70	2.74
50	0.88	1.83
80	0.91	1.53
100	0.94	1.45
150	0.96	1.29
200	0.97	1.24

Πίνακας 34. Αποτελέσματα για μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα (Περίπτωση Ι).

V (max value)	**Μέσο Ουσιαστικό Όφελος**	**Μέσο Πλήθος Βημάτων για συμφωνία**
5	0.70	8.29

20	0.84	4.26
50	0.95	2.24
80	0.97	1.80
100	0.95	1.79
150	0.98	1.53
200	0.97	1.33

Πίνακας 35. Αποτελέσματα για μεγάλες τιμές του χρονικού ορίζοντα (Περίπτωση ΙΙ).

V (max value)	**Μέσο Ουσιαστικό Όφελος**	**Μέσο Πλήθος Βημάτων για συμφωνία**
5	0.78	9.60
20	0.90	4.88
50	0.95	2.46
80	0.98	1.90
100	0.97	1.63
150	0.98	1.50
200	0.99	1.39

Παράμετρος Σύγκρισης: Βήματα Διαπραγμάτευσης

Στο [19], ο μικρότερος αριθμός βημάτων ώστε να επιτευχθεί συμφωνία είναι ίσος με 1.79 όταν χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα ενώ το μέγιστο όφελος επιτυγχάνεται όταν ασαφείς ετικέτες είναι βασικό συστατικό του προτεινόμενου μοντέλου (σε αυτή την περίπτωση το μέσο ποσοστό συμφωνιών είναι περίπου ίσο με 80.29%). Στο [2], οι συγγραφείς προτείνουν ένα μοντέλο διαπραγμάτευσης και παρουσιάζουν την απόδοσή του. Τα αποτελέσματα αφορούν το απαιτούμενο χρόνο για να κλείσει μια συμφωνία και τις στρατηγικές που οι οντότητες μπορούν να υιοθετήσουν. Ο μέγιστος αριθμός γύρων που απαιτούνται για να κλείσει μια συμφωνία είναι περίπου ίσος με 8 ενώ ο ελάχιστος είναι ίσος με 1. Οι συγγραφείς υποστηρίζουν πως ο αριθμός των γύρων μειώνεται όσο πιο υπομονετική (boulware) είναι η πολιτική που ακολουθούν οι οντότητες.

Στο [206], παρουσιάζεται ένα πείραμα ανάμεσα σε ένα αγοραστή και σε ένα πωλητή. Οι γύροι της διαπραγμάτευσης ήταν 13 χρησιμοποιώντας την άπληστη (greedy) στρατηγική ενώ ήταν 8 με βάση την υπομονετική (calm) στρατηγική. Επίσης, αλλάζοντας μια παράμετρο β που ορίζει την τιμολογιακή στρατηγική των οντοτήτων, τα αποτελέσματα είναι από 17 μέχρι 8 γύρους για την greedy στρατηγική ενώ είναι από 8 μέχρι 2 για την επιθετική (anxious).

Στο δικό μας προτεινόμενο μοντέλο, ο μέσος αριθμός γύρων για να κλείσει μια συμφωνία μειώνεται όσο αυξάνεται η τιμή της αποτίμησης V (Πίνακας 33, Πίνακας 34 και Πίνακας 35). Ο μικρότερος αριθμός βημάτων ήταν ίσος με 1.24 για τις περιπτώσεις της μικρής τιμής του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Όταν χρησιμοποιούμε μεγάλες τιμές στον χρονικό ορίζοντα, παίρνουμε παραπλήσια αποτελέσματα αλλά σχετικά μεγαλύτερα σε σύγκριση με την προηγούμενη περίπτωση. Έτσι, απαιτείται περισσότερος χρόνος διαπραγμάτευσης έτσι ώστε οι δύο πλευρές να καταλήξουν σε συμφωνία.

7.4. Εκμάθηση Κανόνων Ασαφούς Λογικής

7.4.1. Εισαγωγή

Στις προηγούμενες ενότητες, παρουσιάσαμε ένα ασαφές σύστημα το οποίο χρησιμοποιείται από τον αγοραστή ώστε να εξάγει σε κάθε γύρο μιας διαπραγμάτευσης την πιο κατάλληλη απόφαση. Η απόφαση αυτή έχει να κάνει με την αποδοχή ή όχι των προσφορών που κάνει ο πωλητής για ένα συγκεκριμένο προϊόν. Το ασαφές αυτό σύστημα στηρίζεται σε μια βάση ασαφών κανόνων οι οποίοι καθορίζονται από εμπειρογνώμονες και στόχο έχουν την υιοθέτηση μιας πιο ‘ανθρώπινης’ προσέγγισης της διαπραγμάτευσης. Το πρόβλημα είναι πως η διαδικασία του καθορισμού των ασαφών κανόνων αποτελεί μια δύσκολη διαδικασία αφού ακόμα και ένας εμπειρογνώμονας (expert) είναι σχετικά δύσκολο να καλύψει όλες τις περιπτώσεις που μπορεί να απαντηθούν σε μια διαπραγμάτευση. Αυτό συμβαίνει και με άλλες ερευνητικές προσπάθειες οι οποίες και αυτές βασίζονται σε συγκεκριμένους ασαφείς κανόνες.

Στην παρούσα ενότητα, προτείνουμε μια μεθοδολογία αυτόματης εξαγωγής των ασαφών κανόνων μέσα από ένα σύνολο δεδομένων [5]. Τα δεδομένα αυτά είναι σαφώς πιο εύκολο να καταγραφούν αφού αφορούν συγκεκριμένες τιμές για συγκεκριμένες παραμέτρους όπως θα δούμε πιο κάτω. Πρόκειται για μια πρόταση αρκετά αποδοτική

αφού χαρακτηρίζεται από απλότητα ενώ ταυτόχρονα διατηρεί όλα τα πλεονεκτήματα της χρήσης της ασαφούς λογικής όσον αφορά στη μοντελοποίηση της αβεβαιότητας / ασάφειας σε σχέση με τη συμπεριφορά του πωλητή. Από τους προγραμματιστές δεν απαιτείται ιδιαίτερη προσπάθεια, απλά ο καθορισμός των τιμών των παραμέτρων και το πώς αυτές συνδέονται μεταξύ τους. Οι τεχνικές τις οποίες χρησιμοποιούμε είναι η συσταδοποίηση αλλά και τεχνικές μάθησης.

7.4.2. Εξεταζόμενο Σενάριο

Το σενάριο το οποίο εξετάζουμε είναι αυτό το οποίο έχουμε περιγράψει στην ενότητα 7.3.1. Πρόκειται για μια διαπραγμάτευση ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές με τους όρους που έχουν ήδη περιγραφεί. Ιδιαίτερη σημασία έχουν στο σενάριο αυτό τόσο ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής όσο και η τιμολογιακή στρατηγική των οντοτήτων. Και αυτό διότι αυτές οι παράμετροι καθορίζουν ουσιαστικά την έκβαση της διαπραγμάτευσης.

Η στόχευσή μας είναι η πλευρά του αγοραστή και ιδιαίτερα το σύστημα ασαφούς λογικής το οποίο και εξάγει σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης την κατάλληλη απόφαση σε σχέση με τα δεδομένα της αλληλεπίδρασης. Το σύστημα αυτό βασίζει τα αποτελέσματά του σε ένα σύνολο κανόνων που έχουν καθοριστεί από εμπειρογνώμονες και προσπαθούν να μιμηθούν την ανθρώπινη συμπεριφορά όταν καλούνται να αποφασίσουν την αγορά ενός προϊόντος. Όμως, είναι σχετικά δύσκολο να καταγραφεί ένα σύνολο κανόνων που δίνουν την κατάλληλη απόφαση σε ένα σύνολο καταστάσεων. Είναι πιο εύκολο, να καταγραφούν οι παράμετροι που επηρεάζουν την απόφαση και να δοθούν αριθμητικά δεδομένα που αναπαριστούν το τελικό αποτέλεσμα ως ένας συνδυασμός των τιμών των βασικών παραμέτρων. Αυτό ακριβώς προσπαθούμε να κάνουμε, προτείνοντας μια τεχνική για την αυτόματη εξαγωγή των ασαφών κανόνων. Βασιζόμαστε σε τεχνικές συσταδοποίησης (clustering) και μάθησης (learning) έτσι ώστε να εξάγουμε τους κατάλληλους κανόνες δίνοντας ένα μεγάλο σύνολο αριθμητικών δεδομένων. Με αυτό τον τρόπο, διευκολύνουμε το έργο των προγραμματιστών και καλύπτουμε περισσότερες περιπτώσεις για περισσότερες καταστάσεις τις οποίες ένας αγοραστής μπορεί να συναντήσει σε ένα περιβάλλον μιας εικονικής αγοράς.

Θα πρέπει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, πως το σύστημα ασαφούς λογικής είναι αυτό που παρουσιάστηκε και περιγράφηκε στην ενότητα 7.3.3. Τόσο οι παράμετροι

εισόδου όσο και οι παράμετροι εξόδου είναι ίδιες. Όμως, στην αυτόματη εξαγωγή των κανόνων υιοθετούμε την Takagi-Sugeno [179] περιγραφή τους αφού αυτή προσφέρεται για αντίστοιχες περιπτώσεις. Σημειώνουμε πως με αυτή την περιγραφή η έξοδος του συστήματος αποτελεί ένα γραμμικό συνδυασμό των τιμών των εισόδων. Η μορφή των κανόνων είναι η ακόλουθη:

$$R_j: IF\ x_{1j}\ is\ A_{1j}\ AND/OR\ x_{2j}\ is\ A_{2j}\ AND/OR\ \ldots.\ AND/OR\ x_{nj}\ is\ A_{nj}\ THEN$$

$$y_j=a_{0j}+a_{1j}\cdot x_{1j}+a_{2j}\cdot x_{2j}+\ldots+a_{nj}\cdot x_{nj}$$

όπου R_j είναι ο j^{th} ασαφής κανόνας, x_{ij} (i=1…n) είναι οι είσοδοι του j^{th} κανόνα, y_j είναι η έξοδος του κανόνα και a_{ij} είναι το βάρος της τιμής της κάθε εισόδου. Οι xij είναι οι τιμές των παραμέτρων εισόδου.

Έτσι, η εξαγωγή των κανόνων δεν απαιτεί ιδιαίτερες ικανότητες και εμπειρία από την πλευρά του προγραμματιστή διότι καθορίζουμε μόνο το σύνολο των συνδυασμών των τιμών για τις παραμέτρους εισόδου και την παράμετρο εξόδου.

7.4.3. Τεχνικές - Αλγόριθμοι

Η μηχανική μάθηση αποτελεί τμήμα της τεχνητής νοημοσύνης. Καλύπτει αλγορίθμους οι οποίοι βασίζονται στα δεδομένα. Στην παρούσα διατριβή εστιάζουμε σε μεθόδους μάθησης χωρίς επιτήρηση (unsupervised learning) με τις οποίες προσπαθούμε να δούμε πως ένα σύνολο δεδομένων είναι οργανωμένο χωρίς προηγούμενη γνώση για τη σχέση που αυτά έχουν. Οι αλγόριθμοι για την αυτόματη εξαγωγή των ασαφών κανόνων βασίζονται στην τεχνική της συσταδοποίησης (clustering). Συνοπτικά, περιγράφουμε τα βασικά χαρακτηριστικά των αλγορίθμων που χρησιμοποιήσαμε και εξηγούμε πως αυτοί χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των κανόνων. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν είναι: K-means, Fuzzy C-means, Subtractive, Nearest Neighbor. Εκτός όμως από τους αλγόριθμους συσταδοποίησης, χρησιμοποιήσαμε και τεχνικές μάθησης χωρίς επιτήρηση και οι οποίες είναι οι εξής: Learning from Examples, και Modified Learning from Examples. Και οι δύο αποτελούν απλές τεχνικές μάθησης που διαφέρουν από τους αλγόριθμους συσταδοποίησης. Στην πρώτη τεχνική χρησιμοποιούμε κάποια πρότυπα των συναρτήσεων συμμετοχής και ο αλγόριθμος αναλαμβάνει την αυτόματη εξαγωγή των κανόνων. Στη δεύτερη τεχνική δεν απαιτείται πρότερη γνώση των συναρτήσεων συμμετοχής ούτε απαιτείται να γίνει εκτίμηση σχετικά με τις διαστάσεις των συναρτήσεων.

7.4.3.1. K-means

Ο αλγόριθμος K-means [70] είναι ένας απλός αλγόριθμος που προσδιορίζει τις συστάδες δεδομένων οι οποίες ελαχιστοποιούν μια συνάρτηση κόστους. Η συνάρτηση κόστους είναι η ακόλουθη:

$$J = \sum_{i=1}^{c} J_i = \sum_{i=1}^{c} \left(\sum_{k, x_k \in G_i} \left\| x_k - c_i \right\| \right) \tag{7.17}$$

όπου c είναι το πλήθος των συστάδων, G_i είναι η i-th ομάδα, x_k είναι το k-th διάνυσμα στην ομάδα J_i, και $\| \|$ αναπαριστά την Ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στο x_k και στο κέντρο της συστάδας c_i. Οι χωριζόμενες ομάδες καθορίζονται χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση συμμετοχής η οποία αναπαριστάται από το γράμμα U. Κάθε στοιχείο u_{ij} του πίνακα είναι ίσο με 1 εφόσον το συγκεκριμένο j-th δεδομένο x_j ανήκει στη συστάδα i, και 0 διαφορετικά. Το στοιχείο u_{ij} μπορεί να εξαχθεί ως ακολούθως:

$$u_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if} \left\| x_j - c_i \right\|^2 \le \left\| x_j - c_k \right\|^2 \text{ for each } k \ne i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{7.18}$$

το οποίο σημαίνει πως το x_j ανήκει στην ομάδα i, εφόσον το c_i είναι το πιο κοντινό από όλα τα κεντροειδή των συστάδων. Έτσι, το βέλτιστο κέντρο το οποίο ελαχιστοποιεί την εξίσωση 7.17 είναι:

$$c_i = \frac{1}{|G_i|} \cdot \sum_{k, x_k \in G_i} x_k \tag{7.19}$$

με

$$|G_i| = \sum_{j=1}^{n} u_{ij} \tag{7.20}$$

7.4.3.2. Fuzzy C-means

Στον αλγόριθμο Fuzzy C-means [11] και [37], ένα σημείο μπορεί να ανήκει σε περισσότερες από μια συστάδες. Ο αλγόριθμος βασίζεται στην ελαχιστοποίηση της ακόλουθης συνάρτησης:

$$J_k = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{C} u_{ij}^{k} \left\| x_i - c_j \right\|^2 \tag{7.21}$$

όπου M είναι το πλήθος των δεδομένων, C είναι το πλήθος των κεντροειδών, $1 \le k \le \infty$, u_{ij} είναι ο βαθμός συμμετοχής του x_i στη συστάδα j, x_i είναι το i^{th} δεδομένο και c_j είναι το κέντρο της κάθε συστάδας. Ο βαθμός συμμετοχής ενός σημείου υπολογίζεται με την ακόλουθη εξίσωση:

$$u_{ij} = \left(\sum_{m=1}^{C} \left(\frac{\left\| x_i - c_j \right\|}{\left\| x_i - c_m \right\|} \right)^{\frac{2}{k-1}} \right)^{-1} \tag{7.22}$$

με

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^{M} u_{ij}^k \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{M} u_{ij}^k} \tag{7.23}$$

7.4.3.3. Subtractive

Στον αλγόριθμο Subtractive [80] κάθε ένα από τα δεδομένα εισόδου αναπροσαρμόζεται στο διάστημα [0,1]. Για κάθε ένα από αυτά, ένας δυνητικός βαθμός P_i ορίζεται ώστε να αποτυπώσει εάν το σημείο ανήκει σε μια συστάδα ή όχι. Ο βαθμός αυτός σχετίζεται με τη θέση του στοιχείου αλλά και τη θέση των υπολοίπων στοιχείων. Ο βαθμός εξαρτάται από την Ευκλείδεια απόσταση του ενός συγκεκριμένου σημείου από όλα τα υπόλοιπα σημεία. Το σημείο με το μεγαλύτερο βαθμό γίνεται το κεντροειδές της πρώτης συστάδας και οι υπόλοιποι βαθμοί επαναϋπολογίζονται. Το επόμενο σημείο με τον επόμενο μεγαλύτερο βαθμό γίνεται το κέντρο της επόμενης συστάδας, κ.ο.κ. Η απόσταση του νέου υποψήφιου κέντρου μιας συστάδας με τα υπόλοιπα κεντροειδή πρέπει να ικανοποιεί μια συγκεκριμένη συνθήκη η οποία καθορίζεται από τον αλγόριθμο και εξασφαλίζει ότι τα κεντροειδή θα έχουν μια ελάχιστη απόσταση ανάμεσά τους. Εάν αυτή η συνθήκη είναι αληθής τότε το σημείο γίνεται το επόμενο κέντρο συστάδας, ειδάλλως, ο βαθμός του τίθεται ίσος με 0. Ο βαθμός υπολογίζεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$P_j = \sum_{i=1}^{N} e^{-a \cdot \left\| x_i - x_j \right\|^2} \tag{7.24}$$

όπου

$$a = \frac{\gamma}{r_\alpha} \tag{7.25}$$

και x είναι το σημείο, N είναι το πλήθος των σημείων, γ είναι μια μεταβλητή και r_α είναι η ακτίνα των συστάδων.

7.4.3.4. Nearest Neighborhood Clustering (NNC)

Ο αλγόριθμος NNC αναθέτει κάθε σημείο δεδομένων στον κοντινότερο γείτονα ο οποίος ανήκει σε μια συστάδα εφόσον η απόστασή τους είναι αρκετά μικρή [141]. Αρχικά ο αλγόριθμος ξεκινά θεωρώντας κάθε δείγμα σαν μια συστάδα με ένα μόνο μέλος και σε κάθε στάδιο της διαδικασίας το πιο κοντινό ζεύγος συστάδων ενοποιούνται σε μια. Έπειτα από N - 1 βήματα μια μοναδική συστάδα δημιουργείται μέσα από τη συγχώνευση των πιο μικρών συστάδων. Η διαδικασία ορίζει ένα ιεραρχικό δέντρο το οποίο μπορεί να κοπεί σε οποιοδήποτε επίπεδο εξάγοντας τον επιθυμητό αριθμό των συστάδων. Η πιο σημαντική απόφαση στη διαδικασία αυτή είναι η επιθυμητή απόσταση ανάμεσα στις συστάδες.

7.4.3.5. Εξαγωγή ασαφών κανόνων

Οι συστάδες που δημιουργούνται από τους παραπάνω αλγορίθμους αποτελούν το κύριο στάδιο της διαδικασίας αυτόματης εξαγωγής των κανόνων του ασαφούς συστήματος. Πέρα από τους αλγορίθμους, θεωρούμε πως κάθε συστάδα αποτελεί και ένα κανόνα του συστήματος. Για παράδειγμα, αν το $x^*(x_1^*, x_2^*, \ldots, x_n^*)$ αποτελεί το κεντροειδές μιας συστάδας τότε ο αντίστοιχος ασαφής κανόνας είναι ο:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } x_1^* \text{ AND } x_2 \text{ is } x_2^* \ldots \text{AND } x_{n-1} \text{ is } x_{n-1}^* \text{ THEN } x_n \text{ is } x_n^*$$

Αυτό σημαίνει πως η κάθε διάσταση αποτελεί και μια ασαφή μεταβλητή. Το επόμενο βήμα είναι η εύρεση του σχήματος της κάθε συνάρτησης συμμετοχής για κάθε μεταβλητή και για κάθε κανόνα. Ο πιο κοινός τρόπος για αυτή την επεξεργασία είναι η προβολή (projection) των τιμών συμμετοχής των σημείων δεδομένων σε κάθε διάσταση. Παρόλα αυτά η προβολή διαφέρει σε κάθε αλγόριθμο.

Στον αλγόριθμο Fuzzy C-means λόγω του γεγονότος ότι κάθε σημείο μπορεί να ανήκει σε περισσότερες της μια συστάδες σημαίνει πως έχει διαφορετικούς βαθμούς

συμμετοχής οι οποίοι είναι κάτω από 1. Το κεντροειδές κάθε συστάδας βρίσκεται σε μια περιοχή με βαθμό συμμετοχής περίπου 1. Μπορούμε να προσεγγίσουμε αυτή την προβολή με μια αποκομμένη Gaussian συνάρτηση. Εφαρμόζοντας αυτή την τεχνική σε κάθε συστάδα, είμαστε ικανοί να δημιουργήσουμε τη βάση των ασαφών κανόνων. Στον αλγόριθμο K-means η διαδικασία της προβολής είναι διαφορετική. Η προβολή σε αυτή την περίπτωση έχει τη μορφή ενός συγκεκριμένου αριθμού αφού το κάθε σημείο ανήκει μόνο σε μια συστάδα. Έπειτα μετατρέπουμε την ορθογώνια γραφική αναπαράσταση σε μια Gaussian συνάρτηση. Αυτή η διαδικασία οδηγεί σε απώλεια δεδομένων αλλά δυστυχώς κρίνεται απαραίτητη για τη δημιουργία των κανόνων. Στον αλγόριθμο Subtractive κάθε συστάδα θεωρείται απλά σαν ένας κανόνας. Ο βαθμός του κάθε κανόνα δίνεται από την εξίσωση:

$$\mu_i = e^{-a\cdot\left\|x-c_i\right\|^2} \tag{7.26}$$

όπου x είναι το δεδομένο εισόδου που εφαρμόζεται σε ένα κανόνα, c_i είναι το i^{th} κεντροειδές, μ_i είναι ο βαθμός συμμετοχής του i^{th} κανόνα και a δίνεται από την εξίσωση 7.25. Τέλος, στον αλγόριθμο NNC, μπορούμε να εξάγουμε τους ασαφείς κανόνες από τις συστάδες χρησιμοποιώντας μια παράμετρο απόστασης ανάμεσα στα κεντροειδή. Η παράμετρος αυτή συμβολίζεται με e_f.

Στο σενάριό μας, στοχεύουμε στην κατασκευή ενός MISO ασαφούς συστήματος βασιζόμενοι στην περιγραφή της διαδικασίας λήψης απόφασης από ένα αγοραστή. Επιλέγουμε τη χρήση της Takagi – Sugeno μορφής των κανόνων αφού αυτή η μορφή δεν απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ και πολύπλοκους υπολογισμούς για την εξαγωγή της. Σχετικά με τις συναρτήσεις συμμετοχής, αυτές έχουν ένα ευρύ πεδίο τιμών. Όταν η ανομοιότητα παίρνει τιμές πάνω από 0.5 τότε εξαλείφουμε τη συγκεκριμένη μεταβλητή από τους κανόνες. Ο λόγος είναι ότι δεν έχει νόημα μια συνάρτηση συμμετοχής η οποία πρόκειται να δώσει τιμές κοντά στο 1 για κάθε μεταβλητή εισόδου αφού δεν θα παράξει διαφορετικά αποτελέσματα που αντιστοιχούν στη θέση ενός σημείου. Έτσι δεν έχει νόημα να εισάγουμε νέους υπολογισμούς στη διαδικασία. Τέλος, σχετικά με τον αλγόριθμο Fuzzy C-means χρησιμοποιούμε την αποκομμένη Gaussian συνάρτηση αφού πρόκειται για μια συνάρτηση η οποία είναι αποδοτική όσον αφορά στους υπολογισμούς που απαιτούνται για τη χρήση της.

7.4.3.6. Learning from Examples (LFE) & Modified Learning from Examples (MLFE)

Αυτές οι τεχνικές [141] δεν ανήκουν στις τεχνικές συσταδοποίησης. Στην LFE οι κανόνες κατασκευάζονται όχι μόνο από ένα σύνολο δεδομένων εισόδου αλλά και από λεξικογραφική πληροφορία. Χρησιμοποιείται ένα πρότυπο για κάθε συνάρτηση συμμετοχής και έπειτα μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία κάθε σημείο εισόδου εξετάζεται για την κατασκευή των κανόνων. Επιπρόσθετα, κάθε σημείο μπορεί να ανήκει σε ένα ήδη υπάρχοντα ασαφή κανόνα. Κάθε σημείο έχει επίσης έναν αριθμό διαστάσεων. Για κάθε διάσταση θεωρούμε τις συντεταγμένες του σημείου έτσι ώστε να υπολογίσουμε μια τιμή για κάθε συνάρτηση συμμετοχής και επιλέγουμε τη μέγιστη. Σαν αποτέλεσμα κάθε σημείο εισόδου δημιουργεί ένα κανόνα επειδή έχουμε επιλέξει για κάθε μεταβλητή την πιο κατάλληλη συνάρτηση συμμετοχής. Από την άλλη, είναι πιθανό ένα σημείο εισόδου μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός ήδη υπάρχοντα ασαφούς κανόνα. Σε αυτές τις περιπτώσεις δεν προστίθεται νέος κανόνας στη βάση.

Η MLFE λειτουργεί με παραπλήσιο τρόπο. Η διαφορά της με την LFE είναι ότι η MLFE προσπαθεί να υπολογίσει μόνη της τις συναρτήσεις συμμετοχής χωρίς τη χρήση προτύπου σχετικά με τη δημιουργία της βάσης κανόνων. Αρχικά, στην MLFE, το πρώτο σημείο εισόδου αναπαριστά ένα ασαφή κανόνα. Στη συνέχεια της εκτέλεσης το επόμενο σημείο εισόδου εφαρμόζεται στην υπάρχουσα βάση κανόνων. Εκεί, η διαφορά ανάμεσα στο αποτέλεσμα της βάσης κανόνων και στην τιμή της τελευταίας συντεταγμένης εξετάζεται εάν είναι μικρότερη από το όριο απόστασης e_f. Εάν αυτό ισχύει δεν προστίθεται νέος κανόνας ενώ σε διαφορετική περίπτωση ένας νέος κανόνας δημιουργείται εκτιμώντας τις συναρτήσεις συμμετοχής έτσι ώστε ο νέος αυτός κανόνας να μην επηρεάσει την υπάρχουσα βάση κανόνων.

Γενικά, η τεχνική LFE είναι εύκολη στην εφαρμογή της ειδικά όταν το πρότυπο κάθε συνάρτησης συμμετοχής έχει καθοριστεί για κάθε διάσταση. Μια καλή πρακτική είναι να εκτελέσουμε πρώτα τον αλγόριθμο Fuzzy C-means έτσι ώστε να πάρουμε τις αποκομμένες Gaussian συναρτήσεις και στη συνέχεια να εφαρμόσουμε την τεχνική LFE. Το πρόβλημα είναι ότι δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων το εύρος των συναρτήσεων συμμετοχής. Στην MLFE τα σημεία εισόδου πρέπει να έχουν μοναδικές συντεταγμένες. Εάν αυτό δεν ισχύει, τότε μια υπόθεση για την τιμή της ανομοιότητας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του αλγορίθμου.

7.4.4. Πειραματικά Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 36, παρουσιάζουμε τον απαιτούμενο χρόνο για την κατασκευή της βάσης κανόνων με χρήση των αλγορίθμων που περιγράψαμε πιο πάνω. Ο περισσότερος χρόνος απαιτείται από τον αλγόριθμο Fuzzy C-means. Αυτό σημαίνει πως αυξάνεται κατακόρυφα ο χρόνος της διαπραγμάτευσης αφού η δημιουργία της βάσης κανόνων λαμβάνει χώρα πριν την έναρξή της. Οι υπόλοιποι αλγόριθμοι κινούνται στα ίδια επίπεδα με ένα μέσο όρο χρόνου ίσο με 21 ms. Τέτοιο χρονικό διάστημα δεν επηρεάζει τον απαιτούμενο χρόνο για την ολοκλήρωση της διαπραγμάτευσης με τους πωλητές.

Σχετικά με την προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων, εκτελέσαμε ένα σύνολο πειραμάτων για συγκεκριμένες τιμές των βασικών παραμέτρων του σεναρίου. Στα πειράματά μας, θεωρούμε πως ένας αγοραστής ο οποίος αλληλεπιδρά με ένα πωλητή προσπαθεί να τελειώσει επιτυχώς τη διαπραγμάτευση. Σε αυτές τις διαπραγματεύσεις ορίζουμε, όπως και πιο πάνω, τη ζώνη συμφωνίας σαν τη διαφορά μεταξύ των τιμών των παραμέτρων V και c. Ουσιαστικά αυτή η ζώνη συμφωνίας αντιστοιχεί στην πιθανότητα επίτευξης συμφωνίας. Μια θετική ζώνη συμφωνίας σημαίνει πως υπάρχει πιθανότητα επίτευξης συμφωνίας ενώ μια αρνητική ζώνη σημαίνει πως η επίτευξη συμφωνίας είναι αδύνατη.

Πίνακας 36. Χρόνος κατασκευής βάσης κανόνων.

Αλγόριθμος	***Χρόνος κατασκευής βάσης κανόνων (ms)***
Subtractive	35
FCM	2560
K-Means	25
LFE	20
MLFE	25
NNC	20

Στα πειράματά μας υιοθετούμε επτά (7) ζώνες συμφωνίας. Χρησιμοποιώντας αυτές τις ζώνες στοχεύουμε να μελετήσουμε το αποτέλεσμα της χρήσης της βάσης κανόνων όπως αυτή καθορίζεται από τα αποτελέσματα του κάθε αλγορίθμου. Το αποτέλεσμα της βάσης κανόνων και η έξοδος του ασαφούς συστήματος είναι, όπως έχει ήδη ειπωθεί, η παράμετρος AD. Μια τιμή της AD πάνω από 70 θεωρούμε πως αντιστοιχεί στη λήψη

της απόφασης αποδοχής της προσφοράς του πωλητή. Επίσης, θεωρούμε πως ο αγοραστής ακολουθεί μια υπομονετική στρατηγική με k = 2. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως στα πειράματα μόνο ο αγοραστής χρησιμοποιεί τη βάση κανόνων που εξάγεται από τις συζητούμενες τεχνολογίες. Στον Πίνακα 37, μπορούμε να δούμε τις τιμές των βασικών παραμέτρων των δύο οντοτήτων. Ο αγοραστής ξεκινά από μια τιμή ίση με 100 ΧΜ και όσο συνεχίζεται η διαπραγμάτευση αυξάνει τις προσφορές του ενώ ο πωλητής ξεκινά από μια τιμή ίση με 500 ΧΜ.

Πίνακας 37. Τα βασικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων.

Παράμετροι Αγοραστή		Παράμετροι Πωλητή	
$p^0_{b\rightarrow s}$	100 ΧΜ	c	250 ΧΜ
V	255 ΧΜ	ε	250 ΧΜ

Για να έχουμε μια αντικειμενική άποψη για την απόδοση του συστήματος υιοθετούμε τη μετρική του κοινού οφέλους (Joint Utility - JU) όπως αυτή περιγράφηκε στην ενότητα 4.4.4.1. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιούμε στις δύο οντότητες παραπλήσιες τιμές για τους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής και καθορίζουμε ένα σύνολο σεναρίων στα πειράματά μας. Οι ζώνες συμφωνίας απεικονίζονται στον Πίνακα 38. Εξετάζουμε μόνο περιπτώσεις στις οποίες υπάρχουν ζώνες συμφωνίας όπως και στο [200].

Στον Πίνακα 39, βλέπουμε τα αποτελέσματα για το μέσο κοινό όφελος που αποκομίζουν οι δύο οντότητες. Θυμίζουμε πως το θεωρητικό μέγιστο είναι ίσο με 0.25. Γενικά, μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι αλγόριθμοι Fuzzy C-means και K-means αποδίδουν τη μέγιστη τιμή για το JU όταν η ζώνη συμφωνίας είναι περιορισμένη. Ειδικά στο 4° σενάριο οι δύο αλγόριθμοι βγάζουν τιμές οι οποίες βρίσκονται πολύ κοντά στο θεωρητικό μέγιστο. Ο λόγος είναι πως εξάγουν βάσεις κανόνων που είναι σχετικά ‘αυστηρές’ σε σχέση με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ο αγοραστής πρέπει να αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή. Φυσικά, αυτό γίνεται κάτω από την πιθανότητα της ρήξης και της λήξης της διαπραγμάτευσης χωρίς συμφωνία και όφελος. Έτσι, ο αγοραστής απορρίπτει κάθε προσφορά του πωλητή προτείνοντας τις δικές του τιμές με την προοπτική των χαμηλότερων τιμών. Όταν εξετάζουμε μεγαλύτερες ζώνες συμφωνίας τότε ο αλγόριθμος MLFE δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Πίνακας 38. Οι επτά ζώνες συμφωνίας.

V	Ζώνη συμφωνίας
255 ΧΜ	5 ΧΜ
260 ΧΜ	10 ΧΜ
270 ΧΜ	20 ΧΜ
300 ΧΜ	50 ΧΜ
500 ΧΜ	250 ΧΜ
700 ΧΜ	450 ΧΜ
1000 ΧΜ	750 ΧΜ

Μια άλλη ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι πως η τιμή του JU μειώνεται (Πίνακας 39) καθώς περνάμε σε μεγάλες ζώνες συμφωνίας (750 ΧΜ). Ο λόγος είναι το γεγονός ότι σε αυτές τις περιπτώσεις η τιμή της αποτίμησης V είναι σχετικά μεγαλύτερη από τη μέγιστη προτεινόμενη τιμή του πωλητή. Επίσης, σε αυτό το σενάριο (Σενάριο 7), η τιμή προϊόντος η οποία θα οδηγήσει στο μέγιστο JU ισούται με 650 ΧΜ. Όμως, αυτό δεν είναι εφικτό αφού ο πωλητής ξεκινά να προτείνει τιμές από μια τιμή ίση με 500 ΧΜ. Στις περιπτώσεις όπου η τιμή της αποτίμησης V του αγοραστή είναι ίση με τη μέγιστη προτεινόμενη προσφορά του πωλητή (Σενάριο 5) βλέπουμε πως η μέση τιμή του JU είναι κοντά στο θεωρητικό μέγιστο. Πρέπει να σημειωθεί πως στο [200] και στο [137] η μέγιστη τιμή για το JU είναι ίση με 0.22.

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα παρατήρηση στα αποτελέσματά μας σχετίζεται με τις τιμές της παραμέτρου AD (Πίνακας 40) η οποία όπως έχουμε περιγράψει παράγεται σαν έξοδος από το ασαφές σύστημα που προτείνουμε στην παρούσα διατριβή. Αυτές οι τιμές καθορίζονται ως οι μέσες τιμές όταν συμβαίνει μια συμφωνία σε κάθε σενάριο που έχουμε περιγράψει. Βλέπουμε πως ο Fuzzy C-Means αλγόριθμος και ο K-Means έχουν μια μέση τιμή κάτω από το όριο που έχουμε θέσει (ίσο με 70). Αυτό σημαίνει πως οι βάσεις κανόνων που παράγουν αυτοί οι αλγόριθμοι οδηγούν τον αγοραστή στο να εξαντλήσει το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής απορρίπτοντας τις προσφορές του πωλητή. Αυτό πιέζει προς τα κάτω τις τιμές του πωλητή και τελικά κάθε συμφωνία αποδεικνύεται άκρως ωφέλιμη για τον αγοραστή. Ωστόσο, μια τέτοια προσέγγιση περιλαμβάνει το ρίσκο μιας σύγκρουσης ειδικά σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται μεγάλη διαφορά στους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής. Από την άλλη πλευρά, η πιο ‘αισιόδοξη’ βάση

κανόνων παράγεται από τον Subtractive αλγόριθμο ο οποίος και τελικά εξάγει μεγαλύτερη μέση τιμή της AD παραμέτρου.

Πίνακας 39. Αποτελέσματα για το μέσο όφελος.

Σενάριο	Ζώνη συμφωνίας	Μέσο JU	Μέγιστο JU	Αλγόριθμος
1	5 XM	0.08	0.24	FCM, K-Means
2	10 XM	0.14	0.24	FCM, K-Means
3	20 XM	0.16	0.21	LFE
4	50 XM	0.24	0.247	FCM, K-Means
5	250 XM	0.238	0.24	MLFE
6	450 XM	0.208	0.21	MLFE
7	750 XM	0.17	0.172	MLFE

Στον Πίνακα 41, βλέπουμε το μέσο χρόνο αλληλεπίδρασης ώστε να έχουμε τελικό αποτέλεσμα στη διαπραγμάτευση. Ο περισσότερος χρόνος απαιτείται από τον αλγόριθμο Fuzzy C-means ενώ ταυτόχρονα η γρηγορότερη αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται με χρήση του K-means. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ πως ο απαιτούμενος χρόνος για την απλή χρήση και εξαγωγή της τιμής για το AD είναι πάρα πολύ μικρός.

Πίνακας 40. Μέση τιμή για την παράμετρο AD.

Αλγόριθμος	Μέση τιμή για την παράμετρο AD
Subtractive	80.96
FCM	68.91
K-Means	62.84
LFE	72.65
MLFE	74.52

NNC	76.58

Πίνακας 41. Μέσος χρόνος αλληλεπίδρασης για όλες τις περιπτώσεις.

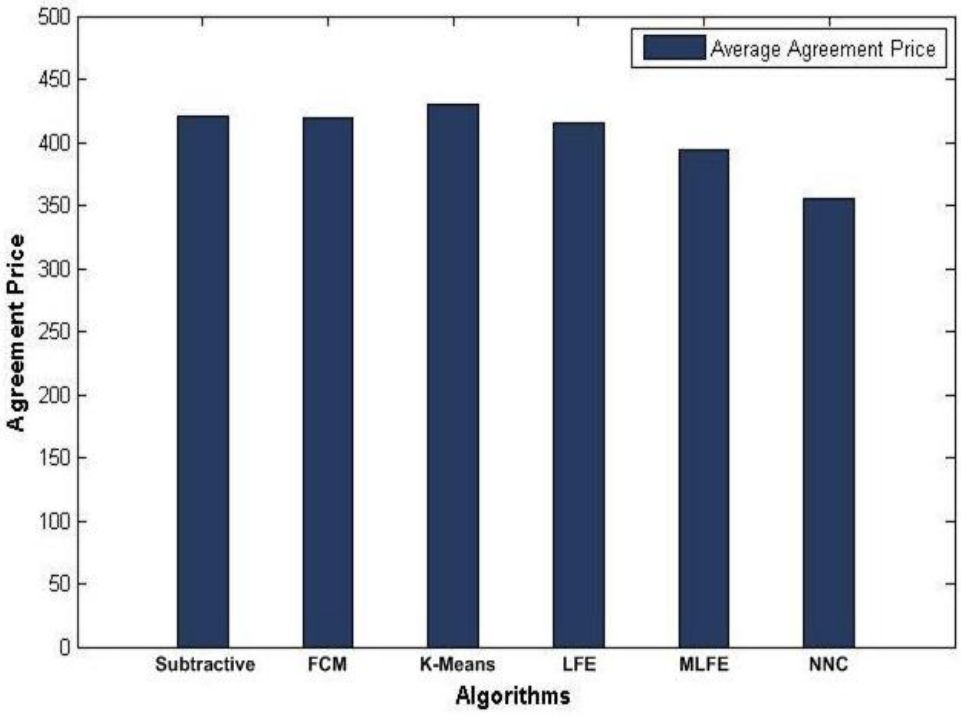
Αλγόριθμος	***Μέσος χρόνος αλληλεπίδρασης (ms)***
Subtractive	523.4
FCM	4817.8
K-Means	434.2
LFE	510.0
MLFE	498.8
NNC	532.1

Πίνακας 42. Αποτελέσματα σχετικά με το ποσοστό συμφωνιών.

Αλγόριθμος	**Ποσοστό συμφωνιών**	**Μέσο JU**
Subtractive	92%	0.217
FCM	69%	0.219
K-Means	69%	0.202
LFE	57%	0.223
MLFE	85%	0.244
NNC	86%	0.244

Τέλος, στον Πίνακα 42, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας για το ποσοστό συμφωνιών που επιτυγχάνεται με κάθε αλγόριθμο όπως επίσης και για τη μέση τιμή του JU. Για τα πειράματα αυτά λαμβάνουμε υπόψιν τη ζώνη συμφωνίας του Σεναρίου 5 και εκτελούμε τις προσομοιώσεις μας για τυχαίες τιμές των δύο χρονικών οριζόντων συμμετοχής. Οι χρονικοί ορίζοντες παίρνουν τιμές στο [0,500]. Οι υπόλοιπες παράμετροι παίρνουν τιμές όπως έχει περιγραφεί πιο πάνω. Παρατηρούμε πως το μέγιστο ποσοστό συμφωνίας επιτυγχάνεται με τη χρήση του Subtractive αλγορίθμου ενώ το ελάχιστο με χρήση της μεθόδου LFE. Η μέγιστη τιμή για το JU επιτυγχάνεται με χρήση των μεθόδων MLFE και NNC. Αυτό γίνεται διότι οι δύο αυτοί αλγόριθμοι αναγκάζουν τον πωλητή να προτείνει μικρές τιμές το οποίο φυσικά οδηγεί σε μικρότερες

τιμές συμφωνίας (Σχήμα 48). Η μικρότερη τιμή συμφωνίας επιτυγχάνεται από τον NNC και είναι ίση με 355.30 ΧΜ ενώ η υψηλότερη επιτυγχάνεται με χρήση του K-means και είναι ίση με 429.66 ΧΜ. Γενικά, το ποσοστό των συμφωνιών κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα εκτός από την περίπτωση όπου έχουμε μεγάλη διαφορά στους χρονικούς ορίζοντες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, υπάρχει αυξημένη πιθανότητα σύγκρουσης αφού καμία από τις δύο οντότητες δεν έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίσει τη λήξη του ορίζοντα του 'αντιπάλου'. Ο χειρισμός της αβεβαιότητας για την τιμή των χρονικών οριζόντων είναι ένα από τα θέματα που πραγματεύεται η παρούσα διατριβή.



Σχήμα 48. Μέση τιμή συμφωνίας.

7.5. Προσαρμογή Συμπεριφοράς Αγοραστή

7.5.1. Εισαγωγή

Στις προηγούμενες ενότητες, περιγράψαμε ένα ασαφές σύστημα το οποίο αποτελεί το μηχανισμό λήψης αποφάσεων ενός αγοραστή, ο οποίος λαμβάνει μέρος σε διαπραγματεύσεις με πωλητές για την αγορά κάποιων προϊόντων. Περιγράψαμε τα τμήματα του συστήματος καθώς και ένα μοντέλο με το οποίο μπορούμε να εξάγουμε αυτόματα τους κανόνες που απαρτίζουν τη βάση γνώσης του πωλητή. Η βάση γνώσης

είναι το συστατικό στοιχείο του μηχανισμού αφού προσφέρει τον κατάλληλο μηχανισμό για την εξαγωγή των αποφάσεων του αγοραστή.

Στην παρούσα ενότητα, προτείνουμε ένα μηχανισμό προσαρμογής (adaptation) βασιζόμενο σε αλγορίθμους πρόβλεψης (prediction algorithms) [96]. Ο μηχανισμός προσαρμογής υιοθετεί ένα ασαφή ελεγκτή (fuzzy controller) που είναι υπεύθυνος για να παράγει τις τιμές βασικών παραμέτρων της συμπεριφοράς του αγοραστή. Με αυτό τον τρόπο, προσπαθούμε να καλύψουμε το κενό πληροφόρησης που προκαλεί η άγνοια των χαρακτηριστικών και των προθέσεων του πωλητή. Έτσι, με τη χρήση του προτεινόμενου μηχανισμού, ο αγοραστής μπορεί να προσαρμόσει τη στρατηγική του σύμφωνα με τις προσφορές που δέχεται καθώς η διαπραγμάτευση εξελίσσεται.

7.5.2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Σε αυτό το σημείο θα δώσουμε πολύ συνοπτικά τις βασικές πληροφορίες που αφορούν το εξεταζόμενο σενάριο καθώς και τις συμπεριφορές των παικτών. Η πλήρης περιγραφή έχει ήδη γίνει σε προηγούμενες ενότητες.

Στο σενάριο μας δίνουμε έμφαση στις απ’ ευθείας διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές. Θυμίζουμε πως οι παίκτες έχουν συγκεκριμένα όρια τιμών και η διαπραγμάτευση διαρκεί για ένα συγκεκριμένο αριθμό γύρων (προσφορών). Ο αγοραστής έχει ένα άνω όριο τιμών ενώ ο πωλητής έχει ένα κάτω όριο. Τα δύο αυτά όρια καθορίζουν τη ζώνη συμφωνίας. Η διαπραγμάτευση γίνεται σε καθεστώς πλήρους άγνοιας σχετικά με τις τιμές των παραμέτρων που καθορίζουν τη συμπεριφορά των παικτών. Σε κάθε γύρο μια από τις οντότητες προτείνει τιμή και η άλλη την εξετάζει. Έχει το δικαίωμα να την αποδεχθεί, να την απορρίψει και να προτείνει με τη σειρά της μια νέα ή να αποφασίσει να εγκαταλείψει την προσπάθεια αν ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής έχει λήξει. Ο πωλητής ξεκινά πρώτος και ακολουθεί ο αγοραστής.

Οι δύο οντότητες έχουν τις δικές τους συναρτήσεις οφέλους αλλά και τις δικές τους στρατηγικές. Οι στρατηγικές αυτές υποδεικνύουν τις τιμές οι οποίες προσφέρονται σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Προφανώς, υπάρχουν αλληλοσυγκρουόμενα συμφέροντα αφού ο αγοραστής επιθυμεί όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή ενώ ο πωλητής όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Τυχόν συμφωνία προσδίδει κέρδη και στους δύο ενώ τυχόν σύγκρουση αποδίδει κέρδος ίσο με 0. Οι παράμετροι για κάθε οντότητα έχουν όπως τις έχουμε ήδη περιγράψει.

Τέλος, ο αγοραστής υιοθετεί το ασαφές σύστημα το οποίο προτείνουμε στην παρούσα διατριβή.

7.5.3. Μηχανισμός Λήψης Αποφάσεων

Όπως έχει ειπωθεί, το προτεινόμενο ασαφές σύστημα αποτελεί το μηχανισμό λήψης αποφάσεων του αγοραστή σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Ο επόμενος αλγόριθμος αποτελεί το μηχανισμό βάσει του οποίου ορίζεται η συμπεριφορά του αγοραστή όταν διαπραγματεύεται σε μια ΗΑ.

Αλγόριθμος 2. Αλγόριθμος συμπεριφοράς ενός αγοραστή.

```
Algorithm BuyerDecisionProcess
Begin
    Initialize the FL rule base
    Round = 0
    PreviousError = 0
    While (Round < Deadline)
        Round ++
        PredictedSellerPrice = getPredictedPrice(
                    LinearPredictor.getPrice,
                    PolynomialPredictor.getPrice,
                    NeuralNetworkPredictor.getPrice)
        SellerPrice = Seller.getNextPrice
        Error = PredictedSellerPrice – SellerPrice
        ErrorChange = Error - PreviousError
        Belief = FLController.getBelief;
        PricingPolicy = FLController.getPricingPolicy
        NextPrice = PricingFunction.nextPrice
        TimeDifference = Deadline – Round
        PriceDifference = SellerPrice - NextPrice
        AD = FLS.getAD()
                    If (AD >= 70)
            Accept the seller offer
        Else
```

```
                    Reject the seller offer
                    If (Round == Deadline)
                        Defect
                    Else
                        Propose the NextPrice
                    EndIf
                EndIf
                PreviousError = Error
        EndWhile
End
```

Αρχικά, ο αγοραστής αρχικοποιεί τη βάση των ασαφών κανόνων είτε χρησιμοποιώντας τους προκαθορισμένους από τους εμπειρογνώμονες κανόνες είτε τους αλγορίθμους συσταδοποίησης που είδαμε στην προηγούμενη ενότητα. Όπως αποδείχτηκε η πιο αποδοτική μέθοδος είναι ο αυτόματος προσδιορισμός των κανόνων. Έτσι, με βάση απλά αριθμητικά δεδομένα προσδιορίζονται οι κανόνες. Έπειτα, σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης ο αγοραστής υπολογίζει μια πρόβλεψη για την επερχόμενη προσφορά του πωλητή χρησιμοποιώντας τις τεχνικές που περιγράφουμε στην επόμενη ενότητα. Η διαφορά ανάμεσα στην πρόβλεψη της τιμής και στην πραγματική προσφορά αποτελεί το σφάλμα (error) πρόβλεψης. Επίσης, με βάση το σφάλμα που υπολογίστηκε στον προηγούμενο γύρο ο αγοραστής υπολογίζει την αλλαγή στο σφάλμα (error change). Ένας ασαφής ελεγκτής είναι υπεύθυνος στο να λάβει τις τιμές του σφάλματος και της αλλαγής που πραγματοποιήθηκε και να ανταποκριθεί υπολογίζοντας το βαθμό πίστης σε σχέση με τη λήξη της διαπραγμάτευσης αλλά και τη νέα τιμή της τιμολογιακής στρατηγικής k. Με αυτό τον τρόπο, ο υπολογισμός της πίστης για τον τερματισμό της διαπραγμάτευσης δεν βασίζεται σε μια κατανομή πιθανότητας αλλά προσαρμόζεται στα δεδομένα της αλληλεπίδρασης μέσα από τη χρήση του ελεγκτή. Αυτές οι δύο τιμές είναι πολύ κρίσιμες για την έκβαση της διαπραγμάτευσης. Χρησιμοποιούνται έτσι ώστε ο αγοραστής να προσαρμόσει τη συμπεριφορά του και είναι σε θέση να λαμβάνει τις σωστές αποφάσεις σε κάθε γύρο. Για παράδειγμα, η πίστη για το πέρας του παιγνίου είναι κρίσιμη αφού μια υψηλή τιμή υποδεικνύει πως πιθανώς ο πωλητής θα εγκαταλείψει τη διαπραγμάτευση στους αμέσως επόμενους γύρους. Αυτό, κάτω από προϋποθέσεις, θα μπορούσε να οδηγήσει τον αγοραστή να αποδεχθεί την τρέχουσα προσφορά. Επιπρόσθετα, η νέα στρατηγική προσαρμόζεται και αυτή έτσι ώστε να

συμβάλλει στην επίτευξη μιας πιο αποδοτικής συμφωνίας για τον αγοραστή. Η νέα τιμή για τη στρατηγική k χρησιμοποιείται, όπως έχουμε περιγράψει, στον υπολογισμό της νέας προσφοράς που πρόκειται ο αγοραστής να προτείνει στον επόμενο γύρο.

Μετά τον υπολογισμό των νέων τιμών των παραμέτρων, ο αγοραστής χρησιμοποιώντας το προτεινόμενο ασαφές σύστημα υπολογίζει τη νέα τιμή της παραμέτρου AD. Προφανώς, οι ασαφείς κανόνες είναι αυτοί που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Χρησιμοποιούμε έξι (6) αλγορίθμους για την εξαγωγή της βάσης κανόνων. Πρακτικά, χρησιμοποιούμε έξι (6) βάσεις κανόνων. Οι τιμές εισόδου εφαρμόζονται στο σύστημα και με αυτό τον τρόπο παίρνουμε έξι (6) τιμές για την παράμετρο AD. Για λόγους αντικειμενικότητας και για να αποφύγουμε αισιόδοξες ή απαισιόδοξες τιμές απορρίπτουμε τη μικρότερη και τη μεγαλύτερη τιμή από αυτά τα έξι (6) αποτελέσματα. Η τελική τιμή της AD είναι ο μέσος όρος των τεσσάρων (4) υπόλοιπων τιμών. Με αυτό τον τρόπο υιοθετείται ένας γραμμικός συνδυασμός αυτών των τιμών. Στόχος της διαδικασίας αυτής είναι να απομονώσουμε τυχόν αισιόδοξες ή απαισιόδοξες προβλέψεις αφού όπως είδαμε οι χρησιμοποιούμενες μεθοδολογίες εξάγουν διαφορετικά αποτελέσματα.

Ένας πιο ‘έξυπνος’ συνδυασμός των τιμών αυτών θα μπορούσε να αυξήσει την αποδοτικότητα της προτεινόμενης τεχνικής. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να απορρίπτουμε μια ολόκληρη βάση κανόνων όταν βλέπουμε πως για πολλοστή φορά εξάγει πολύ αισιόδοξα ή απαισιόδοξα αποτελέσματα. Επίσης, ένα άθροισμα με βάρη σε κάθε αποτέλεσμα θα αποτελούσε μια ακόμη ‘έξυπνη’ προσέγγιση στο συγκεκριμένο ζήτημα. Τα βάρη θα μπορούσαν να οριστούν μέσα από μελέτη των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών των αλγορίθμων. Οι μέθοδοι αυτές αφήνονται ως μελλοντική επέκταση της παρούσας διατριβής.

Γενικά, όταν η τελική τιμή της παραμέτρου AD είναι πάνω από 70 ο αγοραστής πρέπει να αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή. Διαφορετικά, εφόσον δεν εκπνέει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής στον επόμενο γύρο, ο αγοραστής θα απορρίψει την προσφορά και θα υποβάλει τη δική του όπως αυτή διαμορφώνεται από την τιμολογιακή στρατηγική. Εάν ο χρονικός ορίζοντας εκπνέει στον επόμενο γύρο τότε ο αγοραστής εγκαταλείπει τη διαπραγμάτευση η οποία κλείνει με σύγκρουση.

7.5.4. Μοντέλο Προσαρμογής Συμπεριφοράς

Ο μηχανισμός προσαρμογής του αγοραστή αποτελείται από δύο τμήματα:

- το μηχανισμό πρόβλεψης της προσφοράς του πωλητή, και,
- τον ασαφή ελεγκτή.

Ο μηχανισμός πρόβλεψης είναι υπεύθυνος για να εκτιμήσει την επερχόμενη προσφορά και με αυτό τον τρόπο να δώσει στον αγοραστή μια εικόνα για την τιμολογιακή στρατηγική του πωλητή. Ο ασαφής ελεγκτής είναι υπεύθυνος να λάβει το σφάλμα εκτίμησης καθώς και την αλλαγή του σφάλματος σε δύο συνεχόμενους γύρους αποδίδοντας τις νέες τιμές για την πίστη (belief) σχετικά με το πέρας της διαπραγμάτευσης αλλά και τη νέα τιμολογιακή στρατηγική (k).

7.5.4.1. Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Πωλητών

Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ο αγοραστής λαμβάνει μια προσφορά από τον πωλητή και καλείται να αποφασίσει σχετικά με την αποδοχή της ή μη. Όμως, αφού ο αγοραστής έχει άγνοια των βασικών χαρακτηριστικών του πωλητή προφανώς δεν έχει γνώση σχετικά με την επερχόμενη προσφορά. Έτσι, βασίζεται στον μηχανισμό πρόβλεψης που προαναφέραμε.

Οι προσφορές του πωλητή μπορεί να θεωρηθούν ως ένα πρόβλημα πρόβλεψης χρονοσειρών. Στο σενάριο μας, ο αγοραστής έχει μια ακολουθία προσφορών του πωλητή σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα (γύροι της διαπραγμάτευσης). Η πρόβλεψη χρονοσειρών εμπλέκει μοντέλα πρόβλεψης των επόμενων τιμών βασιζόμενες σε ένα σύνολο δειγμάτων. Στην περίπτωσή μας, τα δείγματα είναι οι προηγούμενες προσφορές του πωλητή. Ο προτεινόμενος μηχανισμός πρέπει να είναι απλός και αποδοτικός. Για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούμε τρεις (3) υπο - μηχανισμούς πρόβλεψης: ένα μηχανισμό που υλοποιεί γραμμική πρόβλεψη, ένα μηχανισμό που υλοποιεί πολυωνυμική πρόβλεψη και ένα μηχανισμό που βασίζεται σε πρόβλεψη με χρήση νευρωνικού δικτύου. Η χρήση των τριών αυτών μηχανισμών πρόβλεψης έχει σαν στόχο να χρησιμοποιήσουμε τεχνικές που θα αποκαλύψουν με αντικειμενικό τρόπο τη στρατηγική του πωλητή. Και αυτό διότι, λόγω της έλλειψης γνώσης που χαρακτηρίζει το παίγνιο, ο αγοραστής δεν είναι σίγουρος αν ο πωλητής ακολουθεί γραμμική ή άλλου είδους στρατηγική. Η τιμές που εξάγονται από τους μηχανισμούς πρόβλεψης μπορούν να συνδυαστούν είτε με γραμμικό ή άλλο τρόπο ώστε να υπολογιστεί το τελικό αποτέλεσμα. Σε αυτό το σημείο παρουσιάζουμε συνοπτικά τους προτεινόμενους μηχανισμούς πρόβλεψης.

Α. Γραμμική Πρόβλεψη

Δεδομένων των δειγμάτων $x(n-M),...,x(n-2),x(n-1)$ θέλουμε να προβλέψουμε την τιμή $x(n)$. Με βάση αυτή την αναφορά έχουμε την ακόλουθη εξίσωση να είναι αληθής:

$$\hat{x}(n|n-1,n-2,...,n-M) = f_M(x(n-1),x(n-2),...,x(n-M)) \quad (7.27)$$

όπου f είναι η συνάρτηση πρόβλεψης και το M καθορίζει τα M τελευταία δείγματα στα οποία βασίζεται η πρόβλεψη. Όταν η συνάρτηση f είναι γραμμική τότε μιλάμε για γραμμική πρόβλεψη. Σε αυτού του είδους την πρόβλεψη θέλουμε να υπολογίσουμε ένα σύνολο συντελεστών στους οποίους βασίζεται το τελικό αποτέλεσμα με αντικείμενο την ελαχιστοποίηση του σφάλματος ανάμεσα στην προβλεφθείσα και την πραγματική τιμή. Έτσι παίρνουμε την ακόλουθη εξίσωση:

$$\hat{x}(n|n-1,n-2,...,n-M) = \sum_{k=1}^{M} a_k \cdot x(n-k) \quad (7.28)$$

όπου a_k είναι οι συντελεστές που αναφέραμε και το σφάλμα δίδεται από:

$$E_M(n) = x(n) - \hat{x}(n|n-1,n-2,...,n-M) \quad (7.29)$$

Ένας αριθμός αλγορίθμων έχει προταθεί κατά καιρούς για τον υπολογισμό των συντελεστών. Η πιο γνωστή μέθοδος είναι η Ελάχιστη Μέση Τετραγωνική Εκτίμηση (Minimum Mean Square Estimate - MMSE). Σε αυτό το μοντέλο προσπαθούμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα της διαφοράς της προβλεφθείσας και της πραγματικής τιμής με τη χρήση της Μέσης τετραγωνικής Ρίζας (Root Mean Square - RMS) η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$RMS = E(|f_M(n)|^2) \quad (7.30)$$

Βασιζόμενοι σε αυτή τη διαδικασία ελαχιστοποίησης παίρνουμε ένα πλήθος εξισώσεων (είναι γνωστές ως κανονικές εξισώσεις, εξισώσεις Yule – Walker και εξισώσεις Wiener – Hopf) οι οποίες όταν επιλυθούν εξάγουν τις τελικές τιμές των συντελεστών. Στη δική μας προσπάθεια για τον υπολογισμό των συντελεστών, χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο Levinson – Durbin [38], [110]. Το πλήθος των υπολογισμών με τη χρήση του αλγορίθμου αυτού είναι σημαντικά μικρότερο από ότι σε άλλες περιπτώσεις.

Β. Πολυωνυμική Πρόβλεψη

Ο μηχανισμός πολυωνυμικής πρόβλεψης στοχεύει στο να αναγνωρίσει περισσότερο πολύπλοκες τιμολογιακές στρατηγικές από ότι ο μηχανισμός γραμμικής πρόβλεψης. Για την πολυωνυμική πρόβλεψη προσπαθούμε να προσεγγίσουμε την τιμολογιακή στρατηγική του πωλητή χρησιμοποιώντας λογικές συναρτήσεις (rational functions) οι οποίες αποτελούν πηλίκα πολυωνύμων. Έτσι έχουμε:

$$R_{i(i+1)\ldots(i+m)} = \frac{P_{\mu}(x)}{Q_{v}(x)} = \frac{p_0 + p_1 \cdot x + p_2 \cdot x^2 + \ldots + p_{\mu} \cdot x^{\mu}}{q_0 + q_1 \cdot x + q_2 \cdot x^2 + \ldots + q_v \cdot x^v} \quad (7.31)$$

όπου p_i είναι οι συντελεστές του P πολυωνύμου και q_i είναι οι συντελεστές του Q πολυωνύμου. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιούμε τη μεθοδολογία Stoer – Bulirsch [173] η οποία με τη σειρά της υιοθετεί τη μέθοδο Richardson extrapolation [15], τη λογική συνάρτηση συμπερασματικής εξαγωγής τιμών σε εφαρμογές Richardson και την τροποποιημένη μέθοδο μέσου σημείου [46]. Η λογική συνάρτηση εκτιμάται περιοδικά και επαναλαμβανόμενα. Έτσι κάθε στοιχείο της λογικής συνάρτησης υπολογίζεται ως εξής:

$$R_{i(i+1)(i+2)\ldots(i+m)} = R_{(i+1)(i+2)\ldots(i+m)} + \frac{R_{(i+1)(i+2)\ldots(i+m)} - R_{i(i+1)\ldots(i+m-1)}}{\left(\frac{x - x_i}{x - x_{i+m}}\right) \cdot \left(1 - \frac{R_{(i+1)(i+2)\ldots(i+m)} - R_{i(i+1)\ldots(i+m-1)}}{R_{(i+1)(i+2)\ldots(i+m)} - R_{(i+1)(i+2)\ldots(i+m-1)}}\right) - 1} \quad (7.32)$$

Γ. Πρόβλεψη με χρήση Νευρωνικού Δικτύου

Ο μηχανισμός πρόβλεψης με χρήση νευρωνικού δικτύου βασίζεται σε ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο (Artificial Neural Network - ANN) το οποίο χτίστηκε και εκπαιδεύτηκε για το σενάριο μας. Τα ANN αποτελούν συστήματα διαχείρισης πληροφοριών και τα οποία έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κοινά με τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα [62]. Στη δική μας περίπτωση, το δίκτυο παίρνει ως εισόδους τις προηγούμενες προσφορές και εξάγει την πρόβλεψη. Χρησιμοποιούμε ένα ANN τριών (3) επιπέδων. Το πρώτο επίπεδο είναι το επίπεδο εισόδων, το δεύτερο αποτελεί το κρυφό επίπεδο και το τρίτο είναι το επίπεδο εξόδων. Τα δεδομένα ρέουν από το επίπεδο εισόδων στο επίπεδο εξόδων (feed forward neural network). Η συνάρτηση μεταφοράς είναι σιγμοειδής. Οι είσοδοι είναι οι τρεις τελευταίες προσφορές του πωλητή (P_{t-3}, P_{t-2}, P_{t-1}) και η έξοδος είναι η προβλεφθείσα τιμή στο χρόνο t (P_t). Το πιο σημαντικό σημείο είναι η διαδικασία εκπαίδευσης του δικτύου. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική αφού η εκπαίδευση πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορεί το δίκτυο να εξάγει τις κατάλληλες τιμές σε κάθε

γύρο της διαπραγμάτευσης. Στη διαδικασία εκπαίδευσης προσπαθούμε να χρησιμοποιήσουμε τιμές για διάφορες τιμολογιακές στρατηγικές που μπορεί να ακολουθεί ο πωλητής. Για ένα αριθμό επαναλήψεων παράγουμε τιμές που αντιστοιχούν σε τρεις κατηγορίες στρατηγικών: γραμμική, επιθετική και υπομονετική. Οι τιμές των παραμέτρων που δεν είναι κοινή γνώση (κόστος, χρονικός ορίζοντας συμμετοχής, στρατηγική - υπομονετική ή όχι – και το κέρδος) επιλέγονται τυχαία σε κάθε επανάληψη. Η διαδικασία εκπαίδευσης λαμβάνει χώρα για όλους τους συνδυασμούς των τιμών αυτών. Αυτό σημαίνει, πως χρησιμοποιούμε ένα πολύ μεγάλο αριθμό δεδομένων εκπαίδευσης. Η χρήση δεδομένων που αντιστοιχούν σε διαφορετικού είδους στρατηγικές προσδίδει αποδοτικότητα στη διαδικασία καθορισμού των βαρών στο νευρωνικό δίκτυο.

Δ. Χρήση των Μηχανισμών Πρόβλεψης

Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ο αγοραστής χρησιμοποιεί τους μηχανισμούς πρόβλεψης και υπολογίζει το σφάλμα πρόβλεψης και την αλλαγή στο σφάλμα. Το σφάλμα πρόβλεψης είναι η μικρότερη τιμή της διαφοράς της τιμής του πωλητή με τις προβλέψεις των τριών μηχανισμών. Οι δύο τιμές του σφάλματος εισάγονται στον ασαφή ελεγκτή και υπολογίζονται οι τιμές της πίστης και της τιμολογιακής στρατηγικής. Η χρήση τριών μηχανισμών πρόβλεψης, μας κάνει ικανούς να αποφύγουμε περιπτώσεις όπου ένας μοναδικός μηχανισμός μπορεί να μην αποδώσει ικανοποιητική πρόβλεψη ιδιαίτερα σε περιπτώσεις πολύπλοκων στρατηγικών. Θα πρέπει να σημειωθεί, πως μια άλλη μέθοδος υπολογισμού των τελικών τιμών των μηχανισμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα άθροισμα με βάρη ή μια πιο έξυπνη τεχνική. Ένας πολύπλοκος αλλά ταυτόχρονα έξυπνος μηχανισμός θα μπορούσε να ήταν η επιλογή ή η απόρριψη ενός από τους μηχανισμούς πρόβλεψης δυναμικά κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Αυτό θα μπορούσε να γίνει όταν διαπιστωνόταν ότι ένας από αυτούς για συνεχόμενους γύρους δίνει μικρό / μεγάλο (για την αποδοχή ή την απόρριψη αντίστοιχα) σφάλμα πρόβλεψης (πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο).

7.5.4.2. Ασαφής Ελεγκτής

Ο προτεινόμενος ασαφής ελεγκτής χρησιμοποιείται για την εξαγωγή των τιμών παραμέτρων που κρίνονται κρίσιμες για την έκβαση της διαπραγμάτευσης. Δίνουμε

έμφαση σε δύο παραμέτρους. Την πίστη του αγοραστή για το πέρας της διαπραγμάτευσης (b) και την τιμολογιακή στρατηγική (k). Οι τιμές τους υπολογίζονται δυναμικά σε κάθε γύρο. Η πρώτη επηρεάζει άμεσα την απόφαση στον τρέχοντα γύρο ενώ η δεύτερη επηρεάζει την επόμενη προτεινόμενη τιμή. Έτσι, ο αγοραστής δεν έχει μια σταθερή τιμολογιακή στρατηγική αλλά την αλλάζει δυναμικά ανάλογα με τις προσφορές που λαμβάνει από τον πωλητή.

Ο ασαφής ελεγκτής βασίζεται σε μια βάση κανόνων και έχει δύο εισόδους. Το σφάλμα και την αλλαγή στο σφάλμα. Το σφάλμα (error) καθορίζεται ως εξής:

$$\text{error} = \left| P_{pr}^{t} - P_{s}^{t} \right| \tag{7.33}$$

όπου P_{pr}^{t} είναι η πρόβλεψη και P_{s}^{t} η πραγματική προσφορά του πωλητή. Επίσης, η αλλαγή στο σφάλμα (error change) καθορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\text{error_change} = \left| \text{error}_{t} - \text{error}_{t-1} \right| \tag{7.34}$$

Οι έξοδοι του ελεγκτή είναι οι δύο που έχουν ήδη αναφερθεί. Η βάση κανόνων αποτελείται από δώδεκα (12) κανόνες. Οι τιμές των μεταβλητών είναι Low, Medium και High. Οι ίδιες τιμές χρησιμοποιούνται και για τις μεταβλητές εξόδου. Οι συναρτήσεις συμμετοχής είναι τραπεζοειδής για τις εισόδους και τις εξόδους.

7.5.5. Πειραματικά Αποτελέσματα

7.5.5.1. Γενική Συζήτηση

Η παρούσα ενότητα είναι αφιερωμένη στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας για ένα αριθμό διαπραγματεύσεων. Αρχικά, δίνουμε μια συνοπτική περιγραφή άλλων παραπλήσιων ερευνητικών προσπαθειών. Στο [19], οι συγγραφείς παρουσιάζουν αποτελέσματα για 100 διαπραγματεύσεις σχετικά με την τιμή και την ποιότητα των προϊόντων. Τα βάρη και τα όρια τιμών που χρησιμοποιούνται στις διαπραγματεύσεις επιλέγονται τυχαία σε ένα διάστημα τιμών. Επιπλέον, στα πειράματα οι συγγραφείς θεωρούν πως έπειτα από 10 ζεύγη προσφορών αν δεν έχει επιτευχθεί συμφωνία η διαπραγμάτευση λήγει με σύγκρουση. Τέλος, εξετάζουν τρεις περιπτώσεις διαπραγματεύσεων οι οποίες εμπλέκουν προσφορές που βασίζονται σε πραγματικές τιμές, σε ασαφή σύνολα και ασαφείς ετικέτες. Παρουσιάζουν για αυτές τις στρατηγικές αποτελέσματα σχετικά με τα ανταλλασσόμενα μηνύματα, το όφελος καθώς και το

πλήθος συμφωνιών. Όμως, καμία άλλη πληροφόρηση δεν δίδεται σε σχέση με τα όρια τιμών, την πολιτική των παικτών, κ.λπ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ένα ποσοστό συμφωνιών ίσο με 86% όταν χρησιμοποιούνται ασαφή σύνολα. Το μικρότερο πλήθος βημάτων για την επίτευξη συμφωνίας είναι ίσο με 1.79 με χρήση ασαφών συνόλων και το μέγιστο όφελος που επιτυγχάνεται είναι ίσο με 80.29 ΧΜ όταν χρησιμοποιούνται ασαφείς ετικέτες.

Στο [144], ένα πλήθος πειραμάτων περιγράφονται για διάφορες τιμές βασικών παραμέτρων των διαπραγματεύσεων. Οι συγγραφείς σε όλα τα πειράματα θεωρούν μια ελάχιστη τιμή ορίου ίση με 10 ΧΜ και μια μέγιστη ίση με 40 ΧΜ. Επιπρόσθετα, θεωρούν τρεις περιπτώσεις σχετικά με τον χρονικό ορίζοντα συμμετοχής: μικρό (10 γύροι), μεσαίο (20 γύροι), και μεγάλο (40 γύροι). Με βάση αυτές τις παραμέτρους οι συγγραφείς παρουσιάζουν αποτελέσματα για τον απαιτούμενο χρόνο για τη λήξη της διαπραγμάτευσης. Ισχυρίζονται πως με τη χρήση της ασαφούς λογικής η διαπραγμάτευση απαιτεί λιγότερο χρόνο απ' ότι αν χρησιμοποιούνταν πραγματικές συγκεκριμένες τιμές. Τέλος, αναφέρουν πως η χρήση της ασαφούς λογικής δεν είναι πάντα καλύτερη αλλά οδηγεί σε πιο ευέλικτες διαπραγματεύσεις.

Στο [42], οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα μοντέλο διαπραγματεύσεων ανάμεσα σε πράκτορες λογισμικού και παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους. Εξετάζουν ένα αριθμό τακτικών και καθορίζουν συγκεκριμένες μετρικές αποτελεσμάτων. Στα αποτελέσματά τους επιτυγχάνουν ένα μέγιστο μέσο ουσιαστικό όφελος (εξίσωση 4.24) ίσο με 0.6 με το ποσοστό συμφωνιών να εξαρτάται από την τακτική που ακολουθείται. Για παράδειγμα, για μια άκρως επιθετική πολιτική επιτυγχάνεται ποσοστό ίσο με 100% ενώ για μια πιο 'φειδωλή' στρατηγική το ποσοστό συμφωνιών είναι ίσο με 45%. Τα αποτελέσματα αυτά αφορούν σε μεγάλους χρονικούς ορίζοντες συμμετοχής (επιλέγονται τυχαία μεταξύ 30 και 60 γύρων). Για μικρούς χρονικούς ορίζοντες (επιλέγονται τυχαία ανάμεσα σε 2 και 10 γύρους) το μέγιστο ποσοστό συμφωνιών είναι ίσο με 90%.

Τέλος, στο [104], οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα μοντέλο μάθησης των οντοτήτων που συμμετέχουν σε διαπραγματεύσεις. Ο στόχος τους είναι να αποκτήσουν δυναμικά γνώση για το περιβάλλον της διαπραγμάτευσης. Χρησιμοποιούνται γενετικοί αλγόριθμοι σαν βάση για ένα μηχανισμό μάθησης έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκριθεί σε πολύπλοκες περιπτώσεις. Όμως, δεν παρουσιάζονται αριθμητικά αποτελέσματα για το θεωρητικό μοντέλο. Παρουσιάζεται μόνο μια σύγκριση ανάμεσα στο προτεινόμενο και σε ένα θεωρητικό μοντέλο ενώ ταυτόχρονα προτείνονται τρεις μετρικές απόδοσης:

$$\Delta_{utility} = \frac{JP_M - JP_{baseline}}{JP_{baseline}} \cdot 100\% \quad (7.35)$$

$$\Delta_{rate} = \frac{SR_M - SR_{baseline}}{SR_{baseline}} \cdot 100\% \quad (7.36)$$

$$\Delta_{round} = \frac{RD_M - RD_{baseline}}{RD_{baseline}} \cdot 100\% \quad (7.37)$$

όπου JP είναι το κοινό όφελος, SR είναι ο ρυθμός επιτυχίας και RD είναι ο γύρος της διαπραγμάτευσης. Στις παραπάνω εξισώσεις, ο δείκτης M αναφέρεται στα αποτελέσματα του προτεινόμενου μοντέλου ενώ η ένδειξη baseline αντιστοιχεί σε ένα θεωρητικό μοντέλο. Τα πειράματα που περιγράφονται αφορούν σε 100 γύρους διαπραγμάτευσης για κάθε έναν από τους παίκτες.

7.5.5.2. Θεωρία Βέλτιστης Παύσης

Η θεωρία βέλτιστης παύσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αναφέρεται στην επιλογή της βέλτιστης χρονικής στιγμής αλλά και της βέλτιστης τιμής για να σταματήσει μια διαδικασία αλληλεπίδρασης. Ο στόχος είναι με την απόφαση αυτή μια οντότητα να μεγιστοποιήσει το όφελος της ή να ελαχιστοποιήσει μια τιμή κόστους.

Το πρόβλημα της εύρεσης γραμματέως είναι γνωστό εδώ και πολλά χρόνια. Για ένα πλήθος N υποψηφίων πρέπει να επιλεγεί αυτή με τα βέλτιστα χαρακτηριστικά ώστε τελικά να προσληφθεί [167]. Έχει αποδειχθεί ότι πρέπει να απορριφθούν οι πρώτες k υποψήφιες και να προσληφθεί η επόμενη με την καλύτερη αποτίμηση που είναι μεγαλύτερη από τη βέλτιστη ανάμεσα στις πρώτες k υποψήφιες. Για πολύ μεγάλες τιμές της παραμέτρου N παίρνουμε πως η τιμή της μεταβλητής k καθορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$k = \frac{N}{e} \quad (7.38)$$

Η πιθανότητα επιλογής της βέλτιστης υποψηφίου από όλες είναι ίση με $\frac{1}{e}$.

Στο σενάριο μας, το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πρόβλημα βέλτιστης παύσης και για τις δύο πλευρές. Και οι δύο οντότητες προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν το όφελός τους. Κυρίως το όφελος βασίζεται στην τιμή του

προϊόντος και στο χρόνο όπου θα κλείσει η διαπραγμάτευση. Όσο μικρότερο είναι το χρονικό σημείο όπου κλείνει η συμφωνία τόσο μεγαλύτερο είναι το όφελος χρόνου αφού δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι καθώς περνάει ο χρόνος και με έλλειψη γνώσης οι δύο παίκτες ρισκάρουν μια πιθανή σύγκρουση. Με βάση τα παραπάνω, επιλέγουμε να αποτιμήσουμε το μοντέλο μας με ένα θεωρητικό πλαίσιο που ορίζεται από τη θεωρία της βέλτιστης παύσης. Περιγράφουμε τα αποτελέσματά μας και δείχνουμε τη διαφορά με το θεωρητικό βέλτιστο. Προσπαθούμε να αποτιμήσουμε τόσο το χρόνο στον οποίο λήγει η διαπραγμάτευση όσο και την τελική τιμή της συμφωνίας.

Επιπλέον, επιλέγουμε να αποτιμήσουμε το μοντέλο με ένα θεωρητικό βέλτιστο που ορίζεται από τη θεωρία χρονοσειρών. Στις χρονοσειρές και πιο συγκεκριμένα στα προβλήματα ανταλλαγής (one – way trading problem) ένας παίκτης προσπαθεί να βρει τη μέγιστη / ελάχιστη τιμή μέσα σε ένα εύρος τιμών. Στο [39], οι συγγραφείς αποδεικνύουν τη βέλτιστη ντετερμινιστική στρατηγική για αλγορίθμους ανταγωνιστικής αναζήτησης (competitive search strategies). Η ακόλουθη εξίσωση εξάγει ένα θεωρητικό όριο τιμής πάνω από το οποίο είναι επικερδές για τον παίκτη να δεχθεί μια προσφορά που προτείνει ο αντίπαλος.

$$R = \sqrt{M \cdot m} \tag{7.39}$$

Στην παραπάνω εξίσωση θεωρούμε τιμές στο διάστημα [m, M]. Το συγκεκριμένο όριο τιμής υποδηλώνει την πιο συμφέρουσα τιμή σε μια διαπραγμάτευση που διέπεται από τις αρχές της θεωρίας αναζήτησης σε χρονοσειρές. Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα όρια m και M αφορούν τον πωλητή και δεν είναι γνωστά στον αγοραστή. Απλά, χρησιμοποιούνται για λόγους αποτίμησης.

Για πιο αποδοτική αποτίμηση του μοντέλου μας, υιοθετούμε το Sherry's πρόβλημα το ποίο περιγράφεται στο [106]. Εάν ένας παίκτης έχει ένα κόστος αναζήτησης ίσο με c και οι προσφορές ακολουθούν μια ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα [m, M] τότε το όριο τιμής υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$R = M - \sqrt{2 \cdot c \cdot (M - m)} \tag{7.40}$$

7.5.5.3. Απόδοση του Προτεινόμενου Μοντέλου

Για την αποτίμηση του προτεινόμενου συστήματος, ακολουθούμε τη λογική που παρουσιάζεται στο [104] και ορίζουμε τις ακόλουθες μετρικές:

$$\Delta_R = \frac{R - R_{OST}}{R_{OST}} \cdot 100\% \quad (7.41)$$

$$\Delta_S = \frac{S - S_{OST}}{S_{OST}} \cdot 100\% \quad (7.42)$$

όπου R είναι η τιμή συμφωνίας που εξάγεται από το μοντέλο μας, R_{OST} είναι το όριο τιμής που καθορίζεται από τη θεωρία βέλτιστης παύσης (εξισώσεις (7.39) και (7.40)), S είναι το πλήθος βημάτων που απαιτούνται από το μοντέλο μας για το κλείσιμο συμφωνίας και S_{OST} είναι η θεωρητική βέλτιστη τιμή που καθορίζεται για το k και καθορίζεται από την εξίσωση 7.38.

Εκτελούμε ένα αριθμό πειραμάτων προσπαθώντας να αναδείξουμε τα πλεονεκτήματα του μοντέλου μας. Στον Πίνακα 43, βλέπουμε τις τιμές των βασικών παραμέτρων του σεναρίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι οντότητες ακολουθούν τη στρατηγική ισορροπίας. Οι αρχικές τιμές των παραμέτρων επιλέγονται τυχαία κατά την έναρξη της διαπραγμάτευσης.

Εξετάζουμε ένα αριθμό σεναρίων σε σχέση με τις τιμές των χρονικών οριζόντων συμμετοχής και τις τιμολογιακές στρατηγικές. Στον Πίνακα 44, παραθέτουμε τα σενάρια αυτά. Ουσιαστικά, εξετάζουμε την περίπτωση όπου ο πωλητής είναι ένας υπομονετικός παίκτης και εξετάζουμε διαφορετικές τιμές για το χρονικό ορίζοντα συμμετοχής (Σενάριο 1 και 2). Επιπλέον, μελετούμε την περίπτωση όπου ο πωλητής είναι ένας επιθετικός παίκτης όπως περιγράφεται στο [93] (Σενάριο 3). Με αυτό τον τρόπο προσπαθούμε να δούμε την απάντηση του μοντέλου προσαρμογής σε καταστάσεις όπου ο αγοραστής αντιμετωπίζει πωλητές που ακολουθούν διαφορετικές στρατηγικές. Τέλος, εξετάζουμε ακόμη δύο σενάρια όπου ο αγοραστής αντιμετωπίζει πωλητές οι οποίοι κατά 50% ακολουθούν υπομονετική και κατά 50% ακολουθούν επιθετική στρατηγική (Σενάριο 4) ή προτείνουν τυχαίες τιμές (Σενάριο 5). Στην τελευταία περίπτωση οι πωλητές δεν ακολουθούν μια συγκεκριμένη τιμολογιακή στρατηγική αλλά επιλέγουν τυχαία την τιμή τους στο διάστημα [c, c + ε]. Πρέπει να σημειωθεί πως σε όλες τις περιπτώσεις η πρώτη προτεινόμενη προσφορά είναι ίση με τη μέγιστη δυνατή τιμή (ίση με c+ε).

Πίνακας 43. Τα βασικά χαρακτηριστικά της διαπραγμάτευσης.

Παράμετροι Αγοραστή	Παράμετροι Πωλητή

p_0	~U (1,V/4) XM	c	~U (1,10) XM
V	~U(1,M[6]) XM	ε	~U(1,80) XM

Πίνακας 44. Τα εξεταζόμενα σενάρια.

	Χρονικός Ορίζοντας	**Κέρδος του Πωλητή**	**Στρατηγική του Πωλητή**
Σενάριο 1	~U (30,60)	~U(1,80) XM	Υπομονετική
Σενάριο 2	~U(1,100)	~U(1,80) XM	Υπομονετική
Σενάριο 3	~U(30,60)	~U(1,80) XM	Επιθετική
Σενάριο 4	~U(30,60)	~U(1,80) XM	50% Υπομονετική – 50% Επιθετική
Σενάριο 5	~U(30,60)	~U(1,80) XM	~U(c, c+ε)

Σε κάθε σενάριο, εκτελούμε ένα αριθμό πειραμάτων για ένα σύνολο ζωνών συμφωνίας. Στον Πίνακα 45 απεικονίζουμε τις ζώνες συμφωνίας. Εστιάζουμε σε περιορισμένου εύρους ζώνες συμφωνίας αλλά και σε ζώνες με μεγάλο εύρος. Ειδικά στις περιορισμένου εύρους ζώνες συμφωνίας υπάρχει ελάχιστος χώρος για να κλείσει η συμφωνία αφού η τιμή της αποτίμησης V και του κόστους c είναι πολύ κοντά. Για παράδειγμα, μπορούμε να έχουμε ένα αγοραστή με αποτίμηση V ίση με 15 XM και ένα πωλητή με κόστος c ίσο με 5 XM. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις του Πίνακα 45 μπορούν να θεωρηθούν σαν ‘μικρές’ τιμές για την αποτίμηση V, ενώ οι υπόλοιπες μπορούν να θεωρηθούν σαν ‘μεγάλες’ τιμές για την αποτίμηση V.

Εκτελούμε τα πειράματα για κάθε σενάριο και κάθε μια ζώνη συμφωνίας. Στον Πίνακα 45, απεικονίζουμε τις μέγιστες τιμές για κάθε περίπτωση (αποτίμηση V και ζώνη συμφωνίας). Οι τιμές του c και του V επιλέγονται τυχαία στα διαστήματα που αναφέρουμε, με τιμές στις περιοχές που περιγράψαμε. Αυτό σημαίνει πως στις περιπτώσεις μικρών ζωνών συμφωνίας υπάρχει αυξημένη η πιθανότητα σύγκρουσης αφού μπορεί να μην υπάρχει καν ζώνη συμφωνίας. Να σημειωθεί πως εκτελούμε 500 προσομοιώσεις για κάθε μια περίπτωση.

[6] M: μια μέγιστη τιμή αποτίμησης. Χρησιμοποιούμε 20, 50, 100, 200 και 300 XM.

Αρχικά, υιοθετούμε τις μετρικές που παρουσιάζονται στο [104] για την αποτίμηση της απόδοσης του προτεινόμενου μοντέλου συγκρινόμενο με ένα ασαφές σύστημα το οποίο δεν προσαρμόζει τις τιμές βασικών παραμέτρων. Όμως, αντικαθιστούμε την παράμετρο JP με την JU που ορίζεται στο [138] και στο [200]. Στο απλό ασαφές σύστημα οι κανόνες ορίζονται από εμπειρογνώμονες και ορίζεται σαν ένα σύστημα βάσης. Στον Πίνακα 46, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα αυτής της σύγκρισης. Μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε πως το προτεινόμενο σύστημα προσαρμογής αποδίδει καλύτερα από το απλό ασαφές σύστημα. Οι τιμές του Πίνακα 46 αποτελούν τους μέσους όρους για τις ζώνες συμφωνίας που περιγράψαμε πιο πάνω. Σχετικά με τη μέση τιμή της μετρικής JU, το μοντέλο προσαρμογής είναι πιο αποδοτικό στο Σενάριο 1. Αυτό σημαίνει ότι σε αυτή την περίπτωση είναι πιο δίκαιο για τους δύο παίκτες. Επιπρόσθετα βλέπουμε πως το σύστημα προσαρμογής οδηγεί σε μεγαλύτερο ποσοστό συμφωνιών από ότι το απλό σύστημα. Η καλύτερη απόδοση έχει επιτευχθεί στο Σενάριο 3, όπου επίσης παίρνουμε τη μεγαλύτερη διαφορά στο πλήθος των απαιτούμενων βημάτων που απαιτούνται για την επίτευξη συμφωνίας. Θυμίζουμε πως στο Σενάριο 3, ο πωλητής είναι ένας επιθετικός παίκτης όσον αφορά στις προσφορές που κάνει προτείνοντας μικρές τιμές από την αρχή της διαπραγμάτευσης.

Πίνακας 45. Οι διαθέσιμες ζώνες συμφωνίας.

	V	**Ζώνη Συμφωνίας**
Περίπτωση 1	20	5 ΧΜ
Περίπτωση 2	50	40 ΧΜ
Περίπτωση 3	100	90 ΧΜ
Περίπτωση 4	200	190 ΧΜ
Περίπτωση 5	300	290 ΧΜ

Πίνακας 46. Σύγκριση με ένα ‘απλό’ σύστημα ασαφούς λογικής.

	$\Delta_{utility}$	Δ_{rate}	Δ_{round}
Σενάριο 1	62.75%	8.81%	-17.74%
Σενάριο 2	14.08%	6.63%	-17.48%
Σενάριο 3	10.00%	9.33%	-34.98%

Σενάριο 4	48.78%	3.38	-27.12%
Σενάριο 5	42.86%	2.29%	-5.62%

Επιπλέον, συγκρίνουμε την απόδοση του μοντέλου μας με ένα θεωρητικό μοντέλο το οποίο ορίζεται από τη θεωρία βέλτιστης παύσης όπως έχουμε περιγράψει πιο πάνω. Εστιάζουμε στην εύρεση της κατάλληλης τιμής του ορίου τιμών και στον χρόνο περάτωσης της διαπραγμάτευσης. Για το σκοπό αυτό, κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς με τις τιμές που χρησιμοποιεί ο πωλητής. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι αυτές οι τιμές δεν είναι γνωστές στην πλευρά του αγοραστή. Ειδικά στη χρήση της εξίσωσης 7.40 θεωρούμε πως c = 1 (μοναδιαίο κόστος).

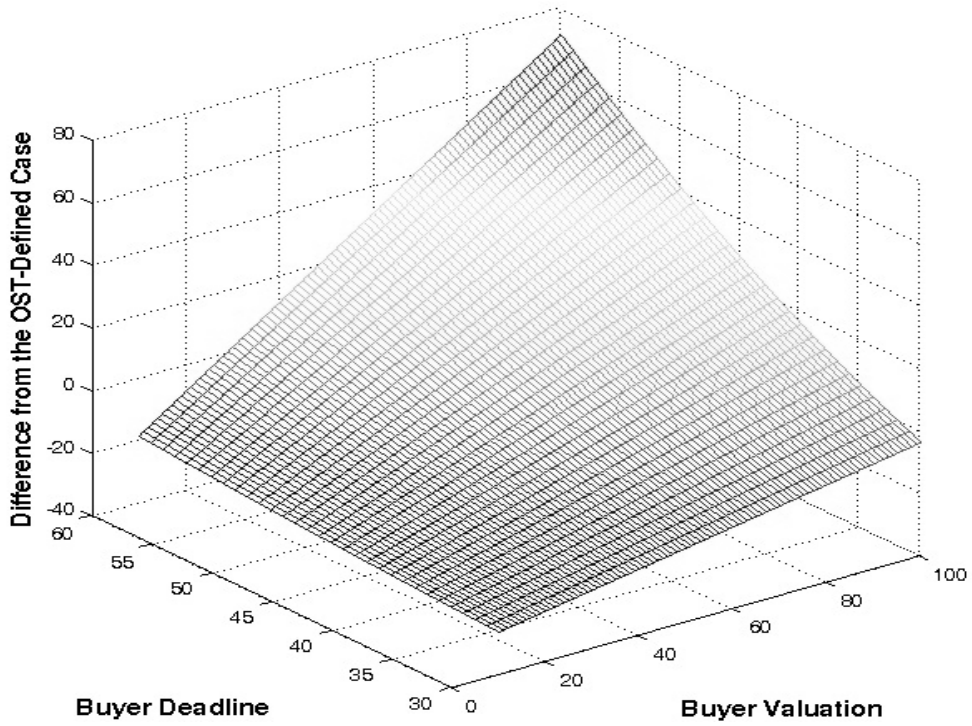
Στον Πίνακα 47, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας για τις περιπτώσεις που περιγράψαμε. Βλέπουμε πως το προτεινόμενο μοντέλο υπερτερεί από το μοντέλο που αποτυπώνεται με την εξίσωση 7.39, σε όλες τις εξεταζόμενες περιπτώσεις. Συγκρινόμενο με το μοντέλο που αποτυπώνεται από την εξίσωση 7.40, το προτεινόμενο δικό μας μοντέλο υπερτερεί στο Σενάριο 3 και στο Σενάριο 5, ενώ βρίσκεται αρκετά κοντά σε απόδοση με το θεωρητικό βέλτιστο στο Σενάριο 4. Αυτό σημαίνει πως το μοντέλο προσαρμογής είναι αρκετά αποδοτικό όταν ο αγοραστής έχει να αντιμετωπίσει ένα σύνολο πωλητών με διάφορες στρατηγικές (πιθανώς αυτή να είναι και η μέση περίπτωση σε μια ΗΑ). Στον Πίνακα 48, βλέπουμε τα αποτελέσματά μας για το Σενάριο 4. Σε αυτά, η μέγιστη τιμή της αποτίμησης V είναι ίση με 50 ΧΜ. Σε αυτό το σύνολο προσομοιώσεων το προτεινόμενο μοντέλο αποδίδει καλύτερα από το θεωρητικό βέλτιστο (εξίσωση 7.40).

Ο Πίνακας 49 απεικονίζει τη διαφορά στο πλήθος των απαιτούμενων βημάτων για να κλείσει μια συμφωνία. Στο Σενάριο 1 και στο Σενάριο 2 το μοντέλο μας έχει χειρότερη απόδοση από το θεωρητικό βέλτιστο, όμως, στις υπόλοιπες περιπτώσεις έχει καλύτερη. Ειδικά στην περίπτωση όπου ο πωλητής ακολουθεί μια επιθετική στρατηγική χρειαζόμαστε 55.29% λιγότερα βήματα ώστε να κλείσει η συμφωνία.

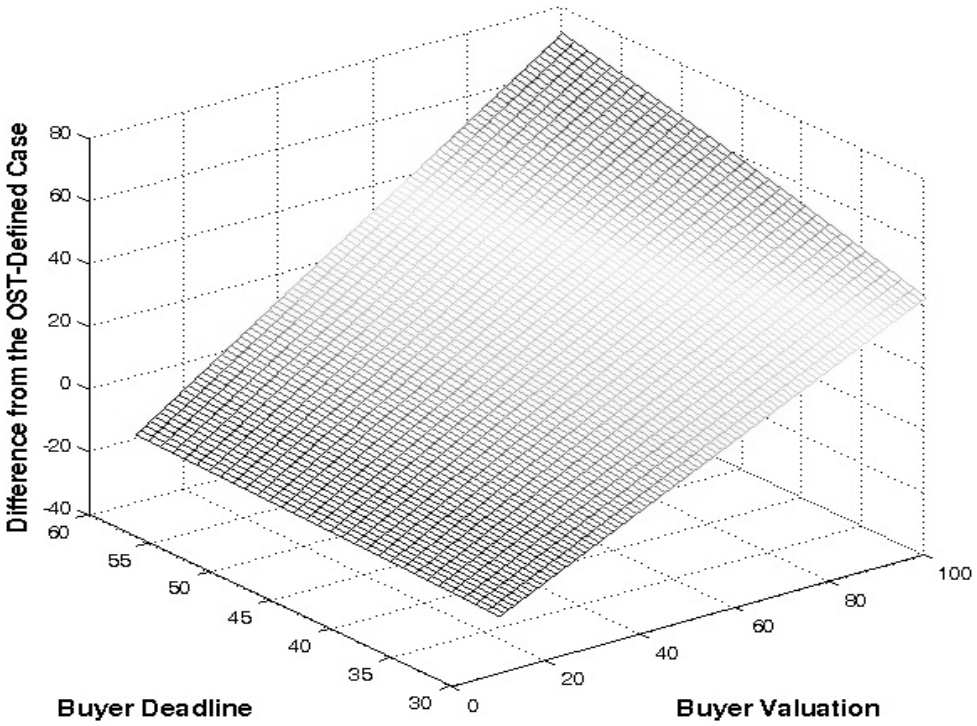
Σε αυτό το σημείο είναι αρκετά ενδιαφέρον να εξετάσουμε τα αποτελέσματα ξεχωριστά για μικρές τιμές της αποτίμησης V (τιμές μικρότερες των 50 ΧΜ μπορούν να θεωρηθούν ως μικρές) αλλά και για μεγάλες (τιμές πάνω από 50 ΧΜ). Στον Πίνακα 50, βλέπουμε τα αποτελέσματα για μεγάλες τιμές του V ενώ στον Πίνακα 51, βλέπουμε τα αποτελέσματα για μικρές τιμές. Παρατηρούμε πως γενικά το προτεινόμενο σύστημα έχει καλύτερη

επίδοση όταν το V παίρνει μικρές τιμές. Οι τιμές συμφωνίας που επιτυγχάνονται βρίσκονται σε καλύτερα επίπεδα σε σύγκριση με τη θεωρητική βέλτιστη περίπτωση. Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει με το πλήθος των απαιτούμενων βημάτων.

Συνεχίζοντας τη σύγκριση του προτεινόμενου μοντέλου με το θεωρητικό βέλτιστο (εξίσωση 7.40), από το Σχήμα 49 και το Σχήμα 50 ενισχύεται το συμπέρασμα μας πως ο αγοραστής είναι καλύτερο να έχει μικρή τιμή για την αποτίμηση V. Στην πρώτη περίπτωση εξετάζουμε έναν υπομονετικό αγοραστή ενώ στη δεύτερη έναν ο οποίος ακολουθεί επιθετική τιμολογιακή στρατηγική.



Σχήμα 49. Διαφορά με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (υπομονετικός αγοραστής).



Σχήμα 50. Διαφορά με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (επιθετικός αγοραστής).

Στον Πίνακα 52 και στον Πίνακα 53, παρουσιάζουμε την τιμή της αποτίμησης V. Οι τιμές που απεικονίζονται στους πίνακες δείχνουν ένα όριο τιμής κάτω από το οποίο ο αγοραστής έχει πολλές πιθανότητες να επιτύχει καλύτερη απόδοση από το θεωρητικό βέλτιστο. Μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι όταν η αποτίμηση V παίρνει μικρές τιμές αποτελεί καλύτερη προσέγγιση. Μικρές τιμές όμως για το V έχουμε όταν ο αγοραστής δεν θεωρεί πολύ σημαντικό το προϊόν και συνεπώς δεν είναι διατεθειμένος να πληρώσει μεγάλη τιμή. Σε αυτές τις περιπτώσεις λοιπόν ο αγοραστής πιέζει τον πωλητή για μικρότερες προσφορές. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται από τη μορφή της συνάρτησης οφέλους. Εφόσον θέλουμε μεγάλο κέρδος στις περιπτώσεις μικρών τιμών του V πρέπει να κλείσει η συμφωνία σε αρκετά μικρές τιμές. Όταν το V είναι μεγάλο, ο αγοραστής έχει τη δυνατότητα να πληρώσει λίγο παραπάνω για ένα σημαντικό προϊόν. Επίσης, σε αυτές τις περιπτώσεις η αύξηση των προσφορών γίνεται με μεγαλύτερο βήμα και κατά συνέπεια αυξάνεται η τιμή συμφωνίας.

Πίνακας 47. Σύγκριση με ένα μοντέλο βασισμένο στη θεωρία βέλτιστης παύσης (τιμή συμφωνίας).

	Δ_R (το R ορίζεται με την 7.39)	Δ_R (το R ορίζεται με την 7.40)
Σενάριο 1	79.71%	-27.79%
Σενάριο 2	86.18%	-25.11%
Σενάριο 3	-24.47%	-71.24%
Σενάριο 4	18.16%	-53.88%
Σενάριο 5	-4.03%	-62.16%

Πίνακας 48. Αποτελέσματα για το Σενάριο 4 (500 διαπραγματεύσεις).

Παράμετρος	***Μέση Τιμή (σε 500 διαπραγματεύσεις)***
V	27.49
p_b^0	3.58
p_s^0	59.71
ε	39.86
c	5.06
Βήματα Διαπραγμάτευσης	13.56
Βήματα για επίτευξη συμφωνίας	11.23
Τιμή συμφωνίας	7.05
Μέση τιμή ορίου που καθορίζεται από τη θεωρία βέλτιστης παύσης (εξίσωση 7.39)	13.90

Πίνακας 49. Σύγκριση με μοντέλο που βασίζεται στη θεωρία βέλτιστης παύσης (βήματα διαπραγμάτευσης).

	Δ_S
Σενάριο 1	33.58%
Σενάριο 2	27.64%

Σενάριο 3	-55.29%
Σενάριο 4	-14.17%
Σενάριο 5	-14.03%

Πίνακας 50. Διαφορά με ένα μοντέλο βέλτιστης παύσης (μεγάλες τιμές για την αποτίμηση V).

	Δ_R (το R ορίζεται από την 7.39)	**Δ_R (το R ορίζεται από την 7.40)**	**Δ_S**
Σενάριο 1	112.38%	-17.13%	1.49%
Σενάριο 2	122.83%	-12.06%	-13.33%
Σενάριο 3	-6.82%	-63.68%	-71.11.%
Σενάριο 4	47.75%	-42.60%	-35.98%
Σενάριο 5	17.94%	-53.56%	-40.01%

Πίνακας 51. Διαφορά με ένα μοντέλο βέλτιστης παύσης (μικρές τιμές για την αποτίμηση V).

	Δ_R (το R ορίζεται από την 7.39)	**Δ_R (το R ορίζεται από την 7.40)**	**Δ_S**
Σενάριο 1	20.97%	-48.66%	81.72%
Σενάριο 2	14.24%	-52.35%	89.10%
Σενάριο 3	-52.66%	-61.35%	-31.56%
Σενάριο 4	-27.95%	-71.65%	18.55%
Σενάριο 5	-38.90%	-75.85%	25.05%

Πίνακας 52. Βέλτιστη τιμή αποτίμησης V για διάφορες πολιτικές (a=0.5).

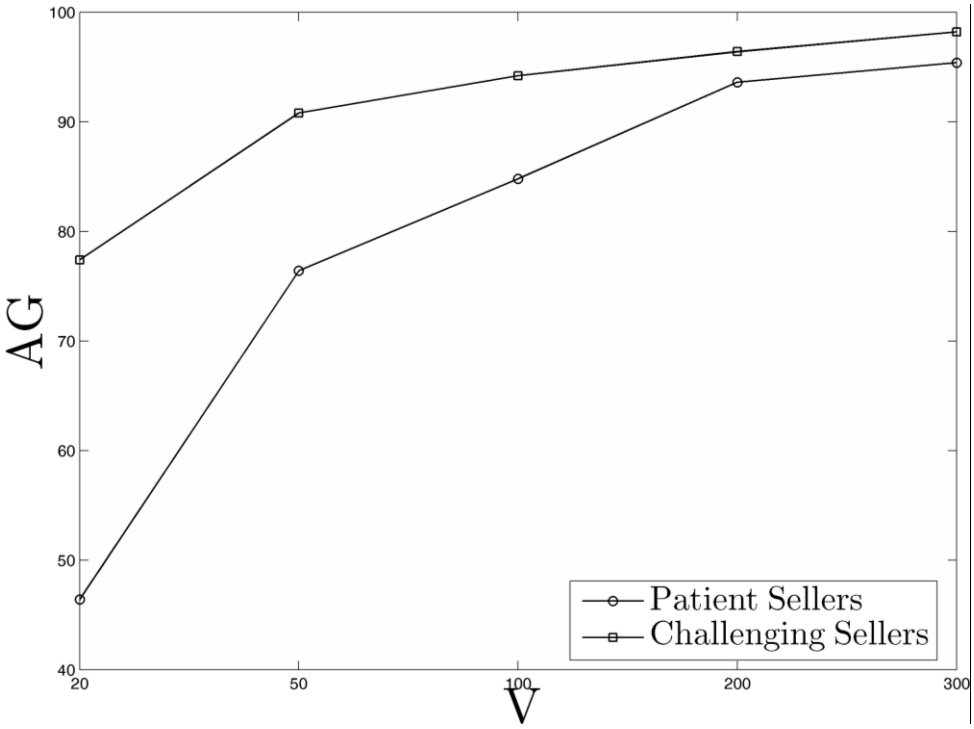
Χρόνος (t)	**Στρατηγική (k)**	**Όριο που καθορίζεται από την εξίσωση 7.7**
20	2	49

45	2	28
20	0.5	28
45	0.5	22

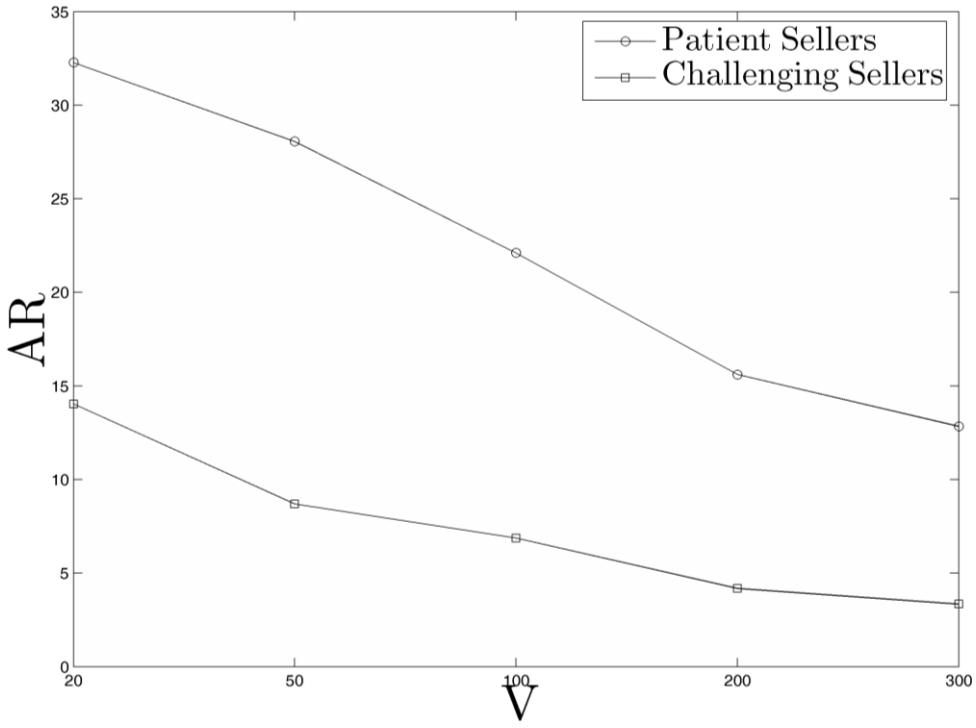
Πίνακας 53. Βέλτιστη τιμή αποτίμησης V για διάφορες πολιτικές (a=1.0).

Χρόνος (t)	**Στρατηγική (k)**	**Όριο που καθορίζεται από την εξίσωση 7.7**
20	2	27
45	2	19
20	0.5	19
45	0.5	16

Στο Σχήμα 51a, απεικονίζουμε μια σύγκριση της απόδοσης του μηχανισμού προσαρμογής όταν ο αγοραστής αλληλεπιδρά με υπομονετικούς ή επιθετικούς πωλητές. Μπορούμε να δούμε πως η αλληλεπίδραση με επιθετικούς πωλητές οδηγεί σε μεγαλύτερα ποσοστά συμφωνιών (εξίσωση 4.23) ακόμα και για μικρές τιμές της αποτίμησης V. Οι πωλητές προτείνουν χαμηλές τιμές από το ξεκίνημα της διαπραγμάτευσης και έτσι είναι πιο εύκολο να κλείσει η συμφωνία. Για αυτό το λόγο και οι δύο συμμετέχοντες αποκομίζουν θετικό κέρδος κυρίως λόγω του αυξημένου πλήθους των συμφωνιών. Σε αυτές τις περιπτώσεις το ποσοστό συμφωνιών προσεγγίζει το 100% (για μεγάλες τιμές του V).



(a)



(b)

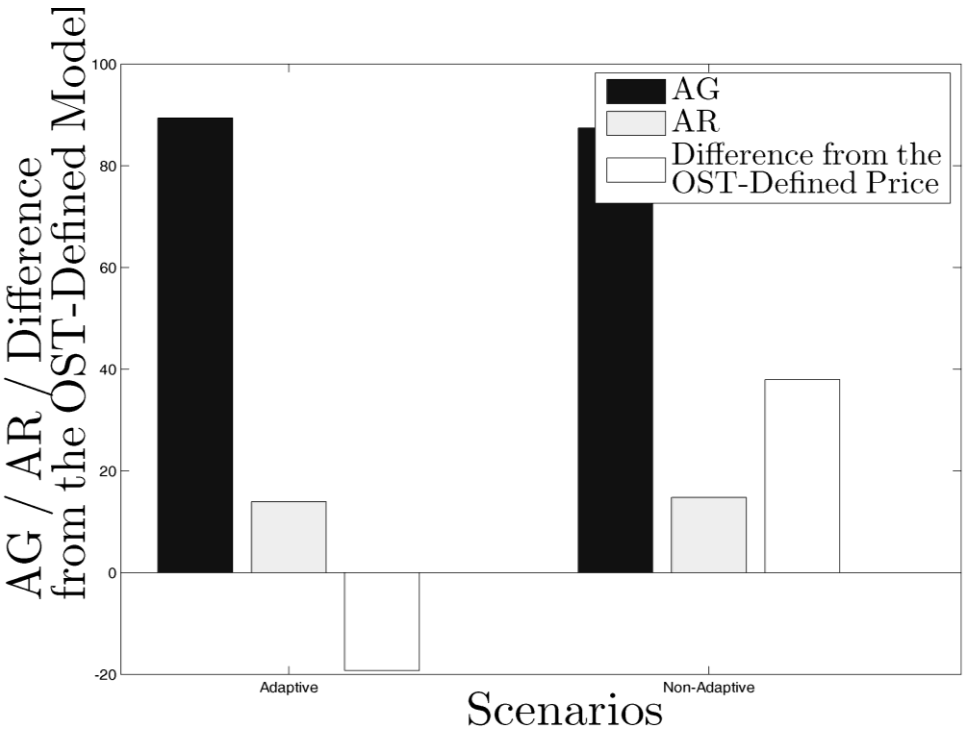
Σχήμα 51. Σύγκριση ανάμεσα σε υπομονετικούς και επιθετικούς πωλητές (μοντέλο προσαρμογής).

Στο ίδιο συμπέρασμα φτάνουμε εάν εξετάσουμε το πλήθος των απαιτούμενων βημάτων για να κλείσει η συμφωνία (εξίσωση 4.26). Στο Σχήμα 51b παρουσιάζουμε τη γραφική

αναπαράσταση των βημάτων συμφωνίας όταν ο αγοραστής αντιμετωπίζει ένα μεικτό σύνολο πωλητών (όσο αφορά στη στρατηγική που ακολουθούν). Βλέπουμε πως όταν οι πωλητές ακολουθούν επιθετική στρατηγική τότε το πλήθος των βημάτων είναι μικρότερο από ότι στη δεύτερη περίπτωση. Επιπρόσθετα, συνδυάζοντας τα αποτελέσματα του σχήματος παρατηρούμε πως όταν αυξάνει η τιμή της αποτίμησης V τότε αυξάνει επίσης το ποσοστό συμφωνιών αλλά το πλήθος των βημάτων μειώνεται. Αυτό σημαίνει πως ο αγοραστής αφιερώνει μικρότερο χρονικό διάστημα λόγω της αυξημένης σημασίας που δίνει στο προϊόν και πιθανόν αυτή τον κάνει να αποδεχτεί τις προσφορές του πωλητή. Δεν πρέπει να ξεχνάμε πως μεγάλες τιμές της αποτίμησης V οδηγούν σε μεγάλο εύρος της ζώνης συμφωνίας.

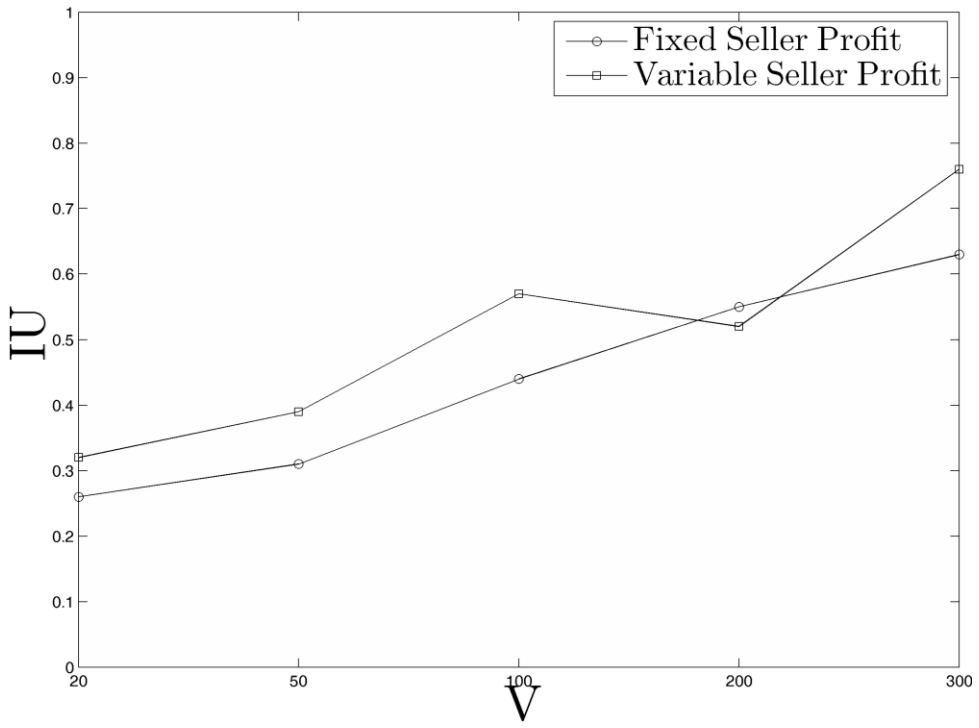
Στο Σχήμα 52 δείχνουμε τα αποτελέσματα μας συγκρίνοντας το μοντέλο προσαρμογής με ένα μοντέλο το οποίο δεν προσαρμόζει τις παραμέτρους της συμπεριφοράς του αγοραστή. Βλέπουμε πως το μοντέλο προσαρμογής υπερτερεί σε σχέση με το απλό μοντέλο, όταν ο αγοραστής αλληλεπιδρά με πωλητές που προτείνουν τυχαίες τιμές στο διάστημα [c, c + ε]. Η πιο ενδιαφέρουσα παρατήρηση είναι ότι ενώ το μοντέλο προσαρμογής οδηγεί σε τιμές μικρότερες από το θεωρητικό βέλτιστο, το απλό μοντέλο επιτυγχάνει χειρότερες επιδόσεις (θετική διαφορά με το θεωρητικό βέλτιστο). Για παράδειγμα, εάν η αποτίμηση του αγοραστή για το προϊόν είναι ίση με 100 ΧΜ το μοντέλο προσαρμογής επιτυγχάνει 2% περισσότερες συμφωνίες σε σχέση με το απλό. Το μέσο κοινό όφελος JU είναι μεγαλύτερο κατά 25% σε σύγκριση με το απλό μοντέλο ενώ απαιτεί -5.62% λιγότερα βήματα για την επίτευξη συμφωνίας. Πρέπει, τέλος να σημειωθεί ότι το μέσο ουσιαστικό όφελος είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις.

Στο Σχήμα 53 συγκρίνουμε τη χρήση του μοντέλου προσαρμογής σε ένα σενάριο όπου ο αγοραστής αλληλεπιδρά με πωλητές που έχουν είτε σταθερό κέρδος είτε μεταβλητό. Με τον όρο σταθερό κέρδος εννοούμε πως όλοι οι πωλητές στοχεύουν αρχικά σε ένα σταθερό ποσό κέρδους ενώ στη δεύτερη περίπτωση το αρχικό επιδιωκόμενο κέρδος επιλέγεται τυχαία σε ένα συγκεκριμένο διάστημα τιμών. Η περίπτωση του μεταβλητού κέρδους υπερτερεί της περίπτωσης σταθερού κέρδους όταν εξετάζουμε το μέσο ουσιαστικό όφελος. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο προσαρμογής συμπεριφέρεται καλύτερα όταν ο πωλητής στοχεύει σε μικρότερο σχετικά κέρδος (κατά μέσο όρο). Και στις δύο περιπτώσεις το ουσιαστικό όφελος αυξάνει όσο αυξάνει η τιμή της αποτίμησης V.

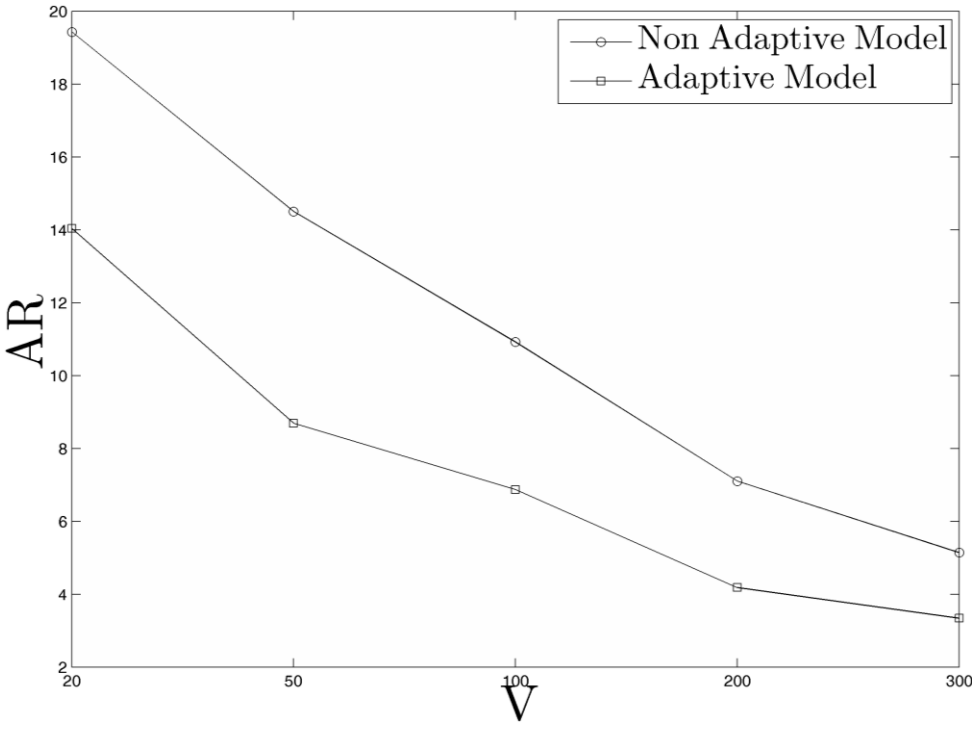


Σχήμα 52. Αποτελέσματα για τυχαίες προσφορές του πωλητή.

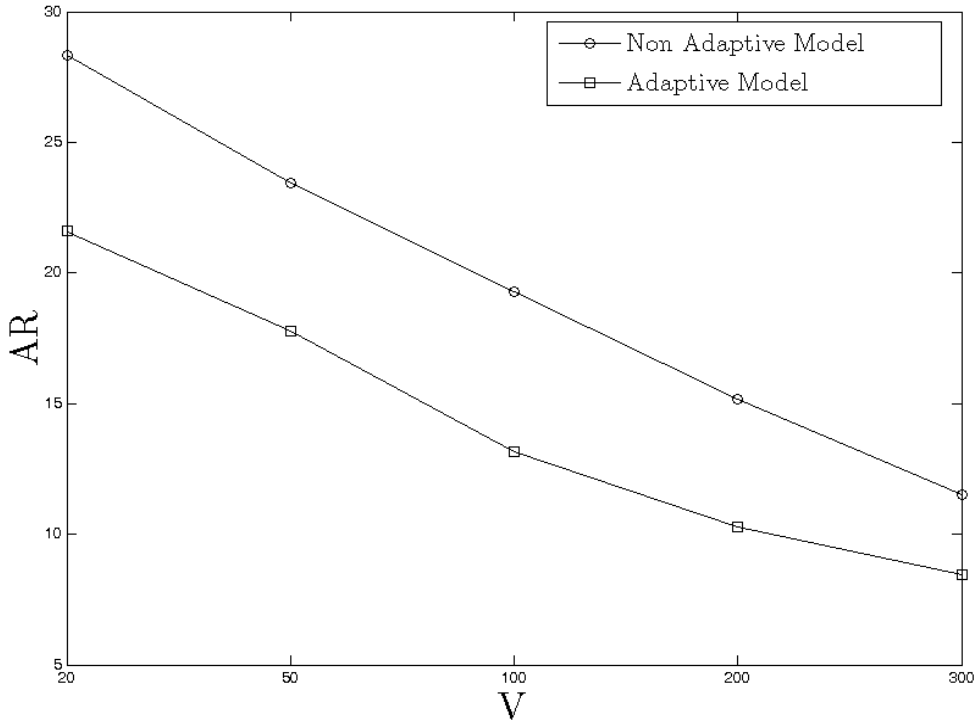
Στο Σχήμα 54 παρουσιάζουμε μια ακόμη σύγκριση του προτεινόμενου μοντέλου με το απλό ασαφές σύστημα. Αυτή σύγκριση αφορά την περίπτωση όπου ο αγοραστής αντιμετωπίζει πωλητές που ακολουθούν επιθετική στρατηγική. Βλέπουμε πως σε αυτή την περίπτωση τα απαιτούμενα βήματα είναι λιγότερα στο μοντέλο προσαρμογής. Η διαφορά μεγαλώνει όσο μικραίνει η τιμή του V. Αυτό σημαίνει ότι με προσαρμογή της συμπεριφοράς εξοικονομείται χρόνος στην πλευρά του αγοραστή. Για παράδειγμα, στην περίπτωση όπου το V επιλέγεται τυχαία στο διάστημα [1,20] ΧΜ, χρειαζόμαστε περίπου 6 προσφορές λιγότερες (κατά μέσο όρο) ώστε να κλείσει μια συμφωνία. Τέλος, στο Σχήμα 55 βλέπουμε μια σύγκριση των δύο μοντέλων, όταν ο αγοραστής αλληλεπιδρά με πωλητές που ακολουθούν διαφορετικές τιμολογιακές στρατηγικές.



Σχήμα 53. Σύγκριση όταν ο πωλητής χρησιμοποιεί σταθερό ή μεταβλητό κέρδος.



Σχήμα 54. Σύγκριση μεταξύ προσαρμοστικού και απλού μοντέλου – Περίπτωση επιθετικού πωλητή.



Σχήμα 55. Σύγκριση μεταξύ προσαρμοστικού και απλού μοντέλου – Περίπτωση πωλητή με διαφορετικές τιμολογιακές στρατηγικές.

Στο σημείο αυτό συγκρίνουμε περιπτώσεις όπου ο αγοραστής και ο πωλητής χρησιμοποιούν και οι δυο ταυτόχρονα τα συστήματα ασαφούς λογικής που περιγράψαμε πιο πάνω. Τα σενάρια για τα οποία γίνεται η σύγκριση είναι τα ακόλουθα:

- ***Σενάριο Α.*** Συγκρίνουμε την περίπτωση όπου και οι δύο παίκτες υιοθετούν την ασαφή λογική με ένα μοντέλο όπου μόνο ο αγοραστής βασίζεται στο προτεινόμενο σύστημα. Η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας ακολουθείται τόσο από τον αγοραστή όσο και από τον πωλητή.
- ***Σενάριο Β.*** Συγκρίνουμε την περίπτωση όπου και οι δύο παίκτες υιοθετούν την ασαφή λογική με ένα μοντέλο όπου μόνο ο πωλητής βασίζεται στο προτεινόμενο σύστημα. Η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας ακολουθείται τόσο από τον αγοραστή όσο και από τον πωλητή.
- ***Σενάριο Γ.*** Συγκρίνουμε την περίπτωση όπου και οι δύο παίκτες υιοθετούν την ασαφή λογική με το μοντέλο όπου ο πωλητής στοχεύει σε μικρότερο κέρδος (ε = 20). Η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας ακολουθείται και από τους δύο μόνο όταν ε = 20.

- ***Σενάριο Δ.*** Συγκρίνουμε την περίπτωση όπου και οι δύο παίκτες υιοθετούν την ασαφή λογική με το μοντέλο όπου ο πωλητής στοχεύει σε κέρδος ε = 20. Η ακολουθιακή στρατηγική ισορροπίας ακολουθείται και από τους δύο παίκτες.

Οι μετρικές για τις οποίες παρουσιάζουμε αποτελέσματα είναι τα $\Delta_{utility}$ Δ_{rate} Δ_{round} όπως αυτές περιγράφηκαν στις εξισώσεις 7.35, 7.36 και 7.37. Για τη μετρική $\Delta_{utility}$ βασιζόμαστε στο μέσο ουσιαστικό όφελος (Intrinsic Utility – IU).

Στον Πίνακα 54 παρατηρούμε πως γενικά συμφέρει τον αγοραστή να υιοθετήσει το σύστημα ασαφούς λογικής αλλά το ίδιο να συμβαίνει και στην πλευρά του πωλητή. Βλέπουμε πως το όφελος για τον αγοραστή είναι μεγαλύτερο όταν και οι δύο υιοθετούν τα προτεινόμενα συστήματα ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μεγαλύτερος αριθμός συμφωνιών. Το ενδιαφέρον είναι ότι το πλήθος των βημάτων για το κλείσιμο της συμφωνίας είναι μικρότερο έως και 80% όταν και οι δύο βασίζονται στα προτεινόμενα συστήματα. Στον Πίνακα 55 βλέπουμε πως η χρήση της ασαφούς λογικής και στις δύο πλευρές δεν είναι και τόσο επωφελής για τον πωλητή. Φυσικά τα απαιτούμενα βήματα είναι πολύ λιγότερα αλλά το τελικό όφελος δεν είναι μεγαλύτερο από ότι στην περίπτωση όπου μόνο ο πωλητής βασίζεται στο ασαφές σύστημα. Οι συμφωνίες που ‘κλείνει’ είναι αρκετά μεγαλύτερες ειδικά όταν η τιμή της αποτίμησης V είναι μικρή (περιορισμένη ζώνη συμφωνίας).

Πίνακας 54. Αποτελέσματα για το Σενάριο Α.

V	$\Delta_{utility}$	Δ_{rate}	Δ_{round}
20	50%	38%	-34%
50	31%	7%	-49%
100	65%	7%	-79%
200	17%	0%	-75%
300	28%	0%	-80%

Πίνακας 55. Αποτελέσματα για το Σενάριο Β.

V	$\Delta_{utility}$	Δ_{rate}	Δ_{round}
20	-67%	64%	-43%
50	-3%	10%	-66%

100	16%	4%	-80%
200	-3%	2%	-77%
300	-13%	2%	-75%

Στους Πίνακες 56 και 57 παρουσιάζουμε τη σύγκριση με μοντέλα όπου ο πωλητής στοχεύει σε μικρότερο κέρδος από ότι στα προηγούμενα πειράματα. Στον Πίνακα 56, τα πειράματα έγιναν με τους δύο παίκτες να βασίζονται μόνο στην ασαφή λογική ενώ στα πειράματα του Πίνακα 57, οι δύο παίκτες υιοθετούν συνδυασμό της ασαφούς λογικής και της στρατηγικής ισορροπίας. Παρατηρούμε ότι η αύξηση του κέρδους για τον πωλητή είναι εντυπωσιακή και στις δύο περιπτώσεις, ιδιαίτερα όταν η τιμή της αποτίμησης V είναι μικρή (μικρή ζώνη συμφωνίας). Η μείωση στο πλήθος των βημάτων είναι αρκετά μεγαλύτερη όταν δεν γίνεται η χρήση της στρατηγικής ισορροπίας ενώ το ποσοστό συμφωνιών είναι μεγαλύτερο σε αρκετές περιπτώσεις ζωνών συμφωνίας. Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα πως για ένα πωλητή το καλύτερο είναι να στοχεύσει σε μικρό κέρδος εξ' αρχής, το οποίο και τελικά διασφαλίζει μέσα από τη διαδικασία της διαπραγμάτευσης.

Πίνακας 56. Αποτελέσματα για το Σενάριο Γ.

V	$\Delta_{utility}$	Δ_{rate}	Δ_{round}
20	145%	45%	-61%
50	35%	18%	-76%
100	32%	-6%	-83%
200	49%	4%	-88%
300	25%	4%	-86%

Πίνακας 57. Αποτελέσματα για το Σενάριο Δ.

V	$\Delta_{utility}$	Δ_{rate}	Δ_{round}
20	575%	17%	-36%
50	83%	0%	-39%
100	58%	-8%	-31%

200	40%	2%	-37%
300	36%	0%	-41%

7.6. Ερευνητική Συνεισφορά

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάσαμε τη συνεισφορά μας στον τομέα των αυτόματων διαπραγματεύσεων. Ορίσαμε και υλοποιήσαμε ένα ασαφές σύστημα για την αναπαράσταση και το συμπερασμό της λήψης της κατάλληλης απόφασης για ένα αγοραστή, ο οποίος συμμετέχοντας σε μια ΗΑ προσπαθεί να αποκτήσει τα προϊόντα που επιθυμεί. Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε το προτεινόμενο σύστημα στο μηχανισμό λήψης αποφάσεων των αγοραστών. Ο μηχανισμός εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο των διαπραγματεύσεων, λαμβάνοντας υπόψιν τις τιμές βασικών παραμέτρων των πωλητών. Εστιάζουμε σε αρκετές παραμέτρους, σε αντίθεση με άλλες ερευνητικές εργασίες που μπορεί κανείς να βρει στη βιβλιογραφία. Στο τέλος, αποτιμήσαμε την απόδοση του προτεινόμενου συστήματος σχετικά με το συνολικό αριθμό συμφωνιών σε ένα πλήθος διαπραγματεύσεων, την τελική τιμή της συμφωνίας σε κάθε επιτυχή διαπραγμάτευση, τον απαιτούμενο χρόνο για την επιτυχή έκβαση μιας διαπραγμάτευσης και το τελικό όφελος που αποκομίζει ένας αγοραστής από κάθε επιτυχή διαπραγμάτευση. Το όφελος βασίζεται κυρίως στην τιμή του προϊόντος όταν η διαπραγμάτευση αφορά ένα χαρακτηριστικό ενώ βασίζεται σε ένα σύνολο παραμέτρων όταν έχουμε διαπραγματεύσεις για πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΙΑΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΑΥΣΗΣ

Στα προηγούμενα κεφάλαια προτείναμε μοντέλα διαπραγματεύσεων, τα οποία βασίστηκαν είτε στη θεωρία παιγνίων είτε στην ασαφή λογική. Τα μοντέλα αυτά βασίζουν τις αποφάσεις τις οποίες εξάγουν σε ένα σύνολο παραμέτρων και στις τιμές τις οποίες λαμβάνουν κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Επεκτείνουμε τη συλλογιστική αυτή και στο παρόν κεφάλαιο προτείνουμε μοντέλα τα οποία βασίζονται σε μια προσέγγιση που βασίζεται στο χρόνο. Ουσιαστικά, τα προτεινόμενα μοντέλα προσπαθούν να διαπιστώσουν το κατάλληλο χρονικό διάστημα, ώστε να ληφθεί η απόφαση αποδοχής ή μη της προσφοράς του πωλητή. Η πιο κατάλληλη τεχνολογία για το σκοπό αυτό είναι η θεωρία βέλτιστης παύσης. Η εξαγωγή του βέλτιστου χρονικού σημείου γίνεται με γνώμονα τη μεγιστοποίηση του αναμενόμενου κέρδους, παρατηρώντας βέβαια τις προσφορές που κάνει ο πωλητής. Προφανώς, και σε αυτή την περίπτωση υποθέτουμε πως δεν υπάρχει γνώση για τα χαρακτηριστικά των οντοτήτων, ώστε τα προτεινόμενα μοντέλα να προσεγγίσουν τις συνθήκες που επικρατούν σε πραγματικές καταστάσεις.

8.1. Εισαγωγή

Η θεωρία της βέλτιστης παύσης (Optimal Stopping Theory) [142] χειρίζεται προβλήματα όπου πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος χρόνος στον οποίο πρέπει να ληφθεί μια συγκεκριμένη απόφαση. Η απόφαση βασίζεται σε ένα σύνολο παρατηρήσεων (τυχαίες μεταβλητές) και έχει ως απώτερο στόχο να μεγιστοποιήσει ένα όφελος ή να ελαχιστοποιήσει ένα κόστος / ρίσκο [164]. Τα προβλήματα βέλτιστης παύσης συνήθως χαρακτηρίζονται από τη διαθεσιμότητα σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ενός λήπτη της απόφασης (Decision Maker - DM). Αυτός είναι που σταματά τη διαδικασία της παρατήρησης. Σε κάθε στάδιο, ο λήπτης της απόφασης παρατηρεί την κατάσταση του συστήματος και αποφασίζει το αν θα σταματήσει ή το αν θα συνεχίσει τις παρατηρήσεις. Ο καλύτερος χρόνος για να σταματήσει ονομάζεται *βέλτιστος χρόνος παύσης (optimal stopping time)* ή *κανόνας βέλτιστης παύσης (optimal stopping rule).*

Πολλά προβλήματα είναι αυτά που έχουν κατά καιρούς μοντελοποιηθεί και λυθεί με τη θεωρία βέλτιστης παύσης [57]. Σε αυτού του είδους τα προβλήματα, ο λήπτης της απόφασης παρατηρεί τις μεταβλητές X_1, X_2, … οι οποίες έχουν συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας $P(X)$ και $\mathbb{E}(X) < \infty$. Σε κάθε στάδιο $t = 1, 2, \ldots$ αφού παρατηρήσει τις τιμές

x_1, x_2, x_3, …, x_t ο λήπτης απόφασης μπορεί να συνεχίσει στην επόμενη παρατήρηση παίρνοντας x_{t+1}. Ο κανόνας βέλτιστης παύσης είναι να σταματήσουμε σε ένα t* έτσι ώστε να μεγιστοποιήσουμε το αναμενόμενο κέρδος [164]. Ένα πρόβλημα βέλτιστης παύσης έχει ένα καθορισμένο ορίζοντα όταν υπάρχει ένα άνω όριο μέχρι το οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση. Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να λυθούν με τη μέθοδο της επαγωγής με οπισθοδρόμηση (backward induction). Όταν δεν υπάρχει άνω όριο στο χρονικό διάστημα λήψης της απόφασης, τότε μιλάμε για προβλήματα απεριόριστου χρόνου.

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζουμε την προσέγγιση μας για τη χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης την οποία εφαρμόζουμε στην πλευρά του αγοραστή. Πιο συγκεκριμένα, ο αγοραστής ψάχνει να βρει ένα χρονικό σημείο $1 \leq t^* \leq T_b$ ώστε να σταματήσει και να μεγιστοποιήσει το αναμενόμενο όφελος του. Τα πλεονεκτήματα του προτεινόμενου μοντέλου, συγκρινόμενο με άλλες ερευνητικές προσπάθειες είναι τα ακόλουθα:

- Το προτεινόμενο μοντέλο υποθέτει απολύτως καμία γνώση για τα χαρακτηριστικά των πωλητών. Ο αγοραστής απλά χρησιμοποιεί τη θεωρία βέλτιστης παύσης ώστε να αποφασίσει το χρόνο στον οποίο θα σταματήσει τη διαδικασία. Προτείνουμε τρία σχήματα με βάση τη θεωρία βέλτιστης παύσης.
- Το προτεινόμενο μοντέλο δεν απαιτεί καμία περίπλοκη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του αγοραστή. Δεν χρειάζεται να καθορίσουμε κάποια στρατηγική ισορροπίας ή να κάνουμε πολύπλοκους υπολογισμούς ώστε να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις που μπορεί ο αγοραστής να συναντήσει κατά τη διάρκεια μιας διαπραγμάτευσης.
- Το προτεινόμενο μοντέλο δεν απαιτεί να δοθούν δεδομένα από εμπειρογνώμονες ή να καθοριστούν κάποιοι κανόνες συμπεριφοράς όπως αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις χρήσεις της ασαφούς λογικής.
- Το προτεινόμενο μοντέλο υπολογίζει το βέλτιστο κόστος αναζήτησης και την τιμή αποτίμησης της κάθε συγκεκριμένης απόφασης.
- Το προτεινόμενο μοντέλο δεν απαιτεί απολύτως κανένα συντονισμό στρατηγικής όταν χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις πολλαπλών ταυτόχρονων διαπραγματεύσεων.

8.2. Εξεταζόμενο Σενάριο

Σε αυτή την ενότητα, εστιάζουμε στο σενάριο που ήδη έχει περιγραφεί παραπάνω. Αυτό το σενάριο εμπλέκει απ' ευθείας διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε ένα αγοραστή και ένα πωλητή για την επίτευξη συμφωνίας σχετικά με την τελική αγοραπωλησία ενός προϊόντος. Υποθέτουμε ένα διακριτό πλαίσιο χρόνο $t \in \mathbb{T}$. Σε κάθε γύρο t οι οντότητες προτείνουν μια τιμή στον 'αντίπαλο' για το συγκεκριμένο προϊόν. Η απόφαση της οντότητας που δέχεται μια προσφορά καθορίζεται από τη συνάρτηση f(t) = {accept, reject, quit}. Η διαπραγμάτευση διαρκεί συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και περιλαμβάνει ένα μοντέλο ανταλλαγής προσφορών (alternating offers). Η διαπραγμάτευση, εφόσον δεν έχει επιτευχθεί συμφωνία, τερματίζεται σε χρόνο $T = \min(T_b, T_s)$ όπου T_b και T_s είναι οι χρονικοί ορίζοντες συμμετοχής του αγοραστή και του πωλητή. Εάν $t > T$ και δεν υπάρχει κάποιου είδους συμφωνία τότε το αποτέλεσμα της διαπραγμάτευσης είναι η σύγκρουση που αποφέρει όφελος και στους δύο ίσο με το μηδέν. Πρώτος προτείνει ο πωλητής και ακολουθεί στη συνέχεια ο αγοραστής. Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, η κάθε μια οντότητα αναπτύσσει μια συλλογιστική με βάση την οποία αποφασίζει το ποια θα είναι η επόμενη ενέργεια.

Τα χαρακτηριστικά της κάθε οντότητας (συναρτήσεις οφέλους, τιμολογιακές στρατηγικές, κ.λπ.) έχουν ήδη περιγραφεί στις ενότητες 4.2, 6.3, 6.4 και συνεπώς παραλείπονται να αναφερθούν στην παρούσα ενότητα της διατριβής.

8.3. Βέλτιστη Παύση σε Διαπραγματεύσεις

Ο αγοραστής, όπως αναφέραμε, δεν έχει απολύτως καμία γνώση πάνω στα χαρακτηριστικά του πωλητή. Συνεπώς, δεν είναι δυνατόν να γνωρίζει την κατανομή της τιμολογιακής του στρατηγικής (χειριζόμαστε ένα πρόβλημα βέλτιστης παύσης χωρίς καμία πληροφόρηση [48]). Προφανώς λοιπόν, υπάρχει αβεβαιότητα σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης σχετικά με την απόφαση που πρέπει να ληφθεί αφού δεν γνωρίζει, ούτε το αν πρόκειται ο πωλητής να προτείνει μικρότερη τιμή, ούτε το αν πρόκειται ο χρονικός ορίζοντάς του να εκπνεύσει στον επόμενο γύρο. Επιπρόσθετα, ο αγοραστής έχει να κάνει και με ένα συντελεστή απομείωσης που τον αναγκάζει να λάβει μια απόφαση σε όσο το δυνατόν μικρότερο γύρο. Ο λόγος είναι ότι όσο περνάνε οι γύροι της διαπραγμάτευσης, ο συντελεστής απομείωσης μειώνει το όφελος που τελικά αποκομίζει. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο ο αγοραστής σταματά σε χρόνο t* έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει το αναμενόμενο όφελος και με βάση τις ακόλουθες ενέργειες:

$$A_b(t, p^t_{s \to b}) = \begin{cases} \text{quit} & \text{if } t > T_b \text{ and } t \neq t^* \\ \text{quit} & \text{if } t = t^* \text{ and } p^{t^*}_{s \to b} > V \\ \text{accept} & \text{if } t = t^* \text{ and } p^{t^*}_{s \to b} \leq V \\ \text{reject and propose } p^t_{b \to s} > V & \text{if } t < T_b \text{ and } t < t^* \end{cases} \quad (8.1)$$

Ο αγοραστής εγκαταλείπει τη διαπραγμάτευση όταν δεν μπορέσει να βρει ένα βέλτιστο χρονικό σημείο παύσης στο διάστημα [1, T_b] ή όταν σταματώντας σε χρόνο t* δεν δεχθεί ικανοποιητική προσφορά (μικρότερη από V). Και στις δύο περιπτώσεις το όφελος που αποκομίζει είναι ίσο με μηδέν. Ο αγοραστής αποδέχεται την προσφορά εφόσον έχει φτάσει στο χρόνο t* και η προσφορά είναι μικρότερη από V. Σε κάθε άλλη περίπτωση (t < t*) ο αγοραστής απορρίπτει την προσφορά και προτείνει μια νέα δικιά του ακολουθώντας την τιμολογιακή στρατηγική του. Πρέπει να σημειώσουμε ότι, αφού βασιζόμαστε στη θεωρία βέλτιστης παύσης, η συνάρτηση οφέλους U_b απεικονίζει το όφελος και εξαρτάται από το χρονικό σημείο t*. Στις επόμενες ενότητες προτείνουμε τρία σχήματα βασισμένα στη θεωρία βέλτιστης παύσης: το *discounted sum πρόβλημα* [48], το *burglar πρόβλημα* [48] και *το last success πρόβλημα* [16].

8.4. Μοντέλο Βασισμένο στο Discounted Sum Problem

Στην παρούσα διατριβή, προτείνουμε μια στρατηγική διαπραγμάτευσης για τον αγοραστή που βασίζεται στο γνωστό discounted sum πρόβλημα. Ο αγοραστής δεν έχει απολύτως καμία γνώση για το χρονικό ορίζοντα του πωλητή T_s καθώς και για τη στρατηγική που ακολουθεί $p_{s \to b}$. Σε κάθε γύρο t ο αγοραστής λαμβάνει μια προσφορά $p_{s \to b}$ από τον πωλητή με $p_{s \to b} \in [c, c + \varepsilon]$ χωρίς φυσικά να γνωρίζει ο αγοραστής τόσο την τιμή του c όσο και του ε. Ο αγοραστής θα δεχθεί μια προσφορά μόνο όταν είναι στο διάστημα [0, V] δεδομένου ότι έχει φτάσει στο χρόνο βέλτιστης παύσης. Όταν ο αγοραστής κάνει αποδεκτή μια προσφορά $p_{s \to b} \leq V$ σε χρόνο $t \leq T_b$ τότε αποκομίζει όφελος ίσο με $V - p_{s \to b}$ (με χρήση μιας απλοϊκής συνάρτησης οφέλους για διευκόλυνση της συζήτησης). Αν απορρίψει την προσφορά, τότε προτείνει μια τιμή ίση με $p_{b \to s}$ η οποία εξάγεται από την τιμολογιακή στρατηγική που ακολουθεί.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το δείκτη $X_i \in \{0, 1\}$, ο οποίος σε χρόνο t απεικονίζει αν ο αγοραστής αποκομίζει θετικό όφελος από την προσφορά του πωλητή. Συνεπώς, η ακόλουθη εξίσωση είναι αληθής:

$$X_t = \begin{cases} 1 & \text{if } p_{s \to b}^t < V \\ 0 & \text{if } p_{s \to b}^t \geq V \end{cases} \tag{8.2}$$

με $X_1, X_2, \ldots$ να αποτελούν ανεξάρτητες ομοιόμορφα κατανεμημένες τυχαίες μεταβλητές με $\mathbb{E}(X_t) < +\infty$ και $S_t = \sum_{r=1}^{t} X_r$, $S_0 = 0$. Η τυχαία μεταβλητή X_t αναπαριστά το όφελος του αγοραστή σε χρόνο t. Τα οφέλη συσσωρεύονται με το πέρασμα του χρόνου και επιβεβαιώνονται όταν ο αγοραστής σταματά τη διαπραγμάτευση. Στο σενάριο αυτό, εφαρμόζουμε ένα συντελεστή απομείωσης του οφέλους $0 < \beta < 1$. Ο συντελεστής αυτός αντανακλά την άγνοια του αγοραστή για την τιμή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή. Ο αγοραστής καθυστερεί την απόφασή του με την αισιοδοξία ότι θα δεχθεί καλύτερες (μικρότερες) προσφορές όταν $\beta \to 1$. Από την άλλη πλευρά, ο αγοραστής δεν πρέπει να καθυστερήσει πολύ τη λήψη της απόφασης αφού υπάρχει κίνδυνος να λήξει ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή με συνέπεια να λήξει η διαπραγμάτευση με μηδέν όφελος και για τους δύο (απεικονίζεται όταν $\beta \to 0$). Έτσι, το τελικό όφελος του αγοραστή υπολογίζεται από την ακόλουθη συνάρτηση:

$$U_b^t = \beta^t \cdot S_t, t = 0, 1, 2, \ldots \tag{8.3}$$

Εάν ο αγοραστής δεν σταματήσει ποτέ, τότε το όφελος είναι ίσο με $U_b^\infty = 0$. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε αυτή την περίπτωση ο αγοραστής δεν λαμβάνει υπόψιν του το δικό του χρονικό ορίζοντα T_b. Για αυτό το λόγο, ισχύει $U_b^\infty = 0$ και όχι $U_b^t = 0$. Σε αυτή την περίπτωση, θα μπορούσαμε να αντικαταστήσουμε το β^t με το $\beta^t - \beta^{T_b}$. Αυτό το σενάριο αφήνεται ως μελλοντική επέκταση του προτεινόμενου μοντέλου.

Ο αγοραστής υιοθετώντας ένα τέτοιο μοντέλο υποθέτει πως έχει άφθονο χρόνο στη διάθεσή του για να λάβει την τελική απόφαση. Ωστόσο, το όφελος του μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, όπως έχουμε ήδη εξηγήσει. Το πρόβλημα είναι να αποφασίσει το πόσο μεγάλο θα αφήσει να γίνει το $S_t = s$ ώστε να αποφασίσει ότι βρίσκεται σε χρόνο κατάλληλο για να σταματήσει. Ας υποθέσουμε ότι $S_t = s$ και είμαστε σε χρόνο

κατάλληλο για να σταματήσουμε, που σημαίνει ότι το όφελος στον γύρο t είναι ίσο με $\beta^t \cdot s$ και είναι μεγαλύτερο από το αναμενόμενο μελλοντικό όφελος $\mathbb{E}\left(\beta^{t+t^*} \cdot \left(s + S_{t^*}\right)\right)$ για όλους τους χρόνους t* στους οποίους μπορεί ο αγοραστής να σταματήσει. Έτσι έχουμε $\beta^t \cdot s \geq \mathbb{E}\left(\beta^{t+t^*} \cdot \left(s + S_{t^*}\right)\right)$ ή $1\text{-}\mathbb{E}\left(\beta^{t^*}\right) \geq \mathbb{E}\left(\beta^{t^*} \cdot S_{t^*}\right)$. Αυτή η συνθήκη είναι αληθής για όλα τα s' ≥ s. Με βάση αυτό το σκεπτικό, ο κανόνας βέλτιστης παύσης t* πρέπει να έχει τη μορφή ενός αριθμού s_0 για τον οποίο να ισχύει:

$$t^* = \min\left\{t > 0 : S_t \geq s_0\right\} \tag{8.4}$$

Αυτό σημαίνει ότι ο αγοραστής θα πρέπει να σταματήσει στο πρώτο t, κατά το οποίο ισχύει ότι $S_t \geq s_0$. Εάν $S_t = s_0$ τότε ο αγοραστής είναι αδιάφορος για το αν θα σταματήσει ή θα συνεχίσει. Ο αγοραστής λοιπόν, σταματά σε χρόνο t* και είτε:

- αποδέχεται την προσφορά του πωλητή όταν $p^{t^*}_{s \to b} \leq V$, ή
- απορρίπτει την προσφορά και (στις δύο περιπτώσεις) τερματίζει τη διαπραγμάτευση.

Το όφελος της παύσης είναι ίσο με s_0 και πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από το αναμενόμενο όφελος όταν συνεχίσει τη διαπραγμάτευση.

Ας θεωρήσουμε την πιθανότητα $p^{t^*}_{s \to b} \leq V$, $P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V\right) = P(X = 1)$. Η αναμενόμενη τιμή του X καθορίζεται από :

$$E(X) = 1 \cdot P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V\right) + 0 \cdot \left(1 - P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V\right)\right) = P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V\right) \tag{8.5}$$

Επιπρόσθετα, η μεταβλητή X είναι θετική το οποίο σημαίνει πως το s_0 έχει μια απλή φόρμα υπολογισμού και ισούται με:

$$s_0 = \frac{\beta}{1\text{-}\beta} \cdot E(X) = \frac{\beta}{1\text{-}\beta} \cdot P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V\right) \tag{8.6}$$

Αυτή η εξίσωση δίνει τον κανόνα βέλτιστης παύσης, ο οποίος υποδεικνύει πως ο αγοραστής πρέπει να σταματήσει στον πρώτο γύρο t κατά τον οποίο η ακόλουθη εξίσωση είναι αληθής.

$$S_t \geq \frac{\beta}{1-\beta} \cdot P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V \right) \tag{8.7}$$

Όπως διαπιστώνουμε, η πιθανότητα $P\left(p^{t^*}_{s \to b} \leq V \right)$ είναι άγνωστη σε κάθε ένα γύρο της διαπραγμάτευσης. Σε αυτή την περίπτωση, χρησιμοποιούμε μια εκτίμηση αυτής της πιθανότητας βασιζόμενοι στον Kernel Density Estimator (KDE). Θα πρέπει να σημειωθεί πως και άλλες τεχνικές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της πιθανότητας αυτής. Η σχετική συζήτηση για την τεχνική KDE έχει ήδη γίνει στην ενότητα 6.5.2. Στην παρούσα φάση, απλά σημειώνουμε ότι χρησιμοποιήθηκε Gaussian συνάρτηση στο συζητούμενο εκτιμητή.

8.5. Τεχνικές που βασίζονται στη διαφορά τιμών

Όπως έχουμε ήδη περιγράψει, ο αγοραστής δέχεται σε κάθε γύρο μια προσφορά και αποφασίζει το αν θα τη δεχτεί ή όχι. Συνήθως ο αγοραστής ξεκινά από μια μικρή τιμή και την αυξάνει όσο προχωράει η διαπραγμάτευση, ενώ ο πωλητής ξεκινά από μια υψηλή τιμή και όσο προχωράει η διαπραγμάτευση τη μειώνει. Ας υποθέσουμε ότι αυτό είναι το εξεταζόμενο σενάριο. Η διαφορά ανάμεσα στις τιμές είναι ίση με:

$$\Delta_t = p^t_{s \to b} - p^t_{b \to s} \tag{8.8}$$

Εάν $p^t_{s \to b} \leq p^t_{b \to s}$ ο αγοραστής αποδέχεται αμέσως την προσφορά και η διαπραγμάτευση τελειώνει με κέρδη και για τους δύο. Αυτό συμβαίνει διότι η προσφορά του πωλητή είναι μικρότερη από αυτή που πρόκειται ο αγοραστής να προτείνει αμέσως μετά. Για αυτό το λόγο έχουμε πως $\Delta_t \geq 0$.

Συνοπτικά, ο αγοραστής παρατηρεί σε κάθε γύρο τη διαφορά Δ_t έχοντας ένα συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα συμμετοχής, έτσι, έχει ένα άνω όριο χρόνου έως ότου λάβει την τελική απόφαση. Το πρόβλημα σε αυτό το σενάριο είναι να βρεθεί ο κατάλληλος χρόνος t*, στον οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση της παύσης με απώτερο στόχο τη μεγιστοποίηση του κέρδους. Αυτό θα γίνει σε ένα περιβάλλον όπου ο αγοραστής δεν γνωρίζει τίποτα από τη συμπεριφορά του πωλητή. Αν η απόφαση παρθεί σε χρόνο $t^* \rightarrow T_s$ με $t^* \leq T_b$, πιθανώς ο αγοραστής να έχει τη δυνατότητα να αποδεχθεί μια μικρή τιμή (αρκεί να θυμηθούμε πως όσο ο πωλητής πλησιάζει στην

εκπνοή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής λογικά θα προτείνει $p_{s \to b} \rightarrow c$). Στην παρούσα ενότητα, προτείνουμε δύο μοντέλα που βασίζονται στη διαφορά των προτεινόμενων τιμών. Όταν το Δ_t διαπιστωθεί πως έχει την πιο κατάλληλη τιμή τότε πιθανώς θα επιλεγεί το αντίστοιχο χρονικό σημείο για να σταματήσει η διαδικασία.

8.5.1. Μοντέλο Βασισμένο στο Burglar Problem

Με βάση την παραπάνω περιγραφή, βλέπουμε πως όσο μεγαλύτερο είναι το Δ_t τόσο μικρότερο είναι το όφελος του αγοραστή αφού αν αποδεχθεί την προσφορά του πωλητή αυτό θα έχει γίνει για σχετικά μεγάλη τιμή. Όταν ο πωλητής προτείνει μια τιμή κοντινή στην τιμή που πρόκειται να προσφέρει ο αγοραστής τότε $\Delta_t \rightarrow 0$ και συνεπώς το όφελος είναι μεγαλύτερο σε σύγκριση με την προηγούμενη περίπτωση. Σε αυτές τις περιπτώσεις είμαστε σίγουροι πως η τιμή του πωλητή είναι μικρότερη από την αποτίμηση V. Υιοθετούμε μια εκθετική συνάρτηση ώστε να απεικονίσουμε το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Η συνάρτηση αυτή είναι η ακόλουθη:

$$X_t = e^{-\Delta_t} \tag{8.9}$$

Όταν $p^t_{s \to b} = p^t_{b \to s}$ τότε το όφελος είναι ίσο με 1 ενώ αν $p^t_{s \to b} < p^t_{b \to s}$ τότε $X_t \rightarrow +\infty$. Βασιζόμενος στην ποσότητα Δ_t ο αγοραστής ουσιαστικά προσπαθεί να υπολογίσει την πίστη (belief - b) για το αν εκπνέει ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του αγοραστή. Όταν $b \rightarrow 1$ σημαίνει πως ο αγοραστής είναι σίγουρος για το πέρας της διαπραγμάτευσης διότι εκπνέει ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή και συνεπώς θα πρέπει να τερματίσει τη διαδικασία είτε αποδεχόμενος την προσφορά είτε απορρίπτοντας την.

Προσεγγίζοντας το πρόβλημά μας σαν ένα πρόβλημα του διαρρήκτη (burglar problem) σημειώνουμε τα εξής. Ο αγοραστής (διαρρήκτης) πρόκειται να προβεί σε ένα πλήθος T_b προσφορών (διαρρήξεων) από τις οποίες αποκομίζει ένα συγκεκριμένο όφελος. Θεωρούμε ότι ο αγοραστής πρέπει να σταματήσει μέχρι το T_b, εφόσον η προσφορά του πωλητή είναι επικερδής για αυτόν. Για παράδειγμα, ο αγοραστής δεν πρόκειται να δεχθεί μια προσφορά η οποία είναι μεγαλύτερη από V. Σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης t ο αγοραστής αποκομίζει όφελος X_t. Αν λάβει $\Delta_t < 0$

($p^t_{s \to b} < p^t_{b \to s}$) τότε $X_t \to +\infty$. Όταν $p^t_{s \to b} > p^t_{b \to s}$ τότε προσθέτει το όφελος στο άθροισμα. Όσο μεγαλύτερο είναι το t τόσο περισσότερες πιθανότητες έχουμε να πάρουμε τιμή πωλητή ίση με την τιμή του αγοραστή και συνεπώς να έχουμε μεγαλύτερο X_t. Όμως, αν ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή εκπνεύσει (ο διαρρήκτης συλληφθεί) τότε ο αγοραστής (διαρρήκτης) χάνει τα πάντα.

Θεωρούμε τη μεταβλητή Z, με Z_1, Z_2, … να είναι τυχαίες μεταβλητές που αναπαριστούν εάν ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή εκπνέει ή όχι. Μια τιμή $Z_t = 1$ συμβολίζει πως ο χρονικός ορίζοντας δεν έχει εκπνεύσει ενώ μια τιμή $Z_t = 0$ υποδηλώνει πως ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή έχει εκπνεύσει. Υποθέτουμε ότι οι τιμές Z_i είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες με $P(Z_i = 1) = \beta$ και $P(Z_i = 0) = 1 - \beta$ (με γνωστό $\beta \in (0,1)$). Με βάση αυτή τη συλλογιστική, το όφελος του αγοραστή δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Y_t = \prod_{i=1}^{t} Z_i \cdot \sum_{i=1}^{t} X_i \tag{8.10}$$

Στοχεύουμε στο να βρούμε το χρόνο βέλτιστης παύσης t*, κατά τον οποίο το όφελος μεγιστοποιείται, κάτω από το φόβο της λήξης του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του πωλητή. Έτσι έχουμε:

$$E\left(Y_{t+1}\right) = E\left(\prod_{i=1}^{t+1} Z_i \cdot \sum_{i=1}^{t+1} X_i\right) \tag{8.11}$$

και συνεπώς

$$E\left(Y_{t+1}\right) = E\left(Z_{t+1}\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{t} X_i + E\left(e^{-\Delta_{t+1}}\right)\right) \tag{8.12}$$

Για τη μεταβλητή Z, έχουμε ότι η αναμενόμενη τιμή είναι ίση με β και έτσι η εξίσωση γίνεται:

$$E\left(Y_{t+1}\right) = \beta \cdot \left(\sum_{i=1}^{t} X_i + E\left(e^{-\Delta_{t+1}}\right)\right) \tag{8.13}$$

όπου

$$E\left(e^{-\Delta_{t+1}}\right) = \frac{e^{-L} - e^{-H}}{H - L} \tag{8.14}$$

Θεωρούμε πως $\Delta_t \sim U(L, H)$ και συνεπώς $p_{s\to b} \sim U(L, H)$ αφού το Δ_t εξαρτάται μόνο από το $p_{s\to b}$. Αντικαθιστώντας τη μεταβλητή στην εξίσωση 8.13 παίρνουμε:

$$E\left(Y_{t+1}\right) = \beta \cdot \left(\sum_{i=1}^{t} e^{-\Delta_t} + \frac{e^{-L} - e^{-H}}{H-L} \right) \tag{8.15}$$

Χρησιμοποιώντας τώρα τον κανόνα ενός επιπέδου μπροστά (one stage ahead) για να λύσουμε το συγκεκριμένο πρόβλημα, παίρνουμε πως ο χρόνος βέλτιστης παύσης είναι ίσος με:

$$N = \min\left\{ n \geq 0 : \sum_{i=1}^{t} e^{-\Delta_t} > \beta \cdot \left(\sum_{i=1}^{t} e^{-\Delta_t} + \frac{e^{-L} - e^{-H}}{H-L} \right) \right\} \tag{8.16}$$

και συνεπώς ο αγοραστής σταματά όταν:

$$\sum_{i=1}^{t} e^{-\Delta_t} > \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \frac{e^{-L} - e^{-H}}{H-L} \tag{8.17}$$

8.5.2. Μοντέλο Βασισμένο στο Last Success Problem

Όπως έχει ήδη περιγραφεί, ο πωλητής ακολουθεί μια στρατηγική η οποία δεν είναι γνωστή στον αγοραστή. Φυσικά, ο αγοραστής δεν γνωρίζει ποιος είναι ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή. Στην πραγματικότητα, ο πωλητής μπορεί να ακολουθεί άπειρο πλήθος στρατηγικών. Βασιζόμενοι στο Odds θεώρημα [16] και χρησιμοποιώντας δείκτες I_k, k = 1, 2, …, ∞ με τιμές 0 ή 1 και πιθανότητες $P(I_k = 1)$ και $P(I_k = 0)$ προσπαθούμε να βρούμε το κατάλληλο χρονικό σημείο για να σταματήσει η διαδικασία. Η τιμή του κάθε δείκτη αποκαλύπτεται ακολουθιακά κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Ο στόχος μας είναι να σταματήσουμε στον τελευταίο ‘επιτυχή’ δείκτη ακριβώς πριν από τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του πωλητή. Όταν $I_k = 0$ σημαίνει πως ο πωλητής προτείνει μια τιμή που δείχνει ότι πιθανότατα ο χρονικός ορίζοντας λήγει στον τρέχοντα γύρο ενώ όταν $I_k = 1$ σημαίνει ότι ο χρονικός ορίζοντας του πωλητή δεν εκπνέει στον τρέχοντα αλλά και στους επόμενους γύρους. Στο σενάριό μας θέλουμε να βρούμε τον τελευταίο γύρο t στον οποίο $I_k = 1$. Η λογική είναι ότι καθώς η διαπραγμάτευση προχωράει ο πωλητής πιθανώς θα μειώσει τις προσφορές του. Ωστόσο, ο αγοραστής δεν είναι σε θέση να γνωρίζει τη στρατηγική του. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούμε την ακόλουθη συνάρτηση:

$$f = \sum_{i=1}^{\infty} w_i \cdot \alpha_i(\xi_i) \tag{8.18}$$

όπου

$$\sum_{i=1}^{\infty} w_i = 1 \tag{8.19}$$

Όταν, f < h (h είναι ένα προκαθορισμένο κατώφλι), παίρνουμε πως $I_k = 1$ ενώ όταν f ≥ h έχουμε πως $I_k = 0$. Η παράμετρος $\alpha_i(\xi)$ όπου $\xi = \Delta_t$ ορίζεται ως η διαφορά ανάμεσα στην προτεινόμενη τιμή του αγοραστή και του πωλητή. Χρησιμοποιώντας την άρνηση Sugeno παίρνουμε ότι:

$$f = \sum_{i=1}^{\infty} w_i \cdot \frac{1-\xi}{1+\lambda_i \cdot \xi} = \sum_{i=1}^{\infty} w_i \cdot \frac{1-\Delta_t}{1+\lambda_i \cdot \Delta_t} \tag{8.20}$$

με $\lambda_i \in (-1, +\infty)$. Η παράμετρος λ_i χρησιμοποιείται για να απεικονίσει τις πιθανές στρατηγικές του πωλητή.

Γενικά, ο αλγόριθμος Odds αναμένει μέχρι το σημείο στο οποίο η πιθανότητα να πάρουμε ένα ‘επιτυχή’ δείκτη ($I_k = 1$) μεγιστοποιείται. Ας υποθέσουμε πως $p_k = E(I_k)$ και $q_k = 1 - p_k$. Παίρνουμε επίσης ότι $r_k = \frac{p_k}{q_k} = \frac{p_k}{1-p_k}$. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει ένας κανόνας βέλτιστης παύσης ο οποίος μεγιστοποιεί την πιθανότητα παύσης στον τελευταίο ‘επιτυχή’ δείκτη και είναι ο ακόλουθος:

$$s = \max\left\{1, \sup_k\left\{k \in [1,n] : \sum_{j=k}^{n} r_j \geq 1\right\}\right\} \tag{8.21}$$

Βάσει της παραπάνω ανάλυσης, η πιθανότητα να σταματήσουμε στον τελευταίο ‘επιτυχή’ δείκτη είναι ίση με:

$$P_n = \left(\prod_{j=0}^{n} q_j\right) \cdot \left(\sum_{j=0}^{n} r_j\right) \tag{8.22}$$

Έτσι, ο κανόνας βέλτιστης παύσης είναι να σταματήσουμε στον πρώτο γύρο k ≥ s όπου $I_k = 1$ (εάν υπάρχει) και το s δίνεται από την εξίσωση 8.21.

Ας περάσουμε τώρα στον υπολογισμό της παραμέτρου p_k και κατ’ επέκταση της παραμέτρου r_k. Στο σενάριο μας, θεωρούμε πως υπάρχει μια warm up περίοδος κατά

την οποία το σύστημα μετρά το πλήθος των γύρων όπου ισχύει f < h. Κατά τη διάρκεια αυτών των γύρων ο αγοραστής αποστέλλει κανονικά τις προσφορές του βάσει της στρατηγικής που έχει επιλέξει. Εφόσον προκύψει συμφέρουσα προσφορά από την πλευρά του πωλητή, τότε φυσικά την αποδέχεται. Συνεπώς, πιθανότητα αποδοχής – συμφωνίας κατά την warm up περίοδο υπάρχει όταν:

- $p_{s\to b} \le p_{b\to s}$ (στην πλευρά του αγοραστή)
- $p_{b\to s} \ge p_{s\to b}$ (στην πλευρά του πωλητή)
- $p_{b\to s} > c$ όταν ο πωλητής φοβάται για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα του αγοραστή (στην πλευρά του πωλητή).

Κατά συνέπεια, η παράμετρος p_k υπολογίζεται ως εξής:

$$p_k = \frac{|f < h|}{W_b} \tag{8.23}$$

με W_b να αποτελεί το μήκος της warm up περιόδου.

8.6. Πειραματικά Αποτελέσματα

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζουμε τα πειραματικά μας αποτελέσματα για τις τρεις μεθόδους που βασίζονται στη χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης. Από το σημείο αυτό και μετά συμβολίζουμε αυτά τα μοντέλα ως εξής:

- *DS : Discounted Sum Problem*
- *BM : Burglar Problem*
- *LSM : Last Success Model*

Αρχικά, ορίζουμε τις μετρικές με τις οποίες αποτιμούμε τα τρία μοντέλα και στη συνέχεια αφού παρουσιάσουμε τα αποτελέσματά μας τα συγκρίνουμε με αποτελέσματα άλλων σημαντικών ερευνητικών προσπαθειών. Αναφερόμαστε με $p^{t^*}_{s\to b}$ και $p^{t^\#}_{b\to s}$ στις τιμές συμφωνίας του αγοραστή και του πωλητή αντίστοιχα. Σαν τιμή συμφωνίας της διαπραγμάτευσης παίρνουμε το p_A το οποίο είναι ίσο με $p^{t^*}_{s\to b}$ ή $p^{t^\#}_{b\to s}$.

8.6.1. Μετρικές

Οι μετρικές που χρησιμοποιούμε για την αποτίμηση των προτεινόμενων μοντέλων έχουν ήδη περιγραφεί στην παράγραφο 4.4.4.1. Συνοπτικά, υπενθυμίζουμε ότι αυτές είναι:

- *Ρυθμός Συμφωνίας (Agreement Ratio - AG)*. Ο ρυθμός συμφωνίας AG δείχνει τις διαπραγματεύσεις οι οποίες κατέληξαν σε συμφωνίες σε ένα σύνολο R. Από την πλευρά του αγοραστή, η συμφωνία μπορεί να επιτευχθεί σε χρόνο t* δηλαδή όταν $A_b\left(t^*, p^{t^*}_{s\to b}\right) = \text{Accept}$. Από την πλευρά του πωλητή, η συμφωνία μπορεί να επιτευχθεί σε χρόνο $t^{\#} < t^* \le \min(T_b, T_s)$ δηλαδή όταν $A_s\left(t^{\#}, p^{t^{\#}}_{b\to s}\right) = \text{Accept}$. Με βάση τα παραπάνω η μετρική AG ορίζεται ως ακολούθως:

$$AG = \frac{\left|A_s\left(t^*, p^{t^*}_{s\to b}\right) = \text{Accept}\right| + \left|A_s\left(t^{\#}, p^{t^{\#}}_{b\to s}\right) = \text{Accept}\right|}{R} \tag{8.24}$$

- *Ουσιαστικό όφελος (Intrinsic Utility - IU)*. Το ουσιαστικό όφελος IU υιοθετείται από την ερευνητική προσπάθεια που παρουσιάζεται στο [42]. Η παράμετρος IU ορίζεται ως εξής:

$$IU = \min\left(1, \left(\frac{V - \left(I\cdot p^{t^*}_{s\to b} + (1-I)\cdot p^{t^{\#}}_{b\to s}\right)}{V - p^{0}_{b\to s}}\right)^{\frac{1}{\gamma}}\right) \tag{8.25}$$

- *Κοινό όφελος (Joint Utility - JU)*. Η συγκεκριμένη μετρική έχει προταθεί στο [137] και στο [200]. Καθορίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$JU = \begin{cases} \dfrac{\left(p^{t^*}_{s \to b} - c\right) \cdot \left(V - p^{t^*}_{s \to b}\right)}{(V - c)^2} & \text{if } I = 1 \\ \dfrac{\left(p^{t^\#}_{b \to s} - c\right) \cdot \left(V - p^{t^\#}_{b \to s}\right)}{(V - c)^2} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{8.26}$$

- *Το πλήθος των γύρων για να κλείσει μια συμφωνία*. Το πλήθος των γύρων για να κλείσει μια συμφωνία (Average number of Rounds - AR) υποδηλώνει ουσιαστικά τον χρόνο που απαιτείται ώστε να κλείσει μια συμφωνία ανάμεσα στα δύο μέρη. Η εξίσωση που μας δίνει την τιμή της συγκεκριμένης μετρικής είναι η ακόλουθη:

$$AR = \frac{I \cdot t^* + (1 - I) \cdot t^\#}{\min(T_b, T_s)} \tag{8.27}$$

Επιπρόσθετα, ορίζουμε μια νέα μετρική με την οποία προσπαθούμε να αποκαλύψουμε τη δικαιοσύνη όσον αφορά στην τελική τιμή της συμφωνίας. Η δικαιοσύνη ενός μοντέλου μπορεί να οριστεί με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$F = 2 \cdot \frac{\left| p_A - \dfrac{V + c}{2} \right|}{V - c} \tag{8.28}$$

Ουσιαστικά, η μετρική αυτή απεικονίζει το πόσο κοντά στο μέσο της ζώνης συμφωνίας φτάνει η τιμή συμφωνίας. Όταν $p_A \to \dfrac{V + c}{2}$ τότε F → 0 και συνεπώς το μοντέλο είναι δίκαιο και προς τις δύο οντότητες. Για αυτή την τιμή συμφωνίας θυμίζουμε πως JU → 0.25 η οποία είναι και η μέγιστη τιμή. Όταν $p_A \to V$ ή $p_A \to c$ τότε F → 1 και συνεπώς το μοντέλο δεν είναι δίκαιο ταυτόχρονα και για τους δύο. Προφανώς σε αυτές τις περιπτώσεις το μοντέλο ευνοεί κάποια από τις δύο οντότητες.

Τέλος, ορίζουμε τη μετρική *απόστασης (distance - D)* η οποία απεικονίζει τη διαφορά του γύρου στον οποίο κλείνει η συμφωνία (t^* ή $t^\#$) με το τέλος της διαπραγμάτευσης. Έτσι λοιπόν, ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$D = \min(T_b, T_s) - \min(t^*, t^\#) \tag{8.29}$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του D τόσο περισσότερο χρόνο εξοικονομεί ο αγοραστής. Όταν D → 0 τότε αυτό σημαίνει πως η διαπραγμάτευση διαρκεί μέχρι το $\min(T_b, T_s)$.

8.6.2. Προσομοιώσεις

Για το περιγραφόμενο σενάριο, εκτελούμε ένα πλήθος προσομοιώσεων ώστε να αποτιμήσουμε όσο το δυνατόν πιο αντικειμενικά την απόδοσή του. Οι βασικές παράμετροι των προσομοιώσεων είναι οι ακόλουθες:

- *Οι χρονικοί ορίζοντες συμμετοχής T_b, T_s.*
- *Τα όρια τιμών των δύο παικτών V, c.*
- *Οι στρατηγικές που ακολουθούν οι παίκτες $p_{b\to s}$, $p_{s\to b}$.*

Οι τιμές που παίρνουν αυτές οι παράμετροι απεικονίζονται στον Πίνακα 58. Κατά την έναρξη της διαπραγμάτευσης, οι δύο παίκτες αποφασίζουν τις τιμές του χρονικού ορίζοντα αλλά και της στρατηγικής που θα ακολουθήσουν. Οι χρονικοί ορίζοντες επιλέγονται τυχαία στο διάστημα [50,100] και για τους δύο. Επίσης, λαμβάνουμε την τιμή της αποτίμησης V $\in$ {10, 20, 30, …, 300} ΧΜ. Η παράμετρος στρατηγικής του αγοραστή k επιλέγεται τυχαία στο διάστημα (0,6]. Η πρώτη τιμή που προτείνει ο αγοραστής είναι μια σχετικά μικρή τιμή η οποία $p^0_{b\to s} \sim U\left(1, \frac{V}{5}\right)$. Όσο μικρότερη είναι η τιμή του V τόσο μικρότερη είναι και η αρχική προσφορά.

Στην πλευρά του πωλητή τώρα, παίρνουμε τυχαία c ~ U(0, 50) και ε ~ U(0, 100) στην αρχή κάθε διαπραγμάτευσης. Πειραματιζόμαστε με τη συμπεριφορά τριών στρατηγικών στην πλευρά του πωλητή: α) Υπομονετική με k = 0.5, β) επιθετική με k = 4 και γ) μεικτή στρατηγική. Στη μεικτή στρατηγική, ο αγοραστής αντιμετωπίζει πωλητές που κατά 50% ακολουθούν υπομονετική και κατά 50% ακολουθούν επιθετική στρατηγική.

Για το DS μοντέλο θέτουμε β = 0.4 και β = 0.95. Για β = 0.4 ο αγοραστής χάνει ένα μεγάλο κομμάτι του οφέλους που αποκομίζει σε κάθε γύρο εφόσον συνεχίζει τις παρατηρήσεις. Αυτό προσθέτει ‘άγχος’ στην πλευρά του αγοραστή ώστε να λάβει την καλύτερη απόφαση σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Στο μοντέλο BM θέτουμε επίσης β = 0.4 και β = 0.95. Υιοθετώντας την τιμή β = 0.95, ο αγοραστής έχει λιγότερο ‘άγχος’ για τη λήψη της απόφασης αφού το όφελος που χάνει σε κάθε γύρο είναι μικρότερο από την περίπτωση όπου β = 0.4. Τέλος, στο μοντέλο LSM παίρνουμε W_b = 10 και h = 0.5. Χρησιμοποιούμε επίσης ένα αριθμό βαρών για τον υπολογισμό της συνάρτησης f. Για την εξοικονόμηση χρόνου, καθορίζουμε τέσσερα (4) βάρη τα οποία αντιστοιχούν σε τέσσερις διαφορετικές στρατηγικές που πιθανόν να ακολουθεί ο

πωλητής και έπειτα εκτελούμε αντιμεταθέσεις (permutations) σε κάθε ένα σετ πειραμάτων. Έτσι, ουσιαστικά εκτελούμε 24 διαφορετικά σετ πειραμάτων για κάθε τιμή του V. Για κάθε τιμή του V εκτελούμε 1000 προσομοιώσεις διαπραγματεύσεων. Με βάση τα παραπάνω, ένα πολύ μεγάλος αριθμός προσομοιώσεων εκτελείται για τις προτεινόμενες μεθόδους.

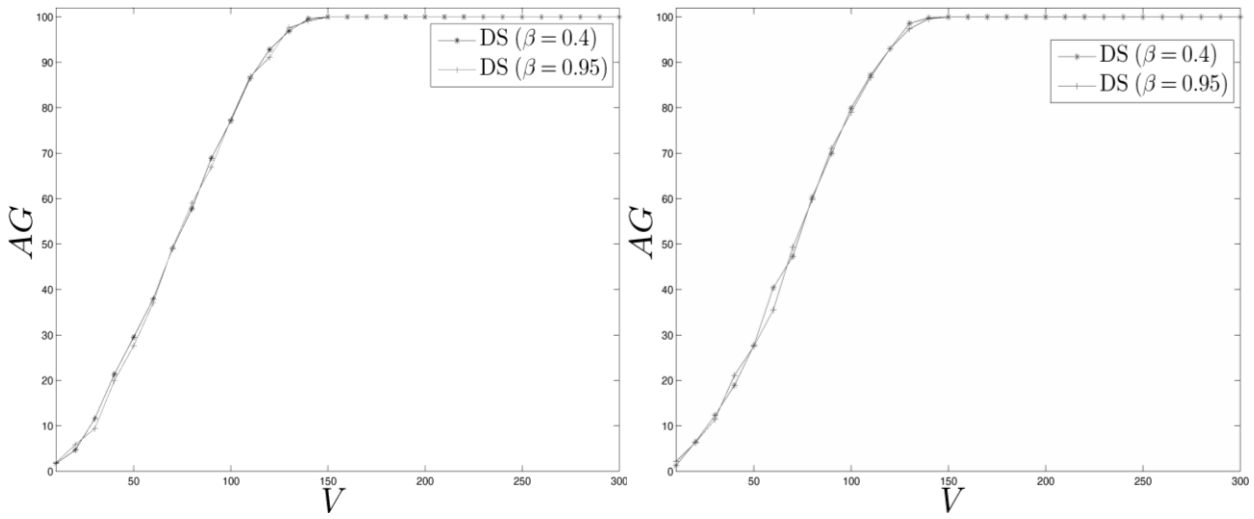
Πίνακας 58. Τιμές των βασικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στα πειράματα.

Τιμές Παραμέτρων	
Παράμετροι Αγοραστή	
Στρατηγική (k)	~U(0,6)
1η τιμή ($p^0_{b \to s}$)	~U(0,V/5)
Ορίζοντας Συμμετοχής (T_b)	~U(50,100)
Παράμετροι Πωλητή	
Κόστος (c)	~U(0,50)
Κέρδος (ε)	~U(0,100)
Ορίζοντας Συμμετοχής (T_s)	~U(50,100)

8.6.3. Αποτίμηση Απόδοσης των Προτεινόμενων Μοντέλων

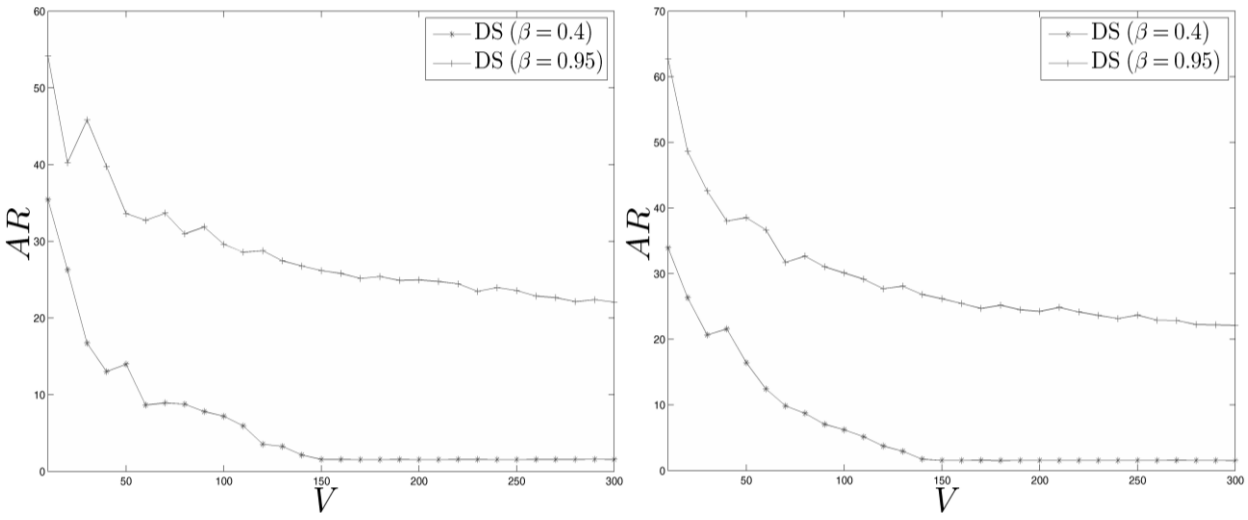
Αρχικά, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας για το DS μοντέλο. Στο Σχήμα 56, βλέπουμε τα αποτελέσματα του DS μοντέλου για διάφορες στρατηγικές που μπορεί να ακολουθεί ο πωλητής. Ουσιαστικά, το προτεινόμενο μοντέλο δεν επηρεάζεται από τη στρατηγική του πωλητή αλλά και από την τιμή της παραμέτρου β. Επιτυγχάνει ένα υψηλό αριθμό συμφωνιών (100%) από μια σχετικά μέση τιμή του V. Όμως, η τιμή της παραμέτρου β επηρεάζει την παράμετρο AR όπως φαίνεται και στο Σχήμα 57. Ιδιαίτερα δε, όταν η τιμή του V είναι αρκετά μεγάλη (> 150 ΧΜ) και συνεπώς το προϊόν θεωρείται πολύ σημαντικό για τον αγοραστή τότε βλέπουμε πως όσο μικρότερο είναι το β τόσο πιο λίγο χρόνο χρειάζεται η διαπραγμάτευση για να έχει τελικό αποτέλεσμα. Η επίτευξη συμφωνίας βασίζεται κυρίως στο γεγονός του ‘άγχους’ που έχει ο αγοραστής μήπως τυχόν λήξει η διαπραγμάτευση και δεν επιτύχει την τελική αγορά για ένα πολύ σημαντικό προϊόν. Το ενδιαφέρον δε είναι, ότι στην περίπτωση που ο αγοραστής

αντιμετωπίζει ένα επιθετικό πωλητή χρειάζεται περισσότερο χρόνο σε πολύ μικρές τιμές του V ώστε να κλείσει τη συμφωνία. Θυμίζουμε πως για μικρά V η ζώνη συμφωνίας είναι αρκετά περιορισμένη και συνεπώς σε αυτές τις περιπτώσεις αναμένει για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα πριν κλείσει μια συμφωνία. Άλλωστε, μιλάμε για προϊόντα τα οποία δεν είναι σημαντικά για τον αγοραστή. Όταν λοιπόν το $V \in \{140, 150, \ldots, 300\}$ κάθε προσφορά του πωλητή κρίνεται επικερδής για ένα πολύ σημαντικό προϊόν και έτσι το προτεινόμενο μοντέλο χρειάζεται ελάχιστα βήματα ώστε να έχει σαν αποτέλεσμα μια συμφωνία. Αυτό είναι περισσότερο έντονο όσο πιο μικρή είναι η τιμή του β. Για παράδειγμα, αν V = 250 ΧΜ και η πρώτη προσφορά του πωλητή είναι ίση με 125 ΧΜ είναι φανερό πως ο αγοραστής φοβούμενος να χάσει όφελος περιμένοντας επόμενους γύρους (αν β = 0.4 τότε σε κάθε γύρο χάνει το 60% του οφέλους) αποδέχεται την προσφορά.



(a) (b)

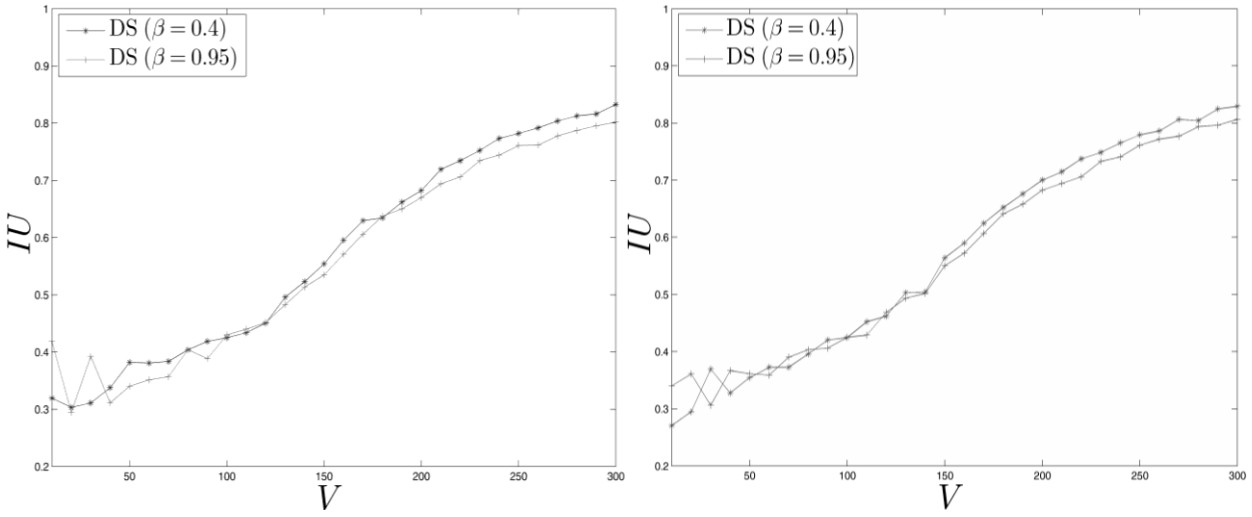
Σχήμα 56. Αποτελέσματα του DS μοντέλου για διάφορες στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική.



(a) (b)

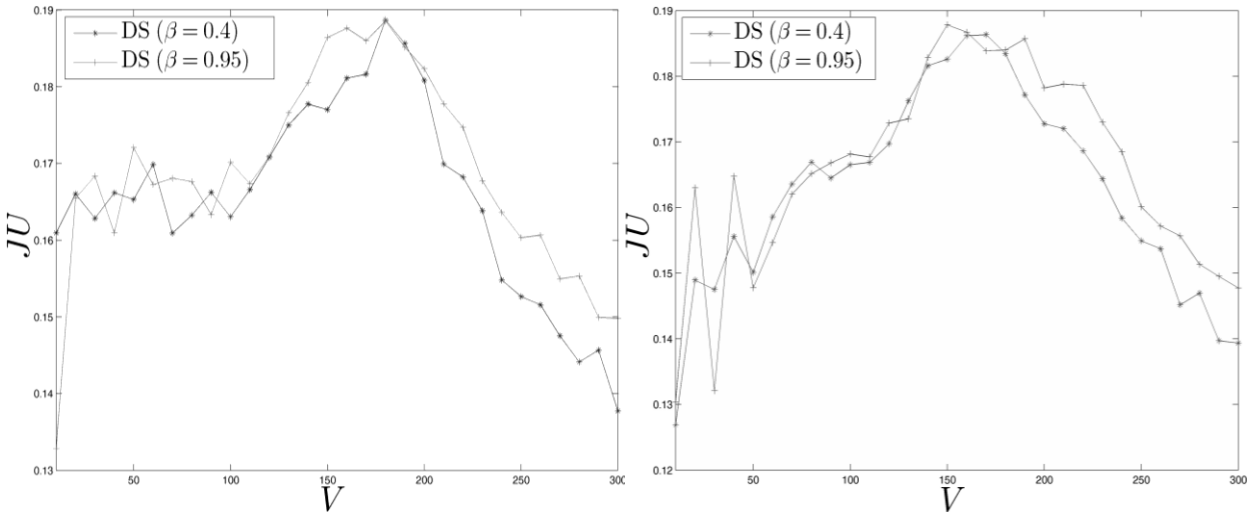
Σχήμα 57. Πλήθος γύρων για την επίτευξη συμφωνίας για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική.

Όσον αφορά στις παραμέτρους IU και JU, τα αποτελέσματα μας απεικονίζονται στο Σχήμα 58 και στο Σχήμα 59. Παρατηρούμε ότι σχετικά με την παράμετρο IU οι τιμές του β ουσιαστικά δεν επηρεάζουν την τελική επίδοση. Η τιμή της IU αυξάνει καθώς αυξάνουν και οι τιμές του V. Αυτό σημαίνει πως για σημαντικά προϊόντα ο αγοραστής αποκομίζει περισσότερο όφελος από τη διαπραγμάτευση. Οι μέγιστες τιμές για τις εξεταζόμενες περιπτώσεις βρίσκονται στο επίπεδο του 0.8. Σχετικά με την παράμετρο JU παρατηρούμε πως όταν το V έχει μια μέση τιμή το μέγεθος της ζώνης συμφωνίας είναι τέτοιο που οδηγεί το προτεινόμενο μοντέλο να αποδίδει τη μέγιστη τιμή για το JU. Αυτή είναι της τάξης του 0.19 περίπου με μέγιστο το 0.25. Σε γενικές γραμμές, μια υψηλότερη τιμή του β οδηγεί σε πιο δίκαιο μοντέλο αφού σε αυτή την περίπτωση ο αγοραστής δεν έχει το ‘άγχος’ του άμεσου κλεισίματος μιας συμφωνίας και έτσι ο πωλητής πιέζεται στο να προτείνει μικρότερες τιμές.



(a) (b)

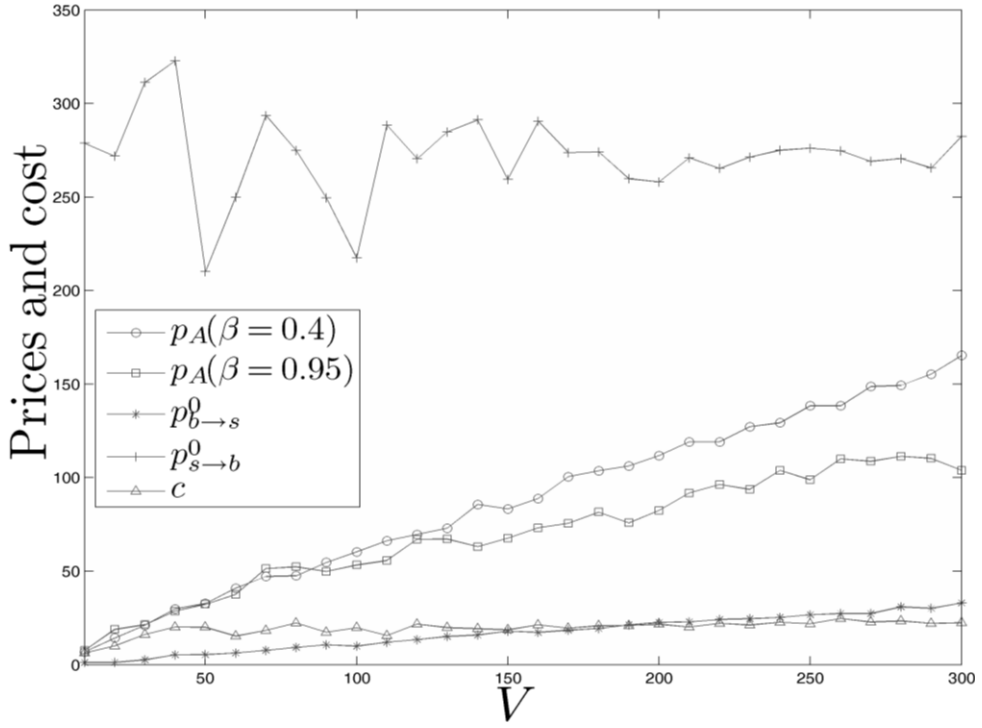
Σχήμα 58. Τιμές της παραμέτρου IU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική.



(a) (b)

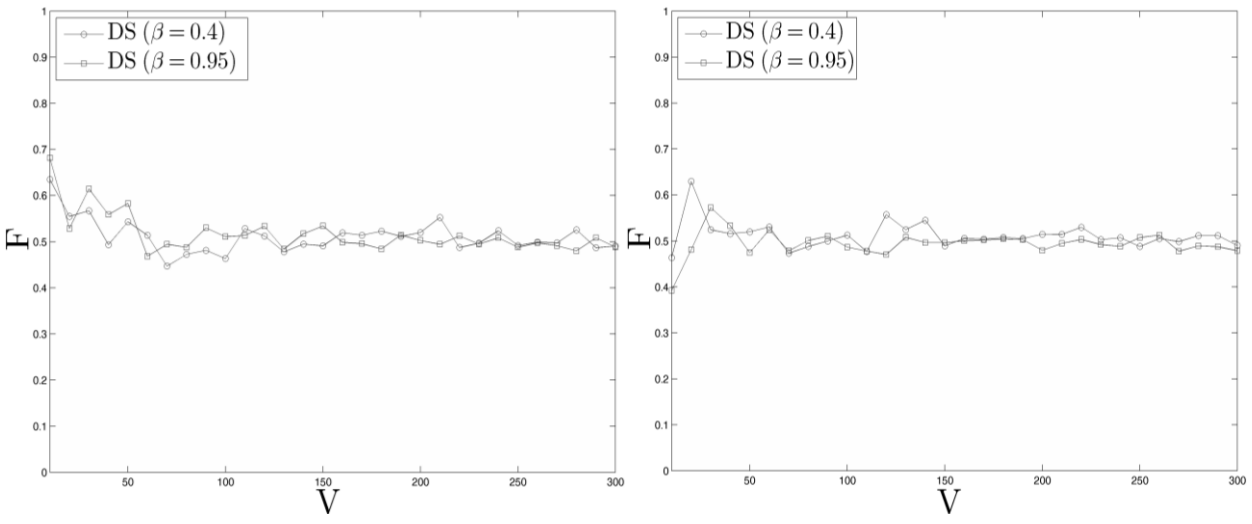
Σχήμα 59. Τιμές της παραμέτρου JU για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική.

Στο Σχήμα 60, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά μας για το σενάριο όπου ο πωλητής επιλέγει τυχαία το όφελος πριν την εκκίνηση της διαπραγμάτευσης και στη συνέχεια σε κάθε γύρο προτείνει τυχαίες τιμές στο διάστημα [c, c + ε]. Στα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι όταν β = 0.4 η τιμή συμφωνίας είναι μεγαλύτερη από ότι όταν β = 0.95. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αγοραστής χάνει το 60% του οφέλους σε κάθε γύρο και έτσι επιθυμεί να κλείσει τη διαπραγμάτευση άμεσα.



Σχήμα 60. Αποτελέσματα του DS μοντέλου όταν ο πωλητής προτείνει τυχαίες τιμές.

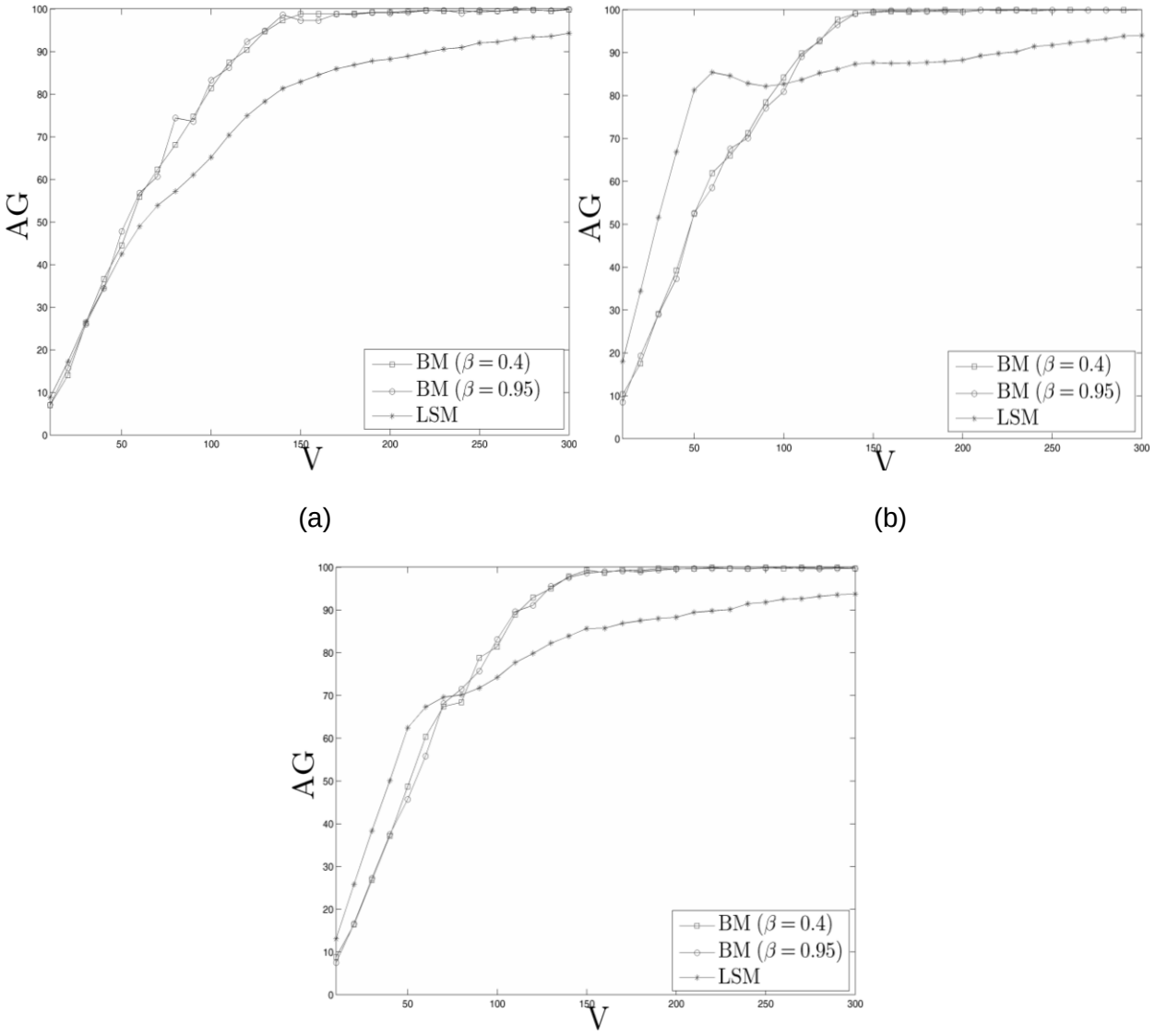
Στο Σχήμα 61, βλέπουμε τα αποτελέσματα του μοντέλου μας για την παράμετρο F. Βλέπουμε πως οι τιμές της F κινούνται γύρω στο 0.5 που σημαίνει πως το προτεινόμενο σύστημα είναι μεν δίκαιο αλλά επιδέχεται βελτιώσεις. Αυτό γίνεται άσχετα από την τιμή του β αλλά και τη στρατηγική που ακολουθεί ο πωλητής. Ειδικά δε για πολύ μεγάλες τιμές του V υπάρχει μια σταθεροποίηση των τιμών ενώ για μικρά V το μοντέλο αποδίδει χειρότερα.



(a) (b)

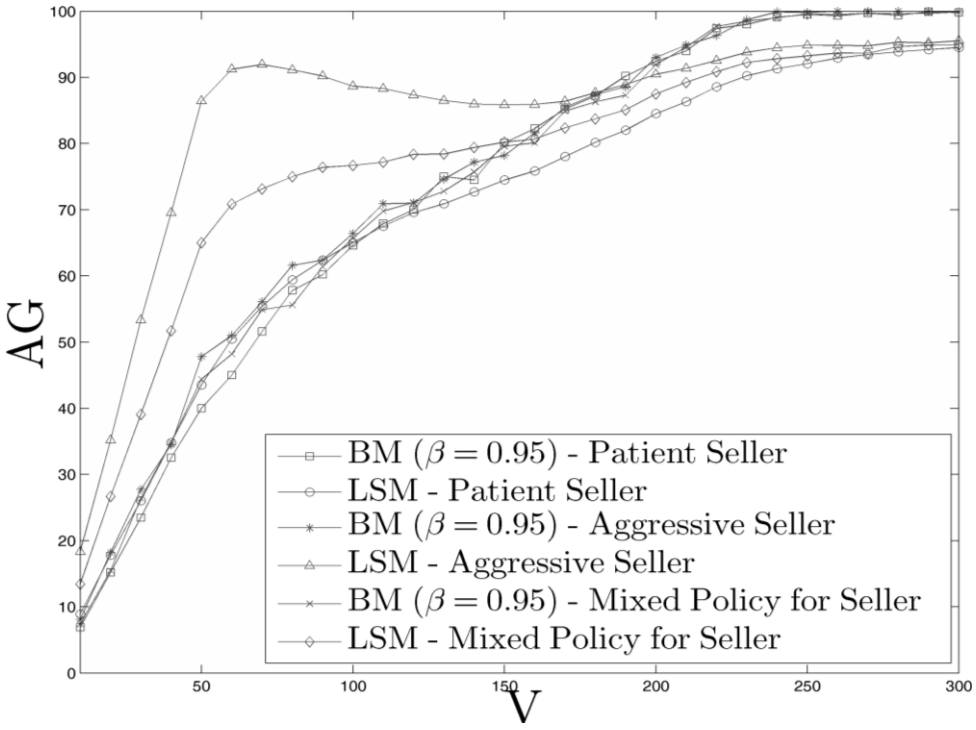
Σχήμα 61. Τιμές της παραμέτρου F για διάφορες στρατηγικές του πωλητή - (a) υπομονετική, (b) επιθετική.

Ας περάσουμε τώρα στην περιγραφή των αποτελεσμάτων για τα άλλα δύο προτεινόμενα μοντέλα τα οποία βασίζονται στη διαφορά των προσφορών. Στο Σχήμα 62, βλέπουμε τις τιμές της παραμέτρου AG για διάφορες τιμές του V καθώς και για διάφορες στρατηγικές του πωλητή. Παρατηρούμε ότι το μοντέλο LSM έχει χειρότερη συμπεριφορά σε σύγκριση με το BM ιδιαίτερα δε για μεγάλες τιμές του V. Όμως, όταν το V < 100, 150 το LSM μοντέλο έχει καλύτερη συμπεριφορά σε σύγκριση με το BM. Αυτό βέβαια δεν συμβαίνει όταν ο πωλητής ακολουθεί μια υπομονετική στρατηγική. Ο λόγος είναι το LSM μοντέλο προσπαθεί να βρει το μέγιστο χρονικό σημείο ώστε να πάρει την τελική απόφαση. Προφανώς, σε τέτοιες περιπτώσεις αυξάνει κατά πολύ το ρίσκο για μια σύγκρουση. Όσο πιο επιθετική είναι η συμπεριφορά του πωλητή τόσο περισσότερες συμφωνίες επιτυγχάνονται με το μοντέλο LSM. Επίσης, το BM μοντέλο (είτε με χρήση β = 0.4 είτε β = 0.95) επιτυγχάνει ένα πολύ υψηλό πλήθος συμφωνιών (κοντά στο 100%) ιδιαίτερα για πολύ μεγάλες τιμές του V. Ένα ποσοστό συμφωνιών κοντά στο 100% είναι πολύ μεγάλο, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου η ζώνη συμφωνίας είναι μικρή. Για παράδειγμα, όταν η μέγιστη τιμή του V είναι ίση με 150 ΧΜ τότε δεδομένου ότι τα πειράματα εκτελέστηκαν με μέγιστη τιμή κόστους ίση με 50 ΧΜ γίνεται αντιληπτό ότι η ζώνη συμφωνίας είναι ίση μόνο με 50 ΧΜ. Τέλος, ας σκεφτούμε ότι όταν V = 10 ΧΜ τότε λίγες είναι οι πιθανότητες για να υπάρχει ζώνη συμφωνίας που να επιτρέπει το κλείσιμο συμφωνίας. Παρόλα αυτά τα προτεινόμενα μοντέλα επιτυγχάνουν ποσοστό κοντά στο 10% που σημαίνει ότι στη ύπαρξη ζώνης συμφωνίας επιτυγχάνεται τελικά μια συμφωνία.



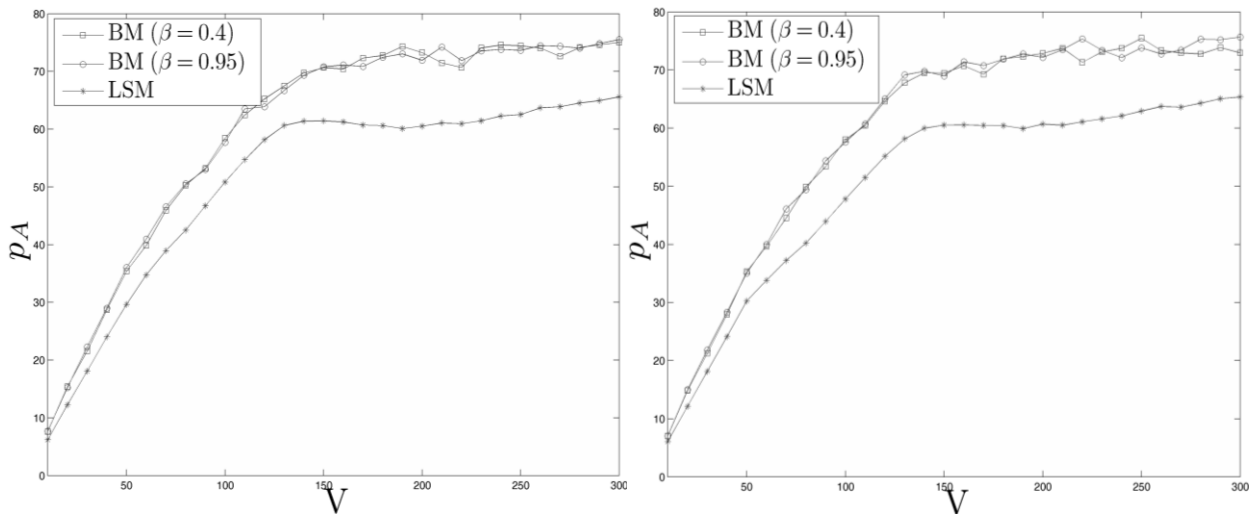
Σχήμα 62. Αποτελέσματα για την παράμετρο AG για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Στο Σχήμα 63, συγκρίνουμε τα προτεινόμενα μοντέλα όσον αφορά στο ποσοστό των συμφωνιών, όταν ο πωλητής χρησιμοποιεί μια μέγιστη τιμή ε = 200 ΧΜ για το κέρδος και όχι 100 ΧΜ όπως στα υπόλοιπα πειράματα. Βλέπουμε πως το LSM μοντέλο επιτυγχάνει καλύτερες επιδόσεις για μικρές τιμές του V. Το ποσοστό συμφωνιών είναι κοντά στο 90% ιδιαίτερα δε όταν ο πωλητής ακολουθεί μια επιθετική στρατηγική. Όμως ένας υπομονετικός πωλητής οδηγεί τη διαπραγμάτευση στους τελευταίους γύρους αφού ο αγοραστής μέσω του LSM προσπαθεί να φτάσει μέχρι το τέλος ώστε να αποκομίσει όσον το δυνατόν περισσότερο όφελος ρισκάροντας μια σύγκρουση.

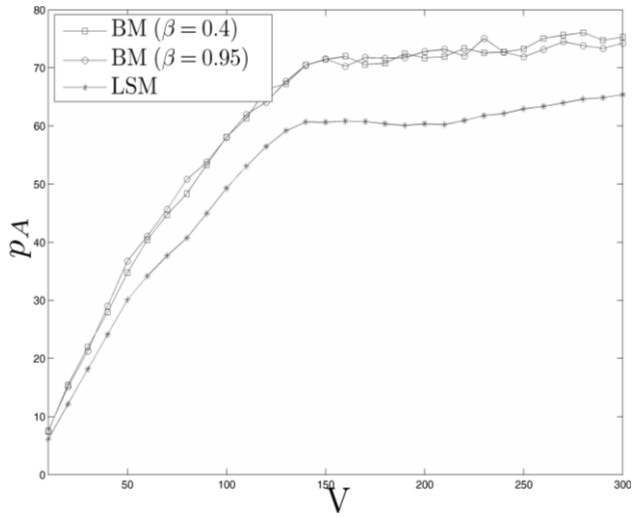


Σχήμα 63. Αποτελέσματα για την παράμετρο AG για ε = 200 ΧΜ.

Στο Σχήμα 64, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων για την τιμή συμφωνίας που εξάγεται από τα προτεινόμενα μοντέλα. Το ενδιαφέρον είναι πως το LSM μοντέλο έχει καλύτερη απόδοση άσχετα με τη στρατηγική που ακολουθεί ο πωλητής. Η διαφορά γίνεται μεγαλύτερη σε σύγκριση με το ΒΜ μοντέλο όταν V > 160 ΧΜ. Αν λοιπόν θεωρήσουμε πως για τη μέγιστη τιμή του V έχουμε στατιστικά ένα μέσο όρο του V = 150 ΧΜ, τότε κατά μέσο όρο η μείωση της τιμής είναι ίση με 57% περίπου.



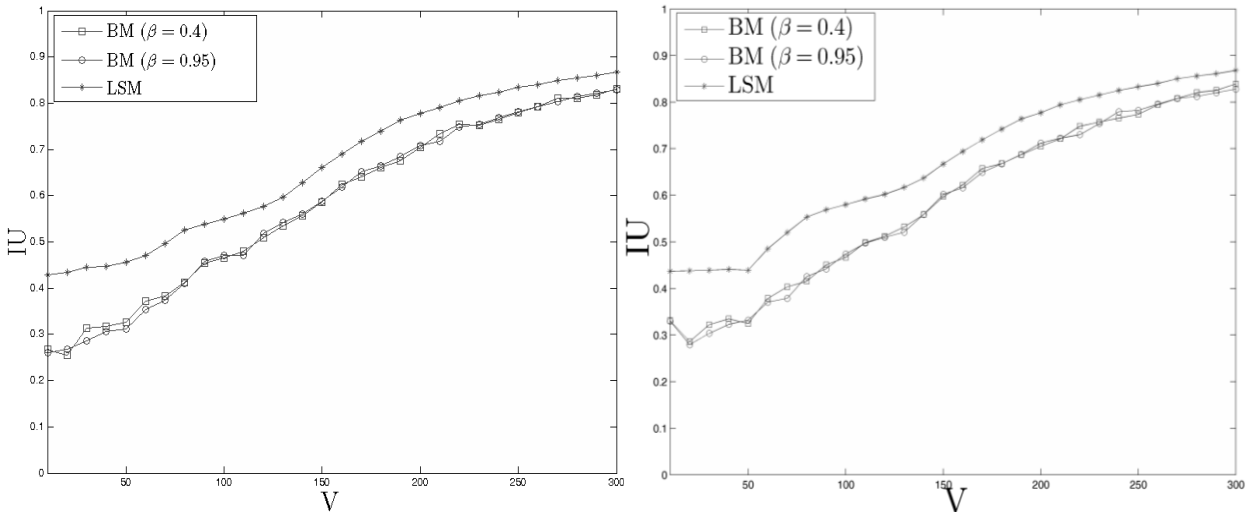
(a) (b)



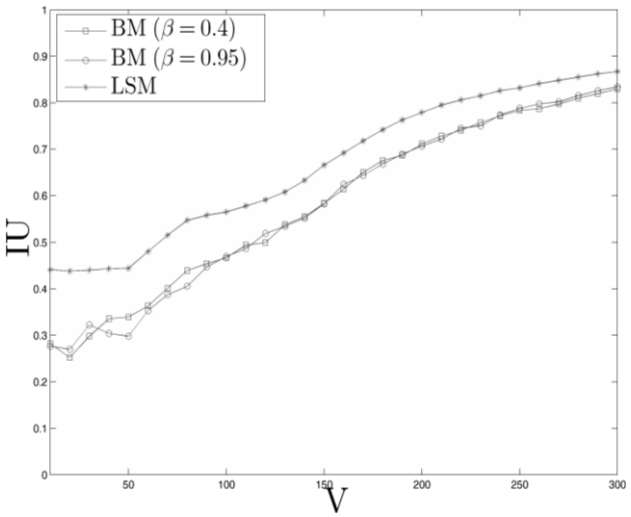
(c)

Σχήμα 64. Αποτελέσματα για την παράμετρο p_A για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Το LSM μοντέλο είμαι αυτό που οδηγεί στο μεγαλύτερο όφελος για τον αγοραστή. Το μέγιστο όφελος (μέσος όρος που εξάγεται από όλα τα πειράματα) βρίσκεται κοντά στο 0.9 (Σχήμα 65). Το ενδιαφέρον είναι πως και εδώ τα προτεινόμενα μοντέλα δεν επηρεάζονται από τη στρατηγική που ακολουθεί ο πωλητής. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του V τόσο μεγαλύτερο γίνεται το όφελος αφού η τιμή συμφωνίας, όπως είδαμε, μένει περίπου σταθερή.



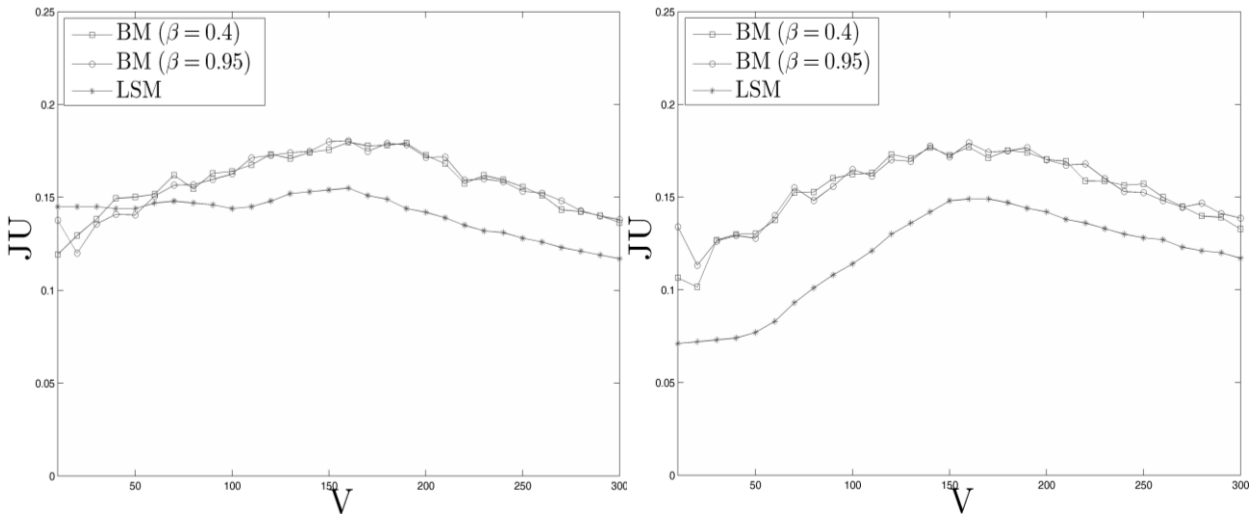
(a) (b)



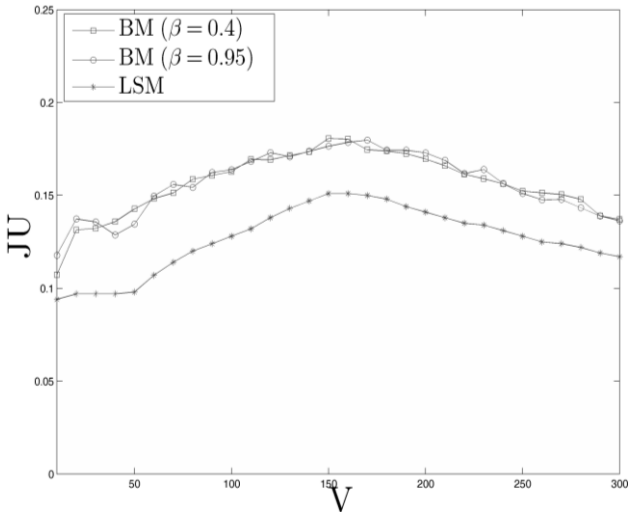
(c)

Σχήμα 65. Αποτελέσματα για την παράμετρο IU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Η μέση τιμή της παραμέτρου JU κινείται σε σχετικά υψηλά επίπεδα (Σχήμα 66) με το LSM μοντέλο να έχει τη χειρότερη επίδοση. Ο λόγος είναι ότι το σχήμα αυτό αφού περιμένει μέχρι τους τελευταίους γύρους να βρει την καλύτερη προσφορά επιτυγχάνει, όπως είδαμε την καλύτερη τιμή και κατά συνέπεια αποδεικνύεται πολύ επικερδές για τον αγοραστή. Αυτό αντίστοιχα σημαίνει πως πιέζει τον πωλητή να δεχτεί μικρότερες τιμές, άρα δεν είναι δίκαιο και για τους δύο σε σύγκριση με το μοντέλο BM. Το BM μοντέλο, όταν η μέγιστη τιμή του V είναι γύρω στις 150 ΧΜ – συνεπώς η ζώνη συμφωνίας είναι περίπου 50 ΧΜ – επιτυγχάνει τον μέγιστο μέσο όρο (γύρω στο 0.19 – άρα στο 76% της μέγιστη τιμής) για την παράμετρο JU.



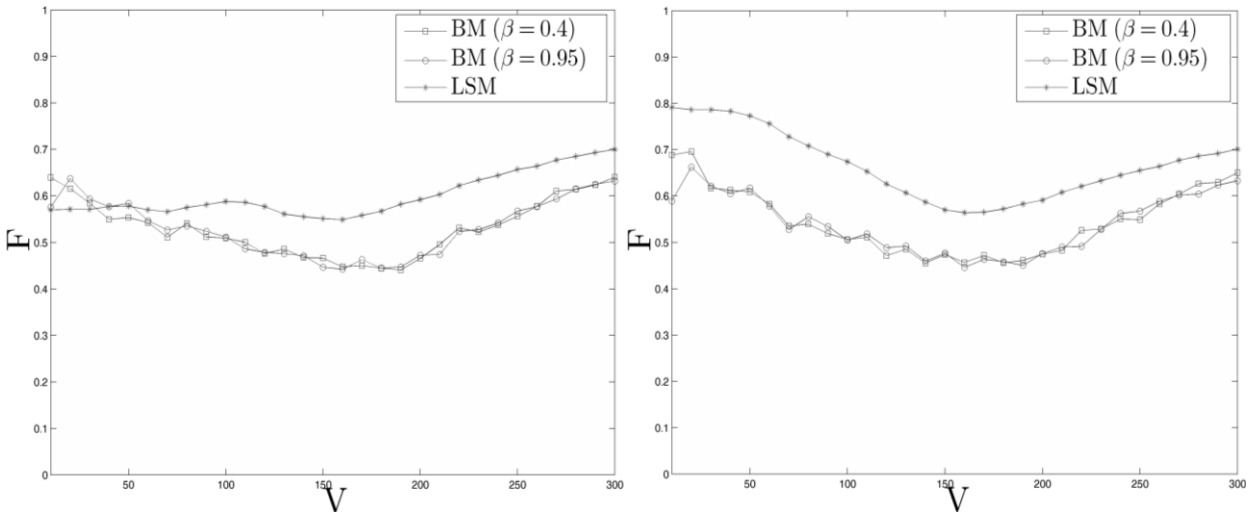
(a) (b)



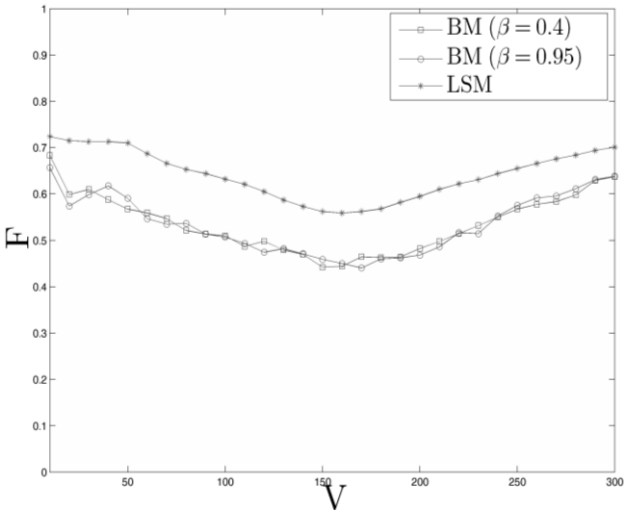
(c)

Σχήμα 66. Αποτελέσματα για την παράμετρο JU για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Αντίστοιχα συμπεράσματα, σχετικά με τη δικαιοσύνη των αποτελεσμάτων που εξάγονται από τα προτεινόμενα συστήματα, εξάγονται και από το Σχήμα 67 (μετρική F). Η ζώνη συμφωνίας που καθορίζεται όταν V ~ 150 ΧΜ αποδεικνύεται σαν αυτή που εξάγει τα πιο δίκαια αποτελέσματα. Σε αυτή τη ζώνη συμφωνίας, η απόσταση της τιμής συμφωνίας από τη βέλτιστη τιμή (V + c) / 2 είναι η μικρότερη που μπορεί να επιτευχθεί.



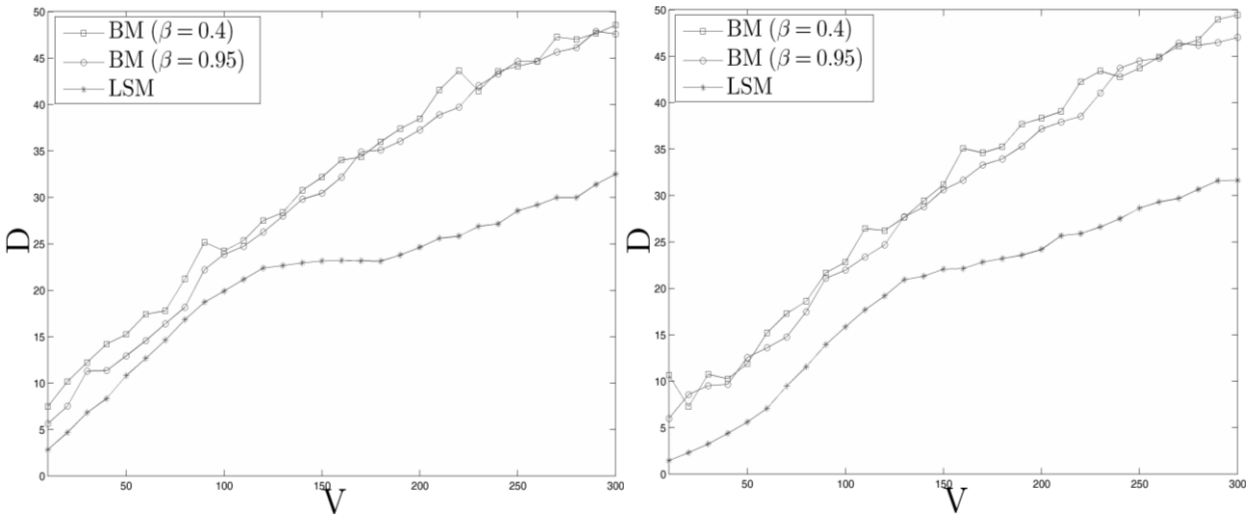
(a) (b)



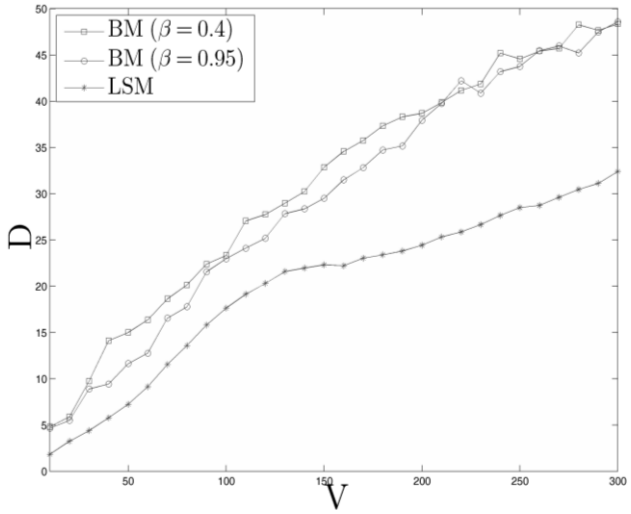
(c)

Σχήμα 67. Αποτελέσματα για την παράμετρο F για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Εξοικονόμηση χρόνου και κατά συνέπεια λιγότερος αριθμός βημάτων για το κλείσιμο μιας συμφωνίας απαιτείται από το μοντέλο BM (Σχήμα 68). Το ενδιαφέρον είναι όσο αυξάνει η τιμή του V τόσο λιγότερος χρόνος απαιτείται για να κλείσει η συμφωνία. Το μοντέλο BM λαμβάνει σοβαρά υπόψιν του τη σημασία που αποδίδει ο αγοραστής στο προϊόν όπως αυτή απεικονίζεται στην τιμή του V.



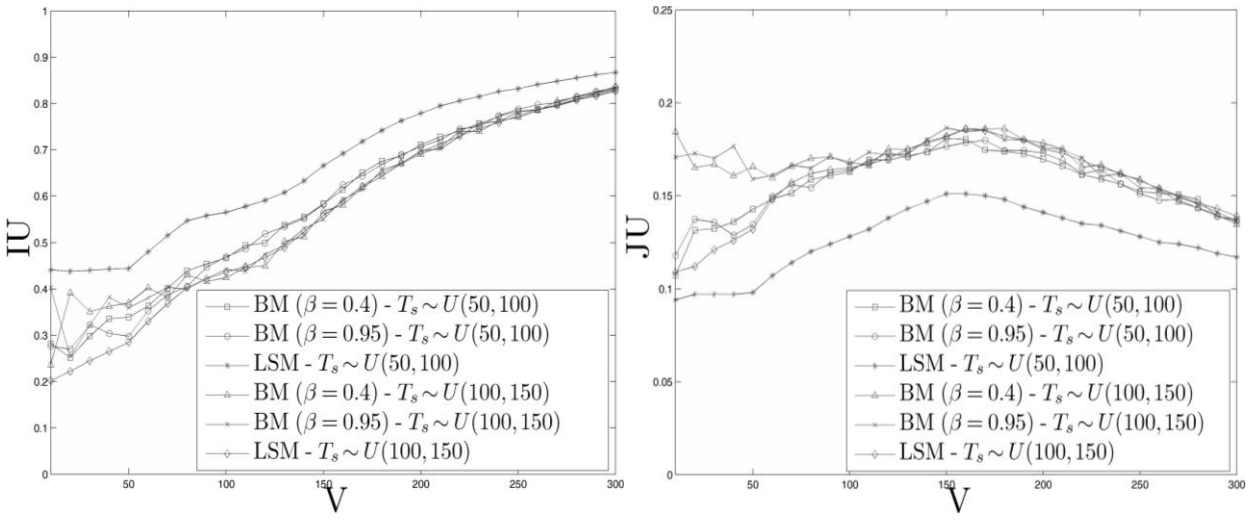
(a) (b)



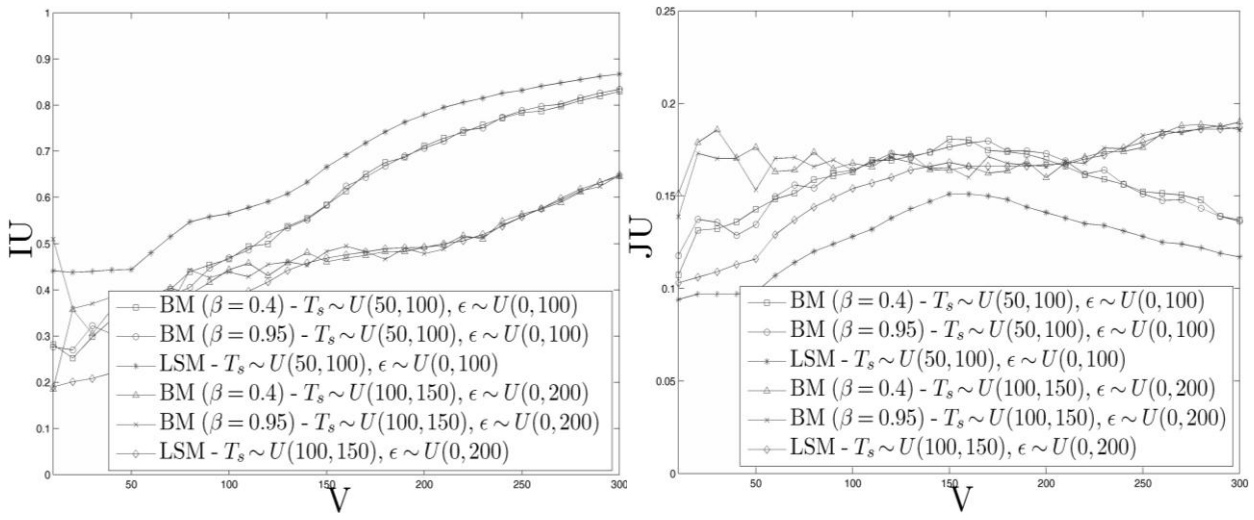
(c)

Σχήμα 68. Αποτελέσματα για την παράμετρο D για διαφορετικές στρατηγικές του πωλητή – (a) υπομονετική, (b) επιθετική, (c) μεικτή.

Στο Σχήμα 69, βλέπουμε τα αποτελέσματα μας για διάφορους συνδυασμούς τιμών για τις βασικές παραμέτρους του πωλητή. Μια αύξηση την τιμή του T_s ή του ε επηρεάζει το όφελος του αγοραστή. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο αγοραστής κερδίζει λιγότερο από ότι ο πωλητής.



(a) (b)



(c) (d)

Σχήμα 69. Αποτελέσματα για τις παραμέτρους IU, JU για διαφορετικές τιμές του χρονικού ορίζοντα του πωλητή και του κέρδους.

Σε αυτό το σημείο κάνουμε μια ποιοτική σύγκριση ανάμεσα στα τρία προτεινόμενα μοντέλα καθώς και μια σύγκριση με άλλες ερευνητικές προσπάθειες και το ασαφές σύστημα που παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Τα τρία προτεινόμενα μοντέλα επιτυγχάνουν ένα υψηλό ποσοστό συμφωνιών (κοντά στο 100%) ιδίως όταν το V παίρνει μεγάλες τιμές. Το ποσοστό αυτό επιτυγχάνεται όταν V > 150 ΧΜ ενώ ανάλογα με τη τιμή του κέρδους στο οποίο στοχεύει ο πωλητής το LSM μοντέλο επιτυγχάνει ποσοστό πάνω από 90% για μικρότερες τιμές του V. Για πάρα πολύ μικρές ζώνες συμφωνίας (V → 10 ΧΜ) ενώ το DS μοντέλο δεν επιδεικνύει κάποιο ποσοστό συμφωνιών λόγω του περιορισμένου χώρου για κλείσιμο συμφωνίας, αντίθετα τα μοντέλα BM και LSM επιδεικνύουν ένα ποσοστό κοντά στο 10%. Όσον αφορά στο πλήθος των βημάτων, το DS μοντέλο χρειάζεται το μικρότερο αριθμό ιδιαίτερα δε όταν β → 0. Αυτό γίνεται λόγω του άγχους που εφαρμόζεται στην πλευρά του αγοραστή αφού σε κάθε γύρο χάνει ένα μεγάλο ποσοστό του οφέλους τους. Από την άλλη πλευρά, το LSM μοντέλο είναι αυτό που απαιτεί το μεγαλύτερο χρόνο για κλείσιμο μιας συμφωνίας αφού στόχος του είναι να αναζητήσει την καλύτερη τελευταία προσφορά του πωλητή με το ρίσκο μιας σύγκρουσης. Το όφελος IU κινείται επίσης σε υψηλά επίπεδα με το DS μοντέλο να βρίσκεται κοντά στο 0.8 ενώ το LSM να επιτυγχάνει τιμές κοντά στο 0.9. Σχετικά με το JU, είναι λογικό το DS μοντέλο να έχει την καλύτερη απόδοση αφού

κρίνεται πιο δίκαιο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δύο. Όμως, η διαφορά είναι σχετικά μικρή.

Στο [42], εξετάζονται 12 στρατηγικές των παικτών και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Σε αυτή την ερευνητική προσπάθεια επιτυγχάνεται 100% ποσοστό συμφωνιών μόνο για δύο στρατηγικές (conceder, T1 – επιθετικές στρατηγικές) και μόνο για μεγάλους χρονικούς ορίζοντες (στο διάστημα [30,60]). Για μικρούς χρονικούς ορίζοντες το μέγιστο ποσοστό είναι 90%. Το μέσο ουσιαστικό όφελος είναι κάτω από 0.6 και 0.4 για όλες τις στρατηγικές και για μεγάλους ή μικρούς χρονικούς ορίζοντες αντίστοιχα. Στο [108], οι συγγραφείς παρουσιάζουν ένα πρωτόκολλο για διαπραγματεύσεις και χρησιμοποιούν ασαφή λογική για τον υπολογισμό των συναρτήσεων οφέλους των δύο οντοτήτων. Πειραματίζονται με τρεις στρατηγικές για ένα σύνολο 100 προϊόντων. Τα αποτελέσματα επιδεικνύουν ένα μέγιστο ποσοστό συμφωνιών ίσο με 50% το οποίο φυσικά είναι πολύ μικρό. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο [3] επιδεικνύουν ένα μέγιστο ποσοστό συμφωνιών ίσο με 90% για χρονικούς ορίζοντες που εμπλέκουν 90 – 100 προσφορές σε μια διαπραγμάτευση. Τα αποτελέσματα αφορούν τρεις στρατηγικές με το ποσοστό των συμφωνιών να κινείται από 30% (μικροί χρονικοί ορίζοντες) έως 90% (μεγάλοι χρονικοί ορίζοντες) για την πρώτη στρατηγική (flexible), από 25% (μικροί χρονικοί ορίζοντες) έως 70% (μεγάλοι χρονικοί ορίζοντες) για τη δεύτερη (general) και από 15% (μικροί χρονικοί ορίζοντες) έως 55% (μεγάλοι χρονικοί ορίζοντες) για την τρίτη (desperate). Στο [23], οι συγγραφείς στα πειράματά τους έχουν επιτύχει ένα ποσοστό συμφωνιών κοντά στο 88% ενώ η μέση τιμή του JU ήταν κοντά στο 82.3% της βέλτιστης τιμής (δηλαδή ίση με 0.21 περίπου). Όμως, τα πειράματα έγινα μόνο για 59 διαπραγματεύσεις ανάμεσα σε 30 αγοραστές και 30 πωλητές αριθμός που μάλλον είναι αρκετά μικρός για την εξαγωγή αντικειμενικών συμπερασμάτων. Στο [206], παρουσιάζονται αποτελέσματα για την παράμετρο JU για την οποία η μέση τιμή είναι ίση με 0.16 και 0.15 για την greedy και calm στρατηγική αντίστοιχα. Επιπλέον, τα βήματα για το κλείσιμο μιας συμφωνίας ήταν 13 και 8 αντίστοιχα για τις δύο στρατηγικές. Η μέγιστη μέση τιμή για το JU ήταν κοντά στο 0.2. Τέλος, στο [129], παρουσιάζεται Bayesian μοντέλο με το οποίο επιτυγχάνεται η μάθηση βασικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια μιας διαπραγμάτευσης. Οι συγγραφείς περιγράφουν πως ένα απλό Bayesian μοντέλο επιτυγχάνει μέσο JU ίσο με 0.08 ενώ ο προτεινόμενος μηχανισμός μάθησης και προσαρμογής στα δεδομένα της κάθε διαπραγμάτευσης επιτυγχάνει τιμή ίση με 0.18.

Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι ο δικός μας προτεινόμενος μηχανισμός υπερτερεί σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα που έχουν προταθεί κατά καιρούς. Οι μέθοδοι που προτείνονται επιτυγχάνουν ένα μεγάλο αριθμό συμφωνιών που υπερτερεί σε σύγκριση με τη συντριπτική πλειοψηφία των υπολοίπων προτεινόμενων μοντέλων. Το ενδιαφέρον είναι πως τα προτεινόμενα μοντέλα μας υπερτερούν σημαντικά σε σχέση την παράμετρο IU. Υπενθυμίζουμε πως η παράμετρος αυτή απεικονίζει το όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής από μια διαπραγμάτευση. Επίσης, θυμίζουμε πως χρησιμοποιούμε χρονικούς ορίζοντες στο διάστημα [50,100] που αποτελεί μια μέση κατάσταση σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ερευνητικές προσπάθειες. Αυτό που δεν έχουμε διαπιστώσει έως τώρα στις υπόλοιπες ερευνητικές προσπάθειες είναι αποτελέσματα που αφορούν διάφορες ζώνες συμφωνίας. Εμείς στα πειράματά μας καλύπτουμε την περίπτωση αυτή. Ο στόχος είναι να δείξουμε ποια είναι η αντίδραση σε περιπτώσεις όπου οι πιθανότητες συμφωνίας είναι ελάχιστες.

Ας περάσουμε τώρα σε μια σύγκριση ανάμεσα στα μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία βέλτιστης παύσης και στο προτεινόμενο σύστημα που βασίζεται στην ασαφή λογική. Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε πως τα μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία βέλτιστης παύσης επιτυγχάνουν ελαφρώς μεγαλύτερο ποσοστό συμφωνιών ενώ μειονεκτούν αισθητά στη μέση τιμή του IU. Ιδιαίτερα δε όταν η τιμή του $V \rightarrow 0$ το ποσοστό των συμφωνιών είναι υπερδιπλάσιο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ασαφές σύστημα προσφέρει ένα μηχανισμό ο οποίος στοχεύει στο να πιέσει τον πωλητή ώστε να ρίξει αρκετά τις τιμές του ενώ τα μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία βέλτιστης παύσης προσπαθούν να διαπιστώσουν το πότε είναι ο κατάλληλος χρόνος να σταματήσουν (και να αποδεχθούν την προσφορά ή όχι) μέσω της εκτίμησης που κάνουν για τις επερχόμενες κινήσεις του πωλητή. Ουσιαστικά, το ‘άγχος’ του αγοραστή, έχει μεγαλύτερη επίδραση στα μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία βέλτιστης παύσης από ότι στο μοντέλο που βασίζεται στην ασαφή λογική.

8.7. Ερευνητική Συνεισφορά

Η προσέγγιση που ακολουθούμε με τη χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης είναι εντελώς διαφορετική σε σύγκριση με τα μοντέλα που περιγράφηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Η νέα προσέγγιση αποσκοπεί στο να αναγνωρίσει το χρόνο κατά τον οποίο πρέπει να γίνει η παύση της διαπραγμάτευσης και στο χρόνο αυτό να ληφθεί η απόφαση της αποδοχής ή μη της προσφοράς του αντιπάλου (εφόσον αυτός δεν έχει

αποδεχθεί πιο πριν). Αντίθετα, τα υπόλοιπα μοντέλα που προτείναμε στοχεύουν να αναγνωρίσουν ποιος είναι ο συνδυασμός τιμών των βασικών παραμέτρων που θα τους κάνει να αποδεχθούν ή όχι την προσφορά του πωλητή. Και εδώ, το σενάριό μας υποθέτει απολύτως καμία γνώση για τα χαρακτηριστικά των πωλητών. Ο αγοραστής απλά χρησιμοποιεί τη θεωρία βέλτιστης παύσης ώστε να αποφασίσει το χρόνο στον οποίο θα σταματήσει τη διαδικασία. Το σημαντικό είναι πως δεν απαιτείται καμία περίπλοκη μοντελοποίηση της συμπεριφοράς του αγοραστή. Δεν χρειάζεται να καθορίσουμε κάποια στρατηγική ισορροπίας ή να κάνουμε πολύπλοκους υπολογισμούς ώστε να καλύψουμε όλες τις περιπτώσεις που μπορεί ο αγοραστής να συναντήσει κατά τη διάρκεια μιας διαπραγμάτευσης. Το προτεινόμενο μοντέλο δεν απαιτεί να δοθούν δεδομένα από εμπειρογνώμονες ή να καθοριστούν κάποιοι κανόνες συμπεριφοράς όπως αυτό συμβαίνει στις περιπτώσεις χρήσεις της ασαφούς λογικής. Τέλος, το προτεινόμενο μοντέλο υπολογίζει το βέλτιστο κόστος αναζήτησης και την τιμή αποτίμησης της κάθε συγκεκριμένης απόφασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΑΓΟΡΕΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί πιο πάνω, στις ΗΑ επικρατεί μια δυναμική αλληλεπίδραση οντοτήτων οι οποίες δεν είναι εκ των προτέρων γνωστές. Για το λόγο αυτό, απαιτείται ένας μηχανισμός ο οποίος θα εξάγει τον βαθμό εμπιστοσύνης της κάθε μιας οντότητας. Ο μηχανισμός αυτός θα πρέπει να εξάγει γρήγορα το τελικό αποτέλεσμα ενώ ταυτόχρονα θα βασίζει τις αποφάσεις του τόσο στις ατομικές εμπειρίες μιας οντότητας (εφόσον είναι διαθέσιμες), όσο και στις εμπειρίες των υπολοίπων συμμετεχόντων στην εικονική κοινότητα (εφόσον είναι διαθέσιμες). Επιπρόσθετα, αυτός ο μηχανισμός δεν πρέπει να λειτουργεί κεντρικοποιημένα, αλλά να είναι διαθέσιμος σε κάθε οντότητα. Στο παρών κεφάλαιο, προτείνουμε έναν ιεραρχικό μηχανισμό υπολογισμού του επιπέδου εμπιστοσύνης των οντοτήτων που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ. Η πρόταση μας κάνει χρήση της ασαφούς λογικής, προσπαθώντας να καλύψει τυχόν αβεβαιότητα που υπάρχει σε τέτοιου είδους δυναμικά περιβάλλοντα αλλά και να προσομοιώσει την ανθρώπινη συμπεριφορά σε τέτοια σενάρια. Το τελικό αποτέλεσμα βασίζεται σε αναφορές (referrals) που έχουν γίνει σχετικά με εμπειρίες που είχε ή ίδια οντότητα ή άλλες. Με αυτό τον τρόπο, λαμβάνουμε υπόψιν την κοινωνική αλλά και την ατομική διάσταση της εμπιστοσύνης.

9.1. Σχετική Βιβλιογραφία

Οι έννοιες της εμπιστοσύνης και της υπόληψης έχουν μελετηθεί αρκετά τα περασμένα χρόνια. Μια ανασκόπηση των τεχνικών εξαγωγής του επιπέδου εμπιστοσύνης για Web εφαρμογές ο αναγνώστης μπορεί να βρει στα [33], [60], [79], [121], [186]. Οι συγγραφείς στο [41] ορίζουν την έννοια της εμπιστοσύνης και περιγράφουν απλά μοντέλα για τον υπολογισμό της. Η εμπιστοσύνη έχει δύο διαστάσεις τη γνωστική αλλά και τη μαθηματική. Αυτές οι διαστάσεις εμπλέκουν την πίστη που υπάρχει για το βαθμό εμπιστοσύνης μιας οντότητας όπως επίσης και τις απαραίτητες εξισώσεις για τον υπολογισμό της. Στο [98], οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια αναλυτική περιγραφή των μοντέλων υπολογισμού του βαθμού εμπιστοσύνης καθώς και της υπόληψης οντοτήτων σε πολύ πρακτορικά συστήματα. Παρουσιάζονται βασικοί ορισμοί των πιο σημαντικών εννοιών και δίνονται συγκεκριμένα παραδείγματα τεχνολογιών. Στο [149], ο αναγνώστης μπορεί να βρει μια κατηγοριοποίηση της έννοιας της εμπιστοσύνης. Με βάση αυτή την ερευνητική προσπάθεια, η εμπιστοσύνη μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε ατομικό

επίπεδο αλλά και επίπεδο συστήματος. Οι βασικές κατηγορίες είναι της εμπιστοσύνης σε ατομικό επίπεδο βασίζεται σε μεθόδους μάθησης, στην υπόληψη και στην κοινωνικό - γνωσιακή προσέγγιση. Όσον αφορά στην εμπιστοσύνη σε επίπεδο συστήματος, αυτή μπορεί να βασιστεί σε πρωτόκολλα εξαγωγής αλήθειας, σε μηχανισμούς υπόληψης και σε μηχανισμούς ασφαλείας. Στο [185], οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια πλήρη περιγραφή των κεντρικοποιημένων και μη συστημάτων για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης. Επιπρόσθετα, προτείνουν ένα σύστημα το οποίο βασίζεται σε ένα δίκτυο Bayes. Η χρήση του δικτύου αυτού αποσκοπεί στο συνδυασμό διαφορών παραμέτρων που επηρεάζουν την τελική τιμή της εμπιστοσύνης.

Περνώντας στην παρουσίαση των μεθόδων που έχουν προταθεί κατά καιρούς και βασίζονται στην ασαφή λογική θα πρέπει να τονίσουμε τη σημασία μιας τεχνικής στον υπολογισμό της εμπιστοσύνης μιας οντότητας. Πρόκειται για μια σημαντική προσέγγιση, αφού η εμπιστοσύνη θα πρέπει να υπολογιστεί με βάση την άγνοια που έχουμε για τις προθέσεις μιας οντότητας. Ένα τέτοιο μοντέλο παρουσιάζεται στο [12]. Ουσιαστικά, οι συγγραφείς προτείνουν μια επέκταση, με χρήση ασαφούς λογικής, του μοντέλου που παρουσιάζεται στο [86]. Στη συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια περιγράφεται το ασαφές μοντέλο και δίνονται τα ασαφή σύνολα για τον υπολογισμό της τελικής τιμής. Το μοντέλο βασίζεται σε αξιολογήσεις (ratings) που είναι διαθέσιμες για κάθε οντότητα. Στο [63], μελετάται ο υπολογισμός εμπιστοσύνης ανάμεσα σε συνεργατικούς πράκτορες λογισμικού. Η ασαφής λογική αναλαμβάνει να χειριστεί την αβεβαιότητα των προθέσεων των πρακτόρων. Παρουσιάζεται ένας μηχανισμός για τους πράκτορες με τον οποίο μπορούν να χειριστούν τη μη εμπιστοσύνη (έλλειψη) μιας οντότητας. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν την ευκαμψία του συστήματος σε ένα περιβάλλον όπου δρουν αυτόνομοι πράκτορες λογισμικού. Ακόμη ένα ασαφές σύστημα παρουσιάζεται στο [75]. Το προτεινόμενο μοντέλο λαμβάνει υπόψιν του διαφορετικές πηγές προσδιορισμού της εμπιστοσύνης ώστε να ελαχιστοποιήσει δυσμενείς επιπτώσεις λανθασμένων εκτιμήσεων. Η τελική τιμή του βαθμού εμπιστοσύνης βασίζεται σε ένα ασαφή μηχανισμό υπολογισμού με χρήση βαρών. Στο [109], παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ ασαφών μεθόδων συνάθροισης και υπαρχόντων μηχανισμών για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης. Η ασαφής λογική χρησιμοποιείται για το ‘χτίσιμο’ της τελικής τιμής βασιζόμενη σε ένα πλήθος τιμών που πρέπει να συναθροιστούν. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν μια ανωτερότητα του προτεινόμενου ασαφούς μοντέλου σε σύγκριση με άλλα ερευνητικά αποτελέσματα.

Η προσαρμογή ενός βιο-μιμητικού μοντέλου εμπιστοσύνης ώστε να χειριστεί λεξικογραφικές ασαφείς ετικέτες δείχνει πως βρίσκεται κοντά στον ανθρώπινο τρόπο σκέψης [120]. Οι συγγραφείς παρουσιάζουν πέντε βήματα για τον υπολογισμό της τελικής τιμής. Τα πειράματα τεστάρουν την ακρίβεια του προτεινόμενου συστήματος σε σύγκριση με άλλα μοντέλα τα οποία λειτουργούν χωρίς τη χρήση της ασαφούς λογικής. Στο [127], οι συγγραφείς περιγράφουν ένα μοντέλο το οποίο προσπαθεί να αναγνωρίσει πελάτες που προσδοκούν να βρουν δικτυακούς τόπους προμηθευτών ώστε να αυξήσουν το βαθμό εμπιστοσύνης και κατά συνέπεια να αυξήσουν τις πιθανότητες επιτυχίας της αλληλεπίδρασης. Το προτεινόμενο μοντέλο βασίζεται σε τέσσερις παράγοντες: Existence, Affiliation, Policy και Fulfillment. Ο υπολογισμός της εμπιστοσύνης για κινητούς πράκτορες είναι το αντικείμενο της ερευνητικής προσπάθειας που παρουσιάζεται στο [159]. Οι πελάτες συλλέγουν ανάδραση από τη χρήση των πρακτόρων και έτσι είναι ικανοί να υπολογίσουν μια τιμή της εμπιστοσύνης. Στο μοντέλο χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι: η άμεση εμπιστοσύνη, η χρήση ασαφούς λογικής και η χρήση ενός μηχανισμού ανάδρασης. Στο [202], οι συγγραφείς προτείνουν ένα προσωποποιημένο μηχανισμό για την αποδοτική χρήση λανθασμένων αξιολογήσεων σε ένα ενισχυτικό κεντρικοποιημένο σύστημα υπόληψης. Θεωρούν ένα σενάριο όπου οι αγοραστές εξάγουν τον βαθμό υπόληψης από αξιολογήσεις άλλων αγοραστών οι οποίοι καλούνται ‘σύμβουλοι’.

Για τον προσδιορισμό του επιπέδου εμπιστοσύνης προτείνουμε ένα ιεραρχικό ασαφές σύστημα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην πλευρά του αγοραστή. Πρόκειται για μια σημαντική προσπάθεια, αφού συνδυάζει με ένα αποδοτικό τρόπο και την κοινωνική αλλά και την ατομική πλευρά της εμπιστοσύνης. Ουσιαστικά, προτείνουμε ένα μοντέλο όπου οι γνώμες των μελών της εικονικής κοινότητας και οι προσωπικές εμπειρίες συνδυάζονται με χρήση μιας θεωρίας η οποία αποτελεί την ιδανική επιλογή για λήψη απόφασης σε δυναμικά περιβάλλοντα. Η κοινωνική πλευρά της εμπιστοσύνης αλλά και η προσωπική γνώμη καθορίζονται μέσα από ένα αριθμό αναφορών (referrals). Οι αναφορές αυτές είναι η αποτίμηση για συγκεκριμένες παραμέτρους για κάθε οντότητα που αναλαμβάνει να διαθέσει προς πώληση ένα αριθμό προϊόντων (μεσίτες ή πωλητές). Από το σημείο αυτό και στο εξής θα αναφερόμαστε με τον όρο πωλητής σε κάθε τέτοιου είδους οντότητα. Επιπρόσθετα, το προτεινόμενο πλαίσιο αποτελεί μια αποκεντρικοποιημένη πρόταση αφού ο κάθε ένας αγοραστής μπορεί μόνος του να υπολογίσει το βαθμό εμπιστοσύνης για κάθε πωλητή. Γενικά, οι διαφορές που έχει το

δικό μας προτεινόμενο μοντέλο με άλλα μοντέλα που έχουν προταθεί κατά καιρούς είναι οι ακόλουθες:

- Στο προτεινόμενο μοντέλο υιοθετούμε πραγματικές τιμές για το βαθμό εμπιστοσύνης που βρίσκονται στο διάστημα [-1,1]. Δεν υιοθετούμε δυικές αποτιμήσεις, όπως γίνεται στο Ebay (οι αποτιμήσεις είναι -1, 0 ή 1), ή όπως περιγράφεται στα [86], [185] και [202]. Οι δυικές τιμές αποτίμησης θεωρούνται ανεπαρκείς για να συλλάβουν τους διάφορους βαθμούς κρίσης [12].
- Θεωρούμε πως η τιμή της εμπιστοσύνης για αυτόνομες οντότητες καθορίζεται μέσα από ένα σύνολο παραμέτρων. Τα μοντέλα που παρουσιάζονται στα [86], [87], [109], και [202] βασίζονται μόνο σε μια παράμετρο (η τελική αποτίμηση η οποία και αναπαριστά την τελική τιμή της εμπιστοσύνης). Στη δική μας πρόταση, θεωρούμε πως οι αναφορές των διαφόρων οντοτήτων για άλλες δεν είναι μόνο για το βαθμό εμπιστοσύνης αλλά για παραμέτρους όπως η ανταπόκριση στην αποστολή του προϊόντος, την ποιότητα του προϊόντος, κ.λπ. Με αυτή την προσέγγιση στοχεύουμε στο να καθορίσουμε την εμπιστοσύνη με βάση τη συνολική εικόνα που έχει μια οντότητα για μια άλλη.
- Στο [109], οι συγγραφείς παρουσιάζουν αλγορίθμους που χρησιμοποιούν την ασαφή λογική για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης με βάση το σκεπτικό ότι οι οντότητες αποτελούν τους κόμβους ενός γράφου. Το μοντέλο που περιγράφεται χειρίζεται μόνο την έλλειψη εμπιστοσύνης προς μια οντότητα (και όχι την εμπιστοσύνη προς μια οντότητα) και θεωρεί πως οι τιμές αποτίμησης είναι θετικές. Στο δικό μας προτεινόμενο μοντέλο θεωρούμε πως οι αποδεκτές τιμές βρίσκονται στο διάστημα [-1,1]. Μια τιμή ίση με -1 ουσιαστικά απεικονίζει την έλλειψη εμπιστοσύνης προς μια οντότητα ενώ μια τιμή ίση με 1 απεικονίζει μια κατάσταση όπου μια οντότητα έχει πλήρη εμπιστοσύνη προς μια άλλη. Με αυτό τον τρόπο βασίζουμε τους υπολογισμούς μας τόσο σε θετικές απόψεις οντοτήτων όσο και σε αρνητικές.

9.2. Περιγραφή Σεναρίου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί μια ΗΑ αποτελεί ένα εικονικό περιβάλλον όπου άγνωστες αλλά και αυτόνομες οντότητες αλληλεπιδρούν ώστε να ανταλλάξουν προϊόντα για συγκεκριμένα οφέλη. Οι ιδιοκτήτες των προϊόντων θέλουν να τα πουλήσουν στην καλύτερη δυνατή τιμή αλλά το ίδιο συμβαίνει και για τους αγοραστές μόνο που έχουν

ακριβώς αντίθετο συμφέρον. Αυτό σημαίνει πως ενώ οι πωλητές επιθυμούν τη μεγαλύτερη δυνατή τιμή πώλησης, οι αγοραστές επιθυμούν τη μικρότερη δυνατή τιμή. Προφανώς, οι αγοραστές δημιουργούν μια ζήτηση για τα προϊόντα η οποία πιθανώς να επηρεάσει την τιμή τους όπως έχει ήδη περιγραφεί.

Σε αυτό το σενάριο, όπου κυρίαρχο ρόλο έχουν αυτόνομες άγνωστες εκ των προτέρων οντότητες, σημαντικό ρόλο παίζει η εμπιστοσύνη που έχουν αυτές μεταξύ τους. Αυτό συμβαίνει διότι οι προθέσεις τους είναι άγνωστες. Οι αγοραστές δεν είναι σίγουροι για το αν οι πωλητές όντως τηρούν αυτά που υπόσχονται αλλά και το αν ισχύουν αυτά που περιγράφουν. Για παράδειγμα, οι πωλητές δηλώνουν ένα συγκεκριμένο χρόνο αποστολής μετά την ολοκλήρωση της αγοράς αλλά οι αγοραστές πρέπει να είναι σίγουροι για αυτό, αφού υπάρχει η πιθανότητα να χρειάζονται το προϊόν στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Με αυτό το σκεπτικό μια χαμηλή τιμή εμπιστοσύνης για ένα πωλητή θα μπορούσε ίσως να επηρεάσει την απόφαση αγοράς.

Για πρώτη φορά συναντούμε τον όρο εμπιστοσύνη (trust – T) στο [150]. Επίσης, ένα ορισμό της έννοιας μπορούμε να βρούμε στο [63]:

Η εμπιστοσύνη αναπαριστά την αποτίμηση μιας οντότητας σχετικά με την αξιοπιστία, ειλικρίνεια, κ.λπ. μιας άλλης οντότητας.

Ο βαθμός εμπιστοσύνης βασίζεται στην πίστη που έχει μια οντότητα για μια άλλη αλλά δεν είναι ξεκάθαρο από πού αυτή η πίστη έχει εξαχθεί. Η εμπιστοσύνη εξαρτάται επίσης από το πλαίσιο μέσα στο οποίο εξετάζεται. Για παράδειγμα, ένας πράκτορας μπορεί να είναι έμπιστος όταν προσφέρει πληροφορίες σε κάποιους άλλους αλλά να μην θεωρείται έμπιστος όταν προμηθεύει προϊόντα. Επιπρόσθετα, δεν πρέπει να ξεχνάμε πως η εμπιστοσύνη είναι δυναμική. Μια οντότητα μπορεί να θεωρηθεί μια άλλη σαν έμπιστη σε ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο αλλά αυτή η άποψη μπορεί να αλλάξει με το πέρασμα του χρόνου με βάση τη συμπεριφορά της οντότητας – στόχο (οντότητα της οποίας αξιολογούμε το βαθμό εμπιστοσύνης).

Γενικότερα, μια συνάρτηση υπολογισμού εμπιστοσύνης έχει τις ακόλουθες παραμέτρους:

- *Την πίστη αυτού που εξετάζει την εμπιστοσύνη κάποιου άλλου (B)*.
- *Την υπόληψη που έχει ο εξεταζόμενος (R)*.
- *Προηγούμενες τιμές εμπιστοσύνης (P)*.
- *Το πλαίσιο μέσα στο οποίο εξετάζεται η τιμή της εμπιστοσύνης (C)*.

Η υπόληψη (reputation - R) του εξεταζομένου, που αναφέρθηκε πιο πάνω, έχει μια κοινωνική διάσταση. Ένας ενδιαφέρον ορισμός έχει διατυπωθεί επίσης στο [63]:

Υπόληψη είναι μια κοινωνική έννοια που αντιστοιχεί στην αποτίμηση μιας ομάδας σχετικά με την αξιοπιστία, ειλικρίνεια, κ.λπ. μιας συγκεκριμένης οντότητας.

Ο υπολογισμός της τιμής εμπιστοσύνης βασίζεται σε αναφορές (referrals) μελών της εικονικής κοινότητας που με τη σειρά τους βασίζονται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Ένας ορισμός της αναφοράς είναι ο επόμενος:

Αναφορά είναι η γνώμη κάποιας οντότητας για τον βαθμό εμπιστοσύνης μιας άλλης.

Συνήθως, υπάρχει μια κεντρική οντότητα η οποία έχει την ευθύνη να χειρίζεται τις αναφορές (αποθήκευση, ανάκτηση). Κάθε αγοραστής, που επιθυμεί να υπολογίσει το βαθμό εμπιστοσύνης μιας άλλης οντότητας, επικοινωνεί με αυτή την κεντρική οντότητα ώστε να ανακτήσει τις αναφορές των μελών της εικονικής κοινότητας. Με βάση αυτές τις αναφορές και τις πιθανές προσωπικές εμπειρίες υπολογίζεται η τελική τιμή. Θα πρέπει να σημειωθεί πως θεωρούμε ότι ο χρόνος για την επικοινωνία και την ανάκτηση των αναφορών από την κεντρική οντότητα είναι αμελητέος.

Στο σενάριό μας, το πιο σημαντικό σημείο είναι ο χειρισμός της δυναμικής φύσης της εμπιστοσύνης. Η εμπιστοσύνη εξελίσσεται με το πέρασμα του χρόνου όσο οι οντότητες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, είναι κρίσιμος ο καθορισμός μια διαδικασίας ενημέρωσης της τιμής εμπιστοσύνης. Ειδικά δε, σε ανοιχτά περιβάλλοντα όπως οι ΗΑ, η πίστη αλλά και οι προθέσεις κάθε οντότητας αλλάζουν συνεχώς και συνεπώς η ανάγκη για δυναμικό προσδιορισμό της εμπιστοσύνης γίνεται επιτακτική. Για το σκοπό αυτό, βασιζόμαστε στην ασαφή λογική για να χειριστούμε την αβεβαιότητα σχετικά με τις προθέσεις των οντοτήτων. Στο προτεινόμενο σύστημα θεωρούμε πως η εμπιστοσύνη καθώς και οι παράμετροί της περιγράφονται με λεξικογραφικές ασαφείς τιμές. Μια διαδικασία συμπερασμού είναι υπεύθυνη για τον καθορισμό της τελικής τιμής. Γενικά, όπως θα δούμε, στις προσωπικές εμπειρίες της κάθε οντότητας αποδίδεται μεγαλύτερο σχετικά βάρος κατά τον υπολογισμό, εφόσον βέβαια αυτές υπάρχουν [86].

9.3. Σύστημα Προσδιορισμού Επιπέδου Εμπιστοσύνης

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζουμε το προτεινόμενο σύστημα προσδιορισμού εμπιστοσύνης και περιγράφουμε αναλυτικά τα διάφορα υποσυστήματα του.

9.3.1. Αρχιτεκτονική Συστήματος

Στο σενάριο μας, κάθε ένας αγοραστής υπολογίζει το βαθμό εμπιστοσύνης ενός πωλητή πριν αποφασίσει να ξεκινήσει μια διαδικασία διαπραγμάτευσης με αυτόν. Από την άλλη πλευρά, ο πωλητής έχει ένα βαθμό υπόληψης που βασίζεται σε προηγούμενες συναλλαγές άλλων οντοτήτων μαζί του. Ουσιαστικά, ο βαθμός υπόληψης βασίζεται στις αναφορές των άλλων οντοτήτων. Σε αυτή τη διατριβή, όπως έχουμε πει, θεωρούμε πως υπάρχει κεντρική οντότητα από την οποία παίρνει ο αγοραστής τις αναφορές των άλλων οντοτήτων. Όμως, ο καθορισμός ενός αποδοτικού τρόπου για τον υπολογισμό της υπόληψης ενός πωλητή αφήνεται ως μελλοντική επέκταση του προτεινόμενου συστήματος.

Ο υπολογισμός της τελικής τιμής εμπιστοσύνης βασίζεται, αρχικά, σε τρεις βασικές παραμέτρους:

- *Την ποιότητα του προϊόντος (Quality - Q)*.
- *Τον απαιτούμενο χρόνο για να δοθούν απαντήσεις από ένα πωλητή στα πιθανά αιτήματα των αγοραστών (e-mails, κ.λπ.) (Communication - C)*.
- *Το κόστος και τον απαιτούμενο χρόνο αποστολής (Delivery - D)*.

Προφανώς, αυτές οι παράμετροι έχουν αναγνωριστεί από εμάς ως βασικές αλλά φυσικά η λίστα μπορεί εύκολα να επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει ακόμη περισσότερες. Οι προσωπικές, αλλά και οι αναφορές της ομάδας, αφορούν τις τρεις παραμέτρους που παρουσιάσαμε και βασίζονται στις εμπειρίες που έχουν οι οντότητες μετά από τις αλληλεπιδράσεις με το συγκεκριμένο πωλητή. Το σημαντικό είναι πως ταυτόχρονα, οι αγοραστές διατηρούν την πληροφορία που σχετίζεται με την υπόληψη όλων των οντοτήτων της εικονικής κοινωνίας. Ο λόγος είναι ότι αυτή η τιμή θα επηρεάσει την αναφορά μιας οντότητας. Για παράδειγμα, αν μια οντότητα έχει υπόληψη χαμηλή και έχει κάνει μια αναφορά για ένα πωλητή, ο αγοραστής θα δώσει κατά πολύ μικρότερο βάρος στη γνώμη της κατά τη διάρκεια των υπολογισμών. Αντίθετα μια οντότητα με υψηλή υπόληψη θα επηρεάσει πολύ περισσότερο την τελική τιμή της εμπιστοσύνης από την οπτική της εικονικής κοινωνίας. Έτσι λοιπόν, κάθε αναφορά εμπλέκει τρεις τιμές στο διάστημα [-1,1], μια για κάθε παράμετρο που αναφέρθηκε πιο πάνω.

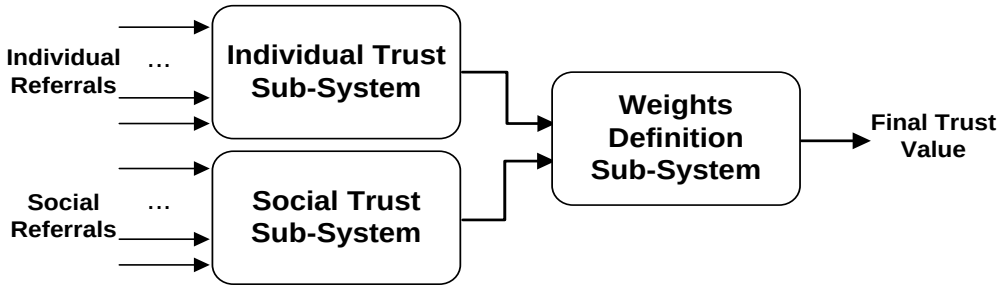
Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από τρία υποσυστήματα:

a) Το πρώτο είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό της τιμής εμπιστοσύνης από την οπτική της εικονικής κοινωνίας (βασιζόμενο στις αναφορές των υπολοίπων οντοτήτων).

b) Το δεύτερο είναι υπεύθυνο για τον υπολογισμό της τιμής εμπιστοσύνης από την οπτική του ίδιου του αγοραστή (με βάση τις προσωπικές του εμπειρίες - αναφορές).

c) Το τρίτο υποσύστημα είναι υπεύθυνο για την εξαγωγή των βαρών τόσο για την τιμή της ομάδας όσο και την ατομική τιμή της εμπιστοσύνης. Με βάση αυτά τα βάρη υπολογίζεται η τελική τιμή.

Το Σχήμα 70 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος.



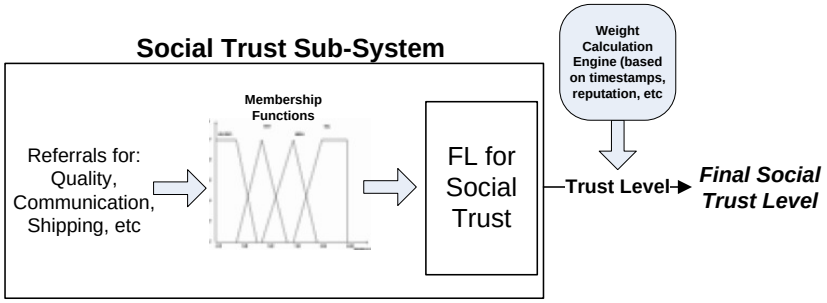
Σχήμα 70. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος.

9.3.2. Επίπεδο Εμπιστοσύνης Βασισμένο σε Εμπειρίες της Ομάδας

Κάθε ΗΑ έχει μια διάσταση κοινωνική, η οποία βασίζεται στις αλληλεπιδράσεις των οντοτήτων που δρουν μέσα σε αυτή. Μέσα από αυτή την οπτική, προτείνουμε ένα σχήμα το οποίο χειρίζεται αυτή την κοινωνική διάσταση της εμπιστοσύνης. Κάθε ένας αγοραστής ο οποίος ολοκληρώνει μια αγοραπωλησία με ένα πωλητή απαιτείται να τον βαθμολογήσει στη συνέχεια για τα τρία βασικά χαρακτηριστικά τα οποία έχουν ήδη περιγραφεί. Η βαθμολόγηση γίνεται μέσω αναφορών που υποβάλει ο αγοραστής στην κεντρική οντότητα και κρατά στην τοπική του βάση γνώσης. Οι τιμές των αναφορών βρίσκονται στο διάστημα [-1,1]. Κάθε αναφορά έχει μια χρονοσήμανση (timestamp) ώστε να υποδηλώνεται επακριβώς ο χρόνος κατά τον οποίο έγινε η αγοραπωλησία και κατ' επέκταση η αναφορά (όπως θα δούμε πολύ παλιές αναφορές λαμβάνουν μικρότερο βάρος κατά τους υπολογισμούς σε σχέση με τις πιο νέες). Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την τελική τιμή της εμπιστοσύνης είναι η υπόληψη της οντότητας που κάνει την αναφορά. Κάθε μια οντότητα μέσα στην εικονική κοινότητα

χαρακτηρίζεται από ένα βαθμό αξιοπιστίας, ο οποίος είναι μια τιμή στο διάστημα [0,1]. Οι αναφορές που γίνονται από οντότητες με υπόληψη κοντά στην τιμή 1 επηρεάζουν επίσης περισσότερο την τιμή της εμπιστοσύνης κατά τη διάρκεια των υπολογισμών.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνουμε ένα ασαφές μοντέλο υπολογισμού της τιμής εμπιστοσύνης όσο αφορά την κοινωνική της διάσταση το οποίο δέχεται σαν εισόδους τις αναφορές των μελών της ομάδας και σαν έξοδο αποδίδει την τιμή της εμπιστοσύνης. Στην περίπτωση όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες αναφορές για τον συγκεκριμένο πωλητή, τότε η τιμή της εμπιστοσύνης (για το κοινωνικό μέρος) τίθεται ίση με 0. Αυτό σημαίνει πως η τιμή αυτή είναι ουδέτερη. Στο Σχήμα 71, βλέπουμε την αρχιτεκτονική του προτεινόμενου υπο-συστήματος.



Σχήμα 71. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου υπο-συστήματος υπολογισμού της κοινωνικής διάστασης της εμπιστοσύνης.

Η τελική τιμή της κοινωνικής διάστασης της εμπιστοσύνης υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$ST_{S_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n}(T_j \cdot R \cdot F)}{n} \tag{9.1}$$

όπου ST_{S_i} είναι η κοινωνική διάσταση της εμπιστοσύνης για τον πωλητή s_i, n είναι το πλήθος των αναφορών που έγιναν για το συγκεκριμένο πωλητή και T_j, R και F ορίζονται ως ακολούθως:

$$T_j = \max\left(\left(1 - e^{\frac{d_j - d_{max}}{8}}\right), 0\right) \tag{9.2}$$

$$R = \left(a \cdot e_m + (1-a) \cdot \frac{R_m}{\sum_{i=1}^{E} R_i} \right) \tag{9.3}$$

$$F = \frac{\sum_{k=1}^{N} \mu_m(u_k) \cdot u_k}{\sum_{k=1}^{N} \mu_m(u_k)} \tag{9.4}$$

όπου d_j είναι η διαφορά ημερών ανάμεσα στη χρονοσήμανση της αναφοράς και του χρόνου κατά τον οποίο γίνεται ο υπολογισμός, d_{max} είναι μια μέγιστη τιμή (σε ημέρες) έπειτα από το οποίο θεωρούμε μια αναφορά σαν απαρχαιωμένη και κατά συνέπεια δεν τη λαμβάνουμε υπόψιν στους υπολογισμούς (η τιμή του T_j είναι ίση με το 0). Ο αριθμός 8, που χρησιμοποιούμε στον παρονομαστή του κλάσματος, αποτελεί ένα παράγοντα εξομάλυνσης της τιμής και έχει εξαχθεί μέσα από πειράματα. Στην εξίσωση 9.3, το R αναφέρεται στην υπόληψη της οντότητας η οποία κάνει την αναφορά. Η παράμετρος e_m είναι ένας αριθμός στο διάστημα [0,1] και επηρεάζει την τελική τιμή του R αφού απεικονίζει την προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την οντότητα m η οποία έχει κάνει μια συγκεκριμένη αναφορά. Ο υπολογισμός της παραμέτρου e_m αποτελεί την ένδειξη το πόσο πολύ πιστεύει ο αγοραστής τη γνώμη μιας οντότητας, η οποία φυσικά μπορεί να αποτελεί οντότητα που ψεύδεται ώστε κάποιος πωλητής να αποκομίσει οφέλη. Όσο πιο κοντά βρίσκεται στο 1 η παράμετρος e_m τόσο πιο πολύ ο αγοραστής εμπιστεύεται τη συγκεκριμένη οντότητα. Η μεθοδολογία υπολογισμού της παραμέτρου αφήνεται ως μελλοντική επέκταση της παρούσας διατριβής.

Η παράμετρος a είναι μια σταθερή τιμή και απεικονίζει το βάρος που δίνει ο αγοραστής στην προσωπική γνώμη για την οντότητα που κάνει μια αναφορά (παράμετρος e_m). Η τιμή της παραμέτρου αυτής καθορίζεται από τον αγοραστή πριν φυσικά την έναρξη των υπολογισμών ενώ μπορεί να διατυπωθεί μια ακόμη πιο έξυπνη και δυναμική μεθοδολογία καθορισμού της τιμής αυτής. Τέλος, το δεξιό μέρος της εξίσωσης 9.3 αναφέρεται στην υπόληψη της οντότητας (παράμετρος R_m) που κάνει την αναφορά ως ποσοστό της υπόληψης όλων των μελών της εικονικής κοινότητας (με E συμβολίζουμε το πλήθος των οντοτήτων). Για παράδειγμα, εάν 20 οντότητες έχουν κάνει αναφορές για ένα συγκεκριμένο πωλητή, τότε ο βαθμός υπόληψης της κάθε μιας κανονικοποιείται σε σχέση με το βαθμό υπόληψης όλων των υπολοίπων. Όσο περισσότερες είναι οι οντότητες τόσο μικρότερος γίνεται αυτός ο παράγοντας ακόμα και για πολύ υψηλές

τιμές υπόληψης. Στόχος είναι να δώσουμε σημασία περισσότερο σε οντότητες που έχουν υψηλότερη υπόληψη, ιδιαίτερα δε, ‘όταν το πλήθος τους είναι σχετικά μικρό.

Ας θεωρήσουμε ένα αριθμητικό παράδειγμα. Στον Πίνακα 59, απεικονίζουμε τρεις οντότητες οι οποίες έχουν κάνει αναφορές για ένα συγκεκριμένο πωλητή. Κάθε μια έχει ένα συγκεκριμένο βαθμό υπόληψης. Στην τρίτη στήλη του πίνακα, έχουμε εξάγει το βάρος της υπόληψης για την κάθε οντότητα, το οποίο όπως είπαμε επηρεάζει την τελική τιμή της εμπιστοσύνης. Αν θεωρήσουμε τώρα πως μόνο η e_1 και η e_2 έχουν κάνει αναφορές τότε τα αντίστοιχα βάρη γίνονται ίσα με 0.62 και 0.38 αντίστοιχα. Βλέπουμε πως το βάρος της e_1 καθώς και το βάρος της e_2 αυξάνονται, αφού τώρα πια το πλήθος των οντοτήτων είναι μικρότερο.

Πίνακας 59. Αριθμητικό παράδειγμα για το βάρος υπόληψης.

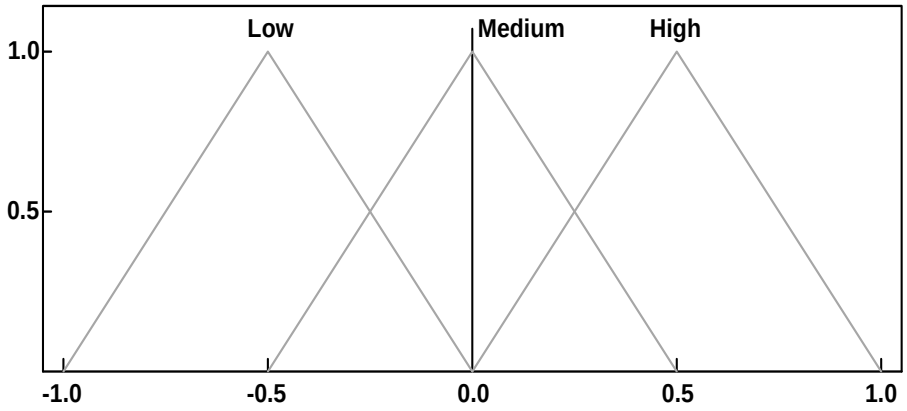
Οντότητα	**Υπόληψη**	**Βάρος**
e_1	0.80	0.38
e_2	0.50	0.24
e_3	0.80	0.38

Στην εξίσωση 9.4, η παράμετρος F αναπαριστά την έξοδο του ασαφούς συστήματος. Χρησιμοποιούμε τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής για κάθε μια από τις τρεις εισόδους, αλλά και την τελική έξοδο. Κάθε μια ασαφής μεταβλητή παίρνει τιμές στο διάστημα [-1,1] τόσο για τις εισόδους όσο και για την έξοδο. Η λεξικογραφική αναπαράσταση των παραμέτρων είναι: *Low, Medium, High*. Στον Πίνακα 60, μπορούμε να δούμε τους ασαφείς κανόνες που χρησιμοποιούνται από το συζητούμενο υπο-σύστημα. Τέλος, στο Σχήμα 72 και στο Σχήμα 73 βλέπουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής για τις εισόδους και την έξοδο του υπο-συστήματος.

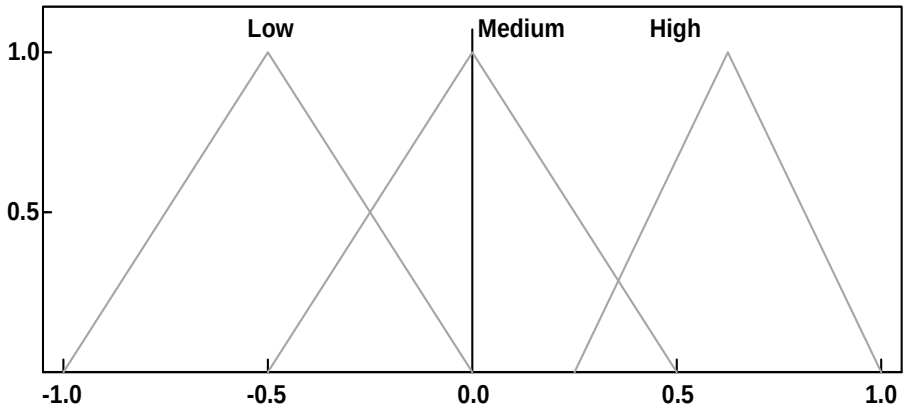
Πίνακας 60. Ασαφής βάση γνώσης για την κοινωνική διάσταση της εμπιστοσύνης.

Είσοδοι			***Έξοδος***
Ποιότητα	**Επικοινωνία**	**Αποστολή**	**ST**
Low	Any value	Any value	Low

High	High	High	High
Medium	Low or Medium	Medium	Medium
High	Medium	Medium	Medium
High	Medium	High	High



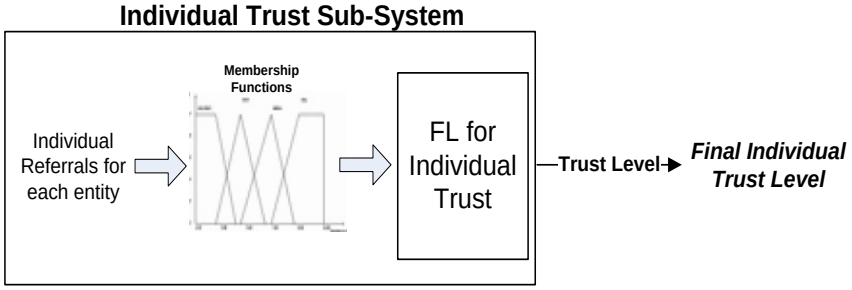
Σχήμα 72. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις παραμέτρους Αποστολή, Επικοινωνία καθώς για την έξοδο του υπο-συστήματος.



Σχήμα 73. Συναρτήσεις συμμετοχής για την παράμετρο Ποιότητα.

9.3.3. Επίπεδο Εμπιστοσύνης Βασισμένο σε Προσωπικές Εμπειρίες

Στο υπο-σύστημα υπολογισμού της ατομικής διάστασης της εμπιστοσύνης, ακολουθούμε μια παραπλήσια προσέγγιση σε σύγκριση με το πρώτο υπο-σύστημα. Το Σχήμα 74 απεικονίζει την αρχιτεκτονική του υπο-συστήματος.



Σχήμα 74. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου υπο-συστήματος υπολογισμού της ατομικής διάστασης της εμπιστοσύνης.

Κάθε ένας αγοραστής είναι πιθανό να έχει ένα σύνολο προσωπικών εμπειριών με κάποιους από τους πωλητές. Έτσι, η ατομική διάσταση της εμπιστοσύνης υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

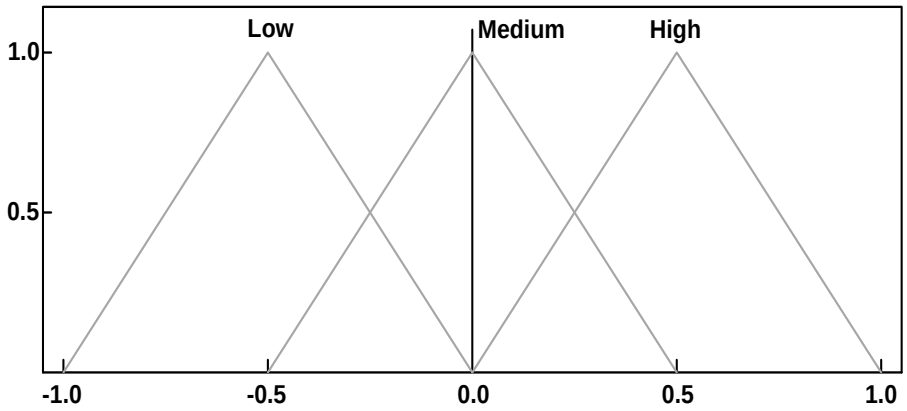
$$IT_{S_i} = \frac{\sum_{j=1}^{n}(T_j \cdot F)}{n} \tag{9.5}$$

όπου το IT_{S_i} αναπαριστά την ατομική διάσταση εμπιστοσύνης, T_j δίδεται από την εξίσωση 9.2 και το F καθορίζεται από την εξίσωση 9.4. Ουσιαστικά, το F είναι το αποτέλεσμα του ασαφούς συστήματος υπολογισμού της ατομικής διάστασης της εμπιστοσύνης. Η παράμετρος n συμβολίζει ότι ο αγοραστής έχει n αλληλεπιδράσεις με το συγκεκριμένο πωλητή. Εάν δεν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις στο παρελθόν, τότε η ατομική διάσταση της εμπιστοσύνης τίθεται ίση με το 0 (ουδέτερη γνώμη για τον πωλητή). Όπως και στο πρώτο υπο-σύστημα, υιοθετούμε τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής για τις εισόδους και την έξοδο, ενώ οι λεξικογραφικές τιμές των μεταβλητών είναι επίσης οι *Low, Medium, High*. Στον Πίνακα 61, παρουσιάζουμε την ασαφή βάση κανόνων του συζητούμενου υπο-συστήματος. Τέλος, στο Σχήμα 75 και στο Σχήμα 76 βλέπουμε τις συναρτήσεις συμμετοχής για τις παραμέτρους εισόδου αλλά και την έξοδο του υπο-συστήματος.

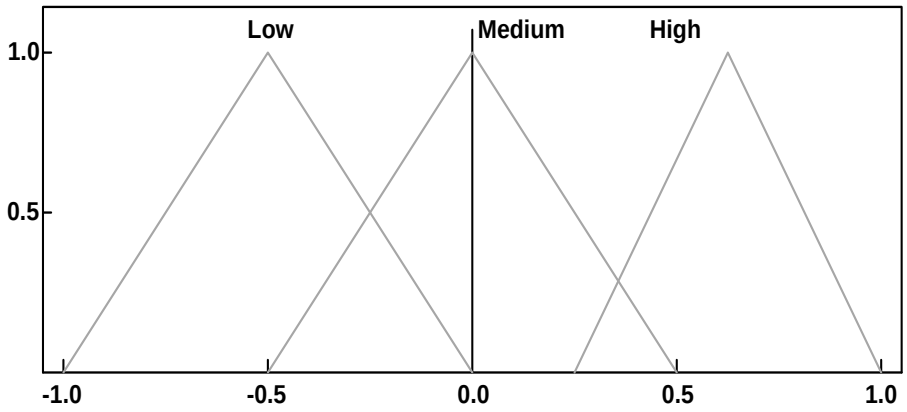
Πίνακας 61. Η ασαφής βάση κανόνων για το υπο-σύστημα υπολογισμού της ατομικής διάσταση της εμπιστοσύνης.

Είσοδοι			***Έξοδος***
Ποιότητα	**Επικοινωνία**	**Αποστολή**	**IT**

Low	Any value	Any value	Low
Any value	Low	Any value	Low
Any value	Any value	Low	Low
Medium	Medium or High	Medium or High	Medium
Medium or High	Medium	Medium or High	Medium
Medium or High	Medium or High	Medium	Medium
High	High	High	High



Σχήμα 75. Συναρτήσεις συμμετοχής για τις παραμέτρους Αποστολή και Επικοινωνία.



Σχήμα 76. Συναρτήσεις συμμετοχής για την παράμετρο Ποιότητα καθώς για την έξοδο του υποσυστήματος.

9.3.4. Υπολογισμός Τελικής Τιμής Εμπιστοσύνης

Ο αγοραστής έπειτα από τον υπολογισμό των δύο τιμών εμπιστοσύνης, χρησιμοποιεί ένα άθροισμα με βάρη για την εξαγωγή της τελικής τιμής της εμπιστοσύνης. Ουσιαστικά,

χρησιμοποιεί ένα άλλο ασαφές σύστημα με το οποίο είναι σε θέση να εξάγει το βάρος με το οποίο θα συνεισφέρει στον τελικό υπολογισμό η κάθε μια από τις δύο τιμές. Στο Σχήμα 77, βλέπουμε την αρχιτεκτονική του τρίτου αυτού ασαφές συστήματος. Η ακόλουθη εξίσωση χρησιμοποιείται για την εξαγωγή της τελικής τιμής:

$$T_{S_i} = w_S \cdot ST_{S_i} + (1 - w_S) \cdot IT_{S_i} \tag{9.6}$$

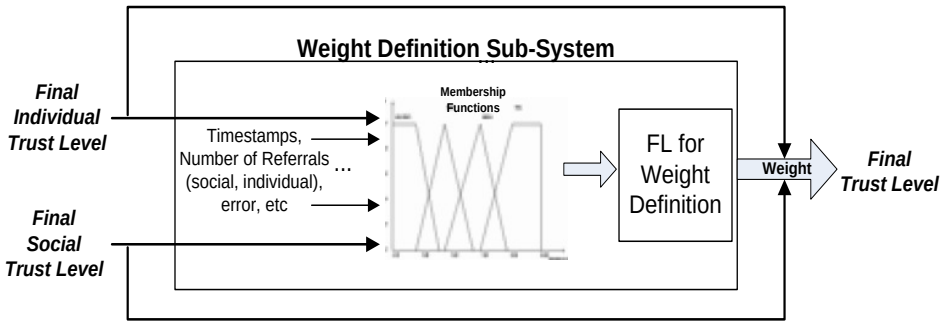
όπου w_s είναι το βάρος για την τιμή που εξάγεται από τις αναφορές των μελών της εικονικής κοινότητας. Οι μεταβλητές εισόδου του συστήματος είναι:

- *Ο συνολικός αριθμός των αναφορών που έγιναν από τα μέλη της εικονικής κοινότητας για τον συγκεκριμένο πωλητή (συμβολίζεται με SR)*.
- *Ο συνολικός αριθμός των συναλλαγών που έγιναν στο παρελθόν (συμβολίζεται με IR)*.
- *Μια τιμή σφάλματος (συμβολίζεται με e)*.

Το σφάλμα που αναφέρουμε πιο πάνω υπολογίζεται με τη βοήθεια της ακόλουθης εξίσωσης:

$$e = ST_{S_i} - IT_{S_i} \tag{9.7}$$

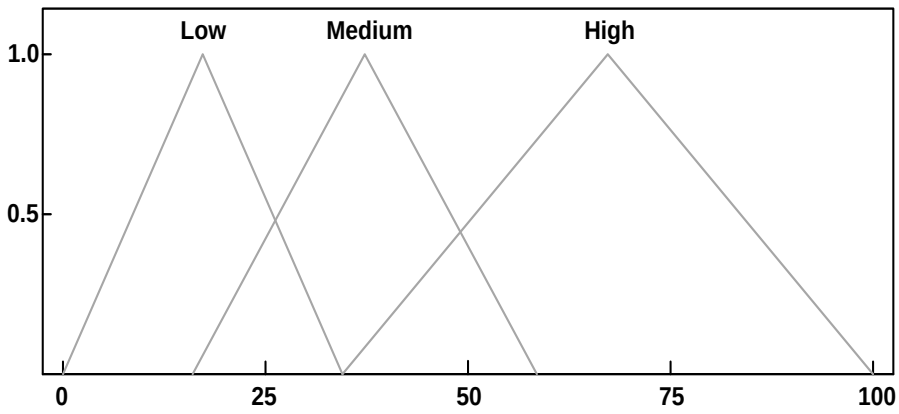
Οι τιμές του e βρίσκονται στο διάστημα [-2,2]. Η μεταβλητή εξόδου είναι το βάρος το οποίο θα αποδοθεί στην τιμή της εμπιστοσύνης που υπολογίζεται από αναφορές των μελών της κοινότητας και συμβολίζεται με w_s. Όπως και στα προηγούμενα υποσυστήματα έτσι και σε αυτό, χρησιμοποιούμε τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής καθώς και λεξικογραφικές περιγραφές των τιμών των μεταβλητών οι οποίες είναι: *Low, Medium, High*. Στον Πίνακα 62, παρουσιάζουμε την ασαφή βάση κανόνων του προτεινόμενου συστήματος. Οι συναρτήσεις συμμετοχής περιγράφονται από το Σχήμα 78 έως και το Σχήμα 81.



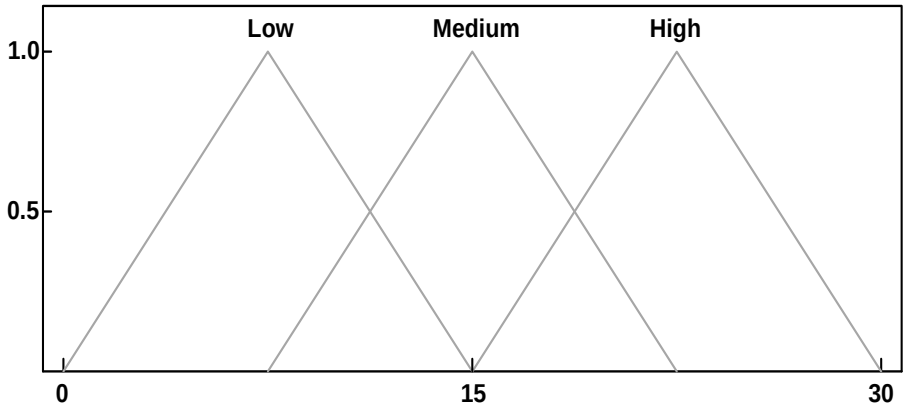
Σχήμα 77. Η αρχιτεκτονική του προτεινόμενου συστήματος για τον υπολογισμό της τελικής τιμής εμπιστοσύνης.

Πίνακας 62. Ασαφής βάση κανόνων για τον υπολογισμό της τελικής τιμής εμπιστοσύνης.

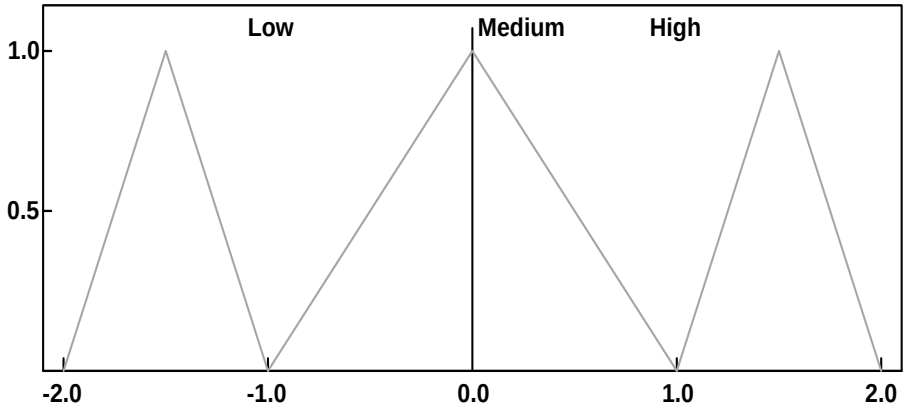
SR	**IR**	**e**	**w_s**
Low	Any value	Any value	Low
Any value	Low	Any value	High
High	Any value	Low	High
High	Any value	Medium	Medium
Low	Any value	Medium	Low
Any value	High	High	Low
Medium or High	Medium	High	Medium



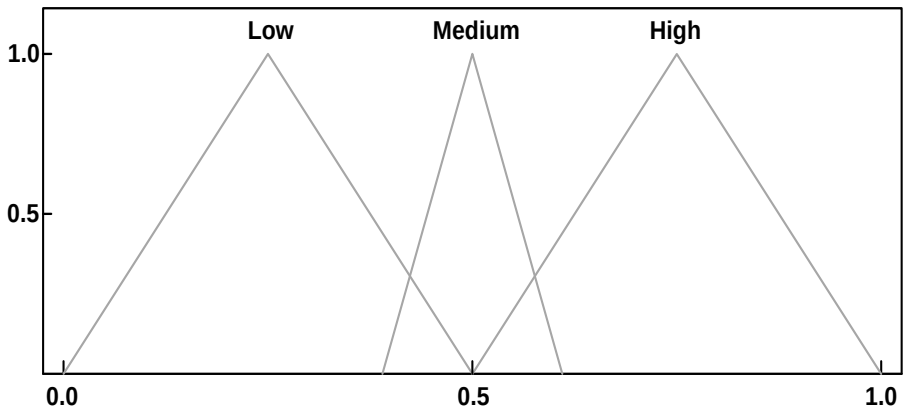
Σχήμα 78. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο SR.



Σχήμα 79. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο IR.



Σχήμα 80. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο e.



Σχήμα 81. Συνάρτηση συμμετοχής για την παράμετρο w_S.

9.4. Πειραματικά Αποτελέσματα

Για την αποτίμηση του συστήματος μας, χρησιμοποιούμε δύο διαφορετικές τεχνικές. Η πρώτη εμπλέκει ένα σενάριο όπου κάποιοι εμπειρογνώμονες έχουν εκ των προτέρων καθορίσει την πιο έμπιστη οντότητα σε ένα σύνολο οντοτήτων, των οποίων τα χαρακτηριστικά έχουν καταγραφεί. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση βλέπουμε αν το σύστημά μας αναγνωρίζει την ίδια οντότητα ως την πιο έμπιστη. Στη δεύτερη τεχνική, προσπαθούμε να δούμε αν το σύστημα υπολογίζει την ίδια τιμή εμπιστοσύνης με την τιμή που καθορίζουν εμπειρογνώμονες.

1ο Σενάριο

Σε αυτό το σενάριο έχουμε τέσσερις (4) οντότητες (e_1, e_2, e_3, e_4) οι οποίες κάνουν αναφορές για τρεις (3) πωλητές (s_1, s_2, s_3). Ο Πίνακας 63 αποτυπώνει το βαθμό υπόληψης της κάθε μιας ενώ ο Πίνακας 64 περιγράφει την προσωπική εμπειρία ενός υποτιθέμενου αγοραστή με κάθε μια από τις οντότητες που κάνουν τις αναφορές. Τιμές κοντά στο μηδέν (0) δείχνουν μη έμπιστες οντότητες ενώ τιμές κοντά στο 1 δείχνουν έμπιστες οντότητες.

Πίνακας 63. Βαθμός υπόληψης οντοτήτων.

Οντότητα	Τιμή Υπόληψης
e_1	0.40
e_2	0.40
e_3	1.00
e_4	0.70

Πίνακας 64. Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με ένα σύνολο οντοτήτων.

Οντότητα	Προσωπική εμπειρία
e_1	0.00
e_2	0.30
e_3	0.50
e_4	0.90

Στον Πίνακα 65, μπορούμε να δούμε τις αναφορές που έχουν γίνει στο σενάριο μας από τα μέλη της εικονικής κοινότητας. Για παράδειγμα, η αναφορά 1 έχει γίνει από την οντότητα e_1 για τον πωλητή s_1. Η αναφορά δείχνει ότι η e_1 είναι ικανοποιημένη από την ποιότητα του προϊόντος που προσφέρει η s1 όπως επίσης από την επικοινωνία αλλά και τη διαδικασία και χρόνο αποστολής (οι τιμές είναι κοντά στο 1). Επιπρόσθετα, η παράμετρος D είναι ίση με 3 το οποίο σημαίνει ότι η αναφορά έχει γίνει πριν 3 ημέρες. Παρόλα αυτά, στον Πίνακα 63, βλέπουμε πως η e_1 δεν έχει μεγάλο βαθμό υπόληψης.

Στον Πίνακα 66, βλέπουμε πως ο αγοραστής είναι ικανοποιημένος από την s_1 αν συγκρίνουμε με τις υπόλοιπες τιμές (οι τιμές είναι κοντά στο 1).

Στα πειράματα θεωρούμε πως d_{max} = 20 ημέρες. Αναφορές παλιότερες από το d_{max} δεν λαμβάνονται υπόψιν κατά τους υπολογισμούς της τιμής της εμπιστοσύνης. Από τους, Πίνακας 63, Πίνακας 64, Πίνακας 65 και Πίνακας 66, τα αποτελέσματα που πήραμε από τους εμπειρογνώμονες δείχνουν πως η πιο έμπιστη οντότητα είναι η s_1. Ο λόγος είναι ότι αυτός ο πωλητής έχει καλές αναφορές από την οντότητα e_3 η οποία με τη σειρά της έχει υψηλό βαθμό υπόληψης και ο υποτιθέμενος αγοραστής έχει ένα βαθμό εμπειρίας ίσο με 0.5 ($1^η$ γραμμή του Πίνακα 66).

Οι συγκεκριμένες αναφορές μπήκαν σαν είσοδοι στο προτεινόμενο σύστημα και έπειτα υπολογίστηκε η τιμή της εμπιστοσύνης. Εστιάζουμε στην παράμετρο a (εξίσωση 9.3). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της παραμέτρου τόσο περισσότερο βάρος αναθέτει ο αγοραστής στη γνώμη της οντότητας που κάνει την αναφορά. Για παράδειγμα, εάν a = 0.6 σημαίνει πως η προσωπική εμπειρία του αγοραστή επηρεάζει κατά 60% την τελική τιμή υπόληψης της οντότητας (το υπόλοιπο 40% αφιερώνεται στη γνώμη της κοινότητας). Λαμβάνουμε υπόψιν μας δύο περιπτώσεις:

<u>Περίπτωση 1:</u> a = 0.0 όταν η προσωπική εμπειρία είναι κάτω από 0.3, a = 0.4 όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο διάστημα [0.3,0.8) και a = 0.6 όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο διάστημα [0.8,1.0].

<u>Περίπτωση 2:</u> a = 0.0 όταν η προσωπική εμπειρία είναι κάτω από 0.5 και a = 0.6 όταν η προσωπική εμπειρία είναι πάνω από 0.5.

Ο Πίνακας 67 και ο Πίνακας 68, παρουσιάζουν τα αποτελέσματά μας για τις δύο περιπτώσεις. Όπως μπορούμε να δούμε, σε όλες τις περιπτώσεις ο πωλητής s_1 είναι η πιο έμπιστη οντότητα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Ο συγκεκριμένος πωλητής έχει μια τιμή εμπιστοσύνης ίση με 0.44 ενώ ταυτόχρονα στις άλλες περιπτώσεις οι τιμές είναι 0.37 και 0.61 αντίστοιχα. Από αυτά τα αποτελέσματα βλέπουμε πως το προτεινόμενο σύστημα συμφωνεί με τη γνώμη των εμπειρογνωμόνων σχετικά με την πιο έμπιστη οντότητα. Στον Πίνακα 69, βλέπουμε τα αποτελέσματα σχετικά με την $1^η$ περίπτωση αλλά έχουμε χρησιμοποιήσει d_{max} = 10 ημέρες. Σε αυτά τα πειράματα πάλι η s1 έχει τα μεγαλύτερα αποτελέσματα εμπιστοσύνης. Το πιο σημαντικό είναι πως οι τελικές τιμές εμπιστοσύνης είναι μικρότερες από ότι στα άλλα πειράματα, όπου d_{max} = 20 ημέρες. Όταν αυξάνουμε την τιμή της παραμέτρου d_{max}, τότε περισσότερες αναφορές λαμβάνονται υπόψιν και κατά συνέπεια επηρεάζεται το τελικό αποτέλεσμα.

Πίνακας 65. Αναφορές της ομάδας για το πρώτο σενάριο πειραμάτων.

Αναφορά	Οντότητα	Πωλητής	Q	C	S	D (ημέρες)
1	e_1	s_1	0.80	0.80	0.90	3
2	e_2	s_1	0.90	0.70	0.90	5
3	e_3	s_1	0.40	0.80	0.80	10
4	e_4	s_2	- 0.30	0.60	- 0.70	9
5	e_2	s_2	0.40	- 0.70	- 0.30	2
6	e_1	s_3	0.70	0.50	-0.20	4

Πίνακας 66. Προσωπικές αναφορές για το πρώτο σενάριο.

Πωλητής	Q	C	S	D (ημέρες)
s_1	0.90	0.70	0.90	1
s_2	-0.80	0.50	0.40	6
s_3	0.20	- 0.20	0.30	10

Πίνακας 67. Αποτελέσματα για την περίπτωση 1.

Πωλητής	ST	IT	w_s	Τελική Τιμή
s_1	0.16	0.62	0.40	0.44
s_2	-0.08	0.08	0.42	0.01
s_3	0.50	0.03	0.52	0.27

Πίνακας 68. Αποτελέσματα για την περίπτωση 2.

Πωλητής	ST	IT	w_s	Τελική Τιμή
s_1	0.12	0.55	0.40	0.37
s_2	-0.04	0.06	0.42	0.01
s_3	0.41	0.02	0.52	0.22

Πίνακας 69. Αποτελέσματα για την περίπτωση 1 όταν $D_{max} = 10$.

Πωλητής	ST	IT	w_s	Τελική Τιμή
s_1	0.04	0.30	0.39	0.25
s_2	0.02	0.03	0.41	0.02
s_3	0.26	0.00	0.50	0.13

2ο Σενάριο

Στο δεύτερο πειραματικό σενάριο, δίνουμε ένα αριθμό από αναφορές για τρεις (3) πωλητές και ζητούμε από τους εμπειρογνώμονες να καθορίσουν μια τελική τιμή εμπιστοσύνης. Η πληροφορία που δίνουμε στις αναφορές, είναι πραγματικές τιμές στο διάστημα [-1,1] για κάθε χαρακτηριστικό (ποιότητα, επικοινωνία, αποστολή) του προϊόντος. Οι εμπειρογνώμονες καλούνται να καθορίσουν μια τιμή εμπιστοσύνης στο διάστημα [-1,1] επίσης. Στη συνέχεια συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του συστήματος με τα αποτελέσματα των εμπειρογνωμόνων. Οι αναφορές που δίνονται ως δεδομένα είναι οι ακόλουθες:

Selling entity 1:

Αναφορά της A: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την A: 0.81, Υπόληψη της A: 0.45, D: 100 days, Q: 0.38, S: -0.35, C: -0.91.

Αναφορά της A: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την A: 0.81, Υπόληψη της A: 0.45, D: 98 days, Q: 0.54, S: -0.55, C: -0.71.

Αναφορά της B: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την B: 0.68, Υπόληψη της B: 0.93, D: 149 days, Q: 0.34, S: 0.66, C: -0.92.

Για την ‘selling entity’ 1, ο αγοραστής δεν έχει καμία προσωπική εμπειρία στο παρελθόν.

Selling entity 2:

Αναφορά της C: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την C: 0.98, Υπόληψη της C: 0.97, D: 147 days, Q: -0.55, S: 0.08, C: 0.06.

Ο αγοραστής έχει μια αλληλεπίδραση στο παρελθόν με: D: 136 days, Q: 0.31, S: 0.99, C: 0.52.

Selling entity 2:

Αναφορά της C: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την C: 0.98, Υπόληψη της C: 0.97, D: 87 days, Q: 0.07, S: -0.81, C: -0.1.

Αναφορά της D: Προσωπική εμπειρία του αγοραστή με την D: 0.48, Υπόληψη της D: 0.47, D: 82 days, Q: 0.86, S: 0.12, C: 0.82.

Ο αγοραστής έχει μια αλληλεπίδραση στο παρελθόν με: D: 110 days, Q: 0.83, S: -0.35, C: -0.61.

Σε αυτό το σετ πειραμάτων θεωρούμε πως d_{max} = 500 ημέρες το οποίο πρακτικά σημαίνει ότι όλες οι αναφορές λογίζονται κατά τους υπολογισμούς. Στον Πίνακα 70, μπορούμε να δούμε τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του συστήματος αλλά και των εμπειρογνωμόνων. Ειδικά στην περίπτωση του πωλητή s_2, η διαφορά στα αποτελέσματα είναι αρκετά μεγάλη. Το προτεινόμενο σύστημα είναι αρκετά ‘αυστηρό’ κατά τους υπολογισμούς σε σύγκριση με τους εμπειρογνώμονες. Όλες οι τιμές έχουν τέτοια τιμή η οποία θα οδηγούσε τον αγοραστή στο να έχει μια σχετικά ουδέτερη γνώμη για τον βαθμό εμπιστοσύνης των οντοτήτων (τιμές κοντά στο 0).

Πίνακας 70. Σύγκριση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν από τους εμπειρογνώμονες.

Πωλητής	Μέση τιμή Εμπειρογνωμόνων	Εμπιστοσύνη Υπολογιζόμενη από το σύστημα
s_1	0.53	0.07
s_2	0.66	-0.12
s_3	0.26	0.04

9.5. Ερευνητική Συνεισφορά

Το επίπεδο εμπιστοσύνης μια οντότητας αποτελεί ένα υποκειμενικό ίσως χαρακτηριστικό. Για αυτό το λόγο, είναι δύσκολο να καθοριστεί ένας αντικειμενικός τρόπος προσδιορισμού. Για τον προσδιορισμό του επιπέδου εμπιστοσύνης προτείνουμε ένα ιεραρχικό ασαφές σύστημα το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στην πλευρά του αγοραστή. Πρόκειται για μια σημαντική προσπάθεια αφού συνδυάζει με ένα αποδοτικό τρόπο και την κοινωνική αλλά και την ατομική πλευρά της εμπιστοσύνης. Υιοθετούμε πραγματικές τιμές για το βαθμό εμπιστοσύνης σε αντίθεση με τις δυικές

αποτιμήσεις [86], [185], [202] διότι αυτές δεν κρίνονται από τους επιστήμονες επαρκείς ώστε να συλλάβουν τους διάφορους βαθμούς κρίσης. Θεωρούμε πως οι τιμές της εμπιστοσύνης για αυτόνομες οντότητες καθορίζονται μέσα από ένα σύνολο παραμέτρων και όχι σε μια μόνο παράμετρο. Το προτεινόμενο σύστημα έχει στόχο στο να προσφέρει γρήγορα και αποδοτικά το τελικό αποτέλεσμα αφού αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από τον αγοραστή πριν και κατά τη διάρκεια μιας διαπραγμάτευσης. Από τα προηγούμενα κεφάλαια έγινε εμφανές πως ο βαθμός εμπιστοσύνης παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της τελικής συμφωνίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διατριβή, μελετούμε ένα σενάριο αυτόματων διαπραγματεύσεων οι οποίες εκτελούνται από αυτόνομες οντότητες λογισμικού. Παρουσιάσαμε τις προτάσεις μας για την επίλυση ενός αριθμού προβλημάτων που μπορεί κανείς να εντοπίσει σε μια ΗΑ. Η έρευνά μας εστιάστηκε σε διάφορα τμήματα μιας ΗΑ, ώστε τελικά να προσφέρουμε λύσεις για ένα σύνολο θεμάτων. Είδαμε πως οι οντότητες μπορούν να λειτουργήσουν κάτω από πλήρη άγνοια για τις προθέσεις των υπολοίπων στην ΗΑ και μοντελοποιήσαμε με χρήση μεθόδων υπολογιστικής νοημοσύνης τη συμπεριφορά τους. Οι προσομοιώσεις που εκτελέσαμε δείχνουν μια βελτίωση των μετρικών που προτείνονται σε άλλες ερευνητικές προσπάθειες. Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζουμε συνοπτικά τα συμπεράσματά μας και ταυτόχρονα περιγράφουμε τις μελλοντικές προεκτάσεις της διατριβής. Με την υλοποίηση αυτών των μελλοντικών προεκτάσεων, τα προτεινόμενα συστήματα θα αποτελούν ένα εντελώς αυτοματοποιημένο μηχανισμό λειτουργίας των διαφόρων οντοτήτων που δραστηριοποιούνται σε μια ΗΑ.

10.1. Πωλητές

Στην πλευρά του πωλητή παρουσιάσαμε, αρχικά, μια επιθετική στρατηγική τιμολόγησης με την οποία οι προτεινόμενες τιμές που προσφέρονται στον αγοραστή μειώνονται αρκετά ώστε να τον προκαλέσουν να αποδεχθεί την προσφορά. Ταυτόχρονα, οι τιμές προσαρμόζονται στα χαρακτηριστικά των προϊόντων με στόχο να διασφαλιστεί όσο το δυνατόν περισσότερο κέρδος όταν το προϊόν δεν είναι αρκετά δημοφιλές στους κόλπους των αγοραστών. Πιστεύουμε, ότι μια τέτοιου είδους στρατηγική θα οδηγήσει τους πωλητές σε ένα αυξημένο αριθμό συμφωνιών και κατά συνέπεια θα αυξήσει το μακροπρόθεσμο όφελός τους αλλά και τη φήμη τους μέσα στην ΗΑ. Μια μελλοντική επέκταση της στρατηγικής αυτής θα ήταν οι δυναμικά προσαρμοζόμενες τιμές με βάση όχι μόνο τη δημοφιλία του προϊόντος και το επιδιωκόμενο κέρδος, αλλά με βάση ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, το πλήθος των αγοραστών που αναμένουν για αγορά όχι μόνο για ένα προϊόν, αλλά για το σύνολό τους, θα μπορούσε να είναι μια από αυτές τις παραμέτρους. Άλλες παράμετροι θα μπορούσαν να είναι το είδος του προϊόντος (π.χ. αν είναι προϊόν πληροφορίας ή όχι), το απόθεμα (εφόσον εφαρμόζεται για το προϊόν), κ.λπ. Μια τεχνολογία υποψήφια για το σκοπό αυτό είναι τα νευρωνικά δίκτυα. Με τη χρήση ενός νευρωνικού δικτύου θα εξάγεται η βέλτιστη προτεινόμενη τιμή

για το εξεταζόμενο προϊόν όταν θα λαμβάνει ως είσοδο τις τιμές των παραμέτρων που αναφέραμε. Μάλιστα, το νευρωνικό δίκτυο μπορεί να λαμβάνει ως είσοδο την τελευταία προτεινόμενη τιμή, ώστε, τελικά, να μπορεί να υπολογίζει ένα σφάλμα στον υπολογισμό (π.χ. με βάση το αν ο αγοραστής δέχτηκε ή όχι, η διαφορά τιμών ανάμεσα στον αγοραστή και στον πωλητή) και στη συνέχεια να προτείνει τη νέα τιμή (η έξοδος λογίζεται ως είσοδος).

Επίσης, προτείναμε δύο ασαφή συστήματα. Το ένα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής ενώ το δεύτερο ως ένας μηχανισμός λήψης απόφασης. Και στα δύο προτείναμε δύο προσεγγίσεις για την κατασκευή της βάσης γνώσης: είτε με χρήση συγκεκριμένων ασαφών κανόνων είτε με χρήση τιμών που δίδονται από τους εμπειρογνώμονες. Διαπιστώσαμε, πως η χρήση μεθόδων αυτόματης εξαγωγής της βάσης γνώσης από δεδομένα προφέρει πλεονεκτήματα, αφού είναι πιο εύκολα διαχειρίσιμες. Είναι πιο εύκολο για ένα εμπειρογνώμονα να θέτει τιμές που απεικονίζουν τις αντιδράσεις σε διάφορες καταστάσεις, από το να καθορίσει συγκεκριμένους κανόνες που θα πρέπει να είναι ικανοί να προσφέρουν τη βέλτιστη απάντηση σε κάθε είδους κατάσταση. Και στα δύο συστήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι προσαρμογής των συναρτήσεων συμμετοχής αλλά και της ίδιας της βάσης γνώσης. Οι μέθοδοι αυτοί, ουσιαστικά αποτελούν μεθόδους μάθησης των συναρτήσεων συμμετοχής και της βάσης γνώσης. Μόνο που αυτή η μάθηση έρχεται μέσα από τη διαδικασία της διαπραγμάτευσης και συνεπώς απεικονίζει πλήρως τα δεδομένα και καταστάσεις που συναντά ο πωλητής. Κατά τη διάρκεια λοιπόν της διαπραγμάτευσης, ο πωλητής παρατηρεί τις τιμές βασικών παραμέτρων και με χρήση των προαναφερόμενων μηχανισμών θα είναι σε θέση να αλλάζει τη θέση των συναρτήσεων συμμετοχής και να προσθέτει ή να αφαιρεί ασαφούς κανόνες από τη βάση γνώσης. Με αυτό τον τρόπο, θα έχουμε ένα μηχανισμό που θα προσαρμόζεται πλήρως στα δεδομένα της διαπραγμάτευσης.

Στο παραπάνω πλαίσιο μια μέθοδος υπολογισμού της πίστης του πωλητή για την εκπνοή του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής του αγοραστή κρίνεται απαραίτητος. Στην παρούσα διατριβή, θεωρήσαμε πως η πίστη για τη λήξη του χρονικού ορίζοντα παίρνει τιμές στο [0,1] χωρίς να προτείνουμε ένα μηχανισμό υπολογισμού. Ο υπολογισμός της πίστης θα μπορούσε να βασιστεί σε τεχνικές πρόβλεψης (όπως ακριβώς κάναμε για την πλευρά του αγοραστή) ή γενικότερα σε μεθόδους υπολογιστικής νοημοσύνης.

Τέλος, καθορίσαμε, για την πλευρά του πωλητή, τη στρατηγική ισορροπίας και πιο συγκεκριμένα αποδείξαμε για ποιο ύψος προσφοράς του αγοραστή θα πρέπει να την

κάνει αποδεκτή. Η στρατηγική ισορροπίας καθορίστηκε με γνώμονα την άγνοια για οποιοδήποτε χαρακτηριστικό του αγοραστή ώστε να προσομοιώνει πραγματικές καταστάσεις. Κατά τον ορισμό της, θεωρήσαμε πως ο χρονικός ορίζοντας συμμετοχής του αγοραστή προσεγγίζεται από μια ομοιόμορφη κατανομή και ένα όριο t_{max} (πάνω από το οποίο ο πωλητής πιστεύει πως ο χρονικός ορίζοντας του αγοραστή εκπνέει με πιθανότητα 1). Σε αυτό ακριβώς το σημείο διακρίνουμε μια μελλοντική επέκταση. Αρχικά, πρέπει να εξεταστεί μια διαφορετική κατανομή ή ένας μηχανισμός υπολογισμού της πιθανότητας αυτής. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός θα μπορούσε να βασιστεί στις προτεινόμενες προσφορές σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Ένας μηχανισμός βασισμένος σε τεχνικές πρόβλεψης κρίνεται ο πιο κατάλληλος. Επιπρόσθετα, η εξαγωγή της κατάλληλης τιμής της παραμέτρου t_{max} αποτελεί μια μελλοντική προέκταση. Ο υπολογισμός της κατάλληλης τιμής μπορεί να γίνεται είτε πειραματικά είτε αναλυτικά. Είναι φανερό πως η τιμή του t_{max} παίζει σημαντικό ρόλο στην απόφαση που θα λαμβάνει ο αγοραστής σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης.

10.2. Αγοραστές

Η μελέτη της πλευράς των αγοραστών αποτελεί το μεγαλύτερο κομμάτι της παρούσας διατριβής. Ο λόγος είναι πως οι αγοραστές στις διαπραγματεύσεις έχουν ένα ‘μειονέκτημα’ σε σχέση με τους πωλητές. Δεν μπορούν να γνωρίζουν αν ο πωλητής στοχεύει σε ένα υπέρογκο ή σε ένα λογικό κέρδος. Επίσης, δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν αν όντως ο πωλητής πρόκειται να προσφέρει το προϊόν το οποίο διαφημίζει με τα χαρακτηριστικά τα οποία ισχυρίζεται. Άλλωστε, ο πωλητής για το μόνο το οποίο ανησυχεί είναι το να θα λάβει την πληρωμή του (φυσικά αν δεν λάβει πληρωμή τότε το προϊόν δεν αποστέλλεται).

Αρχικά μελετήσαμε τη στρατηγική ισορροπίας για ένα αγοραστή τόσο για διαπραγματεύσεις πάνω σε ένα χαρακτηριστικό των προϊόντων όσο και για πολλαπλά. Δείξαμε ποια είναι η τιμή του πωλητή, την οποία πρέπει ο αγοραστής να την κάνει αποδεκτή. Μελλοντικά, θα πρέπει να εξεταστεί μια διαφορετική κατανομή εκτίμησης του χρονικού ορίζοντα του πωλητή (αφού στην παρούσα διατριβή θεωρήσαμε πως είναι είτε ομοιόμορφη, είτε γραμμική) ή ένας μηχανισμός υπολογισμού της πιθανότητας αυτής. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός θα μπορούσε να βασιστεί στις προτεινόμενες προσφορές σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Τεχνικές πρόβλεψης θα μπορούσαν ίσως να παίξουν ένα σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό. Σχετικά με την παράμετρο t_{max},

μελλοντικά πρόκειται να προσφέρουμε ένα μηχανισμό υπολογισμού της ώστε να οδηγεί σε ένα ακόμη πιο αποδοτικό μοντέλο. Ίσως μια μέθοδος δυναμικού ορισμού της τιμής αυτής να ήταν ακόμη πιο ωφέλιμη. Με αυτό τον τρόπο, ο αγοραστής θα έχει στη διάθεσή του μια μέθοδο, η οποία εξάγει δυναμικά πριν από κάθε διαπραγμάτευση την τιμή της t_{max}. Επιπρόσθετα, περισσότερα πειράματα πρέπει να εκτελεστούν όσον αφορά στην περίπτωση διαπραγματεύσεων για πολλαπλά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Με αυτό τον τρόπο, θα αποκαλυφθεί η αποδοτικότητα της προτεινόμενης στρατηγικής ισορροπίας και θα φανούν τυχόν αδυναμίες της. Τα πειράματα θα αφορούν όλο το φάσμα των τιμών που μπορούν να πάρουν οι παράμετροι ώστε να προσομοιώνεται πλήρως το σενάριο που εξετάζουμε.

Όπως περιγράψαμε στο Κεφάλαιο 6, ο αγοραστής εμπλέκεται σε διαπραγματεύσεις με ένα σύνολο πωλητών ώστε να αποκτήσει τα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που επιθυμεί. Η συμμετοχή του διαρκεί για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα που το έχουμε ονομάσει ως χρονικό ορίζοντα συμμετοχής. Ο χρόνος αυτός ορίζοντας μπορεί να είναι τμήμα ενός γενικότερου χρονικού διαστήματος αφού ο αγοραστής μπορεί να επιθυμεί να αποκτήσει και άλλα προϊόντα. Ο χρονικός ορίζοντας επηρεάζει τόσο τις προτεινόμενες προσφορές όσο και τελικά τις αποφάσεις που ο αγοραστής θα λάβει. Τα πειράματά μας έγιναν για διάφορες τιμές του χρονικού ορίζοντα όπως το ίδιο συνέβη και σε άλλες ερευνητικές προσπάθειες. Μελλοντική επέκταση της εργασίας μας σε αυτό τον τομέα, θα είναι ο καθορισμός ενός μοντέλου υπολογισμού του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής, όπως ακριβώς προτάθηκε ένας για την πλευρά του πωλητή. Μέθοδοι υπολογιστικής νοημοσύνης μπορούν να βοηθήσουν στο σκοπό αυτό. Ο χρονικός ορίζοντας θα μπορούσε να βασίζεται σε διάφορες παραμέτρους της συμπεριφοράς του αγοραστή, ώστε να απεικονίζει ακόμα καλύτερα την πίεση που αυτός έχει για τον τερματισμό της διαπραγμάτευσης. Θα μπορούσε να αποτελεί ένα ποσοστό ενός γενικότερου χρονικού ορίζοντα που έχει θέσει ο χρήστης στην αυτόνομη οντότητα. Για παράδειγμα, εάν ο αγοραστής θέλει να αγοράσει τρία προϊόντα και η αγοραπωλησία των δύο πρώτων έχει κλείσει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα τότε ο χρόνος που θα αφιερωθεί στο τελευταίο, να αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό και όχι το αρχικό διάστημα να χωριστεί σε τρία ίσα μέρη. Με αυτό τον τρόπο, ο αγοραστής θα διαχειρίζεται αποδοτικά το χρόνο του και τελικά θα έχει στη διάθεσή του ένα αποδοτικό μηχανισμό καθορισμού βασικών παραμέτρων της συμπεριφοράς του.

Στο Κεφάλαιο 7, μελετήσαμε την ανάγκη του αγοραστή για ένα μηχανισμό λήψης αποφάσεων και προτείναμε έναν, βασισμένο στην ασαφή λογική. Πρόκειται για ένα

αποδοτικό μηχανισμό που εξάγει την κατάλληλη απόφαση σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης. Προτείναμε μεθόδους αυτόματης εξαγωγής της βάσης γνώσης και μια μέθοδο προσαρμογής της στρατηγικής του με χρήση τεχνικών πρόβλεψης. Η σύγκριση με αποτελέσματα άλλων ερευνητικών προσπαθειών απέδειξε πως ο προτεινόμενος μηχανισμός υπερτερεί στα αποτελέσματα βασικών μετρικών απόδοσης. Αποδεικνύεται ότι προσφέρει ένα αυξημένο όφελος όταν χρησιμοποιείται σε διαπραγματεύσεις. Μια μελλοντική επέκταση θα ήταν η χρήση μεθόδων μάθησης ώστε κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης με βάση τις τιμές βασικών παραμέτρων να μπορεί ο αγοραστής να προσαρμόζει τις συναρτήσεις συμμετοχής αλλά και τη βάση γνώσης του προτεινόμενου μηχανισμού. Η μάθηση των συναρτήσεων συμμετοχής και των ασαφών κανόνων θα έρθει μέσα από τα δεδομένα της διαπραγμάτευσης ώστε να απεικονίζει πλήρως το εξεταζόμενο σενάριο. Επιπλέον, είδαμε ότι κατά την αυτόματη εξαγωγή της βάσης γνώσης και τη χρήση του αποτελέσματος χρησιμοποιήσαμε ένα μεγάλο πλήθος αλγορίθμων φτιάχνοντας διαφορετικές βάσεις γνώσης. Κάθε φορά που απαιτούνταν μια απόφαση από τον αγοραστή λαμβάναμε αυτές τις διαφορετικές τιμές και μέσω ενός απλού γραμμικού συνδυασμού παίρναμε το τελικό αποτέλεσμα της αποδοχής ή όχι. Ουσιαστικά συνδυάζαμε αρκετές τιμές της παραμέτρου αποδοχής. Μια μελλοντική επέκταση στο συγκεκριμένο σημείο, είναι ο καθορισμός ενός ‘έξυπνου’ συνδυασμού των τιμών αυτών. Για παράδειγμα, αν μια βάση γνώσης εξάγει αποτέλεσμα το οποίο, με βάση κάποια κριτήρια, δεν ταιριάζει με τα υπόλοιπα τότε μπορεί να απομονωθεί. Αυτό μπορεί να γίνεται για διαφορετικές βάσεις γνώσης σε διαφορετικές διαπραγματεύσεις. Η μέθοδος αυτή όμως θα είναι ικανή να ανταποκρίνεται σε όλα τα πιθανά σενάρια. Επίσης, ένας ‘έξυπνος’ μηχανισμός καθορισμού βαρών στο αποτέλεσμα της κάθε μιας από τις βάσεις γνώσεις θα πρέπει να καθοριστεί. Αυτός ο μηχανισμός, ουσιαστικά, θα εξάγει το τελικό αποτέλεσμα ως ένα σταθμισμένο άθροισμα. Μεγάλο ενδιαφέρον θα είχε η σύγκριση αυτών των δύο προεκτάσεων όσον αφορά στα τελικά αποτελέσματα ενός συνόλου διαπραγματεύσεων.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 8, εξετάσαμε τη χρήση της θεωρίας βέλτιστης παύσης στην πλευρά του αγοραστή. Προχωρήσαμε σε αυτή την κίνηση, θέλοντας να εξετάσουμε ένα μοντέλο το οποίο έχει εντελώς διαφορετικό προσανατολισμό σε σύγκριση με τα κλασικά μοντέλα που κανείς να βρει στη βιβλιογραφία. Έτσι, ενώ κλασικές θεωρίες, όπως η θεωρία παιγνίων, εστιάζουν στη μεγιστοποίηση του οφέλους μέσα από το συνδυασμό τιμών διαφόρων παραμέτρων (μελετούν ποιοι συνδυασμοί τιμών μεγιστοποιούν το όφελος ώστε να παρθεί η κατάλληλη απόφαση), η θεωρία βέλτιστης παύσης αναζητά

τον κατάλληλο χρόνο ώστε να παρθεί μια απόφαση. Πρόκειται για άλλη προσέγγιση της λύσης του προβλήματος, με την οποία η απόφαση είναι μια: αποδοχή ή απόρριψη, ενώ το χρονικό σημείο είναι αυτό που καθορίζει την επιτυχία ή όχι. Προτείναμε τρεις λύσεις βασιζόμενοι σε τρία διαφορετικά μοντέλα βέλτιστης παύσης έτσι ώστε να καλύψουμε όσο το δυνατόν περισσότερες περιπτώσεις και να αναδείξουμε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Προσπαθήσαμε να δούμε ποιο είναι το πιο συμφέρον για τον αγοραστή. Το ένα έχει να κάνει με τη συνεχή απομείωση του οφέλους του αγοραστή σε κάθε γύρο της διαπραγμάτευσης, ενώ τα άλλα δύο βασίζονται στη διαφορά τιμών που προτείνουν οι δύο οντότητες. Σε σύγκριση μεταξύ τους, ουσιαστικά πήραμε παραπλήσια αποτελέσματα, ενώ σε σύγκριση με την ασαφή λογική είδαμε πως υπερτερούν στο πλήθος των συμφωνιών ενώ μειονεκτούν στο όφελος που αποκομίζει ο αγοραστής. Αυτό είναι λογικό, αφού ο αγοραστής ψάχνοντας να βρει το κατάλληλο χρονικό σημείο για να λάβει την απόφαση πιέζεται ώστε να κλείσει τη διαπραγμάτευση και τελικά η τιμή κλεισίματος της συμφωνίας είναι σχετικά μεγαλύτερη. Μελλοντική επέκταση αποτελεί η μελέτη του Discounted Sum μοντέλου κάτω από το πρίσμα του χρονικού ορίζοντα συμμετοχής. Πρέπει δηλαδή να μοντελοποιηθεί η περίπτωση όπου στο πέρας του χρονικού ορίζοντα του αγοραστή, το όφελος που αποκομίζει μηδενίζεται και όχι να λειτουργεί σαν να έχει άπειρο χρόνο μπροστά του. Αυτό πιθανώς θα αυξήσει την πίεση που του ασκείται και τελικά θα γίνεται αποδοχή υψηλότερων τιμών συμφωνίας με αποτέλεσμα να μειωθεί και άλλο το όφελός του. Από την άλλη, θα αυξηθεί το ποσοστό συμφωνιών ακόμη και για πάρα πολύ μικρές ζώνες συμφωνίας. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να υιοθετηθούν αυτά τα μοντέλα σε ταυτόχρονες διαπραγματεύσεις έτσι ώστε ο αγοραστής να επιλέγει την καλύτερη δυνατή συμφωνία. Μάλιστα, ένας μηχανισμός προσαρμογής, ο οποίος θα εξετάζει την πορεία των νημάτων και θα βασίζεται και ο ίδιος στη θεωρία βέλτιστης παύσης, πιστεύουμε ότι θα προσδώσει ακόμη καλύτερη συμπεριφορά στην πλευρά του αγοραστή. Έτσι, ο μηχανισμός αυτός θα σταματά στο κατάλληλο σημείο όλα τα νήματα όταν θα αντιλαμβάνεται πως δεν έχει νόημα να συνεχιστούν οι διαπραγματεύσεις, αφού το αναμενόμενο όφελος θα έχει μεγιστοποιηθεί.

10.3. Άλλα Θέματα

Από τα πιο κρίσιμα θέματα σε ένα ανοιχτό και δυναμικό περιβάλλον είναι ο καθορισμός του επιπέδου εμπιστοσύνης και υπόληψης των οντοτήτων. Με βάση την εμπιστοσύνη και την υπόληψη οι οντότητες μπορούν να διακρίνουν με ποιες είναι ασφαλές να εμπλακούν σε διαπραγματεύσεις, ώστε να ελαχιστοποιήσουν τυχόν προβλήματα.

Δυστυχώς, ένας τέτοιος υπολογισμός είναι συνήθως υποκειμενικός. Έχουν γίνει αρκετές ερευνητικές προσπάθειες λόγω της σοβαρότητας του θέματος αλλά και αυτές συνήθως αφορούν συγκεκριμένα ερευνητικά πεδία και δεν λαμβάνουν υπόψιν τους την αβεβαιότητα που υπάρχει ακόμη και για τις οντότητες που κάνουν αναφορές για άλλες. Η συντριπτική τους πλειοψηφία υποθέτει την ΗΑ να προσφέρει μηχανισμούς απομόνωσης των κακόβουλων οντοτήτων. Στη παρούσα διατριβή, προτείνουμε ένα τέτοιο μηχανισμό ο οποίος λαμβάνει υπόψιν του την κοινωνική αλλά και την ατομική διάσταση της εμπιστοσύνης. Ο συνδυασμός των δύο γίνεται με τη χρήση μεθόδων υπολογιστικής νοημοσύνης, ώστε να εξάγεται το κατάλληλο βάρος για την κάθε μια τιμή. Στους υπολογισμούς του κοινωνικού τμήματος της εμπιστοσύνης που βασίζεται στις αναφορές των άλλων οντοτήτων λαμβάνουμε υπόψιν μας την υπόληψη της οντότητας που κάνει την αναφορά (που έχει μέσα στο σύνολο) αλλά και την εικόνα που έχουμε εμείς για αυτή την οντότητα. Η εικόνα αυτή καθορίζεται από την παράμετρο e_m. Η παράμετρος e_m παίρνει τιμές στο [0,1] και πρόκειται να υπολογιστεί από μια πιο ‘έξυπνη’ τεχνική. Έτσι η τιμή θα αντικατοπτρίζει πλήρως την εικόνα που έχει ένας αγοραστής για την οντότητα που κάνει την αναφορά και θα μπορεί να διαπιστώνει αν αυτή βρίσκεται σε σύγκλιση με την τιμή της υπόληψης που έχει καταγραφεί από τις υπόλοιπες οντότητες του εικονικού περιβάλλοντος. Η τιμή της υπόληψης των πωλητών αλλά και των υπολοίπων οντοτήτων αφήνεται επίσης ως μελλοντική εργασία.

10.4. Επίλογος

Από τα παραπάνω, βλέπουμε πως για το πρόβλημα που μελετάμε, έχουμε προτείνει μια γκάμα τεχνικών, ώστε να καλύψουμε όλο το φάσμα της λειτουργίας των οντοτήτων που συμμετέχουν σε ΗΑ. Πιστεύουμε πως προτείναμε λύσεις για σημαντικά προβλήματα, ώστε να καταλήξουμε σε ένα αποδοτικό σύστημα που θα μπορεί να προσφέρει τους απαραίτητους μηχανισμούς, κυρίως στους αγοραστές και στους πωλητές. Μοντελοποιήσαμε και περιγράψαμε αναλυτικά ένα σύνολο μεθόδων και περιγράψαμε συγκρίσεις μεταξύ τους. Οι συγκρίσεις αφορούν τόσο περιπτώσεις συγκρίσεων ανάμεσα στα μοντέλα που προτείναμε, αλλά και σύγκρισης με άλλες ερευνητικές προσπάθειες. Δείξαμε την απόδοση των μεθόδων μας και περιγράψαμε τις μελλοντικές επεκτάσεις έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ακόμη ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα. Ας ελπίσουμε, ότι προσθέσαμε και εμείς το λιθαράκι μας σε αυτό το τεράστιο βουνό της επιστήμης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	**Ελληνικός Όρος**
Acceptance Degree	Βαθμός Αποδοχής
Agreement	Συμφωνία
Agreement Zone	Ζώνη Συμφωνίας
Artificial Neural Network	Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο
Backward Induction	Επαγωγή με Οπισθοδρόμηση
Bargaining Game	Παίγνιο Διαπραγμάτευσης
Belief	Πίστη
Bilateral Negotiation	Διμερής Διαπραγμάτευση
Broker	Μεσίτης
Buyer	Αγοραστής
Clustering	Συσταδοποίηση
Conflict	Σύγκρουση
Cost	Κόστος
Coordinator	Συντονιστής
Deadline	Χρονικός Ορίζοντας Συμμετοχής
Decision Maker	Λήπτης Απόφασης
Discount Factor	Συντελεστής Απομείωσης
Electronic Market	Ηλεκτρονική Αγορά
Equilibrium	Στρατηγική Ισορροπίας
Error Function	Συνάρτηση Σφάλματος
Finite Horizon Bargaining Game	Συγκεκριμένου Ορίζοντα Παίγνιο Διαπραγμάτευσης
Fuzzy Controller	Ασαφής Ελεγκτής
Fuzzy Logic	Ασαφής Λογική
Fuzzy Rule	Ασαφής Κανόνας
Fuzzy Rule Base	Ασαφής Βάση Γνώσης
Fuzzy Set	Ασαφές Σύνολο
Game Theory	Θεωρία Παιγνίων
Inference	Συμπερασμός
Information Market	Ηλεκτρονική Αγορά Πληροφορίας
Intelligent Agent	Έξυπνος Πράκτορας
Intrinsic Utility	Ουσιαστικό Όφελος
Inverse Reference Model	Μοντέλο Αντίστροφης Συλλογιστικής
Issue	Χαρακτηριστικό Προϊόντος
Joint Utility	Κοινό Όφελος
Keyword	Λέξη Κλειδί

Linear Prediction	Γραμμική Πρόβλεψη
Linguistic Description	Λεξικογραφική Περιγραφή
Linguistic Similarity	Λεξικογραφική Ομοιότητα
Linguistic Variable	Λεξικογραφική Μεταβλητή
Machine Learning	Μηχανική Μάθηση
Matchmaker	Οντότητα Ταιριάσματος Αγοραστών – Πωλητών
Membership Function	Συνάρτηση Συμμετοχής
Middle Entity	Ενδιάμεση Οντότητα
Multiagent System	Πολυπρακτορικό Σύστημα
Multi-issue Negotiation	Διαπραγμάτευση για Πολλαπλά Χαρακτηριστικά Προϊόντων
Multilateral Negotiation	Πολυμερής Διαπραγμάτευση
Negotiation	Διαπραγμάτευση
Neural Network	Νευρωνικό Δίκτυο
Optimal Stopping Rule	Κανόνας Βέλτιστης Παύσης
Optimal Stopping Theory	Θεωρία Βέλτιστης Παύσης
Optimal Stopping Time	Χρόνος Βέλτιστης Παύσης
Package Deal	Μορφή Πακέτου
Polynomial Prediction	Πολυωνυμική Πρόβλεψη
Popularity Index	Δείκτης Δημοφιλίας
Prediction	Πρόβλεψη
Prediction Algorithm	Αλγόριθμος Πρόβλεψης
Pricing Function	Τιμολογιακή Πολιτική / Στρατηγική
Profit	Κέρδος
Recommendation Agent	Πράκτορας Συστάσεων
Referral	Αναφορά
Reinforcement Learning	Ενισχυτική Μάθηση
Relevance Factor	Βαθμός Συσχέτισης
Reputation	Υπόληψη
Reservation Price	Όριο Τιμής
Response Time	Χρόνος Απόκρισης
Seller	Πωλητής
Selling Entity	Οντότητα Πωλήσεων
Semantic Similarity	Σημασιολογική Ομοιότητα
Sequential Equilibrium	Ακολουθιακή Στρατηγική Ισορροπίας
Sequential Negotiation	Ακολουθιακή Διαπραγμάτευση
Shopbot	Οντότητα Αγορών
Simultaneous Negotiation	Ταυτόχρονη Διαπραγμάτευση

Single Point of Failure	Απλό Σημείο Αποτυχίας
Strategy	Στρατηγική
Swarm Intelligence	Θεωρία του Σμήνους
Thread	Νήμα (διαπραγμάτευσης)
Trust	Εμπιστοσύνη
Unsupervised Learning	Μάθηση Χωρίς Επιτήρηση
Utility Function	Συνάρτηση Οφέλους
Utility Theory	Θεωρία Οφέλους
Valuation	Αποτίμηση
Web Service	Υπηρεσία Διαδικτύου

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΗΑ	Ηλεκτρονική Αγορά
ΗΑΠ	Ηλεκτρονική Αγορά Πληροφορίας
ΧΜ	Χρηματική Μονάδα
AD	Acceptance Degree
PSO	Particle Swarm Optimization
ΘΣ	Θεωρία του Σμήνους
ANN	Artificial Neural Network
DM	Decision Maker
IU	Intrinsic Utility
JU	Joint Utility

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

Α.1. Εισαγωγή

Η θεωρία της ασαφούς λογικής [195], [196], [197], [198] πρωτοπαρουσιάστηκε το 1965 από τον Καθηγητή L. Zadeh του Πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνια. Η ασαφής λογική αποτελεί μια λογική, η οποία επιτρέπει τη λήψη όλων των τιμών σε ένα διάστημα, σε αντίθεση με άλλες κλασικές θεωρίες όπως η κλασική λογική (binary logic). Ουσιαστικά, η ασαφής λογική επιτρέπει περισσότερες από μια τιμές αλήθειας. Με αυτό τον τρόπο, παρέχει περισσότερες δυνατότητες αναπαράστασης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου θέλουμε να προσεγγίσουμε την ανθρώπινη συλλογιστική στην κατασκευή εφαρμογών για υπολογιστές. Έννοιες όπως 'Κοντός' ή 'Πολύ Ψηλός' μπορούν να μοντελοποιηθούν με μαθηματικό τρόπο, έτσι ώστε να προσδώσουν μια πιο 'ανθρώπινη' προσέγγιση στη δημιουργία των εφαρμογών.

Η ασαφής λογική αποτελεί ένα 'σύστημα' ικανό να προσφέρει λειτουργικότητα υπολογισμού και συμπερασμού σε περιπτώσεις όπου τα αντικείμενα συζήτησης και η ανάλυση είναι συνδεδεμένα με πληροφορία ατελή, ασαφή, μη αξιόπιστη και μερικώς πιθανή. Η ασαφής λογική μπορεί να βοηθήσει στην αναπαράσταση γνώσης οντοτήτων που έχουν ατελή πληροφόρηση σχετικά με γεγονότα που συμβαίνουν στον κόσμο τους. Στον παρόν παράρτημα, παρουσιάζουμε βασικές πληροφορίες που σχετίζονται με την ασαφή λογική, ώστε ο αναγνώστης να αποκτήσει βασικές γνώσεις γύρω από το αντικείμενο. Άλλωστε, σημαντικό μέρος της παρούσας διατριβής αποτελεί η χρήση και μοντελοποίηση ενός πραγματικού προβλήματος με τη βοήθεια της ασαφούς λογικής.

Α.2. Ασαφή Σύνολα

Τα ασαφή σύνολα (fuzzy sets) [40] αποτελούν μια επέκταση των κλασικών (δύο τιμών – αληθής, ψευδής) συνόλων ώστε να χειριστούν την έννοια της 'μερικής αλήθειας'. Η δυνατότητα αυτή, προσφέρει λειτουργικότητα χειρισμού των ασαφειών που παρατηρούνται στη φυσική γλώσσα. Η ασάφεια των εκφράσεων της φυσικής γλώσσας ενισχύεται περαιτέρω από λεξικογραφικούς όρους που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή καταστάσεων, γεγονότων, κ.λπ. Για παράδειγμα, η φράση 'όταν υπάρχουν πολλά σύννεφα στον ουρανό, πιθανώς να βρέξει' έχει δύο όρους 'πολλά' και 'πιθανώς' τα οποία γίνονται εύκολα αντιληπτά από τους ανθρώπους αλλά όχι και από τις μηχανές.

Σε αυτό το σημείο έρχονται τα ασαφή σύνολα να δώσουν τη δυνατότητα προσδιορισμού με μαθηματικό τρόπο τέτοιου είδους όρων.

Ας υποθέσουμε πως X είναι το πεδίο συζήτησης και $x \in X$ είναι ένα στοιχείο του πεδίου αυτού. Για αυτό το πεδίο συζήτησης μπορεί να οριστεί ένα σύνολο A για το οποίο μια συνάρτηση συμμετοχής (membership function) μ_A αποδίδει το βαθμό συμμετοχής του x στο A. Δηλαδή ισχύει πως:

$$\mu_A : X \to [0,1] \qquad (A.1)$$

Αυτό σημαίνει πως η συνάρτηση μ_A για κάθε $x \in X$ προσδιορίζει μια τιμή $\mu_A(x)$ που μας δείχνει τη βεβαιότητα με την οποία το στοιχείο x ανήκει στο σύνολο A. Όταν $\mu_A(x) = 1$ σημαίνει πως το στοιχείο x ανήκει σίγουρα στο A, όταν $\mu_A(x) = 0$ σημαίνει πως το στοιχείο x δεν ανήκει σίγουρα στο A ενώ όταν $\mu_A(x) \in (0,1)$ ανήκει μερικώς στο A.

Όπως διαπιστώνουμε οι συναρτήσεις συμμετοχής παίζουν σημαντικό ρόλο στα ασαφή σύνολα. Χρησιμοποιείται για να αποδώσει το βαθμό συμμετοχής ενός στοιχείου σε ένα σύνολο. Μπορούν να είναι οποιουδήποτε τύπου και να έχουν οποιοδήποτε σχήμα, τα οποία καθορίζονται από τους εμπειρογνώμονες, αρκεί να τηρούν τους ακόλουθους κανόνες:

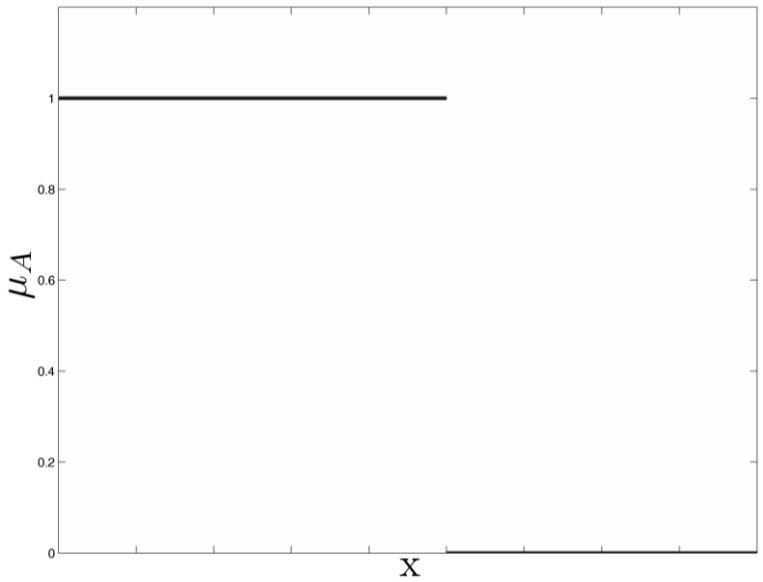
- Μια συνάρτηση συμμετοχής πρέπει να αποδίδει τιμές αποκλειστικά στο διάστημα [0,1].
- Μια συνάρτηση συμμετοχής πρέπει να μπορεί να αποδώσει σαν αποτέλεσμα πραγματικούς αριθμούς στο παραπάνω διάστημα.
- Για κάθε στοιχείο $x \in X$ το αποτέλεσμα της συνάρτησης συμμετοχής πρέπει να είναι μοναδικό. Αυτό σημαίνει πως το κάθε στοιχείο έχει ένα και μόνο ένα βαθμό συμμετοχής σε ένα συγκεκριμένο σύνολο.

Στο Σχήμα 82 και στο Σχήμα 83, βλέπουμε δύο παραδείγματα συναρτήσεων συμμετοχής. Το πρώτο παράδειγμα αφορά σε ένα σύνολο που περιλαμβάνει μόνο δύο τιμές ενώ το δεύτερο αποτελεί ένα πιο γενικό παράδειγμα (τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής). Γενικότερα, οι προγραμματιστές μπορούν να ορίσουν τις δικές τους συναρτήσεις συμμετοχής αρκεί να ακολουθούν τους κανόνες που ήδη αναφέραμε. Στη βιβλιογραφία, μπορεί κανείς να βρει κλασικές μαθηματικές συναρτήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συναρτήσεις συμμετοχής. Αυτές είναι (δεν παραθέτουμε τους

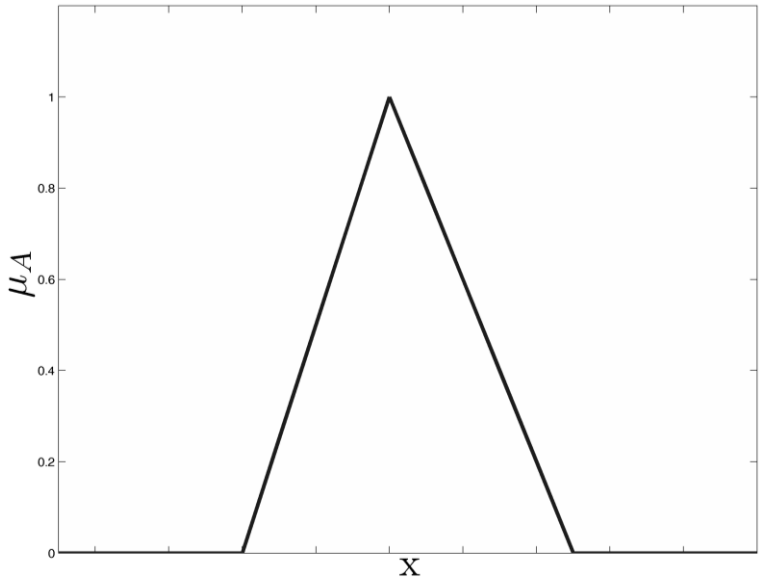
μαθηματικούς τύπους αφού αυτοί μπορεί πολύ εύκολα να βρεθούν στη διεθνή βιβλιογραφία):

- *Τριγωνική*
- *Τραπεζοειδής*
- *Γάμμα*
- *Σιγμοειδής*
- *Λογιστική*
- *Εκθετική*
- *Gaussian*

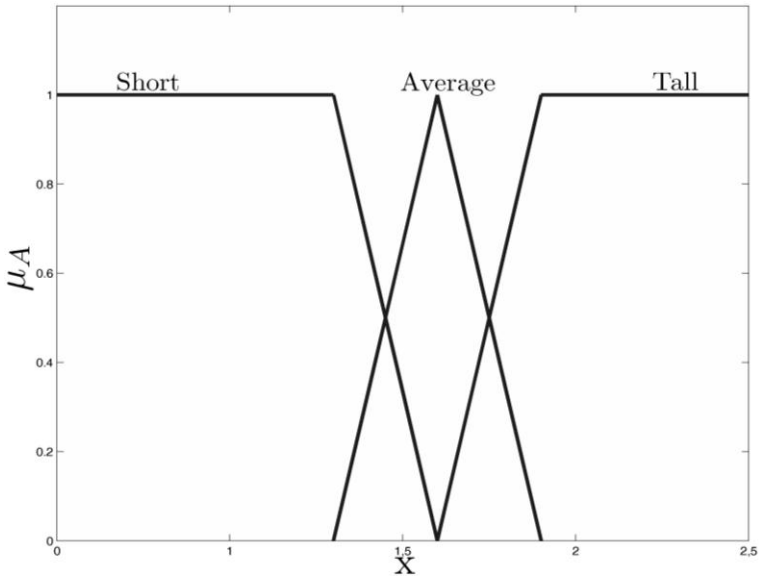
Με βάση τα παραπάνω, στο Σχήμα 84 δίνουμε ένα παράδειγμα συναρτήσεων συμμετοχής για το χαρακτηρισμό του ύψους ενός ατόμου.



Σχήμα 82. Συνάρτηση συμμετοχής για ένα σύνολο με δύο τιμές.



Σχήμα 83. Τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής.



Σχήμα 84. Συναρτήσεις συμμετοχής για τον χαρακτηρισμό του ύψους ενός ατόμου.

Α.3. Ασαφείς Τελεστές

Στην ασαφή λογική όπως και στην κλασική λογική μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να εφαρμοστούν ένα σύνολο κανόνων πάνω στις ασαφείς τιμές που εξάγονται από τις συναρτήσεις συμμετοχής. Εν συντομία οι τελεστές αυτοί είναι οι εξής:

- **Ασαφής Τομή (Fuzzy Intersection - ∩)**. Αποτελεί τον κλασικό τελεστή τομής (AND) ο οποίος εξάγει τα στοιχεία που ανήκουν σε δύο ασαφή σύνολα ταυτόχρονα. Ο τελεστής αυτός αναφέρεται ως t-νόρμα. Ένας αριθμός t-νορμών

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος. Οι πιο δημοφιλείς είναι:

Τελεστής Ελαχίστου: $\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \forall x \in X$

Τελεστής Γινομένου: $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x), \forall x \in X$

Γενικά, ο τελεστής γινομένου είναι πιο ισχυρός τελεστής, αφού εξάγει πιο μικρές τιμές στα αποτελέσματα που δίνει. Στη βιβλιογραφία, ο αναγνώστης μπορεί να βρει ένα πλήθος t-νορμών, οι οποίες ουσιαστικά αποτελούν συναρτήσεις με εισόδους τους δύο βαθμούς συμμετοχής των ασαφών συνόλων.

- **Ασαφής Ένωση (Fuzzy Union - $\cup$)**. Αποτελεί τον κλασικό τελεστή ένωσης (OR) ο οποίος εξάγει τα στοιχεία που ανήκουν σε δύο ή περισσότερα ασαφή σύνολα. Ο τελεστής αυτός αναφέρεται ως s-νόρμα. Οι πιο δημοφιλείς s-νόρμες είναι οι ακόλουθες:

  Τελεστής Μεγίστου: $\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \forall x \in X$

  Τελεστής Αθροίσματος: $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x), \forall x \in X$

- **Ασαφές Συμπλήρωμα (Complement of Fuzzy Sets)**. Αποτελεί τον κλασικό τελεστή άρνησης (NOT) και εξάγει τα στοιχεία του ασαφούς συνόλου χωρίς να περιλαμβάνεται το συγκεκριμένο στοιχείο το οποίο εξετάζουμε. Έτσι, η ακόλουθη εξίσωση ισχύει: $\mu_{\overline{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), \forall x \in X$, με $\overline{A}$ να αποτελεί το συμπλήρωμα του συνόλου A.

- **Ισότητα Ασαφών Συνόλων (Equality of Fuzzy Sets - =)**. Ο τελεστής αυτός εξάγει το αν δύο ασαφή σύνολα είναι ίσα μεταξύ τους. Δύο ασαφή σύνολα A και B είναι ίσα μόνο εφόσον τα σύνολα έχουν το ίδιο πεδίο συζήτησης και $\mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X$.

- **Υποσύνολο Ασαφούς Συνόλου (Containment of Fuzzy Sets - $\subset$)**. Ένα ασαφές σύνολο A αποτελεί υποσύνολο ενός άλλου συνόλου B εφόσον $\mu_A(x) < \mu_B(x), \forall x \in X$.

Α.4. Ασαφείς Κανόνες

Τα ασαφή συστήματα για να παράξουν συμπερασμό, βασίζονται σε ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι αποτελούν τη βάση γνώσης τους. Συνήθως, καθορίζονται από εμπειρογνώμονες αλλά μπορούν να εξαχθούν αυτόματα με βάση συγκεκριμένες τεχνικές όπως π.χ. η συσταδοποίηση. Η γενική μορφή ενός κανόνα είναι η ακόλουθη:

If *antecedent(s)* ***Then*** *consequent(s)*

Και τα δύο μέρη ενός κανόνα (antecedent, consequent) αποτελούν προτάσεις οι οποίες χτίζονται με χρήση ασαφών μεταβλητών (λεξικογραφικών ή μη). Ουσιαστικά, ένα ασαφές σύστημα αποτελεί ένα μη γραμμικό συνδυασμό n εισόδων $u_i \in U_i$, $i = 1, \ldots, n$ και m εξόδων $y_i \in Y_i$, $i = 1, \ldots, m$. Οι είσοδοι έχουν συγκεκριμένες τιμές (πραγματικοί αριθμοί) όπως επίσης και οι τελικές έξοδοι. Τα U_i και Y_i αποτελούν τα πεδία συζήτησης των u_i και y_i αντίστοιχα. Οι περιγραφές $l(u_i)$ και $l(y_i)$ μπορεί να γίνονται είτε με πραγματικούς αριθμούς είτε με λεξικογραφικές τιμές (π.χ. ψηλός, κοντός, κ.λπ.). Αν το A_{ij} *συμβολίζει την* j^{th} ασαφή τιμή της μεταβλητής u_i τότε το $l(u_i)$ παίρνει τιμές από το σύνολο $A_i = \{A_{ij} : j = 1, \ldots, N_i\}$. Κάθε στοιχείο A_{ij} αποτελεί ένα ασαφές σύνολο το οποίο ορίζεται ως $A_{ij} = \{(u_i, \mu_j(u_i)) : u_i \in U_i\}$, με το $\mu_j(u_i)$ να αποτελεί τη συνάρτηση συμμετοχής η οποία απεικονίζει το U_i στο διάστημα [0,1]. Στην ασαφή λογική υπάρχουν δύο μοντέλα κανόνων για την παραγωγή συμπερασμού: Το μοντέλο Mamdani [119] και το μοντέλο Takagi-Sugeno [179]. Το πρώτο χρησιμοποιεί κανόνες με γενική μορφή την:

R_j: ***If*** x_{1j} *is* A_{1j} *AND/OR* x_{2j} *is* A_{2j} *AND/OR …. AND/OR* x_{nj} *is* A_{nj} ***Then*** y_j *is* B_j

όπου R_j είναι ο j^{th} ασαφής κανόνας, x_{ij} (i=1…n) είναι οι είσοδοι του j^{th} κανόνα, y_j είναι οι έξοδοι του j^{th} κανόνα και A_{ij}, B_j αποτελούν τις συναρτήσεις συμμετοχής οι οποίες συνήθως συνδέονται με λεξικογραφικές τιμές.

Το δεύτερο μοντέλο κανόνων είναι σχετικά πιο νέο και χρησιμοποιεί την ακόλουθη μορφή κανόνων:

R_j: ***If*** x_{1j} *is* A_{1j} *AND/OR* x_{2j} *is* A_{2j} *AND/OR …. AND/OR* x_{nj} *is* A_{nj} ***Then***

$$y_j = a_{0j} + a_{1j} x_{1j} + a_{2j} x_{2j} + \ldots + a_{nj} x_{nj}$$

Η διαφορά είναι πως σε αυτή την περίπτωση, το antecedent και το consequent αποτελούνται από γραμμικούς συνδυασμούς των τιμών των εισόδων του συστήματος. Τέτοιου είδους μοντέλα είναι ιδανικά για να χρησιμοποιηθούν για αυτόματη εξαγωγή κανόνων αλλά και σε εφαρμογές όπου εφαρμόζονται τεχνικές αυτόματης εκμάθησης με βάση συγκεκριμένα δεδομένα.

Α.5. Εξαγωγή Συμπερασμάτων

Τα ασαφή σύνολα συνδυάζονται με τους ασαφείς κανόνες σε ολοκληρωμένα ασαφή συστήματα τα οποία προσφέρουν λειτουργικότητα συμπερασμού σε συγκεκριμένα πεδία συζήτησης και εφαρμογές. Δίνοντας τιμές στις εισόδους του συστήματος είναι ικανά, μέσα από ένα σύνολο βημάτων, να εξάγουν στις εξόδους τα τελικά αποτελέσματα. Η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων αποτελείται από τα ακόλουθα στάδια:

- **Fuzzification**

  Στο στάδιο αυτό καθορίζεται η αναπαράσταση των πραγματικών τιμών στα ασαφή σύνολα που έχουν οριστεί στο σύστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή των συναρτήσεων συμμετοχής. Έτσι, οι τιμές εισόδου απεικονίζονται σε τιμές συμμετοχής στα ασαφή σύνολα.

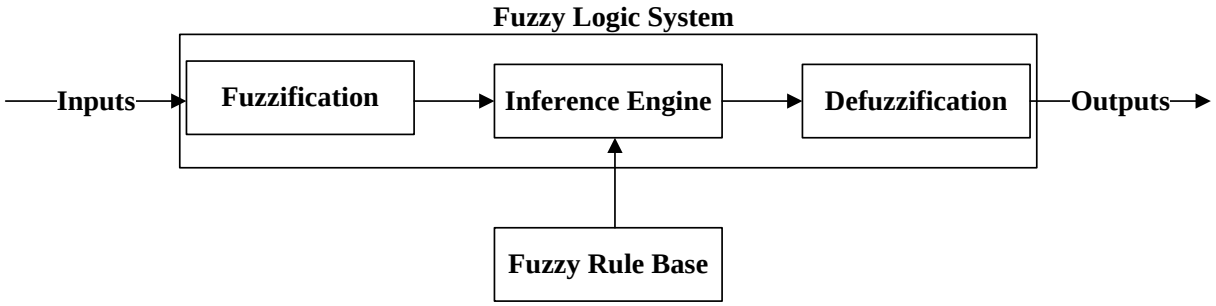
- **Συμπερασμός (Inferencing)**

  Σε αυτό το στάδιο γίνεται η αντιστοίχιση των τιμών συμμετοχής του προηγούμενου σταδίου στο πρώτο μέρος των ασαφών κανόνων. Με αυτό τον τρόπο κάθε κανόνας εξάγει το δικό του αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα των κανόνων είναι ο βαθμός συμμετοχής της κάθε εξόδου σε κάθε αντίστοιχο ασαφές σύνολο. Προφανώς, η συσχέτιση ανάμεσα στα σύνολα εισόδου γίνεται με χρήση των ασαφών τελεστών όπως συζητήσαμε πιο πάνω. Μετά την εξαγωγή του αποτελέσματος του κάθε κανόνα το σύστημα προχωρά στη συνάθροιση όλων των αποτελεσμάτων, ώστε να εξαχθεί ένα τελικό αποτέλεσμα για κάθε μεταβλητή εξόδου. Το αποτέλεσμα της συνάθροισης υπολογίζεται με χρήση του τελικού αποτελέσματος κάθε κανόνα και του συντελεστή εκκίνησης (firing strength) κάθε κανόνα. Κανόνες οι οποίοι δεν έχουν ενεργοποιηθεί λογίζεται πως έχουν συντελεστή εκκίνησης ίσο με 0 (και με αυτό τον τρόπο δεν συνεισφέρουν στο τελικό αποτέλεσμα). Τέλος, στους κανόνες μπορεί να έχει αποδοθεί εκ των προτέρων ένα βάρος που αναπαριστά την τιμή εμπιστοσύνης σε αυτό τον κανόνα. Αυτό γίνεται κατά το σχεδιασμό του συστήματος.

- **Defuzzification**

  Σε αυτό το στάδιο γίνεται η μετατροπή του τελικού αποτελέσματος σε μια μη – ασαφή τιμή. Συγκεκριμένες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό, όπως οι max-min, averaging, center of gravity ή root sum square.

Σχηματικά, στο Σχήμα 85 μπορούμε να δούμε την αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος.



Σχήμα 85. Αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΘΕΩΡΙΑ ΠΑΙΓΝΙΩΝ

Β.1. Εισαγωγή

Η θεωρία παιγνίων (Game Theory) [50] είναι η μαθηματική ανάλυση της σύγκρουσης συμφερόντων, ώστε να βρεθεί η βέλτιστη επιλογή που θα οδηγήσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Δίνοντας μια πιο απλοϊκή και κατανοητή περιγραφή θα μπορούσαμε να πούμε πως η θεωρία παιγνίων είναι η μελέτη για την εύρεση λύσεων, ώστε να κερδίσουμε περισσότερα όταν βρισκόμαστε σε μια κατάσταση και ισχύουν ένα σύνολο προϋποθέσεων.

Η θεωρία παιγνίων απασχολεί για πολλά χρόνια τους επιστήμονες ενός συνόλου ερευνητικών περιοχών όπως η κοινωνιολογία, η οικονομική θεωρία, τις στρατιωτικές επιστήμες, κ.λπ. Ως παραδείγματα εφαρμογής της, θα μπορούσαμε να δώσουμε σενάρια όπου διάφορες επιχειρήσεις ανταγωνίζονται μεταξύ τους, πολιτικοί συναγωνίζονται για την εξεύρεση ψήφων κατά τη διάρκεια μιας προεκλογικής εκστρατείας, ζώα τα οποία μάχονται για την εξεύρεση θηράματος, και πολλά άλλα. Όπως και άλλες επιστήμες, η θεωρία παιγνίων εμπλέκει επίσης ένα σύνολο μοντέλων. Ένα μοντέλο αποτελεί μια αφαίρεση που χρησιμοποιείται για την κατανόηση κάποιων παρατηρήσεων ή εμπειριών. Μερικώς, τα μοντέλα προσπαθούν να εμπλέξουν τις σχέσεις ανάμεσα σε συγκεκριμένες καταστάσεις απομονώνοντας τις αρχές που διέπουν ένα σύνολο προβλημάτων. Με αυτό τον τρόπο, μπορούν οι επιστήμονες να βάλουν τη σκέψη τους στα πλαίσια του προβλήματος το οποίο ερευνούν.

Τα μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούνται στη θεωρία παιγνίων αποτελούν ακριβείς εκφράσεις ιδεών οι οποίες θα μπορούσαν επίσης να προσδιοριστούν φραστικά. Συνήθως, μαθηματικές εκφράσεις είναι αυτές οι οποίες χρησιμοποιούνται, ιδιαίτερα δε, όταν οι φραστικές περιγραφές περιλαμβάνουν και αβέβαιη γνώση. Γενικά, τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στη θεωρία παιγνίων, ξεκινούν από μια ιδέα που σχετίζεται με την αλληλεπίδραση κάποιων οντοτήτων που καλούνται να λάβουν αποφάσεις με απώτερο σκοπό τη μεγιστοποίηση του οφέλους που πρόκειται να αποκομίσουν. Στον προσδιορισμό της ιδέας στο μοντέλο, εμπλέκουμε και στοιχεία της κατάστασης που φαίνεται να είναι σχετική.

Για την επίλυση προβλημάτων με χρήση της θεωρίας παιγνίων η θεωρία της λογικής επιλογής αποτελεί το πιο βασικό συστατικό στοιχείο. Με βάση αυτή τη θεωρία, ένας παίκτης ο οποίος ενεργεί λογικά πρέπει να πάρει την καλύτερη απόφαση με δεδομένο

τις προτιμήσεις του ανάμεσα σε ένα σύνολο αποφάσεων. Η λογική που διέπει τον παίκτη χαρακτηρίζεται κυρίως από συνέπεια των πράξεων του όταν αντιμετωπίζει διαφορετικά σύνολα ενεργειών χωρίς να στηρίζεται στο τι του αρέσει ή όχι. Αν λοιπόν, ένας παίκτης προτιμά μια ενέργεια α από μια ενέργεια β και η β είναι προτιμότερη από τη γ τότε προφανώς η ενέργεια α είναι προτιμότερη και από τη γ. Για παράδειγμα, ένας αγοραστής βρίσκεται πάντα μπροστά σε ένα σύνολο προϊόντων τα οποία έχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ενώ ταυτόχρονα ο αγοραστής χαρακτηρίζεται από το εισόδημά του. Με βάση αυτό το σκεπτικό, το σύνολο των προϊόντων αυτών μπορεί να αλλάζει κάθε φορά ενώ ο αγοραστής επιλέγει με τη λογική και όχι μόνο με το αν κάποιο προϊόν είναι της αρεσκείας του ή όχι. Φυσικά, ο απώτερος στόχος είναι να μεγιστοποιήσει το όφελος που θα αποκομίσει από την τελική αγορά (προφανώς σε αυτό το όφελος μπορεί να εμπλέκεται και η προτίμηση με χρήση κάποιας συγκεκριμένης παραμέτρου).

Όταν ο παίκτης καλείται να επιλέξει μια ενέργεια σε ένα σύνολο ενεργειών, ένας τρόπος υπολογισμού της τελικής επιλογής είναι με χρήση μιας συνάρτησης οφέλους. Για κάθε μια από τις διαθέσιμες ενέργειες προκύπτει ένα όφελος από τη συζητούμενη συνάρτηση και η ενέργεια που παράγει το μεγαλύτερο όφελος είναι αυτή που επιλέγεται κάθε φορά.

Β.2. Στοιχεία – Τύποι Παιγνίων

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζουμε συνοπτικά τα βασικά στοιχεία τα οποία καθορίζουν ένα παίγνιο αλλά και κάποιους σημαντικούς τύπους παιγνίων. Κύριο στοιχείο ενός παιγνίου αποτελούν οι παίκτες, οι οποίοι καλούνται όπως προείπαμε να λάβουν αποφάσεις με στόχο τη μεγιστοποίηση του οφέλους. Υπάρχουν παίγνια τα οποία εμπλέκουν δύο παίκτες αλλά υπάρχουν και παίγνια στα οποία εμπλέκονται περισσότεροι παίκτες.

Κάθε ένας παίκτης ακολουθεί μια συγκεκριμένη στρατηγική (strategy). Η στρατηγική αναφέρεται στη διαδικασία επιλογής κάποιας ενέργειας κάτω από προϋποθέσεις, στις οποίες περιλαμβάνονται τόσο η θέση του παίκτη που λαμβάνει την απόφαση, όσο και η απάντηση του αντιπάλου. Παρόλα αυτά, η στρατηγική που ακολουθεί ένας παίκτης του υποδεικνύει σε κάθε στάδιο του παιγνίου το ποια είναι η πιο συμφέρουσα απόφαση. Πολλές φορές η έννοια της στρατηγικής συγχέεται με την έννοια της κίνησης. Ουσιαστικά, η στρατηγική είναι ένας αλγόριθμος λήψης απόφασης και διαφέρει από την

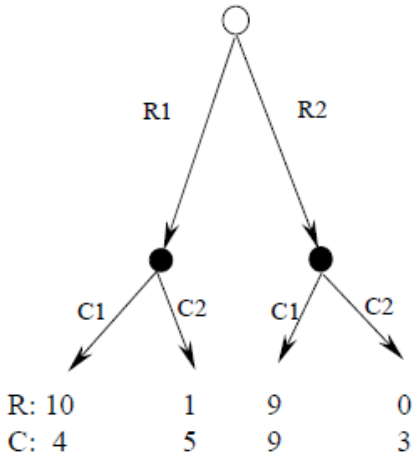
απλή επιλογή μιας συγκεκριμένης ενέργειας. Ο χώρος στρατηγικών αποτελεί το σύνολο των δυνατών στρατηγικών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Οι στρατηγικές μπορούν να είναι είτε καθαρές (pure) είτε μεικτές (mixed). Σε ένα παίγνιο εκτεταμένης μορφής, μια καθαρή στρατηγική είναι μια συνάρτηση ουσιαστικά η οποία εξάγει μια συγκεκριμένη στρατηγική σε κάθε στάδιο του παιγνίου. Σε κάθε στάδιο, ο παίκτης έχει συγκεκριμένη πληροφόρηση σχετικά με το περιβάλλον του παιγνίου και έχει επίσης ένα συγκεκριμένο ιστορικό. Το ιστορικό εμπλέκει τόσο τις δικές του ενέργειες όσο και τις απαντήσεις του αντιπάλου. Ένα προφίλ στρατηγικών είναι μια ταξινομημένη λίστα στρατηγικών που περιλαμβάνει μια στρατηγική για κάθε παίκτη που συμμετέχει στο παίγνιο. Από την άλλη, οι μεικτές στρατηγικές αφορούν στη τυχαιότητα της λήψη μιας στρατηγικής. Μεικτή στρατηγική για ένα παίκτη είναι μια κατανομή πιθανότητας σχετικά με το σύνολο των καθαρών στρατηγικών ενός παίκτη.

Σχετικά με την αναπαράσταση του παιγνίου μπορούμε να διακρίνουμε δύο μορφές: α) την κανονική και β) την εκτεταμένη μορφή. Η κανονική μορφή συνήθως μοιάζει με ένα πίνακα πάνω στον οποίο αναγράφονται τα οφέλη που αποκομίζει ο κάθε παίκτης. Ουσιαστικά, ο πίνακας συνδέει τις καθαρές στρατηγικές με τα οφέλη. Στην κανονική μορφή όμως κάποιος δεν μπορεί να δει την ακολουθία των ενεργειών και πως αυτές τελικά επηρεάζουν τα τελικά οφέλη. Αυτό γίνεται στην εκτεταμένη μορφή, η οποία συνήθως έχει τη μορφή δέντρου με τα φύλλα να αποτελούν τα οφέλη των παικτών. Στο Σχήμα 86 και στο Σχήμα 87 μπορούμε να δούμε παραδείγματα της κανονικής και της εκτεταμένης μορφής ενός παιγνίου.

	C1	C2
R1	10,4	1,5
R2	9,9	0,3

Σχήμα 86. Κανονική μορφή ενός παιγνίου.



Σχήμα 87. Εκτεταμένη μορφή ενός παιγνίου.

Σε αυτό το σημείο, θα διαχωρίσουμε τα παίγνια με βάση την πληροφορία που είναι διαθέσιμη στους παίκτες. Ένα παίγνιο πλήρους πληροφόρησης (perfect information game) είναι ένα το παίγνιο στο οποίο υπάρχει διαθέσιμη πλήρης πληροφόρηση σχετικά με τις κινήσεις, αλλά και τις συναρτήσεις ωφέλειας των συμμετεχόντων παικτών. Παράδειγμα τέτοιου παιγνίου αποτελεί το σκάκι. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι παίκτες δεν γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά ή τις κινήσεις που πρόκειται να κάνουν ή έκαναν οι παίκτες τότε το παίγνιο χαρακτηρίζεται ως ένα παίγνιο ελλιπούς πληροφόρησης (imperfect information game). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένα σύνολο πληροφόρησης (information set) με περισσότερους από δύο κόμβους (ο αντίπαλος δεν γνωρίζει σε ποιον από τους κόμβους είναι).

Β.3. Στρατηγικές Ισορροπίας

Σε ένα παίγνιο, γενικά, η επιλογή της καλύτερης ενέργειας εξαρτάται από την ενέργεια που θα επιλέξει ο αντίπαλος. Έτσι, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την έννοια της πίστης σχετικά με την ενέργεια του αντιπάλου. Η πίστη διαμορφώνεται με βάση τις ενέργειες που έχουν επιλεγεί στα προηγούμενα στάδια του παιγνίου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε ο κάθε παίκτης να έχει μια άποψη για τις ενέργειες του αντιπάλου. Με βάση αυτό το σκεπτικό και θεωρώντας ότι οι παίκτες ενεργούν λογικά, μπορούμε να ορίσουμε τη στρατηγική ισορροπίας σε ένα παίγνιο. Στη θεωρία παιγνίων η πιο γνωστή είναι η στρατηγική ισορροπίας κατά Nash. Η ισορροπία Nash είναι ένα προφίλ στρατηγικών με την ιδιότητα ότι κανένας παίκτης δεν μπορεί να έχει μεγαλύτερο όφελος επιλέγοντας μια ενέργεια διαφορετική από την ενέργεια στη στρατηγική ισορροπίας

δεδομένου ότι ο αντίπαλος ακολουθεί τη δική του στρατηγική ισορροπίας κατά Nash. Ο ορισμός που δίνεται στην ισορροπία Nash υποδηλώνει πως υπάρχουν και περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα στρατηγικό παίγνιο δεν έχει απαραίτητα μια στρατηγική ισορροπίας. Επίσης, υπάρχει η πιθανότητα κάποια παίγνια να έχουν πολλαπλές στρατηγικές ισορροπίας. Αλλά, ας δούμε ένα παράδειγμα. Το πιο γνωστό είναι το παίγνιο 'Δίλλημα του φυλακισμένου' (Prisoner's Dilemma). Στον Πίνακα 71, βλέπουμε τα οφέλη που αποκομίζουν οι δύο συλληφθέντες όταν μαρτυρήσουν τον άλλο ή όταν παραμείνουν σιωπηλοί. Όπως βλέπουμε, όποια και να είναι η κίνηση των δύο παικτών η στρατηγική που ενδείκνυται να ακολουθήσουν είναι να προδώσουν τον άλλο. Με αυτή τη λογική, η στρατηγική ισορροπίας Nash είναι ο κάθε ένας να προδώσει τον άλλο και σαν τελικό αποτέλεσμα παίρνουμε ότι και οι δύο θα φυλακιστούν για ένα μήνα.

Πίνακας 71. Πίνακας οφέλους για το παίγνιο 'Δίλημμα του φυλακισμένου'.

	Prisoner B stays silent	**Prisoner B betrays**
Prisoner A stays silent	Each serves 1 month	Prisoner A: 1 year Prisoner B: goes free
Prisoner A betrays	Prisoner A: goes free Prisoner B: 1 year	Each serves 1 month

Β.4. Παίγνια Διαπραγμάτευσης

Μια ενδιαφέρουσα κατηγορία παιγνίων αποτελούν οι διαπραγματεύσεις (bargaining games). Κατά Nash, ο όρος διαπραγμάτευση αναφέρεται σε μια κατάσταση όπου:

- Οι παίκτες έχουν την πιθανότητα για να κλείσουν μια συμφωνία,
- Υπάρχει σύγκρουση συμφερόντων σχετικά με τη συμφωνία που πρόκειται να κλειστεί, και,
- Καμία συμφωνία δεν μπορεί να επιβληθεί σε κάποιον παίκτη χωρίς τη συγκατάθεση του.

Σύμφωνα με τον Nash, Ν παίκτες εμπλέκονται σε ένα παίγνιο διαπραγμάτευσης έχοντας ένα σύνολο προτιμήσεων σχετικά με τα αποτελέσματα του παιγνίου. Η διαπραγμάτευση μπορεί να γίνει για ένα χαρακτηριστικό μιας αδιαίρετης ποσότητας ή για πολλαπλά χαρακτηριστικά. Οι παίκτες έχουν μια διάθεση σε σχέση με την ανάληψη

ρίσκου κατά τη διάρκεια της διαπραγμάτευσης. Κάποιος μπορεί να αναζητά το ρίσκο ή να το αποστρέφεται. Μια συνάρτηση οφέλους είναι αυτή που εμπερικλείει αυτά τα χαρακτηριστικά, τόσο για το ρίσκο όσο και για τις προτιμήσεις των παικτών. Η διαπραγμάτευση μπορεί να κλείσει με συμφωνία και όφελος για όλους ή με μια σύγκρουση οπότε σε αυτή την περίπτωση το όφελος είναι μηδέν ή ακόμη και αρνητικό. Ο Nash θέτει τέσσερα αξιώματα για την επίλυση ενός παιγνίου διαπραγμάτευσης: α) Invariance, β) Symmetry, γ) Independence, και δ) Pareto Efficiency.

Οι στρατηγικές σε ένα παίγνιο διαπραγμάτευσης αναπαριστούνται με ένα ζεύγος τιμών (x,y). Αυτές οι τιμές επιλέγονται στο διάστημα [α, β], όπου β είναι ολόκληρη η ποσότητα του αδιαίρετου αγαθού. Όταν x + y είναι ίσο ή μικρότερο του β τότε ο πρώτος παίκτης λαμβάνει x και ο δεύτερος λαμβάνει y, διαφορετικά παίρνουν και οι δύο α. Το α συμβολίζει το όφελος που αποκομίζουν οι δύο παίκτες όταν υπάρχει ασυμφωνία. Συνήθως στα παίγνια διαπραγμάτευσης παίρνουμε ότι α = 0.

Στα παίγνια διαπραγμάτευσης υπάρχουν πολλαπλές στρατηγικές ισορροπίας Nash. Οποιοδήποτε ζεύγος τιμών (x, y) το οποίο ικανοποιεί την εξίσωση x + y = β αποτελεί ουσιαστικά και μια στρατηγική ισορροπίας. Εφόσον κάποιος παίκτης αυξήσει την ποσότητα που ζητά τότε και οι δύο δεν λαμβάνουν τίποτα. Εάν και οι δύο μειώσουν την ποσότητα που ζητούν τότε και οι δύο χάνουν όφελος από το εάν ζητούσαν (x, y). Τέλος, μια ακόμη στρατηγική ισορροπίας υπάρχει όταν και οι δύο ζητούν ολόκληρη την ποσότητα του αγαθού. Σε αυτή την περίπτωση και οι δύο δεν λαμβάνουν τίποτα αλλά κανένας επίσης παίκτης δεν μπορεί να αυξήσει το όφελός του αλλάζοντας τη στρατηγική του.

Για να πάρουμε μια συγκεκριμένη εικόνα ας σκεφτούμε μια διαπραγμάτευση συγκεκριμένου χρονικού ορίζοντα (finite horizon bargaining game). Ας υποθέσουμε ότι ο ορίζοντας του παιγνίου είναι ίσος με 2. Στον γύρο 1 ο δεύτερος παίκτης θα πρέπει να λάβει μια απόφαση για μια τελική προσφορά που έχει ουσιαστικά τη μορφή take-it-or-leave-it. Δεδομένου ότι το παίγνιο πρόκειται να τελειώσει (ο χρονικός ορίζοντας είναι ίσος με 2 γύρους) ο πρώτος παίκτης θα αποδεχθεί οποιονδήποτε διαμοιρασμό του αγαθού και έτσι ο δεύτερος παίκτης προσφέρει 0. Ας δούμε όμως τι σημαίνει αυτό για τον πρώτο γύρο του παιγνίου. Ο δεύτερος παίκτης αναμένει ότι εφόσον απορρίψει την προσφορά του πρώτου μπορεί να αποκομίσει ολόκληρο το αγαθό στον επόμενο γύρο για ένα όφελος έστω δ_2. Έτσι λοιπόν, για να γίνει αποδεκτή η προσφορά του πρώτου παίκτη πρέπει να προσφέρει τουλάχιστον δ_2. Προφανώς, με βάση αυτό το σκεπτικό η προσφορά του πρώτου παίκτη θα είναι $(1-\delta_2, \delta_2)$ και φυσικά ο δεύτερος παίκτης θα την

κάνει αποδεκτή. Η στρατηγική αυτή ουσιαστικά αποτελεί τη στρατηγική τέλειας ισορροπίας του υπο-παιγνίου (Sub-game Perfect Equilibrium - SPE). Τέλος, το $\delta_2 \in [0,1]$ αποτελεί το συντελεστή απομείωσης του οφέλους του δεύτερου παίκτη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΣΜΗΝΟΥΣ

Γ.1. Εισαγωγή

Η θεωρία του σμήνους (ΘΣ) [40] αφορά στη μελέτη μιας συλλογικής συμπεριφοράς κατανεμημένων και αυτόνομων φυσικών ή τεχνητών οντοτήτων. Αποτελεί κλάδο της Τεχνητής Νοημοσύνη και πρώτη φορά εισήχθηκε στην επιστημονική κοινότητα για τη μελέτη αυτόνομων ρομποτικών συστημάτων.

Τυπικά, ένα πλήθος αυτόνομων οντοτήτων αλληλεπιδρούν τοπικά μεταξύ τους αλλά και με το περιβάλλον τους προσπαθώντας να βρουν τη βέλτιστη λύση (διαδρομή) σε ένα πρόβλημα. Το σημαντικό είναι πως δεν υπάρχει κεντρικοποιημένος έλεγχος στη συμπεριφορά των οντοτήτων, ο οποίος να υποδεικνύει ρητά το ποια θα πρέπει να είναι η συμπεριφορά των οντοτήτων για την επίλυση του προβλήματος. Οι οντότητες ακολουθούν πολύ απλούς κανόνες και σε κάποιο σημείο τυχαίες συμπεριφορές, ενώ μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με άλλες οντότητες ή με το περιβάλλον προκύπτει μια έξυπνη / βέλτιστη συμπεριφορά που οδηγεί στη λύση του προβλήματος. Η έξυπνη / βέλτιστη συμπεριφορά δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων στις οντότητες. Η έμπνευση για τη δημιουργία της ΘΣ προήλθε από την παρατήρηση της φύσης και ιδιαίτερα από την κίνηση πτηνών και ζώων. Τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι μετακινήσεις των μυρμηγκιών για αναζήτηση τροφής, μετακίνηση πτηνών, κ.λπ.

Οι δυο πιο γνωστές τεχνικές της ΘΣ είναι:

- Ant Colony Optimization
- Particle Swarm Optimization

Στις επόμενες ενότητες παρουσιάζουμε περιληπτικά τις δύο αυτές τεχνικές.

Γ.2. Ant Colony Optimization

Η τεχνική Ant Colony Optimization (ACO) [36] ήταν μια από τις πρώτες τεχνικές που προτάθηκαν στα πλαίσια της ΘΣ. Η έμπνευση για την ACO ήταν η μετακίνηση ομάδων μυρμηγκιών για την αναζήτηση και εύρεση τροφής. Ο πυρήνας αυτής της τεχνικής είναι η έμμεση επικοινωνία των οντοτήτων μέσω της φερομόνης που η κάθε μια αφήνει στο περιβάλλον. Όσες περισσότερες οντότητες περνούν από μια συγκεκριμένη διαδρομή τόση περισσότερη φερομόνη αφήνουν στο περιβάλλον και έμμεσα με αυτό τον τρόπο

επηρεάζουν τις υπόλοιπες να ακολουθήσουν το ίδιο μονοπάτι. Ουσιαστικά ένα μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γενικό παράδειγμα της τεχνικής είναι το ακόλουθο.

Θεωρούμε ένα γράφο G = (V, E) όπου το V αποτελείται από δύο κόμβους τον s και τον t (η φωλιά – start και η πηγή τροφής – target των μυρμηγκιών). Το σύνολο E αποτελείται από δύο ακμές, έστω e_1 και e_2. Αποδίδουμε μήκη στις δύο ακμές l_1 και l_2 για τις e_1 και e_2 αντίστοιχα με $l_2 > l_1$. Τεχνητή φερομόνη τ_i αποδίδεται για κάθε ακμή. Η τιμή αυτή συμβολίζει την 'ισχύ' του συγκεκριμένου μονοπατιού. Τέλος, θεωρούμε πως υπάρχει ένα πλήθος v οντοτήτων (μυρμηγκιών). Κάθε οντότητα συμπεριφέρεται ως εξής: ξεκινώντας από το s και θέλοντας να φτάσει στο t επιλέγει με πιθανότητα:

$$p_i = \frac{\tau_i}{\tau_1 + \tau_2} \qquad (\Gamma.1)$$

ανάμεσα στις δύο ακμές. Προφανώς, επιλέγει αυτή την οποία έχει τη μεγαλύτερη πιθανότητα. Επιστρέφοντας πίσω στο αρχικό σημείο, η οντότητα ακολουθεί την ίδια διαδρομή και αλλάζει το επίπεδο φερομόνης που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο μονοπάτι. Η αλλαγή γίνεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$\tau_i = \tau_i + \frac{Q}{l_i} \qquad (\Gamma.2)$$

όπου Q είναι μια θετική σταθερά η οποία είναι και η παράμετρος του μοντέλου. Όπως παρατηρούμε, η νέα τιμή της φερομόνης εξαρτάται άμεσα από το μήκος της διαδρομής. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος αυτό τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της φερομόνης και συνεπώς τόσο αυξάνει η πιθανότητα να επιλεγεί το συγκεκριμένο μονοπάτι.

Παρά το γεγονός ότι η ομάδα επιδεικνύει μια σχετικά πολύπλοκη συμπεριφορά, η κάθε οντότητα ακολουθεί αυτή την απλοϊκή συμπεριφορά που μόλις περιγράψαμε. Στο μοντέλο αυτό αντί να χρησιμοποιήσουμε το μήκος μιας διαδρομής, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άλλες παραμέτρους όπως είναι το κόστος διάσχισης της διαδρομής ή οτιδήποτε άλλο.

Γ.3. Particle Swarm Optimization (PSO)

Ο αλγόριθμος Particle Swarm Optimization (PSO) βασίζεται σε ένα πληθυσμό που λειτουργεί στοχαστικά και παρατηρείται κυρίως σε μετακινήσεις ζώων, πτηνών ή εντόμων. Ένα σύνολο σωματιδίων (particles) / οντοτήτων αποτελούν τις πιθανές λύσεις

του προβλήματος. Αυτές οι οντότητες μετακινούνται στο χώρο λύσεων και αναζητούν τη βέλτιστη λύση ή μια η οποία είναι αρκετά καλή. Η θέση κάθε οντότητας αλλάζει με βάση την ταχύτητα (velocity) που έχει η κάθε μια και τη διαφορά της τρέχουσας θέσης, το τοπικό βέλτιστο και το γενικό βέλτιστο που έχει καταγραφεί στις γειτονικές οντότητες. Προφανώς, η κάθε οντότητα μεταδίδει τη θέση της καθώς και το τοπικό βέλτιστο στις υπόλοιπες. Πρόκειται ένα επαναληπτικό μοντέλο, το οποίο, μετά από πολλές επαναλήψεις και εκτελέσεις του αλγορίθμου, οδηγεί στη βέλτιστη λύση. Με αυτό τον τρόπο, η κάθε οντότητα ακολουθεί τόσο την επιτυχία που έχει μέχρι μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή όσο και την επιτυχία των υπολοίπων οντοτήτων.

Ας υποθέσουμε πως η τρέχουσα θέση μιας οντότητας k σε χρόνο t είναι x_k^t. Η θέση της οντότητας x_k^{t+1}αλλάζει με βάση την ταχύτητα v_k^{t+1} και την προηγούμενη θέση της. Ας συμβολίσουμε με p_k^t την ατομική βέλτιστη θέση (personal best position) σε χρόνο t ενώ με p_g^t τη γενική βέλτιστη θέση (global best position) στον ίδιο χρόνο. Η ταχύτητα v_k^{t+1} ενημερώνεται με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$v_k^{t+1} = v_k^t + c_1 \cdot r_1^t \cdot (p_k^t - x_k^t) + c_2 \cdot r_2^t \cdot (p_g^t - x_k^t) \qquad (\Gamma.3)$$

όπου v_k^t είναι η ταχύτητα στην προηγούμενη επανάληψη, c1, c2 είναι θετικές σταθερές που χρησιμοποιούνται στον καθορισμό της ‘επιτάχυνσης’ και r_1^t, r_2^t αποτελούν τυχαίες τιμές στο διάστημα [0,1]. Η τελική θέση της οντότητας προκύπτει από:

$$x_k^{t+1} = x_k^t + v_k^{t+1} \qquad (\Gamma.4)$$

Σχετικά με την ατομική βέλτιστη θέση, αυτή υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$p_k^{t+1} = \begin{cases} p_k^t & \text{if } f(x_k^{t+1}) \geq f(p_k^t) \\ x_k^{t+1} & \text{if } f(x_k^{t+1}) < f(p_k^t) \end{cases} \qquad (\Gamma.5)$$

όπου f(·) είναι η λεγόμενη fitness συνάρτηση. Έτσι, η ομαδική βέλτιστη θέση υπολογίζεται από:

$$p_g^t = p_k^t \mid i \in \{1, \ldots, N\} \text{ και } f(p_g^t) = \min\{f(p_1^t), f(p_2^t), \ldots, f(p_N^t)\} \qquad (\Gamma.6)$$

όπου N είναι το πλήθος των οντοτήτων.

Με βάση τις εξισώσεις που αναπτύχθηκαν πιο πάνω βλέπουμε πως κάθε οντότητα προσπαθεί να συγκλίνει προς τη βέλτιστη θέση της αλλά και προς τη βέλτιστη θέση όλων. Άρα η κοινή γνώση για το βέλτιστο, κάνει την ομάδα να αναζητεί συνεχώς, σαν σύνολο, την καλύτερη δυνατή λύση στο πρόβλημα. Η θέση p_g^t αποτελεί το 'κοινωνικό' κομμάτι της μεθόδου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές τοπολογίες για κάθε γειτονιά. Η παράμετρος p_g^t αντιστοιχεί στη βέλτιστη θέση των γειτόνων. Παραδείγματα μοντελοποίησης γειτονιών, αποτελούν η τοπολογία άστρου, δακτυλίου και Von Neumann. Η διάδοση της πληροφορίας στην ομάδα γίνεται μέσα από τον υπολογισμό της διαφοράς ανάμεσα στην τρέχουσα θέση και στο τοπικό και ομαδικό βέλτιστο. Όταν το ομαδικό βέλτιστο υπολογίζεται μόνο ανάμεσα στους γειτόνους τότε μιλάμε για το μοντέλο lbest PSO ενώ όταν υπολογίζεται ανάμεσα σε όλους, τότε αναφερόμαστε στο gbest PSO μοντέλο. Για λόγους πληρότητας, στο σημείο αυτό παρουσιάζουμε το γενικό αλγόριθμο PSO ο οποίος στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους που αποκομίζουν οι οντότητες από την τελική λύση (μπορεί να μετατραπεί ώστε να στοχεύει στη μεγιστοποίηση ενός οφέλους).

Αλγόριθμος 3. Αλγόριθμος PSO.

Algorithm PSO
Begin
  Repeat
    Foreach Particle k
      If ($f(x_k) < f(p_k)$) **Then**
        $p_k = x_k$
      EndIf
      $p_g = \min(f(x_1),...,f(x_N))$
      UpdateVelocity()
      UpdatePosition()
    EndFor
  Until Termination Criterion is met
End

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΘΕΩΡΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΠΑΥΣΗΣ

Δ.1. Εισαγωγή

Η θεωρία βέλτιστης παύσης (Optimal Stopping Theory - OST) [48] έχει τις ρίζες της στην κλασική μαθηματική ανάλυση. Τα προβλήματα βέλτιστης παύσης έχουν μεγάλη ιστορία και έχουν ευρέως μελετηθεί από ένα σύνολο ερευνητών. Οι πρώτες μαθηματικές εκφράσεις για τον καθορισμό κανόνων βέλτιστης παύσης αφορούσαν στοχαστικές διαδικασίες οι οποίες συνδέονταν με την ακολουθιακή ανάλυση στατιστικών. Κυρίως, αφορούσαν περιπτώσεις όπου το πλήθος των παρατηρήσεων δεν ήταν σταθερό εκ των προτέρων, αλλά τερματιζόταν από τη συμπεριφορά αυτών των παρατηρήσεων. Ένα καλό άρθρο στο οποίο γίνεται μια ανασκόπηση για βέλτιστη παύση σε Μαρκοβιανές ακολουθίες είναι το [164].

Η θεωρία βέλτιστης παύσης αναφέρεται σε προβλήματα στα οποία πρέπει να επιλεγεί ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο όπου θα πρέπει να παρθεί μια απόφαση ή να γίνει μια ενέργεια. Το χρονικό σημείο επιλέγεται μέσα από μαθηματικούς υπολογισμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους βασίζονται στην παρατήρηση της τιμής μιας μεταβλητής. Ο απώτερος στόχος είναι να μεγιστοποιήσουμε ένα όφελος ή αντίθετα να ελαχιστοποιήσουμε την τιμή ενός κόστους.

Ο ορισμός του προβλήματος έχει ως εξής. Ένας κανόνας βέλτιστης παύσης καθορίζεται από δύο σημαντικούς παράγοντες:

- Μια ακολουθία τυχαίων μεταβλητών των οποίων την κατανομή τη θεωρούμε γνωστή.
- Μια ακολουθία πραγματικών τιμών συναρτήσεων οφέλους (ή κόστους) τα οποία αποκομίζουμε (ή χάνουμε) όσο παρατηρούμε νέες τιμές.

Μπορούμε να παρατηρούμε όσο εμείς επιθυμούμε τις τιμές των μεταβλητών αποκομίζοντας όφελος ή πληρώνοντας κάποιο κόστος. Σε κάποιο χρονικό σημείο, μπορούμε να σταματήσουμε και να αποκομίσουμε ένα όφελος (μπορεί να είναι και σωρευτικό) ή να συνεχίσουμε και να παρατηρήσουμε την επόμενη τιμή. Συνεπώς, πρέπει να βρούμε το κατάλληλο χρονικό σημείο για να σταματήσουμε διότι δεν μπορούμε να παρατηρούμε επ' άπειρον. Ο λόγος είναι ότι κατά τη μοντελοποίηση των προβλημάτων βέλτιστης παύσης συνήθως τίθεται το όφελος της άπειρης παρατήρησης ίσο με μηδέν ή το κόστος της άπειρης παρατήρησης ίσο με άπειρο επίσης. Τέλος, θα

πρέπει να σημειωθεί ότι τα προβλήματα βέλτιστης παύσης χωρίζονται σε ορισμένου χρόνου (όταν τίθεται ένα όριο μέχρι το οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση) και σε αορίστου χρόνου (όταν δεν τίθεται άνω χρονικό όριο μέχρι το οποίο πρέπει να ληφθεί η απόφαση).

Δ.2. Το πρόβλημα εύρεσης Γραμματέως (The Secretary Problem)

Ένα από τα πιο γνωστά προβλήματα βέλτιστης παύσης είναι το πρόβλημα εύρεσης μιας γραμματέως [1], [25], [49]. Ανήκει στην κατηγορία των προβλημάτων καθορισμένου χρονικού ορίζοντα και ορισμένες φορές αναφέρεται σαν το πρόβλημα του γάμου (να βρεις τον / την κατάλληλο / η σύζυγο ώστε να προχωρήσεις σε γάμο). Το σενάριο έχει ως εξής. Υπάρχει σε μια εταιρεία μια θέση γραμματέως διαθέσιμη προς πλήρωση. Για αυτή τη θέση N αιτήσεις έχουν υποβληθεί (άρα N είναι ο αριθμός των υποψηφίων) και ο ιδιοκτήτης της εταιρείας πρόκειται να προβεί στις απαραίτητες συνεντεύξεις, ώστε τελικά να προσλάβει έναν από τους υποψήφιους. Το πλήθος N θεωρείται γνωστό, όπως επίσης θεωρούμε πως μπορούμε με κάποιον τρόπο να ταξινομήσουμε τους υποψηφίους π.χ. από τον καλύτερο προς το χειρότερο. Οι συνεντεύξεις γίνονται ακολουθιακά, σε τυχαία σειρά, ενώ μετά το πέρας μιας συνέντευξης ο ιδιοκτήτης είτε προσλαμβάνει τον υποψήφιο, είτε τον απορρίπτει οριστικά. Η απόφαση πρόσληψης ή απόρριψης βασίζεται αποκλειστικά στην ταξινομημένη λίστα μέχρι εκείνη τη στιγμή, ενώ υποψήφιος που έχει απορριφθεί δεν μπορεί στη συνέχεια να προσληφθεί. Ο τελικός στόχος είναι να επιλεγεί ο καλύτερος υποψήφιος για τη θέση.

Το πρόβλημα είναι ένα πρόβλημα βέλτιστης παύσης αφού σε κάθε χρονικό σημείο (συνέντευξη) έχουμε τη σχετική κατάταξη του κάθε υποψηφίου (παρατήρηση). Οι μεταβλητές του προβλήματος (μια τιμή που υποδεικνύει το πόσο καλός είναι ένας υποψήφιος και χρησιμοποιείται για την κατάταξή του σε σχέση με τους άλλους) είναι ανεξάρτητες ακολουθώντας μια ομοιόμορφη κατανομή. Με βάση υπολογισμούς, μπορούμε να αποδείξουμε ότι ο ιδιοκτήτης πρέπει να απορρίψει τους πρώτους N / e υποψηφίους και στη συνέχεια να προσλάβει τον καλύτερο που θα συναντήσει από εκεί και μετά. Η πιθανότητα να προσλάβει τον καλύτερο από όλους τους N υποψήφιους είναι ίση με 1 / e (για μεγάλες τιμές του N).

Το πρόβλημα έχει αρκετές παραλλαγές, με την πιο γνωστή να λύνεται με χρήση του Odds αλγόριθμου οποίος περιγράφεται στην επόμενη ενότητα. Για παράδειγμα,

μπορούμε να κάνουμε πιο γενικές υποθέσεις για το είδος των υποψηφίων που επιθυμεί ο ιδιοκτήτης ή να θεωρήσουμε ομαδικές συνεντεύξεις, κ.λπ.

Δ.3. Το πρόβλημα της Τελευταίας Επιτυχίας (Last Success Problem)

Το πρόβλημα της τελευταίας επιτυχίας λύνεται με χρήση του αλγορίθμου Odds. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα σύνολο N δεικτών I_1, I_2, ..., I_N. Η τιμή του κάθε δείκτη αποκαλύπτεται ακολουθιακά που σημαίνει πως δεν έχουμε άποψη για τους $I_{N-\kappa}$ δείκτες όταν έχουμε παρατηρήσει την τιμή του I_κ. Συνήθως, $I_\kappa = 0$ (fail) ή 1 (success). Ο στόχος είναι να σταματήσουμε στον τελευταίο επιτυχή δείκτη μεγιστοποιώντας το κέρδος μας. Εάν φτάσουμε στον τελευταίο δείκτη χωρίς να έχουμε σταματήσει σε μια επιτυχία, τότε χάνουμε.

Ο αλγόριθμος Odds περιμένει μέχρι να μεγιστοποιηθεί η πιθανότητα παρατήρησης ενός επιτυχούς δείκτη. Εάν θεωρήσουμε πως $\mathbb{E}(I_\kappa) = p_\kappa = 1 - q_\kappa$ και $r_\kappa = p_\kappa / q_\kappa$ τότε υπάρχει ένας βέλτιστος κανόνας που μεγιστοποιεί την πιθανότητα να σταματήσουμε στην τελευταία επιτυχία. Αυτός ο κανόνας δείχνει ότι πρέπει να σταματήσουμε στο $\kappa \geq s$ εφόσον $I_\kappa = 1$ και με:

$$s = \max\left\{1, \sup_\kappa\left\{\kappa \in \{1,\ldots,N\} : \sum_{j=\kappa}^{N} r_j \geq 1\right\}\right\} \qquad (\Delta.1)$$

Η πιθανότητα αυτή η πολιτική να μας δώσει απόφαση τερματισμού στην τελευταία ακριβώς επιτυχία είναι ίση με:

$$V(n) = \prod_{j=s}^{N} q_j \cdot \sum_{j=s}^{N} r_j \qquad (\Delta.2)$$

Δ.4. Το Discounted Sum πρόβλημα (The Discounted Sum Problem)

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε κάποιες ανεξάρτητες, ομοιόμορφα κατανεμημένες, μεταβλητές X_1, X_2, …, X_N με $\mathbb{E}(X_i) < \infty$. Επίσης, ας υποθέσουμε ότι $S_N = \sum_1^N X_i$. Η μεταβλητή X, απεικονίζει το όφελος που έχουμε από μια παρατήρηση σε κάθε χρονική στιγμή, ενώ ταυτόχρονα αυτό το όφελος συσσωρεύεται με το πέρασμα του χρόνου. Όμως, εφαρμόζουμε στο συγκεκριμένο σενάριο ένα συντελεστή απομείωσης $0 < \beta < 1$ όποτε το τελικό όφελος όταν σταματήσουμε στην παρατήρηση N είναι ίσο με:

$$Y_N = \beta^N \cdot S_N \qquad (\Delta.3)$$

Εάν δεν σταματήσουμε ποτέ, τότε το όφελος που θα αποκομίσουμε θα είναι ίσο με 0. Ο τελικός στόχος είναι να σταματήσουμε όταν το όφελος S_N είναι αρκετά μεγάλο. Με μαθηματικούς υπολογισμούς αποδεικνύεται ότι όταν η X είναι θετική με πιθανότητα 1, τότε ο κανόνας για να σταματήσουμε είναι:

$$s_0 = \frac{\beta}{1-\beta} \cdot E(X) \qquad (\Delta.4)$$

Δ.5. Το πρόβλημα του Διαρρήκτη (The Burglar Problem)

Ένας διαρρήκτης κάνει μια σειρά διαρρήξεων από όπου αποκομίζει ένα συγκεκριμένο όφελος. Το όφελος αυτό συσσωρεύεται καθώς διαπράττει τις διαρρήξεις και εφόσον δεν τον έχουν πιάσει ακόμα. Αν όμως πιαστεί μετά από μια διάρρηξη τότε τα οφέλη εξανεμίζονται, συμπεριλαμβανομένης και της αρχικής περιουσίας που τυχόν είχε στην κατοχή του. Ο στόχος είναι να σταματήσει τις διαρρήξεις πριν τον πιάσουν, αλλά ταυτόχρονα να μεγιστοποιήσει και το όφελος που πρόκειται να αποκομίσει.

Ας υποθέσουμε ότι X_1, X_2, … είναι τα οφέλη που αποκομίζει ο διαρρήκτης μετά από κάθε διάρρηξη, ενώ ταυτόχρονα Z_1, Z_2, … αποτελούν δείκτες για το αν πιάστηκε ή όχι ($Z_i = 0$ σημαίνει ότι πιάστηκε και χάνει την περιουσία του ενώ $Z_i = 1$ σημαίνει ότι δεν πιάστηκε ακόμη). Αν θεωρήσουμε ότι $P(Z_i = 1) = \beta$ τότε έχουμε $P(Z_i = 0) = 1 - \beta$ με το β να είναι μια τιμή γνωστή και $0 < \beta < 1$. Το όφελος μετά από κάθε διάρρηξη δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$Y_n = \prod_{i=1}^{n} Z_i \cdot \sum_{i=1}^{n} X_i \qquad (\Delta.5)$$

για n = 0, 1, 2, … . Έτσι, ο κανόνας κοιτάζοντας ένα στάδιο μετά είναι:

$$\min\left\{ n \geq 0 : \sum_{i=1}^{n} X_i \geq \frac{\beta}{1-\beta} \cdot \mu \right\} \qquad (\Delta.6)$$

όπου μ είναι η μέση τιμή της X. Αυτή η παραλλαγή του προβλήματος, αποτελεί μια έκδοση του discounted sum προβλήματος όπου τα οφέλη δεν είναι αρνητικά.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Ajtai M., Megiddo N., Waarts O., 'Improved algorithms and analysis for secretary problems and generalizations', In Proceedings of the 36th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, pp.473-482, 23-25 Oct 1995.

[2] Al-Ashmaway, W. H., El-Sisi, A. B., Hamed, N. M. and Nabil I. A., 'Bilateral Agent Negotiation For E-Commerce Based on Fuzzy Logic', In Proceedings of the International Conference on Computer Engineering & Systems '07 (ICCES '07), Cairo, Egypt, 2007, pp. 64-69.

[3] An, B., Sim, K., Tang, L., Li, S. Q., and Cheng, D. J., 'Continuous-time Negotiation Mechanism for Software Agents', IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B (Cybernetics), vol. 36, 2006, pp. 1261-1272.

[4] Anil J., Murty M. N., & Flynn P., 'Data Clustering: A Review', ACM Computing Surveys, vol. 31(3), 1999, pp. 264-323.

[5] Arapoglou, R., Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'Buyer Agent Decision Process Based on Automatic Fuzzy Rules Generation Methods', In Proc. of the 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2010), FUZ-IEEE, July 18th - 23rd, Barcelona, Spain, pp. 856-863.

[6] Arisha, K., Kraus, S., Ozcan, F., Ross, R., Subrahmanian, V.S., Eiter, T., Kraus, S., 'Impact: A Platform for Collaborating Agents', IEEE Intelligent Systems, vol. 14(2), 1999, pp. 64–72.

[7] Aron, R., Sundararajan, A. and Viswanathan, S., 'Intelligent Agents in Electronic Markets for Information Goods: Customization, Preference and Pricing', Decision Support Systems, vol. 41(4), 2006, pp. 764-786.

[8] Bakos Y., 'The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet', Communications of the ACM, vol. 41(8), August 1998, pp. 35-42.

[9] Barbosa, G. P. and Silva, Q. B., 'An Electronic Marketplace Architecture Based on Technology of Intelligent Agents and Knowledge', Lecture Notes in Computer Science, "E-Commerce Agents, Marketplace Solutions, Security Issues, and Supply and Demand", 2001, pp. 39-60.

[10] Basmann, R., Buchanan, M., Maasouni, E., and Slottje, D., 'The Law of Demand and Lost Profit Analysis', In Slottje, D., 'Economic Damages in Intellectual Property: A Hands-On Guide to Litigation', Wiley, 2006.

[11] Bezdek J. C., 'Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms', Plenum Press, New York, 1981.

[12] Bharadwaj, K., and Al-Shamri, M. Y. H., 'Fuzzy computational models for trust and reputation systems', Electronic Commerce Research and Applications, Vol. 8(1), January 2009, pp. 37-47.

[13] Book Crossing Dataset, http://www.informatik.uni-freiburg.de/~cziegler/BX/

[14] Boulougaris, G., Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'Building the Knowledge Base of a Buyer Agent Using Reinforcement Learning Techniques', In Proc. of the 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2010), IJCNN, July 18th - 23rd, Barcelona, Spain, pp. 1166-1173.

[15] Brezinski C., and Redivo Z. M., 'Extrapolation Methods. Theory and Practice', North-Holland, 1991.

[16] Bruss, F. T., 'Sum the odds to one and stop', Annals of Probability, 28, 2000.

[17] Bui, H., Venkatesh, S., and Kieronska, D., 'An Architecture for Negotiating Agents that Learn', Technical Report, Department of Computer Science Curtin University of Technology, Perth, Australia, 1995.

[18] Cao, Y., Li, Y., 'An Intelligent Fuzzy-Based Recommendation System for Consumer Electronic Products', Experts Systems and Applications, vol. 33, 2007, pp. 230-240.

[19] Carbo J., Molina J. M., Davila J., 'Reaching Agreements Through Fuzzy Counter-Offers', in Proc. of the International Conference in Web Engineering, Oviedo, Spain, July 14-18, 2003.

[20] Chatterjee, K., and Samuelson, L., 'BargainingUnder Two-Sided Incomplete Information: The Unrestricted Offers Case', Operations Research, vol. 36(4), 1988, pp. 605-638.

[21] Chavez, A. S., and Maes, P., 'Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods', In Proc. of the 1st International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM '96), 1996, London, UK.

[22] Chen, Y. M., and Huang, P. N., 'Agent-Based Bilateral Multi-Issue Negotiation Scheme for E-Market Transactions', Elsevier Applied Soft Computing, vol. 9, 2009, pp. 1057-1067.

[23] Cheng, C.-B., Chan, C.-C. H. & Lin, 'Buyer-Supplier Negotiation by Fuzzy Logic Based Agents', In Proc. of the 3rd International Conference on Information Technology and Applications (ICITA '05), Sydney, Australia, 2005, pp. 137-142.

[24] Christoffel M., "Information Integration as a Matter of Market Agents," in Proc. of the 5th International Conference on Electronic Commerce Research, Montreal, Canada, 2002.

[25] Chun, Y. H., Moskowitz, H., and Plante, R. D., 'Dynamic programming formulation of the group interview problem with a general utility function', European Journal of Operational Research 78(1), 1994, pp. 81-92.

[26] Coehoorn, R., & Jennings, N., 'Learning an Opponent's Preferences to Make Effective Multi-Issue Negotiation Trade-Offs', In proceedings of the 6th International Conference on E-Commerce.

[27] Collins, J., Jamison, S., Mobasher, B. and Gini, M., 'A Market Architecture for Multi-Agent Contracting', In Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Agents, New York, 1998, pp. 285-292.

[28] Crampton, P. C., 'Bargaining With Incomplete Information: An Infinite-Horizon Model With Two-Sided Uncertainty', Review of Economic Studies, 1984, pp. 579-593.

[29] Da-Jun, C., and Liang-Xian, X., 'A Negotiation Model of Incomplete Information Under Time Constraints', In Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Bologna, Italy, 2002, pp. 128-134.

[30] Dasgupta, P., Moser, L. E., & Melliar Smith, P., 'Dynamic Pricing for Time-Limited Goods in a Supplier Driven Electronic Marketplace', Electronic Commerce Research, vol. 5 (2), 2005, pp. 267-292.

[31] De Paula, G. E., Francisko, R. S. and Ramalho, G. L., 'Bilateral Negotiation Model for Agent-Mediated Electronic Commerce', In Agent-Mediated Commerce III, Current Issues in Agent-Based Electronic Commerce Systems, Springer, 2001.

[32] Decker, K., Williamson, M., & Sycara, K., 'Matchmaking and Brokering', In 2nd International Conference on MultiAgents Systems', 1996.

[33] Deriaz, M., 'What is Trust? My Own Point of View', University of Geneva, 2006, Retrieved 2011, from http://cui.unige.ch/ASG/publications/TR2006/.

[34] Deveaux, L., Paraschiv, C., & Latourrette, M., 'Bargaining on an Internet Agent Based Market: Behavioural vs Optimizing Agents', Electronic Research Commerce, vol. 1 (4), 2001, pp. 371-401.

[35] Di Giunta, F., and Gatti, N., 'Bargaining Over Multiple Issues in Finite Horizon Alternating – Offers Protocol', Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, vol. 47(3-4), 2007, pp. 251-271.

[36] Dorigo, M. & Stutzle, T., 'Ant Colony Optimization', MIT Press, Cambridge, MA, 2004.

[37] Dunn J. C., 'A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters', Journal of Cybernetics 3: 32-57, 1973.

[38] Durbin J., 'The fitting of time series models', Rev. Inst. Int. Stat., v. 28, 1960, pp. 233-243.

[39] El-Yaniv, R., Fiat, A., and Turpin, G., 'Optimal Search and One-Way Trading Online Algorithms', Algorithmica, vol. 30, 2001, pp. 101-139.

[40] Engelbrecht, A. P., 'Computational Intelligence: An Introduction', 2nd Edition, John Wiley and Sons, 2007.

[41] Esfandiari, B., and Chandrasekharan, S., 'On How Agents Make Frieds: Mechanisms for trust Acquisition', In Proceedings of the 4th Workshop on Deception Fraud and Trust in Agent Societies, Montreal, Canada, 2001.

[42] Faratin, P., Sierra, C., and Jennings, N. R., 'Negotiation Decision Function for Autonomous Agents', International Journal of Robotics and Autonomous Systems, vol. 24 (3-4), 1998, pp. 159-182.

[43] Fatima S. S., Wooldridge M., and Jennings N., 'Bargaining with Incomplete Information', Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, vol. 44(3), 2005, pp. 207-232.

[44] Fatima, S. S., Wooldridge, M., and Jennings, N., 'Multi Issue Negotiation Under Time Constraints', In Proceedins of the AAMAS 2002, Bologna, Italy, 2002.

[45] Fatima, S. S., Wooldridge, M., Jennings, N. R., 'Multi-Issue Negotiation with Deadlines', Journal of Artificial Intelligence Research, vol. 27, 2006, pp. 381-417.

[46] Fausett L., 'Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms and Applications', Prentice Hall, 1994.

[47] Fekete, Z. A., 'Matchmaking Framework for B2B E-Marketplaces', Informatica Economica Journal, vol. 14(4), 2010.

[48] Ferguson, T. S., 'Optimal stopping and applications', Mathematics Department, UCLA, Online, Available: http://www.math.ucla.edu/ tom/Stopping/Contents.html, Accessed Jan, 2008.

[49] Freeman, P. R., 'The secretary problem and its extensions: A review', International Statistical Review 51, 1983, pp. 189-206.

[50] Fudenberg D., and Tirole J., 'Game Theory', MIT Press, Cambridge (MA), 1991.

[51] Fudenberg D., and Tirole J., 'Sequential Bargaining with Incomplete Information', The Review of Economic Studies, vol. 50(2), 1983, pp. 221-247.

[52] Fudenberg, D., Levine, D. K., and Tirole, J., 'Incomplete Information Bargaining With Outside Opportunities', The Quarterly Journal of Economics, 1987.

[53] Gal, Y. Pfeffer, A. Marzo, F. and Grosz, B. J. 'Learning social preferences in games', In Proceedings of AAAI-04, pp. 226–231, 2004.

[54] Gama, G., Meira, W. Jr, Carvalho, M. B., and Guedes, D. O., 'Traffic-Aware Distribution of E-Commerce Services. In Proceedings of the 17th International Teletraffic Congress (ITC), Salvador, Brazil, 2001.

[55] Ge, W., Rothenberger, M., and Chen, E., 'A Model for an Electronic Information Marketplace', Australasian Journal Of Information Systems, 2007, vol. 13(1).

[56] Gerding, E., and van Bragt, D., 'Multi-Issue Negotiation Processes by Evolutionary Simulation, Validation and Social Extensions', Computational Economicw, 22(1), 2003, pp. 39-63.

[57] Gilbert, J. P. and Mosteller, F., 'Recognizing the maximum of a sequence', Springer Series in Statistics, Selected Papers of Frederick Mosteller, S.E. Fienberg, D.C. Hoaglin (eds.), 2006, pp. 355-398.

[58] Goldman, C. V., Kraus S., & Shehory, O., 'On Experimental Equilibria Strategies for Selecting Seller and Satisfying Buyers', Decision Support Systems, vol. 38(3), Dec. 2004, pp. 329-346.

[59] Graat, G., 'Agent-Based Information Retrieval Supported by Information Markets. Msc Thesis, Dep. Of Computer Science, University of Maastricht, 2003.

[60] Grandison, T., and Sloman, M., 'A Survey of Trust in Internet Applications', IEEE Communications Surveys and Tutorials, 4th Quarter, 3(4), 2000, pp. 2-16.

[61] Gravano, L., Ipeirotis, P. G., Jagadish, H. V., Koudas, N., Muthukrishnan, S., Pietarinen, L., ans Srivastava, D., 'Using Q-Grams in a DBMS for Approximate String Processing', IEEE Data Engineering Bulletin, vol. 24(4), pp. 28-34.

[62] Griffiths D.V., and Smith I.M., 'Numerical methods for engineers: a programming approach', Boca Raton: CRC Press, 1991.

[63] Griffiths, M., 'A Fuzzy Approach to Reasoning With Trust, Distrust and Insufficient Trust', In Proceedings of the Cooperative Information Agents Conference, 2006, pp. 360-374.

[64] Grover, V., and Teng, J. T. C., 'E-Commerce and the Information Market', Communications of the ACM, Vol 44 No 4, 2001, pp. 79-86.

[65] Gupta M., Ravikumar K., & Kumar M., 'Adaptive Strategies for Price Markdown in a MultiUnit Descending Price Auction: A Comparative Study', in Proceedings of the 2002 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Hammamet, Tunisia, 2002, pp. 373-378.

[66] Gurpur, A. B., 'iMatch – A New Matchmaker for Large Scale Applications', Intelligent Information Processing and Web Mining, Advances in Soft Computing, vol. 31, 2005, pp. 436-440.

[67] Guttman, R. H., Moukas, A. G., & Maes, P., 1998, 'Agent-Mediated Electronic Commerce: A Survey', The Knowledge Engineering Review, vol. 13(2), pp. 147-159.

[68] Han, B., Comaniciu, D., Zhu, Y., and Davis, L. S., 'Incremental density approximation and kernel based bayesian filtering for object tracking', CVPR 1, 2004, pp. 638–644.

[69] Hargreaves, S. P. and Varoufakis, Y., 'Game Theory: A Critical Text', Routledge, 2004.

[70] Hartigan J. A. and Wong M. A., "A k-means clustering algorithm," Applied Statistics, 28:100-- 108, 1979.

[71] Haubl, G., Murray, K. B., and Trifts, V., 'Personalized Product Presentation: The Influence of Electronic Recommendation Agents on Consumer Choice', In A. Rangaswamy, and N. Pal (Eds), 'The Power of one – Leverage Value From Personalization Technologies', Victoria, BC: Trafford, 2003, pp. 144-163.

[72] He M., Leung H. F., Jennings N. R., 'A Fuzzy-Logic Based Bidding Strategy for Autonomous Agents in Continuous Double Auctions', IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 15(6), 2003, pp. 1345-1363.

[73] He, M., Jennings, N. R., and Leung, H. F., 'On Agent-Mediated Electronic Commerce', IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 15(4), 2003, pp. 985-1003.

[74] Hindriks, K. and Tykhonov, D. 'Opponent modelling in automated multi-issue negotiation using bayesian learning', In Proceedings of AAMAS'08, pages 331–338, 2008.

[75] Hnativ, A., and Ludwig, S. A., 'Evaluation of Trust in an eCommerce Multi-Agent System Using Fuzzy Reasoning', In Proceedings of the FUZ-IEEE, Korea, 2009, pp. 757-763.

[76] Hongxing L., Philip Chen C. L., Huang H. P., 'Fuzzy Neural Intelligent System', Mathematical Foundation and the Application in Engineering. CRC Press LLC, 2001.

[77] Hu, J., Gao, J., Zhou, B., Liao, B.S., Chen, J.J., 'Ontology Based Agent Services Compatible Matchmaking Mechanism', In Proceedings of the 3rd International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, China, 2004, pp. 111–116.

[78] Huang, C., Liang, W. Y., Lai, Y. H., and Lin, Y. C., 'The Agent-Based Negotiation Process for B2C E-Commerce', Expert Systems and Applications, Elsevier, vol. 37(1), Jan. 2010, pp. 348-359.

[79] Huynh, D., Jennings, N. R., and Shadbolt, N. R., 'Developing an Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems', in Proceedings of the 7th International Workshop on Trust in Agent Societies, New York, USA, 2004, pp. 65-74.

[80] Jang J.-S. R., Sun C. T., Mizutani E., 'Neuro-Fuzzy and Soft Computing – A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence', Prentice Hall, 1997.

[81] Jaro, M.A., 'Advances in Record Linking Methodology as Applied to the 1985 Census of Tampa Florida', Journal of the American Statistical Society, 64, 1989, pp. 1183-1210.

[82] Jazayeriy, H., Azmi-Murad, M., Sulaiman, N., and Uzidir, I., 'Pareto-Optimal Algorithm in Bilateral Automated Negotiation', International Journal of Digital Content Technology and its Applications, vol. 5(3), 2011.

[83] Jian, L., 'An Agent Bilateral Multi-Issue Alternate Bidding Negotiation Protocol Based on Reinforcement Learning and its Application in E-Commerce', in Proceedings of the 2008 International Symposium on Electronic Commerce and Security, Guangzhou City, China, 2008, pp. 217-220.

[84] Jiang, Y.C., Shi, Z.Z., 'Quality of Service Driven Agent Service Matchmaking', Mini–Micro Systems, vol. 26(4), 2005, pp. 687–692.

[85] Jones, M. C., Marron, J. S., and Sheather, S. J., 'A Brief Survey of Bandwidth Selection for Density Estimation', Journal of American Statistical Association, vol. 91(433), 1996, pp. 401-407.

[86] Josang, A., 'Trust and Reputation Systems', in Aldini A. And Gorrieri R. (eds), 'Foundations of Security Analysis and Design IV', FOSAD 2006/2007 Tutorial Lectures, Springer, 2007.

[87] Josang, A., Ismail, R., 'The beta reputation system', In Proceedings of the 15th Bled Electronic Commerce Conference, Bled, Slovenia, 2002.

[88] Kang, D., Yoo, W., & Won, S., 'Multivariate TS Fuzzy Model Identification Based on Mixture of Gaussians', In Proc. of the International Conference on Control, Automation and Systems 2007, Oct, 17-20, Seoul, Korea, 2007.

[89] Katz, R., Amichai-Hamburger, Y., Manisterski, E. and Kraus, S., 'Different orientations of males and females in computer-mediated negotiation', Computers in Human Behavior, 24(2):516–534, 2008.

[90] Klusch, M., 'Information Agent Technology for the Internet: a Survey', Data & Knowledge Engineering, vol. 36(3), 2001, pp. 337-372.

[91] Klusch, M., Sycara, K., 'Brokering and Matchmaking for Coordination of Agent Societies: a survey', In A. Omicini et al. (Eds.), Coordination of Internet Agents, Springer, 2001.

[92] Kolomvatsos K. and Hadjiefthymiades S., 'Automatic Fuzzy Rules generation for the Deadline Calculation of a Seller Agent', in Proc. Of the 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS 2009), Athens, Greece, March 23-25, 2009, pp. 429-434.

[93] Kolomvatsos K., & Hadjiefthymiades S., 'Implicit Deadline Calculation for Seller Agent Bargaining in Information Marketplaces', in Proc. of the 2nd International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS 2008), March 4th-7th, Barcelona, Spain, 2008, pp. 184-190.

[94] Kolomvatsos K., Anagnostopoulos C., & Hadjiefthymiades S., 'On the Use of Fuzzy logic in a Seller Bargaining Game', in Proc. of the 32nd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2008), July 28th - August 1st, Turku, Finland, 2008, pp 184-191.

[95] Kolomvatsos, K., Anagnostopoulos, C. and Hadjiefthymiades, S., 'A Fuzzy Logic System for Bargaining in Information Markets', ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (ACM TIST), article No 32, 2012.

[96] Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'Buyer Behavior Adaptation Based on a Fuzzy Logic Controller and Prediction Techniques', Elsevier Fuzzy Sets and Systems (FSS), vol. 189(1), Feb. 2012, pp. 30-52.

[97] Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'Defining Time Constraints for Sellers in Electronic Markets', in the 'Encyclopedia of E-Business Development and Management in the Global Economy', ed. In Lee, IGI Global, 2010.

[98] Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'How Can We Trust Agents in Multi-Agent Environments?', Chapter in 'Intelligence Integration in Distributed Knowledge Management', eds D. Krol and N. T. Nguyen, IDEA Group Inc., 2008.

[99] Kolomvatsos, K., and Hadjiefthymiades, S., 'On the Use of Fuzzy Logic in Electronic Marketplaces', in the book 'Cross Disciplinary Applications of Artificial Intelligence and Pattern Recognition: Advancing Technologies', ed. Vijay Mago, IGI Global, 2011.

[100] Kondrak, G., 'N-Gram Similarity and Distance', In SPIRE 05, Buenos Aires, Argentina, Nov. 2005, pp. 115-126.

[101] Kowalczyk, R., and Bui, V., 'On Fuzzy e-Negotiation Agents: Autonomous Negotiation With Incomplete and Imprecise Information', In Proceedings of the 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, London, UK, 2000, pp. 1034-1038.

[102] Kreps, D. M., and Wilson, R., 'Sequential Equilibria', Econometrica, vol. 50(4), 1982, pp. 863-894.

[103] Kristan, M., Skodjav, D., and Leonardis, A., 'Online kernel density estimation for interactive learning', Image Vision Comput. 28, 2010, pp. 1106–1116.

[104] Lau, R.Y.K., Tang, M., Wong, O., Milliner, S. W., and Chen, Y. P., 'An evolutionary learning approach for adaptive negotiation agents', International Journal of Intelligent Systems, 21(1), 2006, pp. 41-72.

[105] Laufmann, S., 'The Information Marketplace: The Challenge of Information Commerce', In Proceedings of the 2nd International Conference on Cooperative Information Systems, 1994, pp. 147-157.

[106] Lax D. A., 'Optimal Search in Negotiation Analysis', The Journal of Conflict Resolution', vol. 29 (3), 1985, pp. 456 – 472.

[107] Leacock, C. and Chodorow, M., 'Combining Local Context and Wordnet Similarity for Word Sense Identification', ch. 11, MIT Press, Combridge, MA, 1998, pp. 265-283.

[108] Lee, R. S. T., 'Fuzzy-Neuro Approach to Agent Applications: From the AI Perspective to Modern Ontology', Published by Birkhauser, Springer, 2006.

[109] Lesani, M. and Montazeri, N., 'Fuzzy Trust Aggregation and Personalized Trust Inference in Virtual Social Networks', Computational Intelligence, Vol. 25(2), 2009, pp. 51-83.

[110] Levinson N., 'The Wiener RMS error criterion in filter design and prediction', J. Math. Phys., v. 25, 1947, pp. 261-278.

[111] Lin, C. L., Lo, W. and Yan, M. R., 'Bargaining Strategies for Construction Joint Ventures by Fuzzy Logic', In Proceedings of the 9th Joint Conference on Information Sciences, October 8-11, Taiwan, 2006.

[112] Lin, D., ' An Information-Theoretic Definition of Similarity, In Proceedings of the 15th International Conference on Machine Learning, Madison, Wisconsin, July 1998, pp. 296–304.

[113] Lin, R., Kraus, S., Wilkenfeld, J. and Barry, J., 'Negotiating with bounded rational agents in environments with incomplete information using an automated agent', AIJ, 172(6-7):823–851, 2008.

[114] List of best-selling books, http://en.wikipedia.org/wiki /List_of_best-selling_books#cite_note-228

[115] Longest Common Substring Algorithm, available at http://www.cs.sunysb.edu/~algorithm/files/longest-common-substring.shtml.

[116] Lu, H.E., 'Agent Services Description and Matching', In Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las Vegas, Nevada, USA, 2003, pp. 1040–1048.

[117] Luo, X., Jennings, N., Shadbolt, N., Leung, H.-F., and Lee, J. H., 'A Fuzzy Constraint Based Model for Bilateral, Multi-Issue Negotiations in Semi-Competitive Environments', Artificial Intelligence, vol. 148(1-2), 2003, pp. 53-102.

[118] Maedche, A., and Staab, S., 'Measuring Similarity Between Ontologies, In Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Ontologies and the Semantic Web, Siguenza, Spain, October 2002, pp. 251-263.

[119] Mamdani, E. H., and Assilian, S., 'An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller', Int. J. Man-Mach. Stud., vol. 7, 1975, pp. 1–13.

[120] Marmol, F. G., Marin-Blazquez, J. G., and Perez, G. M., 'Linguistic Fuzzy Logic Enhancement of a Trust Mechanism for Distributed Networks', in Proceedings of the 10th International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2010), 2010, pp. 838-845.

[121] McKnight, D. H., and Chervany, ' The Meanings of Trust', Technical Report, University of Minnessota, Management Information Systems Research Center, 1996, Retrieved January 15, 2007, from http://www.misrc.umn.edu/workingpapers/. Last Revised April 01, 2000.

[122] Mitra S. and Hayashi Y., 'Neuro-Fuzzy Rule Generation: Survey in Soft Computing Framework', IEEE Trans. On Neural Networks, vol. 11(3), 2000.

[123] Mudgal C. & Vassileva J., 'Bilateral Negotiation With Incomplete and Uncertain Information: A Decision Theoretic Approach Using a Model of the Opponent', in Cooperative Information Agents IV, LNAI, Klusch and Kerschberg (Eds), Springer – Verlag, 2000, pp. 107-118.

[124] Narayanan, V., and Jennings, N. R., 'An Adaptive Bilateral Negotiation Model for E-Commerce Settings', in Proc. of the 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology, Munich, Germany, 2005, pp. 34-41.

[125] Nauck, D. and Kruse, R., 'NEFCLASS - A Neuro-Fuzzy Approach for the Classification of Data', ACM Applied Computing, 1995, pp. 461-465.

[126] Needleman, S., and Wunch, C., 'A General Method Applicable to the Search for Similarities in the Amino Acid Sequences of two Proteins, Journal of Molecular Biology 48, 1970, pp. 444-453.

[127] Nefti, S., Meziane, F., and Kasiran, K., 'A Fuzzy Trust Model for E-Commerce', In Proceedings of the 7th IEEE International Conference on E-Commerce Technology, 2005.

[128] Newman, M. E. J., 'Power Laws, Pareto Distributions and Zipf's Law', Contemporary Physics, vol. 46 (5), 2006, pp. 323-351.

[129] Ng, S. C., Sulaiman, M. N., & Selamat, M. H., 'Intelligent Negotiation Agents in Electronic Commerce Applications', Journal of Artificial Intelligence, vol. 2(1), 2009, pp. 29-39.

[130] Nguyen, T. D., and Jennings, N. R., 'A Heuristic Model for Concurrent Bilateral Negotiations in Incomplete Information Settings', In Proc. IJCAI'03, 2003a.

[131] Nguyen, T. D., and Jennings, N. R., 'Concurrent bi-lateral Negotiation in Agent Systems', in the Proc. of the 14th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA '03), Prague, Czech Republic, Sept. 1st – Sept. 5th, 2003b, pp. 844-849.

[132] Novak, V., 'Are Fuzzy Sets a Reasonable Tool for Modeling Vague Phenomena?', Elsevier Fuzzy Sets and Systems, vol. 156, 2005, pp. 341-348.

[133] Nwana, H. S., 'Software Agents: An Overview', Knowledge Engineering Review, vol. 11(2), 1996, pp. 205-244.

[134] Oliveira, E. Fonseca, J. M. & Jennings. N. R., 'Learning to be Competitive in the Market', In Proc. of the AAAI Workshop on Negotiation: Settling Conflicts and Identifying Opportunities, Orlando, Florida, USA, 1999.

[135] Oliver, J. R., 'A Machine Learning Approach to Automated Negotiation and Prospects for Electronic Commerce', Journal of Management Information Systems, 13(3), 1997, pp. 83-112.

[136] Olson, D. L., and Delen, D., 'Advanced Data Mining Techniques', Springer, 2008.

[137] Oprea M., 'An Adaptive Negotiation Model for Agent-Based Electronic Commerce', Studies in Informatics and Control, vol. 11 (3), 2002, pp. 271-279.

[138] Oprea M., 'The Use of Adaptive Negotiation by a Shopping Agent in Agent-Mediated Electronic Commerce', in Proc. of the 3rd International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems, 2003. Lecture Notes in Artificial Intelligence (2691). Springer Verlag, Berlin, Germany, pp. 594-605.

[139] Osborne, M.J., and Rubinstein, A., 'Bargaining and Markets', Academic, San Diego, 1990.

[140] Oshrat, Y., Lin, R., and Kraus, S., 'Facing the Challenge of Human Agent Negotiations via Effective General Opponent Modeling', AAMAS 2009, Budapest, Hungary, 2009.

[141] Passino, K. M., and Yurkovich, S., 'Fuzzy control', Prentice Hall, 1998.

[142] Peskir, G. and Shiryaev, A., 'Optimal stopping and free boundary problems', (ETH Zurich), Birkhauser, 2006.

[143] Pruitt, D.G., 'Negotiation behavior', New York: Academic Press, 1981.

[144] Raeesy, Z., Brzostwoski, J., and Kowalczyk, R., 'Towards a Fuzzy-based Model for Human-like Multi-Agent Negotiation', In Proceedings of the 2007 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, Silicon Valley, November 2-5, 2007.

[145] Ragone, A., Di Noia, T., Di Sciascio, E., Donini, F., 'Logic-Based Automated Multi-Issue Bilateral Negotiation in Peer-to-Peer E-Marketplaces', Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, vol. 16(3), June 2008, pp. 249-270.

[146] Rahwan, I., Kowalczyk, R. and Pham, H., 'Intelligent Agents For Automated One-to-Many E-Commerce Negotiation', In 25th Australian Computer Science Conference, 2002, pp. 197-204.

[147] Raiffa, H., 'The Art and Science of Negotiation', Harvard University Press, Cambridge, MA, 1982.

[148] Raju, C. V. L., Narahari, Y., & Ravikumar, K., 2003, 'Reinforcement Learning Applications in Dynamic Pricing of Retail Markets', in Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on E-Commerce Technology (CEC '03), Pittsburgh, USA, pp. 339-346.

[149] Ramchourn, S. D., Huynh, D., and Jennings, N. R., 'Trust in Multi-Agent Systems', The Knowledge Engineering Review, vol. 19(1), 2004, pp. 1-25.

[150] Rasmusson, L., and Jansson, S., 'Simulated Social Control for Secure Internet Commerce', In C. Meadows, editor, In Proceedings of the 1996 New Security Paradigms Workshop, 1996, pp. 18-26.

[151] Raykar, C. V., and Duraiswami, R., 'Fast Optimal Bandwidth Selection for Kernel Density Estimation', In Proceedings of the SIAM International Conference on Data Mining – SDM, 2006, pp. 524-528.

[152] Reitano, A., 'Shopping Robots and E-Commerce', in Proc. of the International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech), 2007.

[153] Rose, F., 'The Economics, Concept, and Design of Information Intermediaries', Physika-Verlag, Heidelberg and New York, 1999.

[154] Ross, S. M., 'Introduction to Stochastic Dynamic Programming: Probability and Mathematical', Academic Press, Inc, 1983.

[155] Rubinstein A., 'A Bargaining Model With incomplete Information About Time Preferences', Econometrica, vol 53(5), 1985B, pp. 1151-1172.

[156] Rubinstein A., 'Perfect Equilibrium in a Bargaining Model', Econometrica, vol. 50, 1985A, pp. 97-109.

[157] Sadeddin, K. W., Serenko, A., and Hayes, J., 'Online Shoping Bots for Electronic Commerce: The Comparison of Functionality and Performance', International Journal of Electronic Business, vol. 5(6), 2007, pp. 576-589.

[158] Saha, S., Biswas, A. and Sen, S. 'Modeling opponent decision in repeated one-shot negotiations' In Proceedings of AAMAS '05, pages 397–403, 2005.

[159] Sathiyamoorthy, E., Iyengar, N., and Ramachandran, V., 'Mobile Agent Based Trust Management Framework Using Fuzzy Logic in B2C E-Business Environment', International Journal of Computer Theory and Engineering, vol. 2(2), 2010, pp. 308-312.

[160] Satyala, N. T., and Pieper, R. J., 'A Unified Approach for Predicting Long and Short-Term Capability Indices with Dependence on Manufacturing Target Bias', International Journal of Quality, Statistics and Reliability, vol. 2008, 2008.

[161] Shandholm, T. and Vulkan, N., 'Bargaining with Deadlines', In Proceedings of the 16th National Conference on Artificial Intelligence and the 7th Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence, Orlando, Florida, 1999, pp. 44-51.

[162] Sheng, Y. P., 'A Dynamic and Adaptive Bargaining Algorithm for Intelligent Selling Agents In Electronic Commerce', International Journal of Computers, Systems and Signals, vol 5(1), 2004.

[163] Shi, Z.Z., Jiang, Y.C., Zhang, H.J., Dong, M.K., 'Agent Service Matchmaking Based on Description Logic', Chinese Journal of Computers, vol. 27(5), 2004, pp. 625–635.

[164] Shiryaev, A.N., 'Optimal stopping rules', 1978, Springer.

[165] Shiryaev, A. N., 'Optimal Stopping Rules (Stochastic Modelling and Applied Probability)', Application of Mathematics, Springer, 2007.

[166] Sierra, C., 'Agent – Mediated Electronic Commerce', Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, vol. 9, 2004, pp. 285-301.

[167] Sigeiti, M., 'Basic theory of selection by relative rank with cost', Journal of the Operations Research Society of Japan 36(1), 1993, pp. 46-61.

[168] Silverman, B. W., 'Density Estimation for Statistics and Data Analysis', Chapman and Hall: London, 1986.

[169] Smith, T., and Waterman, M., 'Identification of Common Molecular Subsequences, Journal of Mololecular Biology 147, 1981, pp. 195-197.

[170] Soo, V. W., and Hung, C. A., 'On Line Incremental Learning in Bilateral Multi Issue Negotiation', AAMAS 2002, 2002.

[171] Srivihok, A., and Sukonmanee, P., 'E-Commerce Intelligent Agent: Personalization Travel Support Agent Using Q-Learning', in Proc. of the 7th International Conference on Electronic Commerce, Xi'an, China, 2005, pp. 287-292.

[172] Stahl, I., 'Bargaining Theory', Stockholm School of Economics, Stockholm, Sweden, 1972.

[173] Stoer J., and Bulirsch R., 'Introduction to Numerical Analysis', 3rd ed. (New York: Springer), 2002.

[174] Sun, T., Zhu, Q., Li, S., and Zhou, M., 'Open, Dynamic and Continuous One-to-Many Negotiation System', In Proceedings of the 2nd International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Applications, Zhengzhou, China, Sept. 2007, pp. 87-93.

[175] Sutton, R. S. & Barto A. G., 'Reinforcement Learning: An Introduction', MIT Press, 1998.

[176] Sycara K.P., 'Resolving Adversarial Conflicts: An Approach to Integrating Case-Based and Analytic Methods', PhD thesis, School of Information and Computer Science, Georgia Institute of Technology, 1987.

[177] Sycara, K., Klusch, M., Lu, J.G., Widoff, S., 'Matchmaking Among Heterogeneous Agents on the Internet', In Proceedings of AAAI Spring Symposium on Intelligent Agents in Cyberspace, Stanford, USA, 1999, pp. 40–46.

[178] Sycara, K., Widoff, S., Klusch, M., and Lu, J., 'LARKS: Dynamic Matchmaking Among Heterogeneous Software Agents in Cyberspace', in Proceedings of the Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2002, pp. 173-203.

[179] Takagi, T., and Sugeno, M., 'Fuzzy identification of systems and its application to modelling and control', IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. SMC-15, 1985, pp. 116–132.

[180] Tesauro G., 'Pricing in Agent Economies Using Neural Networks and Multi-Agent Q-Learning', In Proc. of the Workshop on Learning About, From and With other Agents (IJCAI '99), 1999.

[181] Thor, A., 'Toward and Adaptive String Similarity Measure for Matching Product Offers', GI Jahrestagung (1), 2010, pp. 702-710.

[182] Tsvetovatyy, M., Gini, M., Mobasher, M. and Wieckowski, Z., 'MAGMA: An Agent-Based Virtual Market for Electronic Commerce', Applied Artificial Intelligence, vol. 11(6), 1997, pp. 501-523.

[183] Wand, M. P., and Jones, M. C., 'Kernel Smoothing', Chapman and Hall, 1995.

[184] Wang, X., Shen, X. and Georganas, N. D., 'A Fuzzy Logic Based Intelligent Negotiation Agent (FINA) in E-Commerce', In Proceedings of the IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Ottawa, ON, Canada, 2006.

[185] Wang, Y., and Vassileva, J., 'Bayesian network-based trust model', In Proceedings of the 6th International Workshop on Trust, Privacy, Deception and Fraud in Agent Systems, 2003.

[186] Wang, Y., Hori, Y., and Sakurai, K., 'On Securing Open Networks Through Trust and Reputation – Architecture, Challenges and Solutions', In Proceedings of the 1st Joint Workshop on Information Security, Seoul, Korea, 2006.

[187] Wang, Y., Tan, K. L., & Ren, J., 'Towards Autonomous and Automatic Evaluation and Negotiation in Agent-Mediated Internet Marketplaces', Electronic Commerce Research, vol. 5 (3-4), 2005, pp. 343-365.

[188] Wickler, G.J., 'Using Expressive and Flexible Action Representations to Reason about Capabilities for Intelligent Agent Cooperation', Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, Edinburgh, UK, 1999.

[189] Willmott, S., Calisti, M., and Rollon, E., 'Challenges in Large-Scale Open Agent Mediated Economies', In Proceedings of the Workshop on Agent Mediated Electronic Commerce, Designing Mechanisms and Systems, AAMAS, 2002.

[190] Winkler, E., 'The State of Record Linkage and Current Research Problems, Technical report, Statistical Research Division, U.S. Bureau of the Census, Washington, DC, 1999.

[191] Wordnet, http://wordnet.princeton.edu/

[192] Yarom, I., Rosenschein, J. S. & Goldman C. V., 'The Role of Middle-Agents in Electronic Commerce', IEEE Intelligent Systems, vol. 18, no. 6, pp. 15-21, 2003.

[193] Zacharia, G., Evgeniou, T., Moukas, A., Boufounos, P., & Maes, P., 'Economics of Dynamic Pricing in a Reputation Brokered Agent Mediated Marketplace', Electronic Commerce Research, vol 1 (1-2), 2001, pp. 85-100.

[194] Zadeh L. A., 'Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing', Communications of the ACM, vol. 37(3), 1994, pp. 77-84.

[195] Zadeh, L. A., 'Fuzzy sets', Information and Control, vol. 8(3), 1965, pp. 338-353.

[196] Zadeh, L. A., 'The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning', Part I, Information Sciences, vol. 8(3), 1975a, pp. 199-249.

[197] Zadeh, L. A., 'The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning', Part II, Information Sciences, vol. 8(4), 1975b, pp. 301-357.

[198] Zadeh, L. A., 'The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning', Part III, Information Sciences, vol. 9(1), 1975c, pp. 43-80.

[199] Zadeh, L., 'Probability Theory and Fuzzy Logic', IEEE Systems, Man & Cybernetics Society Newsletters, Dec. 2002, available at http://www.ieeesmc.org/dec2002/ Probability%20Theory%20and%20Fuzzy%20Logic.pdf, retrieved Aug. 03, 2012.

[200] Zeng, D. & Sycara, K., 'Bayesian Learning in Negotiation', International Journal of Human-Computer Studies, vol. 48(1), 1998, pp. 125-141.

[201] Zhang L., and X. Chen, 'An Agent-based Multi-attribute Sealed-bid Design for Bilateral Contract', Journal of Software, vol. 4(1), 2009, pp. 65-72.

[202] Zhang, J. and Cohen, R., 'Trusting Advice from Other Buyers in E-Marketplaces: The Problem of Unfair Ratings', In Proceedings of the 8th International Conference on Electronic Commerce (ICEC), New Brunswick, Canada, 2006.

[203] Zhang, K., Xu, M., Zhang, H., and Xu, J., 'Agent Service Matchmaking Algorithm for Autonomic Element With Semantic and QoS Constraints', Knowledge Based Systems, vol. 23, 2010, pp. 132-143.

[204] Zhang, Z.L., Zhang, C.Q., 'An Improvement to Matchmaking Algorithms for Middle Agents', In Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, Bologna, Italy, 2002, pp. 1340–1347.

[205] Zipf, G. K., 'Human Behavior and the Principle of Least Effort', Cambridge, MA: Addison-Wesley, 1949.

[206] Zuo, B-H., and Sun, Y., 'Fuzzy Logic to Support Bilateral Agent Negotiation in E-Commerce', In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence (AICI' 09), Shanghai, China, 2009, pp. 179-183.