

University of Southampton Research Repository ePrints Soton

Copyright © and Moral Rights for this thesis are retained by the author and/or other copyright owners. A copy can be downloaded for personal non-commercial research or study, without prior permission or charge. This thesis cannot be reproduced or quoted extensively from without first obtaining permission in writing from the copyright holder/s. The content must not be changed in any way or sold commercially in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

When referring to this work, full bibliographic details including the author, title, awarding institution and date of the thesis must be given e.g.

AUTHOR (year of submission) "Full thesis title", University of Southampton, name of the University School or Department, PhD Thesis, pagination



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ανάπτυξη μίας Αυτόνομης Αγοράς Διμερών Δημοπρασιών για την Αποτελεσματική της Λειτουργία σε Ανταγωνιστικά Περιβάλλοντα

στα πλαίσια του διαγωνισμού

Trading Agent Competition

Market Design

(CAT)



Διπλωματική εργασία του

Λάμπρου Χ. Σταυρογιάννη

A.E.M. 5158

Υπό την επίβλεψη του Καθηγητή

κ. Περικλή Α. Μήτκα

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2008

Περίληψη

Ανάπτυξη μίας Αυτόνομης Αγοράς Διμερών Δημοπρασιών για την Αποτελεσματική της Λειτουργία σε Ανταγωνιστικά Περιβάλλοντα

Διπλωματική Εργασία
Λάμπρου Χ. Σταυρογιάννη

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Νοέμβριος 2008

Το αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας αυτόνομης αγοράς Διμερών Δημοπρασιών ικανής να λειτουργήσει τόσο απομονωμένα όσο και σε περιβάλλοντα με άλλες ανταγωνιστικές αγορές. Ένα γνωστό παράδειγμα τέτοιας αγοράς είναι τα χρηματιστήρια. Παρά την πολύχρονη μελέτη και λειτουργία τους, οι Διμερείς Δημοπρασίες συνεχίζουν να αποτελούν ένα θεωρητικό παράδοξο, καθώς επιτυγχάνουν αυξημένη αποδοτικότητα με την υλοποίηση απλών κανόνων, μολοντί δεν έχει επιτευχθεί ακόμα ένα ικανοποιητικό θεωρητικό μοντέλο από την πλευρά του Σχεδιασμού Μηχανισμών. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το παραπάνω, οι ερευνητές αναγκάστηκαν να στραφούν σε πειραματική μελέτη για την εφεύρεση και υλοποίηση νέων, καινοτόμων κανόνων, ένα πεδίο που ονομάζεται Αυτοματοποιημένος Σχεδιασμός Μηχανισμών. Ωστόσο, όλες οι μέχρι τώρα μελέτες αφορούν σε αγορές που λειτουργούν απομονωμένα και δωρεάν, κάτι το οποίο δεν ανταποκρίνεται στη σημερινή παγκόσμια αγορά, όπου τα χρηματιστήρια κάθε κράτους ανταγωνίζονται τόσο μεταξύ τους όσο και με τα υπόλοιπα χρηματιστηριακά ιδρύματα προκειμένου να αποκομίσουν κέρδη και μερίδιο αγοράς. Στα πλαίσια αυτής της έρευνας εισήχθη το 2007 ο διαγωνισμός TAC Market Design (ή CAT), στον οποίον οι συμμετέχοντες αντιπροσωπεύουν χρηματιστηριακούς οργανισμούς που ανταγωνίζονται και αξιολογούνται σε ένα πλήθος ρεαλιστικών κριτηρίων. Αυτή η εργασία παρουσιάζει το παιχνίδι του CAT, καθώς και τις στρατηγικές που υλοποιήθηκαν από τον πράκτορα Mertacor, με τον οποίο συμμετείχαμε και τις δύο χρονιές διεξαγωγής του διαγωνισμού και αποσπάσαμε την 8^η και 5^η θέση αντίστοιχα.

Λέξεις-Κλειδιά: Διμερείς Δημοπρασίες, Σχεδιασμός Μηχανισμών, Trading Agent Competition (TAC), Έλεγχος Βασισμένος σε Αγορές (MBC), Σχεδιασμός Αγορών.

Abstract

Development of an Autonomous Double Auction Market for its Effective Operation in Competitive Environments

Lampros C. Stavrogiannis

Diploma Thesis

Aristotle University of Thessaloniki

Faculty of Engineering

Department of Electrical and Computer Engineering

November 2008

The objective of this thesis is the development of an autonomous Double Auction (DA) market capable of operating efficiently in an isolated as well as in competitive environments. A well known example of such an institution is the stock market. Besides their multi-annual study and operation, DAs continue constituting a theoretical paradox. They succeed to exhibit an increased efficiency with the implementation of very simple rules, even if there still has not been achieved a satisfactory theoretical model from the field of Mechanism Design. In order to overcome this shortcoming, researchers have turned their attention to experimental techniques for the study and implementation of new, innovative rules, a field known as Automated Mechanism Design. However, all studies up to now deal with markets that operate free of charge in an isolated environment, something which does not correspond well in today's global economy, where each country's stock markets compete with each other as well as with the remainder stock exchanges worldwide in order to achieve high profits and market-share. TAC Market Design (or CAT) is an attempt to study this kind of institutions and made its appearance in 2007. In CAT, entrants represent stock markets that compete with each other while being evaluated in a number of realistic criteria. This thesis presents the game of CAT and all the strategies that were implemented by our agent, Mertacor, with which we participated these two years that the competition is being conducted and which was placed 8th and 5th respectively.

Keywords: Double Auctions, Mechanism Design, Trading Agent Competition (TAC), Market Based Control (MBC), Market Design.

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άτομα χωρίς την άμεση και έμμεση βοήθεια των οποίων δε θα μπορούσα να αρχίσω, πόσο μάλλον να ολοκληρώσω αυτήν την προσπάθεια.

Κατ'αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Μαρία και Χρήστο, όπως και την αδερφή μου, Εύη, για την πολύτιμη συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια της ζωής μου, όπως και για την υπομονή τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας, για αυτό και τους την αφιερώνω.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να εκφράσω την εγκάρδια ευγνωμοσύνη μου στον Καθηγητή κ. Περικλή Μήτκα που με εμπιστεύτηκε και μου ανέθεσε αυτήν την εργασία, όπως και για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και συνεχή καθοδήγηση από την αρχή έως το τέλος αυτής της προσπάθειας αλλά και για τη μετάδοση υψηλής ποιότητας πρότερων γνώσεων και την εμφύσηση της απαραίτητης κριτικής ικανότητας μέσα από τα μαθήματά του που είχα την ευκαιρία να παρακολουθήσω.

Εξίσου σημαντική ήταν και η βοήθεια της Παρασκευής Νικολαΐδου, με την υπομονετική καθοδήγηση, συμπαράσταση και ενεργή συμμετοχή της στην ανάπτυξη του προγράμματος.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στο Δρ. Διονύση Κεχαγιά, οι συμβουλές του οποίου αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης για μένα. Το ίδιο ισχύει και για τον Κυριάκο Χατζηδημητρίου, τον οποίο θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για όλες τις επικοδομητικές συζητήσεις που είχαμε εντός και εκτός του εργαστηρίου.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα παιδιά της ομάδας Ευφώνων Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού και της ομάδας Κατανόησης Πολυμέσων για το ευχάριστο κλίμα συνεργασίας και την υπομονή τους κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του διαγωνισμού. Ειδικότερα, ένα επιπλέον ευχαριστώ στο Δρ. Ανδρέα Συμεωνίδη και το Χρήστο Δίου για τη βοήθειά τους σε κρίσιμες στιγμές.

Τέλος, ευχαριστώ όλους τους φίλους μου και τα άτομα εκείνα που μου συμπαραστάθηκαν με τον τρόπο τους όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Περιεχόμενα

Κατάλογος Σχημάτων.....	viii
Κατάλογος Πινάκων	ix
Συντομογραφίες.....	xi
1. Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Ορισμός του Προβλήματος.....	4
1.3 Στόχοι της Εργασίας	6
1.4 Μεθοδολογία της Εργασίας	7
1.5 Δομή της Εργασίας	7
2. Διμερείς Δημοπρασίες.....	9
2.1 Γενικά.....	9
2.2 Μικροοικονομική Θεωρία	10
2.3 Σχεδιασμός Μηχανισμών	19
2.3.1 Παραδοσιακός Σχεδιασμός Μηχανισμών.....	19
2.3.2 Αυτοματοποιημένος Σχεδιασμός Μηχανισμών	26
2.4 Στοιχεία Συμπεριφοράς	28
2.4.1 Γενικά	28
2.4.2 Φιλαλήθης Στρατηγική	31
2.4.3 Στρατηγική Μηδενικής Ευφυΐας	31
2.4.4 Στρατηγική Επιπρόσθετης Μηδενικής Ευφυΐας.....	32
2.4.5 Στρατηγική Roth – Erev	35
2.4.6 Στρατηγική Gjerstad – Dickhaut	38
2.5 Στοιχεία Δομής.....	41
2.5.1 Γενικά	41
2.5.2 Συνεχείς ΔΔ και ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης	44
2.5.3 Ο Κανόνας του Χρηματιστηρίου Νέας Υόρκης.....	46
2.5.4 Ο Κανόνας k – Τιμολόγησης	47
2.5.5 Ο Κανόνας N – Τιμολόγησης	50
3. Ο Διαγωνισμός CAT	54

3.1	Γενικά	54
3.2	Πλατφόρμα	55
3.3	Διάρθρωση	59
3.4	Πράκτορες Εμπορίου	61
3.4.1	Στρατηγική Πλειοδοσίας	62
3.4.2	Στρατηγική Επιλογής Αγοράς.....	62
3.5	Ειδήμονες Αγοράς	64
3.5.1	Πολιτική Ταιριάσματος.....	65
3.5.2	Πολιτική Τιμής Αναφοράς.....	66
3.5.3	Συνθήκη Εκκαθάρισης	66
3.5.4	Πολιτική Αποδοχής Προσφορών.....	67
3.5.5	Πολιτική Τιμολόγησης.....	68
3.5.6	Πολιτική Χρέωσης	69
3.6	Αξιολόγηση	70
4.	Ανάλυση του Παιχνιδιού	72
4.1	Τομείς Έρευνας και Προκλήσεις.....	72
4.1.1	Αντιμετώπιση Πελατών	72
4.1.2	Εσωτερική Δομή.....	75
4.2	Σχετικές Συμμετοχές	77
4.2.1	IAMwildCAT	77
4.2.2	CrocodileAgent	80
5.	Ο Πράκτορας Mertacor.....	83
5.1	Αρχιτεκτονική	83
5.2	Λεπτομέρειες.....	84
5.2.1	Πελάτης Αγοράς	85
5.2.2	Μονάδα Καταγραφής	87
5.2.3	Δημοπράτης.....	88
5.2.4	Πολιτική Τιμής Αναφοράς.....	94
5.2.5	Πολιτική Αποδοχής Προσφορών.....	94
5.2.6	Πολιτική Ταιριάσματος.....	95
5.2.7	Συνθήκη Εκκαθάρισης	97
5.2.8	Πολιτική Τιμολόγησης.....	97
5.2.9	Πολιτική Χρέωσης	99

5.3	Έκδοση 2007	105
5.3.1	Γενικά	105
5.3.2	Πολιτική Τιμής Αναφοράς.....	107
5.3.3	Πολιτική Αποδοχής Προσφορών.....	107
5.3.4	Πολιτική Ταιριάσματος.....	108
5.3.5	Συνθήκη Εκκαθάρισης	109
5.3.6	Πολιτική Τιμολόγησης.....	110
5.3.7	Πολιτική Χρέωσης.....	110
6.	Αποτελέσματα του CAT 2008	115
6.1	Συμμετοχή.....	115
6.2	Αποτελέσματα	116
6.2.1	Δοκιμαστικά	117
6.2.2	Τελικά	131
7.	Περαιτέρω ανάλυση	140
7.1	Διαδικασία Επιλογής.....	140
7.2	Λόγοι Επιτυχίας – Αποτυχίας	142
7.3	Περαιτέρω Πειράματα.....	143
8.	Συμπεράσματα.....	149
8.1	Γενικά.....	149
8.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	150
	Βιβλιογραφία	152

Κατάλογος Σχημάτων

2.1. Καμπύλες προσφοράς και ζήτησης με σήραγγα ποσότητας.	15
2.2. Καμπύλες προσφοράς και ζήτησης με σήραγγα τιμής.	16
2.3. Αλγόριθμος ZIP στρατηγικής.	36
3.1. Αρχιτεκτονική του JCAT.	57
3.2. Γραφικό περιβάλλον του JCAT.	58
3.3. Παράδειγμα αρχείου παραμέτρων του JCAT.	58
4.1. Δομή της στρατηγικής του IAMwildCAT.	77
4.2. Δομή της στρατηγικής του CrocodileAgent.	80
4.3. Αλγόριθμος χρέωσης του CrocodileAgent.	82
5.1. Αρχιτεκτονική του Mertacor.	83
5.2. Αλγόριθμος συνδρομής του Mertacor.	86
5.3. (α) Προσφορές παγκόσμιας αγοράς. (β) Προσφορές αγοράς με μεγαλύτερο σημείο ισορροπίας από το παγκόσμιο. (γ) Προσφορές αγοράς με μικρότερο σημείο ισορροπίας από το παγκόσμιο.	90
5.4. Κατανομή προσφορών αγοράς για το πρώτο παιχνίδι του 2008.	93
5.5. Κατανομή προσφορών πώλησης για το πρώτο παιχνίδι του 2008.	93
5.6. Κατανομή συνολικών προσφορών για το πρώτο παιχνίδι του 2008.	94
5.7. Αλγόριθμος διακριτικής k-τιμολόγησης του Mertacor 2008.	99
5.8. Αλγόριθμος χρέωσης βασισμένης στο σκορ του Mertacor 2008.	104
5.9. Συμμετέχοντες στο διαγωνισμό CAT 2007.	106
5.10. Αλγόριθμος πολιτικής αποδοχής προσφορών του Mertacor 2007.	108
5.11. Έξοδος φίλτρου Sobel μετά από εφαρμογή του στη χρονοσειρά των τυπικών αποκλίσεων του μεριδίου αγοράς του Mertacor.	113
5.12. Αλγόριθμος άπληστης χρέωσης του Mertacor 2007.	113
5.13. Αλγόριθμος οικοδόμησης και αποδόμησης του Mertacor 2007.	114
6.1. Συμμετέχοντες στο διαγωνισμό CAT 2008.	115

Κατάλογος Πινάκων

2.1. Μηχανισμοί VCG και dAGVA.....	25
2.2. Αποτελέσματα για k-ΔΔ (kCDA), n-ΔΔ (nCDA) και ΔΔ με ΕΕ κανόνα (CDAEE) για 10 ημέρες εμπορίου.....	53
5.1. Εκτίμηση του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας των τριών παιχνιδιών του CAT 2008...	91
5.2. Σύγκριση των ιδίων εκδόσεων του Mertacor με διαφορετικό ποσοστό αμοιβής κέρδους. Ο αριθμός δίπλα στο όνομα δηλώνει το αντίστοιχο ποσοστό που επιβλήθηκε.....	101
5.3. Τελική κατάταξη των ειδημόνων για τον CAT 2007.....	106
6.1. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	118
6.2. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	118
6.3. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	119
6.4. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	120
6.5. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	120
6.6. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	121
6.7. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	121
6.8. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	122
6.9. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	122
6.10. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	123
6.11. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	124
6.12. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	125
6.13. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	125
6.14. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	126
6.15. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	127
6.16. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	128
6.17. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	128
6.18. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	129
6.19. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	130
6.20. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.....	130

6.21. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.....	131
6.22. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.....	131
6.23. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.....	132
6.24. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.....	132
6.25. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το πρώτο τελικό παιχνίδι.....	133
6.26. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.....	134
6.27. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.....	134
6.28. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.....	135
6.29. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.....	135
6.30. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.....	136
6.31. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.....	137
6.32. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.....	137
6.33. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.....	138
6.34. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.....	138
6.35. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τρίτο τελικό παιχνίδι.....	139
6.36. Τελική κατάταξη των ειδημόνων για τον CAT 2008.....	139
7.1. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση παγκόσμιας αποδοτικότητας και παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης για πειράματα με ομογενείς πληθυσμούς (ειδήμονες Mertacor).	144
7.2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση παγκόσμιας αποδοτικότητας και παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης για τα παιχνίδια του 2008.....	145
7.3. Αποτελέσματα σύγκρισης των δύο εκδόσεων του Mertacor για τα τελικά παιχνίδια του 2008 (πειράματα τύπου ένας-προς-πολλούς).....	147
7.4. Αποτελέσματα σύγκρισης των δύο εκδόσεων του Mertacor για τα τελικά παιχνίδια του 2008 (πειράματα τύπου ένας-προς-έναν).....	148

Συντομογραφίες

<i>Αγγλικές</i>	
AA:	Always Accepting
ACE:	Agent-based Computational Economics
BL:	Behavioural Layer
CC:	Continuous Clearing
CH:	Clearing House
CR:	Round Clearing
dAGVA:	d'Aspremont-Gerard-Varet
EB:	Equilibrium Beating
EMI:	EM-Inefficiency
GD:	Gjestard – Dickhaut
ICDR:	Incentive Compatible and Direct Revelation
IL:	Information Layer
JASA:	Java Auction Simulator API
KL:	Knowledge Layer
MBC:	Market Based Control
ME:	Equilibrium Matching
MV:	Max-Volume Matching
NYSE:	New York Stock Exchange
PoT:	Preist van Tol
RE:	Roth - Erev
TSR:	Transaction Success Rate
VCG:	Vickrey-Clarke-Groves
VI:	V-Inefficiency
ZI-C:	Zero Intelligence – Constrained
ZIP:	Zero Intelligence Plus
ZI-U:	Zero Intelligence – Unconstrained
<i>Ελληνικές</i>	
ΑΣΜ:	Αυτοματοποιημένος Σχεδιασμός Μηχανισμών
ΔΔ:	Διμερής Δημοπρασία
ΠΠΣ:	Πολυπρακτορικό Σύστημα
ΣΜ:	Σχεδιασμός Μηχανισμών
TN:	Τεχνητή Νοημοσύνη

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Είναι γεγονός ότι η ραγδαία εξάπλωση του Διαδικτύου τις τελευταίες δεκαετίες δεν άλλαξε μόνο την επικοινωνία αλλά επιπλέον διαμόρφωσε ριζικά τον τρόπο ζωής μας. Μία από τις πολλές εκφάνσεις αυτού του φαινομένου είναι και η αλλαγή στην παγκόσμια οικονομία με την εμφάνιση των ηλεκτρονικών αγορών (e-commerce) και επιχειρήσεων (e-business) που σταδιακά παραγκωνίζουν τους παραδοσιακούς αντιπάλους τους. Μεγάλο τμήμα των αγοραπωλησιών γίνεται σήμερα μέσω των ηλεκτρονικών δημοπρασιών με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον ιστοχώρο eBay. Η επικράτηση των δημοπρασιών οφείλεται στο πολύ καλά δομημένο θεωρητικό υπόβαθρο που αναπτύχθηκε από τους οικονομολόγους και επιτρέπει τον αποτελεσματικό σχεδιασμό τους. Τι είναι όμως η δημοπρασία;

Ως δημοπρασία (*auction*) ορίζεται η διαδικασία αγοράς και πώλησης αγαθών ή υπηρεσιών παρέχοντάς τα για μία αντίστοιχη προσφορά τιμής, λαμβάνοντας αυτές τις προσφορές, και στη συνέχεια πωλώνοντας το αντικείμενο στο νικητή (με τη μεγαλύτερη προσφορά). Πιστεύεται ότι οι πρώτες δημοπρασίες άρχισαν στην Ελλάδα τον 5^ο π.Χ. αιώνα [28]. Στην οικονομική θεωρία μία δημοπρασία μπορεί να αναφέρεται σε κάθε μηχανισμό ή σύνολο κανόνων αγοράς για συναλλαγή [URL3].

Η προαναφερθείσα «έκρηξη» δεν ήταν δυνατό να αφήσει ανεπηρέαστο τον κόσμο της *Τεχνητής Νοημοσύνης (TN)*, μία σημαντική μερίδα του οποίου έθεσε σαν επόμενο στόχο τη μετάβαση σε έναν πλήρη αυτοματοποιημένο τρόπο συναλλαγών με την εμφάνιση των *αυτόνομων πρακτόρων λογισμικού*, ανεξάρτητων οντοτήτων λογισμικού που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και λαμβάνουν αποφάσεις και που υπόσχονται να υποκαταστήσουν πλήρως τους ανθρώπινους ιδιοκτήτες τους με σκοπό τη μεγιστοποίηση του κέρδους των τελευταίων από κάθε συναλλαγή.

Η σχέση της επιστήμης της ΤΝ με τον κλάδο των οικονομικών μετράει πάνω από πενήντα χρόνια. Η έρευνα ενός από τους πρωτεργάτες της, του *Herbert Simon*, είχε σαν αρχικό κίνητρο τη σχεδίαση πολυπλοκότερων μοντέλων συμπεριφοράς σε οικονομικά περιβάλλοντα [6]. Ωστόσο, η έλευση των *Πολυπρακτορικών Συστημάτων (Multi-Agent Systems)* στα τέλη του 20^{ου} αιώνα ήταν εκείνη που οδήγησε στη συστηματική ενασχόληση των ερευνητών της ΤΝ με τα οικονομικά [1]. Η είσοδος αυτή ήρθε φυσικά, καθώς

- Αρκετά πρακτικά προβλήματα δε μπορούν να μοντελοποιηθούν ικανοποιητικά με την αποκλειστική χρήση της *Μικροοικονομικής Θεωρίας*, της *Θεωρίας Παιγνίων* και της *Θεωρίας Δημοπρασιών*, κυρίως λόγω της μεγάλης πολυπλοκότητάς τους.
- Ακόμα και αν είναι δυνατή η μοντελοποίηση ορισμένων από αυτά, συνεχίζουν να υπάρχουν προβλήματα λόγω περιορισμένων υπολογιστικών πόρων και χρονικών περιθωρίων.
- Τέλος, πολλές φορές οι οικονομικές θεωρίες βασίζονται σε υπεραπλουστευμένες υποθέσεις που δε μπορούν να ικανοποιηθούν σε πρακτικές περιπτώσεις.

Προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα παραπάνω οι οικονομολόγοι εισήγαγαν από την πλευρά τους στα μέσα του 20^{ου} αιώνα τον κλάδο των *Πειραματικών Οικονομικών (Experimental Economics)* που είναι η χρήση εργαστηριακών μεθόδων για την επαλήθευση των οικονομικών θεωριών και τον έλεγχο νέων μηχανισμών αγοράς. Χρησιμοποιώντας ανθρώπους που ενεργούν με βάση το χρηματικό κέρδος, τα οικονομικά πειράματα παρέχουν πραγματικά κίνητρα για να βοηθήσουν τους επιστήμονες να καταλάβουν τον τρόπο που λειτουργούν οι αγορές [URL3]. Αυτά τα πειράματα εμπεριέχουν χρηματικό κόστος που αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των *υποκειμένων (subjects)*, όπως ονομάζονται οι συμμετέχοντες. Για την εξάλειψη αυτού του κόστους αλλά κυρίως για να δοθεί η δυνατότητα αύξησης του αριθμού των υποκειμένων σε ένα πλήρως παραμετροποιήσιμο περιβάλλον ώστε να δημιουργηθούν περισσότερα ελεγχόμενες συνθήκες πειραμάτων, όπως και για να κατανοηθούν καλύτερα οι γνωσιακοί μηχανισμοί συμπεριφοράς των υποκειμένων, δημιουργήθηκε από τους επιστήμονες της Τεχνολογίας Υπολογιστών σε συνεργασία με τους οικονομολόγους η κατηγορία των *υπολογιστικών οικονομικών βασισμένων σε*

πράκτορες (*Agent-based Computational Economics - ACE*), όπως ονομάστηκε το 2001 από τη *Leigh Tesfatsion* [60], όπου τόσο τα υποκείμενα όσο και το περιβάλλον των πειραμάτων είναι αυτόνομα προγράμματα λογισμικού (πράκτορες λογισμικού).

Η έλευση του Διαδικτύου αλλά και γενικότερα των δικτύων οδήγησε επιπλέον τους επιστήμονες στη σταδιακή μετάβαση από τα συγκεντρωμένα στα αποκεντρωμένα συστήματα υπολογιστών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι η υπολογιστική πλέγματος (*grid computing*), η διάχυτη υπολογιστική (*pervasive computing*), η φορητή υπολογιστική (*mobile computing*), τα ομότιμα δίκτυα (*peer-to-peer networks*), τα δίκτυα πολλαπλών αισθητήρων (*multi-sensor networks*) και ο συντονισμός πολλαπλών ρομπότ (*multi-robot coordination*) [11]. Όλα αυτά θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν ως *προβλήματα καταμερισμού πόρων* με αυτόνομους πράκτορες λογισμικού, ο καθένας από τους οποίους επιθυμεί να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, σε ό,τι αυτό μεταφράζεται (π.χ. υπολογιστική ισχύς, εύρος ζώνης) [31].

Αυτά τα πολυπρακτορικά συστήματα (ΠΠΣ) ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των *Αυτο-Οργανωμένων Σύνθετων Συστημάτων (Self-Organizing Complex Systems – SOCS)* ή *υπολογιστικών οικολογιών (computational ecologies)* [27]. Πρόκειται για σύνθετα συστήματα, καθώς διαθέτουν πολλά μέρη που ενεργούν με αυτόνομο και άρα δύσκολα προβλέψιμο τρόπο, και αυτο-οργανωμένα, αφού μέσω των αλληλεπιδράσεών τους, ακόμα και σε περιπτώσεις εξωτερικών διαταραχών, αναδύεται μία ομοιοστατική συμπεριφορά διατηρώντας τα κύρια χαρακτηριστικά τους σε ικανοποιητικά επίπεδα. Τα συστήματα αυτού του είδους μπορούν να μοντελοποιηθούν με μεθόδους των οικονομικών, ένα πεδίο που είναι γνωστό με τη γενική ονομασία *Έλεγχος Βασισμένος σε Αγορές (Market Based Control - MBC)*. Ένας φυσικός και δημοφιλής τρόπος μοντελοποίησης αυτών των προβλημάτων από την πλευρά του MBC είναι οι δημοπρασίες και συγκεκριμένα μία υποκατηγορία τους, οι *διμερείς δημοπρασίες (two-sided ή double auctions)*.

Η *διμερής (ή διπλή) δημοπρασία (ΔΔ)* είναι γενίκευση μίας δημοπρασίας όπου υπάρχουν πολλαπλοί αγοραστές και πωλητές και στην οποία τόσο οι αγοραστές όσο και οι πωλητές μπορούν να ανταλλάσσουν προσφορές ταυτόχρονα [URL3]. Γνωστά παραδείγματα τέτοιων δημοπρασιών είναι τα χρηματιστήρια. Είναι εμφανές στο σημείο αυτό ο παραλληλισμός των αγοραστών/πωλητών με τους πράκτορες λογισμικού, οι οποίοι λειτουργούν εγωιστικά με κίνητρο το κέρδος.

1.2 Ορισμός του Προβλήματος

Το μεγαλύτερο τμήμα της έρευνας έχει επικεντρωθεί στο σχεδιασμό των στρατηγικών πλειοδοσίας των πρακτόρων για τις ΔΔ. Μία από τις πρώτες οργανωμένες προσπάθειες δημιουργίας αυτοματοποιημένων προγραμμάτων λογισμικού που συναγωνίζονται σε ένα τέτοιο περιβάλλον έγινε το 1990 με το διαγωνισμό του ιδρυτικού Santa Fe [16]. Ωστόσο, τον τελευταίο καιρό όλο και περισσότεροι ερευνητές στρέφουν την προσοχή τους στο κομμάτι της υποδομής, δηλαδή στους κανόνες και στα πρωτόκολλα επικοινωνίας των πρακτόρων μέσα στο περιβάλλον των δημοπρασιών.

Ο κλάδος αυτός ονομάζεται *Σχεδιασμός Μηχανισμών (Mechanism Design)*. Ξεκίνησε το 1960 από τον οικονομολόγο *Leonid Hurwicz* [30] και συνεχίστηκε αργότερα από τους επιστήμονες της Τεχνολογίας Υπολογιστών. Ο Σχεδιασμός Μηχανισμών (ΣΜ) βασίζεται κυρίως στις έννοιες της Θεωρίας Παιγνίων και θέτει σαν στόχο το σχεδιασμό συστημάτων με τέτοιον τρόπο ώστε ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά να προκύπτουν φυσικά από τις αλληλεπιδράσεις των επιμέρους τμημάτων [11]. Τα βασικότερα προβλήματα του ΣΜ σχετίζονται με την αδυναμία υπολογισμού των βέλτιστων στρατηγικών λόγω περιορισμένων υπολογιστικών πόρων, με το γεγονός ότι ο αριθμός των συμμετεχόντων μπορεί να ποικίλλει σημαντικά καθώς και με το ότι ο χώρος στρατηγικών μπορεί να είναι πολύ μεγάλος. Σε μία προσπάθεια αντιμετώπισης του προβλήματος των περιορισμένων πόρων, αναπτύχθηκε μία υποκατηγορία του με την ονομασία *Υπολογιστικός ή Αλγοριθμικός Σχεδιασμός Μηχανισμών (Computational ή Algorithmic Mechanism Design)* ([38], [42]) όπου χρησιμοποιούνται τεχνικές προσέγγισης (μέθοδοι Αριθμητικής Ανάλυσης), διανεμημένου υπολογισμού, όπως και σταδιακής αποκάλυψης της πληροφορίας των πρακτόρων.

Ενώ ο Υπολογιστικός ΣΜ προσπαθεί να περιορίσει τις υπολογιστικές ανάγκες για την εφαρμογή των κανόνων του ΣΜ, οι υπόλοιποι πρακτικοί περιορισμοί συνεχίζουν να υφίστανται. Έτσι, στα πλαίσια των ACE, γεννήθηκε η σκέψη της ενσωμάτωσης υπολογιστικών μεθόδων για την αυτόματη κατασκευή μηχανισμών που αφορούν στο εκάστοτε πρόβλημα με στόχο τη βελτιστοποίησή του. Ο κλάδος αυτός εισήχθη από τους *Vincent Conitzer* και *Tuomas Sandholm* το 2002, ονομάστηκε *Αυτοματοποιημένος Σχεδιασμός Μηχανισμών (Automated Mechanism Design)* [9] και

αποτελεί το γενικότερο πλαίσιο έρευνας αυτής της εργασίας. Μερικά από τα πλεονεκτήματα του Αυτοματοποιημένου ΣΜ (ΑΣΜ) είναι ότι μπορεί να οδηγήσει στην εφεύρεση καλύτερων μηχανισμών από τους ήδη υπάρχοντες, ότι δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να δώσει έμφαση σε διαφορετικά σχεδιαστικά κριτήρια από τα βασικά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, μπορεί να παρακάμψει κάποια από τα *Θεωρήματα του Αδύνατου (Impossibility Theorems)* που θα αναφέρουμε αργότερα και, τέλος, δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς του βάρους της σχεδίασης από τον άνθρωπο στη μηχανή [53].

Στα πλαίσια της έρευνας πάνω στους πράκτορες εμπορίου, ξεκίνησε από το πανεπιστήμιο του Michigan το 2000 ο διαγωνισμός *Trading Agent Competition (TAC)* με την εισαγωγή του *TAC Classic*, ενός διαγωνισμού που αναφέρεται στην εξυπηρέτηση πελατών για ταξιδιωτικά πακέτα. Από το 2002, ο διαγωνισμός διοργανώνεται από το Σουηδικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών (SICS), το οποίο σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Carnegie Mellon εισήγαγε επιπλέον το 2003 τον *TAC Supply Chain Management (TAC SCM)*, ένα διαγωνισμό για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου κάθε συμμετέχουσα ομάδα αντιπροσωπεύει έναν κατασκευαστή ηλεκτρονικών υπολογιστών ο οποίος λαμβάνει τα εξαρτήματα και κατασκευάζει τους Η/Υ με σκοπό την πώλησή τους στους υποψήφιους αγοραστές. Και οι δύο διαγωνισμοί διεξάγονται κάθε χρόνο με τον πρώτο (TAC Classic) να φτάνει στο τέλος του το 2006.

Προκειμένου να προαχθεί η έρευνα στον τομέα του ΑΣΜ εντάχθηκε το 2007 στον TAC ο διαγωνισμός *TAC Market Design* ή *CAT* σε μία από κοινού προσπάθεια των πανεπιστημίων του Liverpool και του Southampton καθώς και του κολεγίου του Brooklyn για τη μελέτη αποτελεσματικών μηχανισμών αγορών που συναγωνίζονται για την έλξη πελατών αλλά και την αποκόμιση κερδών. Έτσι, ενώ οι διαγωνισμοί SCM και Classic στοχεύουν στη δημιουργία αγοραστών και πωλητών μέσα σε ένα περιβάλλον με προκαθορισμένους κανόνες, στον CAT συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο: οι συμμετέχοντες καθορίζουν τις δυνατές κινήσεις των εμπορευομένων, οι οποίοι είναι πράκτορες λογισμικού που παρέχονται από τους διοργανωτές. Για αυτό ακριβώς ο διαγωνισμός αυτός πήρε την ονομασία του, ως αναγραμματισμός του TAC, όπως επίσης και λόγω του γεγονότος ότι αναφέρεται στην επιστήμη των συναλλαγών (CATallactics).

1.3 Στόχοι της Εργασίας

Στόχος αυτής της εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός αυτόνομου πράκτορα λογισμικού που αντιπροσωπεύει μία αγορά διμερών δημοπρασιών. Η αγορά αυτή έπρεπε να συμπεριφέρεται αποτελεσματικά, διατηρώντας τα επιθυμητά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά, τόσο απομονωμένα όσο και σε ένα περιβάλλον με πολλές ανταγωνιστικές αγορές. Βασική επιθυμία ήταν η μελέτη της συμπεριφοράς τέτοιων μηχανισμών δημοπρασίας και απώτερος σκοπός η συμμετοχή στον CAT ως ένα σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης της επίδοσης του πράκτορα.

Έπρεπε λοιπόν να δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα που θα λειτουργεί χωρίς την εξωτερική παρέμβαση του χρήστη μέσα σε ένα αβέβαιο και δυναμικό περιβάλλον και θα επιτυγχάνει τους επιθυμητούς στόχους που εξ'αρχής θέταμε, προσαρμόζοντας κατάλληλα τους εσωτερικούς κανόνες της αγοράς ώστε να εξυπηρετήσει ικανοποιητικά τους πελάτες της και να παραμείνει ανταγωνιστική από την αρχή έως το τέλος του παιχνιδιού.

Το γεγονός ότι ο πράκτοράς μας έπρεπε να λειτουργεί σε ένα περιβάλλον πολλών αγορών έκανε τη σχεδίαση πιο περίπλοκη λόγω της ανάγκης αναθεώρησης των κλασικών σχεδιαστικών στόχων του ΣΜ περιορίζοντας αρκετά τη σχετική βιβλιογραφία, καθώς ο ΑΣΜ εισήχθη πολύ πρόσφατα στο ερευνητικό στόχαστρο των επιστημόνων. Ενώ η πλειοψηφία της έρευνας μέχρι τώρα αφορά στη μελέτη μηχανισμών που λειτουργούν απομονωμένα, ο CAT αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες παρατήρησης της συμπεριφοράς πολλαπλών μηχανισμών που προσπαθούν να ικανοποιήσουν ένα συνολικό πληθυσμό πελατών.

Η ομάδα μας, υπό τη συνεχή επίβλεψη και καθοδήγηση του *Καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Α.Π.Θ., κ. Περικλή Μήτκα*, και με την πολύτιμη συνεργασία της *Παρασκευής Νικολαΐδου, Υποψήφιας Διδάκτορα του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών Α.Π.Θ.*, συμμετείχε, εκπροσωπώντας το τμήμα μας, και τις δύο χρονιές διεξαγωγής του διαγωνισμού (2007, 2008) με το όνομα *Mertacor* και έλαβε την 8^η και 5^η θέση αντίστοιχα. Το όνομα *Mertacor* είναι αναγραμματισμός της λέξης *Mercator* (έμπορος στα λατινικά) και χρησιμοποιήθηκε για λόγους συνέπειας προς τις υπόλοιπες, πολύ αξιόλογες, συμμετοχές του τμήματος στους άλλους δύο διαγωνισμούς.

1.4 Μεθοδολογία της Εργασίας

Ενώ έχουν αναπτυχθεί αρκετές τεχνικές για τη μοντελοποίηση ενός πράκτορα λογισμικού, ο σχεδιασμός μίας αγοράς ΔΔ αποτελεί ακόμα ένα είδος άτυπης τέχνης, καθώς δεν έχει βρεθεί μία αναλυτική μεθοδολογία για την ανάπτυξη τέτοιων μηχανισμών αλλά η μοντελοποίηση του προβλήματος βασίζεται στον αυστηρό καθορισμό των στόχων σύμφωνα με την εκάστοτε εφαρμογή.

Έπρεπε λοιπόν να μελετήσουμε όλη τη σχετική οικονομική θεωρία και στη συνέχεια να κατανοήσουμε τους στόχους που έπρεπε να θέσουμε ώστε να δημιουργήσουμε μία αγορά που να πληροί όλα τα γενικά σχεδιαστικά κριτήρια αλλά και να προσαρμόζεται εύκολα σύμφωνα με τις ανάγκες του διαγωνισμού.

Έπειτα, ακολούθησε εκτενής πειραματική μελέτη και ανάλυση των αποτελεσμάτων προκειμένου να αξιολογήσουμε την επίδοση του πράκτορα σε μία σειρά από περιβάλλοντα ώστε να επικυρώσουμε την εύρωστη και αποδοτική του λειτουργία κάτω από διάφορες συνθήκες πειραμάτων.

Συνεχίσαμε με διαδοχικές φάσεις εναλλαγής της παραπάνω θεωρητικής και πειραματικής ανάλυσης προσαρμόζοντας σταδιακά τους στόχους και τις τεχνικές που χρησιμοποιήσαμε μέχρι να εξασφαλίσουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Η τελευταία ανάπλαση των στρατηγικών του πράκτορα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από μία σειρά δοκιμαστικών παιχνιδιών που διεξήχθησαν με τη συμμετοχή όλων των ομάδων πριν από την τελική φάση του διαγωνισμού.

Από τεχνικής πλευράς, επιλέξαμε να υλοποιήσουμε τον πράκτορα στη γλώσσα προγραμματισμού Java, καθώς, εκτός των πλεονεκτημάτων μίας τέτοιας αντικειμενοστρεφούς γλώσσας, εξασφαλίσουμε επιπλέον βέλτιστη επικοινωνία με την πλατφόρμα του CAT, η οποία περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.

1.5 Δομή της Εργασίας

Αυτή η υποπαράγραφος αποτελεί μία σύντομη εισαγωγή στα επιμέρους κεφάλαια που θα ακολουθήσουν.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύουμε το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για την καλύτερη κατανόηση των κεφαλαίων που ακολουθούν. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται μία συνοπτική αναφορά στη Μικροοικονομική Θεωρία και το ΣΜ σε ό,τι

αφορά στις ΔΔ, που είναι και το βασικό αντικείμενο αυτής της εργασίας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κυριότερες έρευνες στο πεδίο των ΔΔ τόσο από πλευράς στρατηγικών πλειοδοσίας όσο και από την πλευρά του σχεδιασμού των κανόνων τους.

Το κεφάλαιο 3 περιγράφει συνοπτικά το διαγωνισμό του CAT. Αναλύεται η διαδικασία διεξαγωγής, ο κανονισμός, καθώς και η δομή σύμφωνα με την οποία προτείνεται να ενασχοληθεί κάθε πιθανός συμμετέχων.

Το κεφάλαιο 4 αναλύει τις προκλήσεις που εισάγει ένας διαγωνισμός όπως ο CAT και στη συνέχεια παρουσιάζονται οι - μόνες - δημοσιευμένες στρατηγικές των ομάδων που κατέκτησαν την πρώτη και τρίτη θέση το 2007, όταν πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά ο διαγωνισμός.

Στο κεφάλαιο 5 εισάγουμε την αρχιτεκτονική και περιγράφουμε αναλυτικά όλες τις στρατηγικές των εκδόσεων του Mertacor, όπως αυτές υλοποιήθηκαν τις δύο χρονιές συμμετοχής της ομάδας μας στο διαγωνισμό.

Το κεφάλαιο 6 παρουσιάζει και αναλύει τα αποτελέσματα τόσο των δοκιμαστικών όσο και των τελικών παιχνιδιών για το 2008, βασικά στοιχεία για περαιτέρω ανάλυση και βελτίωση των στρατηγικών μας.

Στο κεφάλαιο 7 περιγράφουμε τον τρόπο επιλογής των στρατηγικών του Mertacor και προσπαθούμε να αναλύσουμε τους λόγους που μας οδήγησαν στην 5^η θέση. Επιπλέον, παρουσιάζουμε επιπρόσθετα πειράματα για την αξιολόγηση της επίδοσης των στρατηγικών σε γενικότερα πλαίσια από αυτά του διαγωνισμού.

Τέλος, στο κεφάλαιο 8 αναφέρουμε τα γενικά συμπεράσματα από αυτήν την εργασία και δίνουμε τροφή για μελλοντική μελέτη σε ερευνητικά πεδία που αναδύονται μέσω του CAT.

Κεφάλαιο 2

Διμερείς Δημοπρασίες

2.1 Γενικά

Σε αντίθεση με τις μονομερείς δημοπρασίες, όπου υπάρχει ένας πωλητής και πολλοί αγοραστές (ή ένας αγοραστής και πολλοί πωλητές), οι διμερείς δημοπρασίες αποτελούνται από πολλαπλούς συμμετέχοντες και των δύο πλευρών που συναγωνίζονται μεταξύ τους για την αγοραπωλησία αγαθών με αποτέλεσμα την απότομη και απρόβλεπτη μεταβολή των τιμών στα προϊόντα που συναλλάσσονται.

Αυτή η δυναμική έχει προσδώσει στις ΔΔ τόσο θεωρητική όσο και πρακτική σημασία δεδομένου ότι αφενός αποτελεί ένα απαιτητικό πρόβλημα για τους ερευνητές της Θεωρίας Δημοπρασιών και αφετέρου χρησιμοποιείται κατεξοχήν στις περισσότερες αγορές συναλλαγών, όπως είναι τα χρηματιστήρια.

Ενώ η Θεωρία Δημοπρασιών έχει χρησιμοποιηθεί με αποτελεσματικό τρόπο για τη μοντελοποίηση και επίλυση του προβλήματος των μονομερών δημοπρασιών σε θεωρητικό επίπεδο αλλά και σε πραγματικές περιπτώσεις [33], η εφαρμογή της στις ΔΔ παραμένει σήμερα δύσκολη έως και αδύνατη, καθώς παρουσιάζονται εμπόδια (βλπ. παράγραφο 2.3). Επιπλέον, η δομή των ΔΔ φαίνεται να είναι αρκετά πολύπλοκη ώστε να επιδέχεται ανάλυση με χρήση της Θεωρίας Παιγνίων (θα μπορούσε να αναλυθεί ως ένα παίγνιο ελλιπούς πληροφόρησης, ωστόσο φαίνεται πως οι υπολογιστικές απαιτήσεις για την απόκτηση γνώσης από τους πράκτορες κάνουν αδύνατη την εφαρμογή της θεωρίας) [23].

Η έρευνα στις ΔΔ μπορεί να διακριθεί σε δύο μέρη, το *δομικό* και αυτό της *συμπεριφοράς*.

Το κομμάτι της δομής των ΔΔ, που είναι και το βασικό αντικείμενο αυτής της εργασίας, αφορά στα πρωτόκολλα και στους κανόνες που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις και τις δυνατές κινήσεις των συναλλασσομένων. Αυτά μπορούν να ελέγχουν χαρακτηριστικά όπως το ποιος δικαιούται να είναι αγοραστής και ποιος

πωλητής και τι είδους πληροφορία είναι διαθέσιμη σε αυτούς, αλλά και τις δυνατές τους ενέργειες σε κάθε χρονική στιγμή σύμφωνα με τα *αντικείμενα σχεδίασης (design objectives)* που θέτει ο εκάστοτε σχεδιαστής.

Οι παραπάνω κανόνες μπορούν να είναι στατικοί και να έχουν προσδιοριστεί πλήρως από το σχεδιαστή εκ των προτέρων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται έννοιες και τεχνικές από το επιστημονικό πεδίο του ΣΜ. Προκειμένου όμως να δοθεί η δυνατότητα ανάπτυξης ευέλικτων μηχανισμών όπου οι κανόνες είτε ορίζονται μερικώς από την αρχή και στη συνέχεια εξελίσσονται είτε προσαρμόζονται από την έναρξη της δημοπρασίας με μοναδική την εκ των προτέρων γνώση βασικών χαρακτηριστικών της αγοράς ο σχεδιαστής της ΔΔ πρέπει να καταφύγει σε χρήση των μεθόδων του ΑΣΜ.

Το τμήμα της συμπεριφοράς των ΔΔ αναφέρεται στις αναδυόμενες κινήσεις των εμπορευομένων, όπως αυτές προκύπτουν από τη δομή των δημοπρασιών. Πρόκειται για τις στρατηγικές που ακολουθούνται από τους συμμετέχοντες, τον τρόπο δηλαδή με τον οποίον επεξεργάζονται τις πληροφορίες που δέχονται και στη συνέχεια ενεργούν υποβάλλοντας τις αντίστοιχες προσφορές. Δεδομένου ότι μέχρι τώρα δεν έχει βρεθεί κάποια *κυρίαρχη στρατηγική (dominant strategy)*, δηλαδή μία ακολουθία κινήσεων που να δίνει στο συναλλασσόμενο μέγιστο κέρδος, ανεξάρτητα από τις κινήσεις των αντιπάλων του, - με εξαίρεση τους μηχανισμούς στους οποίους οι συμμετέχοντες έχουν σαν βέλτιστη κίνηση την προσφορά της πραγματικής τους εκτίμησης - έχουν αναπτυχθεί διάφορες ευρετικές στρατηγικές, μερικές από τις οποίες θα αναλυθούν αργότερα.

2.2 Μικροοικονομική Θεωρία

Η ΔΔ ανήκει στην κατηγορία των *μικροοικονομικών συστημάτων*. Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από ένα περιβάλλον e , που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά των πρακτόρων, και από ένα ινστιτούτο I , το οποίο αναφέρεται στα μηνύματα των πρακτόρων, στους κανόνες καταμερισμού πόρων και στους κανόνες προσαρμογής της διαδικασίας της δημοπρασίας.

Το περιβάλλον e αποτελείται από ένα σύνολο πρακτόρων $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{|A|}\}$ και από τα χαρακτηριστικά e^i για κάθε πράκτορα $a_i \in A$, που αποτελούνται από τις

προτιμήσεις του πράκτορα, την τεχνολογία και το αρχικό του κεφάλαιο. Το περιβάλλον θα είναι λοιπόν $\mathbf{e} = \prod_{\alpha_i \in A} \mathbf{e}^i$.

Το ινστιτούτο $\mathbf{I}$ αποτελείται από το χώρο των μηνυμάτων M^i για κάθε πράκτορα α_i , τον κανόνα προσαρμογής της διαδικασίας δημοπρασίας, που καθορίζει την αλληλουχία των μηνυμάτων, και μία συνάρτηση καταμερισμού.

Μία *μικροοικονομία* είναι το οικονομικό σύστημα $\mathbf{S} = (\mathbf{e}, \mathbf{I})$ μαζί με τις ενέργειες β^i των συμμετεχόντων.

Στο σύστημά μας θεωρούμε ότι οι ρόλοι του αγοραστή και του πωλητή είναι διακριτοί. Έτσι, έχουμε το σύνολο I των πωλητών και το σύνολο J των αγοραστών, τέτοια ώστε $I \cup J = A$ και $I \cap J = \emptyset$. Επίσης, έχουμε δύο ειδών αγαθά, ένα *πλασματικό εμπόρευμα* (*commodity*), Ψ , και ένα *πειραματικό χρηματικό νόμισμα*, X .

Το εμπόρευμα χωρίζεται σε *μονάδες*, ο αριθμός των οποίων είναι πεπερασμένος, και κάθε μονάδα είναι *αδιαίρετη*. Κάθε συναλλασσόμενος κατέχει ένα υποσύνολο του εμπορεύματος, $\Omega(\alpha_i)$, που ορίζεται από τη *συνάρτηση καταμερισμού* $\Omega: A \rightarrow 2^\Psi$. Το εμπόρευμα είναι επίσης *μη-διαμοιραζόμενο*, που σημαίνει ότι $\Omega(\alpha_i) \cap \Omega(\alpha_j) = \emptyset, \forall \alpha_i, \alpha_j$ για τα οποία $i \neq j$.

Επιπλέον, κάθε εμπορεύσιμος διαθέτει ένα πλήθος των χρημάτων που ορίζεται από τη συνάρτηση $\Gamma: A \rightarrow X$. Το σύνολο X είναι το μονοσύνολο $\{x\}$, όπου x η μικρότερη υποδιαίρεση του πειραματικού νομίσματος, και κάθε συναλλασσόμενος μπορεί να διαθέτει οποιοδήποτε ακέραιο πολλαπλάσιο του x .

Στην τυπική περίπτωση, η διάρκεια των $\Delta\Delta$ χωρίζεται σε (εικονικές ή πραγματικές) *ημέρες εμπορίου* (*trading days*), κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μία περίοδο κατά τη διάρκεια της οποίας επιτρέπεται η υποβολή προσφορών από τους συμμετέχοντες και στο τέλος της οποίας η αγορά κλείνει. Πριν από την έναρξη κάθε τέτοιας ημέρας οι συναρτήσεις καταμερισμού και χρημάτων μπορούν να ανανεώνονται ή να παραμένουν σταθερές για κάθε συμμετέχοντα.

Κάθε συναλλασσόμενος, $\alpha_i \in A$, έχει προτιμήσεις για τους διάφορους συνδυασμούς καταμερισμού χρημάτων και εμπορεύματος, οι οποίες ορίζονται από τη *συνάρτηση χρησιμότητας* $u_{\alpha_i}(\Gamma, \Omega)$.

Ένας συναλλασσόμενος, $\alpha_i \in A$, *προτιμά* ένα συνδυασμό αγαθών (Γ', Ω') από έναν άλλο (Γ, Ω) , εάν και μόνο εάν $u_{\alpha_i}(\Gamma', \Omega') > u_{\alpha_i}(\Gamma, \Omega)$, το οποίο συμβολίζεται ως $(\Gamma', \Omega') \succ (\Gamma, \Omega)$.

Αντίθετα, ένας συναλλασσόμενος, $\alpha_i \in A$, είναι *αδιάφορος* ανάμεσα σε δύο συνδυασμούς αγαθών (Γ', Ω') και (Γ, Ω) , εάν και μόνο εάν $u_{\alpha_i}(\Gamma', \Omega') = u_{\alpha_i}(\Gamma, \Omega)$, το οποίο συμβολίζεται ως $(\Gamma', \Omega') \sim (\Gamma, \Omega)$.

Το γεγονός ότι το αγαθό Ψ είναι *εμπόρευμα* σημαίνει ότι οι συναλλασσόμενοι είναι αδιάφοροι ανάμεσα σε καταμερισμούς στους οποίους κατέχουν τον ίδιο αριθμό μονάδων του Ψ . Το ίδιο ισχύει φυσικά και για τα χρήματα.

Θα υποθέσουμε επιπλέον ότι κάθε συμμετέχων στη δημοπρασία, $\alpha_i \in A$, έχει μία *συνάρτηση εκτίμησης (valuation function)* $\chi_{\alpha_i}: 2^\Psi \rightarrow X$ για την κατανομή των αγαθών του, το οποίο σημαίνει ότι

$$(\Omega'(\alpha_i) = \Omega(\alpha_i) - \psi_x) \wedge (\Gamma'(\alpha_i) = \Gamma(\alpha_i) + \chi_{\alpha_i}(\psi_x)) \Rightarrow u_{\alpha_i}(\Gamma', \Omega') = u_{\alpha_i}(\Gamma, \Omega).$$

Έτσι, η συνάρτηση χρησιμότητας θα έχει την παρακάτω, όπως καλείται, *ημιγραμμική (quasi-linear)* μορφή:

$$u_{\alpha_i}(\Gamma, \Omega) = \Gamma(\alpha_i) + \chi_{\alpha_i}(\Omega(\alpha_i))$$

Η *προσφορά πώλησης (ask)* ενός πωλητή, $s_i \in I$, είναι η δυάδα $(p_{s_i} \in X, q_{s_i} \in 2^\Psi)$ που δηλώνει την επιθυμία του για την πώληση q_{s_i} μονάδων εμπορεύματος έναντι p_{s_i} μονάδων χρήματος.

Αντίστοιχα, *προσφορά αγοράς (bid)* ενός αγοραστή, $b_j \in J$, καλείται η δυάδα $(p_{b_j} \in X, q_{b_j} \in 2^\Psi)$ που δηλώνει την επιθυμία του για την αγορά q_{b_j} μονάδων εμπορεύματος για p_{b_j} μονάδες χρήματος.

Τα δύο παραπάνω είδη χαρακτηρίζονται με τη γενική ονομασία *προσφορές (shouts ή offers)*.

Η *εξέχουσα προσφορά πώλησης (outstanding ask)*, o_{ask} , είναι η ελάχιστη ενεργή προσφορά αγοράς στη $\Delta\Delta$. Αντίστοιχα, η *εξέχουσα προσφορά αγοράς (outstanding bid)*, o_{bid} , είναι η μέγιστη ενεργή προσφορά αγοράς στη $\Delta\Delta$.

Η *ελάχιστη αύξηση (minimum increment)* δ είναι η ελάχιστη τιμή κατά την οποία μπορεί να μεταβληθεί μία προσφορά στη $\Delta\Delta$.

Επιπλέον, ορίζουμε ως *τιμή επιφύλαξης (limit price)* ή *ιδιωτική αξία (private value)* ή *αξία αποπληρωμής (redemption value)* ενός αγοραστή (πωλητή) τη μέγιστη (ελάχιστη) τιμή προσφοράς αγοράς (πώλησης) που προτίθεται να υποβάλλει.

Ένας πωλητής, $s_i \in I$, έχει ένα διάνυσμα κόστους ανά μονάδα, $c_{s_i} = (c_{s_i}^1, c_{s_i}^2, \dots, c_{s_i}^{m_i})$, για την παραγωγή ενός εμπορεύματος, όπου $c_{s_i}^q$ ($q = 1, \dots, m_i$) είναι το κόστος για την παραγωγή της μονάδας q . Το κέρδος του πωλητή s_i για την πώληση της k -στής μονάδας εμπορεύματος είναι η διαφορά ανάμεσα στην τιμή p_k που προσφέρεται από έναν αγοραστή για αυτή τη μονάδα και του κόστους $c_{s_i}^k$ για την παραγωγή αυτής της μονάδας, δηλαδή $\pi_{s_i}^k(p_k, c_{s_i}^k) = p_k - c_{s_i}^k$. Αν ο πωλητής πωλήσει $\mu_i \leq m_i$ μονάδες σε τιμές $p_1, p_2, \dots, p_{\mu_i}$, τότε το κέρδος του από τη συναλλαγή θα είναι $u_{s_i} = \sum_{k=1}^{\mu_i} (p_k - c_{s_i}^k)$.

Το διάνυσμα κόστους κάθε πωλητή είναι δυαδικό της τεχνολογίας του [20], η οποία περιγράφεται από μία συνάρτηση παραγωγής, $f_{s_i}(x)$, $x \in X$. Έστω ότι $\overline{x_{s_i}} \geq \sum_{l=1}^{m_i} c_{s_i}^l$. Ένας πωλητής με αρχικό κεφάλαιο $\omega_{s_i} = (\overline{x_{s_i}}, 0)$ θα έχει τότε αρκετά χρήματα για να παράγει κάθε μία από τις m_i μονάδες για τις οποίες έχει πεπερασμένο κόστος. Τότε τα χαρακτηριστικά του πωλητή περιγράφονται από το διάνυσμα $\mathbf{e}^{s_i} = (f_i, \omega_{s_i})$.

Ένας αγοραστής, $b_j \in J$, διαθέτει ένα διάνυσμα εκτιμήσεων των μονάδων, $v_{b_j} = (v_{b_j}^1, v_{b_j}^2, \dots, v_{b_j}^{n_j})$, όπου $v_{b_j}^q$ ($q = 1, \dots, n_j$) είναι η τιμή επιφύλαξης για τη q -στή μονάδα. Θεωρούμε ότι ο αγοραστής b_j έχει κεφάλαιο $\overline{x_{b_j}}$, το οποίο είναι επαρκές για την αγορά κάθε μονάδας σε τιμή μέχρι αυτήν της επιφύλαξης για τη μονάδα, δηλαδή $\overline{x_{b_j}} \geq \sum_{l=1}^{n_j} v_{b_j}^l$. Το χρηματικό κέρδος ενός αγοραστή για την αγορά της l -στής μονάδας εμπορεύματος θα είναι η διαφορά $\pi_{b_j}^l(p_l, v_{b_j}^l) = v_{b_j}^l - p_l$ ανάμεσα στην τιμή επιφύλαξης για αυτήν τη μονάδα και την τιμή p_l που πληρώθηκε στον πωλητή. Εάν ο αγοραστής b_j αγοράσει $v_j \leq n_j$ μονάδες σε τιμές $p_1, p_2, \dots, p_{v_j}$, το κέρδος από τη συναλλαγή για τον αγοραστή είναι $u_{b_j} = \sum_{l=1}^{v_j} (v_{b_j}^l - p_l)$. Σε αντιστοιχία με την περίπτωση του πωλητή, τα χαρακτηριστικά του αγοραστή b_j περιγράφονται από το διάνυσμα $\mathbf{e}^{b_j} = (u_{b_j}, \omega_{b_j})$, όπου $\omega_{b_j} = (\overline{x_{b_j}}, 0)$ το αρχικό του κεφάλαιο και u_{b_j} η συνάρτηση χρησιμότητάς του.

Έχοντας ορίσει τα παραπάνω, η συνάρτηση εκτίμησης θα είναι:

$$\Omega(\alpha_i) = \emptyset \Rightarrow \chi_{\alpha_i}(\Omega(\alpha_i)) = 0$$

$$|\Omega(s_i)| > 0 \wedge s_i \in I \Rightarrow \chi_{s_i}(\Omega(s_i)) = \sum_{q=1}^{|\Omega(s_i)|} c_{s_i}^q$$

$$|\Omega(b_j)| > 0 \wedge b_j \in J \Rightarrow \chi_{b_j}(\Omega(b_j)) = \sum_{l=1}^{|\Omega(b_j)|} v_{b_j}^l$$

Η συναλλαγή που επιτυγχάνεται ανάμεσα σε έναν αγοραστή και έναν πωλητή μπορεί να παρασταθεί από την τριάδα $r = (r_i, r_j, r_\psi)$ αντιπροσωπεύοντας τη μεταφορά $r_\psi \in 2^\Psi$ μονάδων από τον πωλητή $r_i \in I$ στον αγοραστή $r_j \in J$. Η αλλαγή στον καταμερισμό περιγράφεται από τη συνάρτηση $tr: I \times J \times 2^\Psi \rightarrow 2^\Psi$:

$$\Omega' = tr(\{r\}, \Omega)$$

με

$$\Omega'(r_j) = \Omega(r_j) \cup T$$

$$\Omega'(r_i) = \Omega(r_i) - T$$

$$\Omega'(r_k) = \Omega(r_k) \quad \forall r_k \in A, k \neq i \neq j$$

όπου Ω ο αρχικός καταμερισμός (πριν τη συναλλαγή), Ω' ο τελικός καταμερισμός (μετά τη συναλλαγή) και $T \subset 2^\Psi$ το σύνολο των μονάδων που συναλλάχθηκαν.

Εκτός από την αλλαγή στον καταμερισμό του εμπορεύματος, η συναλλαγή έχει σαν αποτέλεσμα την ανταλλαγή χρημάτων ανάμεσα στους συμμετέχοντες, η οποία μπορεί να παρουσιαστεί με τη μορφή μίας τριάδας $c = (c_j, c_i, c_p)$, που δηλώνει την πληρωμή $c_p \in X$ μονάδων χρήματος από τον αγοραστή $c_j \in J$ στον πωλητή $c_i \in I$. Η μεταφορά αυτή παριστάνεται από τη συνάρτηση $p: J \times I \times X \rightarrow X$:

$$\Gamma' = p(\{c\}, \Gamma)$$

με

$$\Gamma'(c_i) = \Gamma(c_i) + c_p$$

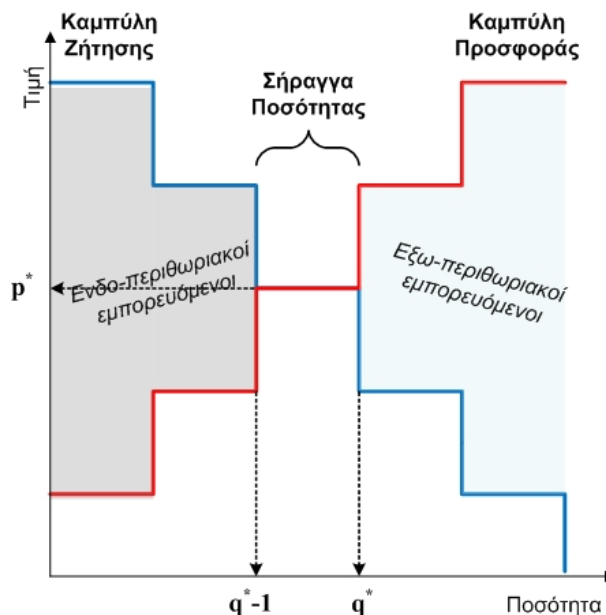
$$\Gamma'(c_j) = \Gamma(c_j) - c_p$$

όπου Γ ο αρχικός καταμερισμός χρημάτων (πριν τη συναλλαγή) και Γ' ο τελικός καταμερισμός χρημάτων (μετά τη συναλλαγή).

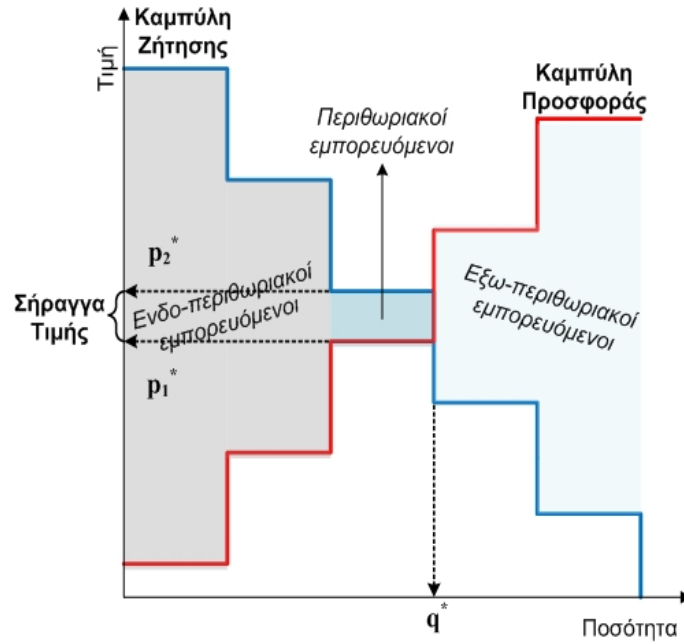
Από την αλληλουχία των προσφορών στην αγορά προκύπτουν η *αθροιστική καμπύλη προσφοράς* (*aggregate supply curve*) και η *αθροιστική καμπύλη ζήτησης* (*aggregate demand curve*) που παριστάνουν τη μεταβολή των προσφορών πώλησης και αγοράς αντίστοιχα συναρτήσει του αριθμού των μονάδων του εμπορεύματος, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 2.1.

Το σημείο τομής των καμπυλών αυτών καλείται *ανταγωνιστικό σημείο ισορροπίας* (*competitive equilibrium – CE*) και αποτελείται από το ζεύγος τιμής ισορροπίας, p^* , και ποσότητας ισορροπίας, q^* . Λέγεται σημείο ισορροπίας καθώς, εάν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την προσφορά, η τιμή του εμπορεύματος αυξάνει, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ζήτησης, αφού δε θα είναι εφικτή η αγορά από ορισμένους αγοραστές, και την αύξηση της προσφοράς, γιατί είναι πιο συμφέρον για τους πωλητές να πωλήσουν σε υψηλότερη τιμή. Από την άλλη, εάν η προσφορά είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, η τιμή του εμπορεύματος μειώνεται, το οποίο οδηγεί για τους ίδιους λόγους σε αύξηση της ζήτησης και μείωση της προσφοράς. Βλέπουμε λοιπόν ότι η αλληλουχία των συναλλαγών οδηγείται από μόνη της στο σημείο ισορροπίας, όπου η προσφορά θα ισούται με τη ζήτηση. Επίσης, καλείται ανταγωνιστικό, καθώς ο ίδιος ο ανταγωνισμός των εμπορευομένων οδηγεί την αγορά στο σημείο αυτό.

Λόγω της διακριτής φύσης των μονάδων του εμπορεύματος μπορεί να υπάρξει – ανάλογα με τη μορφή των καμπυλών αγοράς/πώλησης – μία *σήραγγα ποσότητας* (*volume tunnel*), όπου η ποσότητα ισορροπίας μπορεί να είναι $q^* - 1$ ή q^* (σχήμα 2.1), ή μία *σήραγγα τιμής* (*price tunnel*), όπου η τιμή ισορροπίας μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε στο διάστημα $[p_1^*, p_2^*]$ (σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.1. Καμπύλες προσφοράς και ζήτησης με σήραγγα ποσότητας.



Σχήμα 2.2. Καμπύλες προσφοράς και ζήτησης με σήραγγα τιμής.

Οι αγοραστές με τιμές επιφύλαξης μεγαλύτερες ή ίσες της τιμής ισορροπίας και οι πωλητές με τιμές επιφύλαξης μικρότερες ή ίσες της τιμής ισορροπίας λέγονται *ενδο-περιθωριακοί εμπορευόμενοι* (*intra-marginal* ή *infra-marginal traders*). Οι συναλλασσόμενοι με τιμές επιφύλαξης ίσες με την τιμή ισορροπίας λέγονται *περιθωριακοί εμπορευόμενοι* (*marginal traders*). Οι δύο παραπάνω κατηγορίες θα οδηγήσουν σε συναλλαγές. Οι υπόλοιποι συμμετέχοντες ονομάζονται *εξω-περιθωριακοί* (*extra-marginal traders*).

Στην κλασική περίπτωση των ΔΔ υπάρχει ένας *δημοπράτης* (*auctioneer*), ο οποίος είναι ένα πρόσωπο ή ένας οργανισμός μεγάλου κύρους που έχει την πλήρη εμπιστοσύνη των εμπορευομένων. Ο δημοπράτης δέχεται τις τιμές επιφύλαξης όλων των αγοραστών και των πωλητών και καθορίζει το σύνολο των συναλλαγών που θα διεξαχθούν προσδιορίζοντας πλήρως ποιοι εμπορευόμενοι θα συναλλαχθούν και σε ποια τιμή έτσι ώστε να επιτυγχάνεται *κοινωνική ευημερία* (*social welfare*), δηλαδή το άθροισμα των συναρτήσεων χρησιμότητας των εμπορευομένων να μεγιστοποιείται.

Έχοντας λοιπόν έναν αρχικό συνδυασμό χρημάτων και καταμερισμού του εμπορεύματος, (Γ, Ω) , στόχος του δημοπράτη είναι να ανακαλύψει το σύνολο των βέλτιστων ζευγών συναλλαγών χρημάτων και μονάδων του εμπορεύματος, δηλαδή να βρει τη λύση του παρακάτω προβλήματος:

$$\arg \max_{(C^*, R^*)} \left\{ \sum_{i=1}^{|A|} u_i(p(C^*, \Gamma), tr(R^*, \Omega)) \right\}$$

Έστω ότι στη γενική περίπτωση, $v_b(c)$ είναι η ιδιωτική αξία ενός αγοραστή και $c_s(c)$ η τιμή επιφύλαξης του αντίστοιχου πωλητή για μία μεταξύ τους συναλλαγή. Τότε, το συνολικό κέρδος για μία λύση C^* θα είναι:

$$E(C^*) = \sum_{c \in C^*} (v_b(c) - c_s(c))$$

Εάν θεωρήσουμε το σύνολο VI των διατεταγμένων σε φθίνουσα σειρά ιδιωτικών αξιών των πωλητών και το σύνολο VJ των διατεταγμένων σε αύξουσα σειρά ιδιωτικών αξιών των αγοραστών και τα αντίστοιχα υποσύνολα αυτών, MI , MJ , για τα οποία οι εκτιμήσεις των αγοραστών είναι μεγαλύτερες από αυτές των πωλητών, δηλαδή:

$$VI = \{c_{s_1}, c_{s_2}, \dots\}$$

$$VJ = \{v_{b_1}, v_{b_2}, \dots\}$$

$$MI = \{mc_{s_1}, mc_{s_2}, \dots\} \subset VI$$

$$MJ = \{mv_{b_1}, mv_{b_2}, \dots\} \subset VJ$$

όπου

$$v_{b_i} \geq v_{b_j} \quad \forall i < j$$

$$c_{s_i} \leq c_{s_j} \quad \forall i < j$$

$$mv_{b_i} \geq mv_{b_j} \quad \forall i < j$$

$$mc_{s_i} \leq mc_{s_j} \quad \forall i < j$$

$$mv_{b_i} \geq mc_{s_i} \quad \forall i$$

Τότε αποδεικνύεται [45] ότι το μέγιστο δυνατό κέρδος από τη συναλλαγή είναι:

$$MG = \sum_{i=1}^{\min(|MI|, |MJ|)} (mv_{b_i} - mc_{s_i})$$

Ο λόγος $EA(C) = \frac{E(C^*)}{MG}$ καλείται *αποδοτικότητα της αγοράς (market efficiency)* ή *αποδοτικότητα καταμερισμού (allocative efficiency)* και εκφράζει το λόγο του πλεονάσματος όλων των εμπορευομένων προς το μέγιστο δυνατό πλεόνασμα από έναν καταμερισμό όπου τα κέρδη όλων των αγοραστών και των πωλητών μεγιστοποιούνται [62].

Εάν ο δημοπράτης επιθυμεί να εκτελέσει όλες τις συναλλαγές στην ίδια τιμή ώστε να μεγιστοποιήσει την κοινωνική ευημερία, $W(p)$, τότε αυτή θα είναι η τιμή ισορροπίας (p^*), δηλαδή:

Εάν

$$W(p) = \sum_{s_i \in I} u_{s_i} + \sum_{b_j \in J} u_{b_j} = \sum_{s_i \in I} \max(0, p - c_{s_i}) + \sum_{b_j \in J} \max(0, v_{b_j} - p)$$

Τότε

$$p^* = \arg \max_p \left\{ \sum_{s_i \in I} \max(0, p - c_{s_i}) + \sum_{b_j \in J} \max(0, v_{b_j} - p) \right\}$$

το οποίο συμβαίνει όταν $W(p) = MG$, που σημαίνει ότι η p^* θα είναι τέτοια ώστε:

$$\sum_{s_i \in I} \max(0, p^* - c_{s_i}) + \sum_{b_j \in J} \max(0, v_{b_j} - p^*) = \sum_{i=1}^{\min(|MI|, |MJ|)} (mv_{b_i} - mc_{s_i})$$

Για την p^* ισχύει ότι $\max(MI) \leq p^* \leq \min(MJ)$, έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνονται όλοι οι πωλητές του MI και όλοι οι αγοραστές του MJ ενώ παράλληλα αποκλείονται όλοι οι υπόλοιποι εμπορευόμενοι, δηλαδή $\max(MJ') \leq p^* \leq \min(MI')$, όπου $MI' = VI - MI$ και $MJ' = VJ - MJ$ για τους πωλητές και τους αγοραστές αντίστοιχα. Έτσι, τελικά, η τιμή ισορροπίας θα πληροί τη συνθήκη:

$$\max(\max(MI), \max(MJ')) \leq p^* \leq \min(\min(MI'), \min(MJ))$$

Ωστόσο, σε πολλές πρακτικές περιπτώσεις, ο δημοπράτης μπορεί να μην υπάρχει ή να μην έχει διαθέσιμη όλη την απαραίτητη πληροφορία ώστε να υπολογίσει την τιμή και την ποσότητα ισορροπίας. Σε περιπτώσεις σταδιακής αποκάλυψης αυτής της πληροφορίας μάς ενδιαφέρει πόσο γρήγορα οι τιμές των συναλλαγών προσεγγίζουν αυτήν της ισορροπίας. Προκειμένου να μοντελοποιηθεί αυτός ο τρόπος σύγκλισης ο Smith εισήγαγε το *συντελεστή σύγκλισης (coefficient of convergence)*, α , ο οποίος είναι ανάλογος της τυπικής απόκλισης των τιμών συναλλαγής γύρω από την τιμή ισορροπίας, εκφράζει την αστάθεια των τιμών στην αγορά και ισούται με:

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - p^*)^2}}{p^*}$$

όπου p_i , $i \in \{1, \dots, n\}$, οι τιμές των πιο πρόσφατων n συναλλαγών.

Ο συντελεστής σύγκλισης και η αποδοτικότητα της αγοράς αποτελούν τα δύο σημαντικότερα κριτήρια εκτίμησης της αποτελεσματικότητας μίας αγοράς $\Delta\Delta$.

Ένα άλλο μέτρο που χρησιμοποιείται συχνά είναι και η *διασπορά του κέρδους* (*profit dispersion*) της αγοράς, pd :

$$pd = \sqrt{\frac{1}{|A|} \cdot \sum_{i=1}^{|A|} (pr_{a_i} - epr_{a_i})^2}$$

όπου pr_{a_i} και epr_{a_i} είναι το πραγματικό κέρδος και το κέρδος στο σημείο ισορροπίας αντίστοιχα για κάθε πράκτορα $a_i \in A$.

2.3 Σχεδιασμός Μηχανισμών

2.3.1 Παραδοσιακός Σχεδιασμός Μηχανισμών

Οι οικονομικές συναλλαγές λαμβάνουν χώρα σε αγορές, μερικές από τις οποίες είναι απαλλαγμένες από εξωτερικές παρεμβάσεις, ενώ άλλες ελέγχονται από την κυβέρνηση. Μέσα στους χώρους συναλλαγών, αρκετές συναλλαγές οδηγούνται από τις τιμές της αγοράς, κάποιες διαπραγματεύονται και ορισμένες υπαγορεύονται από τη διαχείριση (management). Η θεωρία του ΣΜ προσφέρει ένα συγκροτημένο πλαίσιο για την ανάλυση αυτής της μεγάλης ποικιλίας των ιδρυμάτων.

Ο ΣΜ είναι μία υποκατηγορία της Μικροοικονομικής Θεωρίας και της Θεωρίας Παιγνίων. Έχοντας δεδομένους τους στόχους του μικροοικονομικού συστήματος, ο σχεδιαστής προσπαθεί να κατασκευάσει τις διαδικασίες υλοποίησής του έτσι ώστε να εκμεταλλευτεί τις ιδιοτελείς συμπεριφορές των συμμετεχόντων προς όφελος του συστήματος. Πρόκειται επομένως για ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με «εισόδους» τις συμπεριφορές των παικτών. Ας ορίσουμε όμως πρώτα την έννοια του μηχανισμού.

Ένας *μηχανισμός* $M = (A, \theta, \Sigma, g(\cdot))$ αποτελείται από ένα σύνολο πρακτόρων $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{|A|}\}$, ο καθένας από τους οποίους έχει ένα σύνολο *στρατηγικών* Σ_i . Κάθε πράκτορας $a_i \in A$ επιλέγει τη *στρατηγική* του $\sigma_i(\theta_i) \in \Sigma_i$ (από εδώ και στο εξής θα συμβολίζεται ως σ_i) από το δικό του σύνολο στρατηγικών δεδομένης της ιδιωτικής του πληροφόρησης (private information) που περιέχεται στους *τύπους* του, $\theta_i \in \Theta_i$, και σε μία *συνάρτηση αποτελέσματος* (outcome function), $g : \Sigma_1 \times \dots \times$

$\Sigma_{|A|} \rightarrow \mathcal{O}$, η οποία καθορίζει το αποτέλεσμα. Προκειμένου να αποκτήσουμε ένα μέτρο της επιθυμίας ενός πράκτορα για ένα αποτέλεσμα $o \in \mathcal{O}$, χρησιμοποιούμε μία συνάρτηση χρησιμότητας, $u_i(o, \theta_i)$, που δίνει μία αριθμητική τιμή σε κάθε αποτέλεσμα, δηλαδή $u_i : \mathcal{O} \times \Theta_i \rightarrow \mathbb{R}$. Μεγαλύτερη τιμή σημαίνει περισσότερο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ο τρόπος που επιλέγεται η κάθε στρατηγική από τον πράκτορα εξαρτάται από τον τρόπο που τον μοντελοποιούμε. Στις περισσότερες περιπτώσεις θεωρούμε ότι οι πράκτορες είναι *ιδιοτελείς* (*selfish*) και *ορθολογικοί* (*rational*). Ένας πράκτορας θεωρείται ορθολογικός, εάν επιλέγει τη βέλτιστη στρατηγική του, σ_i^* , έτσι ώστε:

$$\sigma_i^* = \arg \max_{\sigma_i \in \Sigma_i} E[u_i(g(\sigma_1, \dots, \sigma_{|A|}))]$$

Ο γενικός στόχος στο ΣΜ εκφράζεται μέσω μίας *συνάρτησης κοινωνικής επιλογής* (*social choice function*), η οποία επιλέγει το βέλτιστο αποτέλεσμα δεδομένων των τύπων των πρακτόρων. Πιο επίσημα, η συνάρτηση κοινωνικής επιλογής $scf : \Theta_1 \times \dots \times \Theta_{|A|} \rightarrow \mathcal{O}$ δέχεται ως όρισμα ένα διάνυσμα των τύπων των πρακτόρων $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{|A|})$ και επιλέγει ένα αποτέλεσμα $scf(\theta) \in \mathcal{O}$.

Λέμε τότε ότι ο μηχανισμός *υλοποιεί* (*implements*) τη συνάρτηση κοινωνικής επιλογής, όταν:

$$g(\sigma_1, \dots, \sigma_{|A|}) = scf(\theta), \forall (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{|A|}) \in \Theta_1 \times \dots \times \Theta_{|A|}.$$

Το κύριο ζήτημα στο ΣΜ είναι το κατά πόσο μπορεί να υλοποιηθεί ή όχι μία συνάρτηση κοινωνικής επιλογής. Οι περιορισμοί που τίθενται σε αυτήν την προσπάθεια καθορίζονται από τα *θεωρήματα του δυνατού* (*possibility theorems*) και του *αδύνατου* (*impossibility theorems*) που θα μελετήσουμε παρακάτω. Στη συνέχεια θα ορίσουμε δύο βασικά είδη μηχανισμών που θα μας βοηθήσουν στην ανάλυση.

Ένας μηχανισμός M λέγεται *άμεσης αποκάλυψης* (*direct revelation*) όταν το σύνολο των δυνατών στρατηγικών Σ_i που είναι διαθέσιμες σε κάθε πράκτορα, $a_i \in A$, ταυτίζεται με το σύνολο των τύπων του, Θ_i , δηλαδή ο πράκτορας αποκαλύπτει άμεσα τον τύπο του.

Ένας μηχανισμός M καλείται *συμβατός με το κίνητρο* (*incentive compatible*) εάν προσφέρει σε κάθε πράκτορα, $a_i \in A$, κίνητρο ώστε να αποκαλύψει την αλήθεια για τον τύπο του, δηλαδή:

$$u_i(g(\theta_i, \theta_{-i})) > u_i(g(\hat{\theta}_i, \theta_{-i})), \forall \theta_i \in \Theta_i, \hat{\theta}_i \neq \theta_i.$$

Η σημασία των παραπάνω δύο μηχανισμών συνοψίζεται στη λεγόμενη *Αρχή της Αποκάλυψης (Revelation Principle)* σύμφωνα με την οποία, εάν ένας μηχανισμός $M = (A, \Theta, \Sigma, g(\cdot))$ υλοποιεί τη συνάρτηση κοινωνικής επιλογής $scf(\cdot)$, τότε υπάρχει ένας μηχανισμός συμβατός με το κίνητρο και άμεσης αποκάλυψης (ICDR) ή φιλαλήθης (truthful) μηχανισμός, $M = (A, \Theta, scf(\cdot))$, ο οποίος υλοποιεί την $scf(\cdot)$.

Η παραπάνω πρόταση έχει τεράστια σημασία για τη θεμελίωση και την εξάπλωση του επιστημονικού πεδίου του ΣΜ. Από τη θεωρητική πλευρά, επιτρέπει στους οικονομολόγους να περιορίσουν την ανάλυσή τους σε φιλαλήθεις μηχανισμούς. Από πρακτικής άποψης, παρέχει τη δυνατότητα στους σχεδιαστές μηχανισμών να ορίσουν την επιθυμητή συνάρτηση κοινωνικής επιλογής που απαιτείται για έναν ICDR μηχανισμό και να τον χρησιμοποιήσουν σαν οδηγό για να υπολογίσουν το αποτέλεσμα και τις πληρωμές που πρέπει να επιβληθούν στην πραγματική υλοποίηση.

Αυτό όμως δε σημαίνει ότι μειώνεται η αξία των υπόλοιπων (έμμεσων) μηχανισμών. Η αρχή της αποκάλυψης αποτελεί πολύτιμο θεωρητικό εργαλείο που δηλώνει τι είναι εφικτό και τι όχι χωρίς όμως να αναφέρεται στην απαραίτητη υπολογιστική υποδομή που απαιτείται για την επίτευξη του συνόλου των απαιτήσεών μας, γεγονός που περιορίζει τις πρακτικές της εφαρμογές, αφού είναι ανέφικτη η αποκάλυψη των προτιμήσεων του κάθε πράκτορα στο σύνολο των πιθανών αποτελεσμάτων πάντοτε. Επιπλέον, μόλις η ελαχιστοποίηση αυτού του κόστους (της αποκάλυψης των τύπων των πρακτόρων) εισαχθεί σαν ένας από τους στόχους της σχεδίασης, η αρχή της αποκάλυψης παύει να ισχύει, αφού είναι πιθανή η ύπαρξη μηχανισμών μερικής αποκάλυψης με μη-φιλαλήθη σημεία ισορροπίας, οι οποίοι αγνοούν την παροχή κινήτρων για άμεση αποκάλυψη των πραγματικών τύπων των συμμετεχόντων με στόχο τη σταδιακή τους εκμείευση.

Οι βασικότεροι στόχοι που τίθενται συχνά από τους σχεδιαστές των δημοπρασιών είναι:

- *Βελτιστοποίηση κατά Pareto (Pareto Optimality ή Pareto Efficiency)*: Η συνάρτηση κοινωνικής επιλογής επιλέγει ένα αποτέλεσμα $o^* \in \mathcal{O}$ τέτοιο ώστε να μην υπάρχει κάποιο άλλο αποτέλεσμα $o' \in \mathcal{O}$ το οποίο να είναι πιο ευνοϊκό για κάποιον πράκτορα χωρίς να είναι πιο δυσμενές για κάποιον άλλο.

- *Μεγιστοποίηση Κοινωνικής Ευημερίας (Social Welfare Maximization)*: Η συνάρτηση κοινωνικής επιλογής επιλέγει ένα αποτέλεσμα $o^* \in O$ που να μεγιστοποιεί το άθροισμα των συναρτήσεων χρησιμότητας των πρακτόρων. Αυτά τα αποτελέσματα είναι πάντα βέλτιστα κατά Pareto.
- *Μεγιστοποίηση Αποδοτικότητας Καταμερισμού (Allocative Efficiency Maximization)*: Το συνολικά παραγόμενο κέρδος πρέπει να ισούται με το κέρδος στο ανταγωνιστικό σημείο ισορροπίας ($EA(C) = 1$), οπότε και ο μηχανισμός καλείται *αποδοτικός*.
- *Ατομικός Ορθολογισμός (Individual Rationality)*: Το αναμενόμενο κέρδος από τις συναλλαγές για κάθε συμμετέχοντα του μηχανισμού πρέπει να μην είναι μικρότερο από το κέρδος για οποιονδήποτε άλλο μηχανισμό. Πρέπει δηλαδή ο μηχανισμός να δίνει κίνητρο για την εξ'αρχής συμμετοχή των πρακτόρων στη δημοπρασία.
- *Συμβατότητα με Κίνητρο (Incentive Compatibility)*: Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο μηχανισμός πρέπει να προτρέπει τους πράκτορες να αποκαλύψουν τον πραγματικό τους τύπο.
- *Ισοσκελισμός Προϋπολογισμού (Budget Balance)*: Το συνολικό ποσό των πληρωμών στο σύστημα πρέπει να είναι μηδενικό. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητη η εισροή ή εκροή χρημάτων για τη διεκπεραίωση των συναλλαγών.
- *Μεγιστοποίηση της Χρησιμότητας του Δημοπράτη (Auctioneer's Utility Maximization)*: Πρέπει να μεγιστοποιείται η συνάρτηση χρησιμότητας του δημοπράτη σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες υλοποιήσεις μηχανισμών. Τυπικές παράμετροι της συνάρτησης αυτής είναι το χρηματικό κέρδος καθώς και η εκτίμηση για όσα αγαθά (μονάδες εμπορεύματος) δεν έχουν συναλλαχθεί.

Ενώ οι σχεδιαστές στη γενική περίπτωση αναπτύσσουν μηχανισμούς που επιτυγχάνουν όλους τους παραπάνω στόχους, έχει αποδειχθεί ότι κανένας μηχανισμός δύο μερών (όπως είναι οι ΔΔ) δε μπορεί να επιτύχει ταυτόχρονα μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας καταμερισμού, ισοσκελισμό του προϋπολογισμού και ατομικό

ορθολογισμό. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στα θεωρήματα του αδύνατου, τα οποία διατυπώνουμε αργότερα.

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητη η εισαγωγή των βασικότερων μοντέλων επίλυσης που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του αποτελέσματος κάθε μηχανισμού, τα οποία εντάσσονται στη Θεωρία Παιγνίων:

- Το πρώτο μοντέλο είναι το λεγόμενο *σημείο ισορροπίας του Nash* (*Nash equilibrium*). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η στρατηγική κάθε πράκτορα $a_i \in A$ είναι βέλτιστη απόκριση στις στρατηγικές των υπόλοιπων πρακτόρων, ανεξάρτητα από τους τύπους τους, αρκεί να επιλέγουν και αυτοί μία στρατηγική ισορροπίας (βέλτιστη απόκριση).
- Ένα δεύτερο, ισχυρότερο μοντέλο λύσης είναι αυτό των *κυρίαρχων στρατηγικών* (*dominant strategies*). Σε αυτό το μοντέλο, η στρατηγική κάθε πράκτορα $a_i \in A$ είναι βέλτιστη απόκριση στις στρατηγικές των υπόλοιπων πρακτόρων, ανεξάρτητα από το ποιες είναι αυτές.
- Το τρίτο και ασθενέστερο των παραπάνω μοντέλο είναι αυτό του *Bayesian Nash σημείου ισορροπίας* (*Bayesian Nash equilibrium*). Σύμφωνα με αυτό, κάθε πράκτορας $a_i \in A$ επιλέγει τη στρατηγική του έτσι ώστε να μεγιστοποιήσει την αναμενόμενη χρησιμότητά του με βάση τις πεποιθήσεις του για την κατανομή όλων των τύπων.

Επιπλέον, λέμε ότι ένας πράκτορας έχει *γενικές προτιμήσεις* σε ένα σύνολο αποτελεσμάτων $\mathcal{O}$, όταν αυτές εκφράζονται με μία διάταξη πλήρους και μεταβατικής προτίμησης. Μία διάταξη είναι *πλήρης* όταν για όλα τα $o_1, o_2 \in \mathcal{O}$ έχουμε $o_1 > o_2$ ή $o_1 < o_2$ αλλά ποτέ $o_1 \sim o_2$. Μία διάταξη είναι *μεταβατική* όταν για όλα τα $o_1, o_2, o_3 \in \mathcal{O}$, εάν $o_1 > o_2$ και $o_2 > o_3$, τότε $o_1 > o_3$.

Ένα *γενικό περιβάλλον* είναι αυτό στο οποίο υπάρχει ένα διακριτό σύνολο πιθανών αποτελεσμάτων και οι πράκτορες έχουν γενικές προτιμήσεις.

Ένα *απλό περιβάλλον συναλλαγών* (*simple exchange environment*) είναι εκείνο στο οποίο υπάρχουν αγοραστές και πωλητές που συναλλάσσονται απλές (single) μονάδες του ίδιου αγαθού. Στο περιβάλλον αυτό τα αγαθά δεν παράγονται, απλώς συναλλάσσονται.

Μία συνάρτηση κοινωνικής επιλογής είναι *δικτατορική* (*dictatorial*), εάν υπάρχει τουλάχιστον ένας πράκτορας $a_i \in A$, τέτοιος ώστε για κάθε διάνυσμα τύπων $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{|A|}) \in \Theta$ να ισχύει:

$$scf(\theta) \in \{o \in \mathcal{O} : u_i(o, \theta_i) \geq u_i(o', \theta_i)\} \text{ για όλα τα } o' \in \mathcal{O}.$$

Το *Θεώρημα του Αδύνατου των Gibbard και Satterthwaite* ([19], [54]) αναφέρει ότι σε ένα μηχανισμό που αποτελείται από δύο τουλάχιστον πράκτορες με γενικές προτιμήσεις και από ένα πεπερασμένο σύνολο αποτελεσμάτων με περισσότερα από τρία αποτελέσματα, κάθε συνάρτηση κοινωνικής επιλογής που είναι συμβατή με το κίνητρο σε κυρίαρχες στρατηγικές είναι δικτατορική.

Το θεώρημα αυτό, εάν συνδυαστεί με την αρχή της αποκάλυψης, μας υποδεικνύει ότι δεν είναι δυνατή η υλοποίηση οποιουδήποτε μηχανισμού βασισμένου σε κυρίαρχες στρατηγικές. Αυτό όμως ισχύει για γενικά περιβάλλοντα και δεν ισχύει απαραίτητα σε περισσότερο περιορισμένα περιβάλλοντα. Ένας τρόπος για να παρακάμψουμε αυτό το θεώρημα είναι να θεωρήσουμε διαφορετικές προτιμήσεις για τους πράκτορες (όπως ημιγραμμικές, οι οποίες ορίστηκαν στην παράγραφο 2.2) ή να εφαρμόσουμε λιγότερο ισχυρές έννοιες του σημείου ισορροπίας, όπως το Bayesian Nash.

Ωστόσο, το *Θεώρημα του Αδύνατου των Hurwicz, Green και Laffont* ([24], [29]) δηλώνει ότι είναι αδύνατο να σχεδιαστεί ένας αποδοτικός, ισοσκελισμένου προϋπολογισμού μηχανισμός, που να υλοποιείται φιλαληθώς με κυρίαρχες στρατηγικές σε ένα απλό περιβάλλον συναλλαγών για πράκτορες με ημιγραμμικές προτιμήσεις.

Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό είναι το *Θεώρημα του Αδύνατου των Myerson και Satterthwaite* [36], το οποίο αναφέρει ότι είναι αδύνατο να υλοποιηθεί ένας αποδοτικός, ισοσκελισμένου προϋπολογισμού, ατομικού ορθολογισμού και φιλαλήθης μηχανισμός ακόμα και για πράκτορες με ημιγραμμικές προτιμήσεις.

Παρά τα «αποθαρρυντικά» αυτά θεωρήματα, έχουν σχεδιαστεί ορισμένοι γνωστοί, κλασικοί μηχανισμοί, όπως η οικογένεια των *Vickrey-Clarke-Groves (VCG)* ([5], [25], [61]) και ο *d'Aspremont-Gerard-Varet (dAGVA)* [12], η ανάλυση των οποίων ξεφεύγει από την παρούσα εργασία. Στον πίνακα 2.1, ωστόσο, παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε μηχανισμού.

Πίνακας 2.1. Μηχανισμοί VCG και dAGVA. *Αποδ.* είναι η αποδοτικότητα, *ΙΠ* ο ισοσκελισμός προϋπολογισμού, *ΑΟ* ο ατομικός ορθολογισμός.

Όνομα	Προτιμήσεις	Επίλυση	Δυνατό	Περιβάλλον
VCG	ημιγραμμικές	κυρίαρχη	Αποδ. & (ΑΟ ή ΙΠ)	απλό συναλλαγών
dAGVA	ημιγραμμικές	Bayesian Nash	Αποδ. & ΙΠ	απλό συναλλαγών

Είδαμε λοιπόν ότι υπάρχουν σοβαρά εμπόδια κατά την προσπάθεια σχεδιασμού μηχανισμών που πληρούν τα επιθυμητά κριτήρια, τα οποία συνοψίζονται παρακάτω [53]:

- Οι ευρέως διαδεδομένες και περισσότερο γνωστές οικογένειες μηχανισμών, VCG και dAGVA, μεγιστοποιούν μόνο την κοινωνική ευημερία και δεν καταφέρνουν να ικανοποιήσουν το σχεδιαστή στις περιπτώσεις όπου αυτός ενδιαφέρεται για τη μεγιστοποίηση του προσωπικού του κέρδους.
- Οι γενικοί μηχανισμοί που ενσωματώνουν τις προσωπικές προτιμήσεις του σχεδιαστή μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε περιορισμένα περιβάλλοντα και συνήθως λαμβάνουν υπόψιν μόνο το προσωπικό του κέρδος και όχι άλλες παραμέτρους, όπως την προτίμηση ενός συμμετέχοντα από κάποιον άλλο για την απόκτηση ενός αγαθού.
- Τέλος, οι πιο κοινοί μηχανισμοί υποθέτουν την ύπαρξη ημιγραμμικών προτιμήσεων από τους πράκτορες, το οποίο ουσιαστικά σημαίνει ότι κάθε πράκτορας είναι αδιάφορος για τις πληρωμές των υπολοίπων συναλλασσομένων και συμπεριφέρεται ουδέτερα κατά την πλειοδοσία. Ένας ουδέτερος (*risk-neutral*) πράκτορας συμπεριφέρεται πιο αμυντικά από έναν υποκείμενο σε ρίσκο (*risk-seeking*) πράκτορα, ο οποίος υποβάλλει προσφορές ανυπόμονα διακινδυνεύοντας το ποσό των χρημάτων που θα λάβει προκειμένου να εξασφαλίσει μία συναλλαγή, και πιο επιθετικά από ένα συγκρατημένο (*risk-averse*) συμμετέχοντα, ο οποίος προσπαθεί να ρισκάρει όσο το δυνατό λιγότερο προκειμένου να εγγυηθεί την αποκόμιση του μέγιστου δυνατού κέρδους.

2.3.2 Αυτοματοποιημένος Σχεδιασμός Μηχανισμών

Στην προηγούμενη υποπαράγραφο είδαμε ότι υπάρχουν αρκετά προβλήματα κατά την ενσωμάτωση των θεωρητικών εργαλείων του ΣΜ σε πραγματικά περιβάλλοντα. Εκτός από αυτά, εμφανίζονται επιπλέον και άλλα εμπόδια.

Ένα σημαντικό εμπόδιο παρουσιάζεται στη βάση του ΣΜ, στη Θεωρία Παιγνίων. Πολλές φορές, η Θεωρία Παιγνίων έχει κατηγορηθεί πως δεν έχει πρακτικό αντίκρισμα σε πραγματικές εφαρμογές λόγω της απαίτησής της για «υπερ-ορθολογικούς» (hyper-rational) παίκτες. Η κυριαρχία μίας στρατηγικής απέναντι στις αντίπαλές της βασίζεται στην υπόθεση των αυστηρά ορθολογικών κινήσεων των ανταγωνιστών, χαρακτηριστικό που δεν είναι πάντα συνυφασμένο με τον ανθρώπινο τρόπο συμπεριφοράς.

Όμως, ακόμα και αν θεωρήσουμε ότι έχουμε στη διάθεσή μας πράκτορες λογισμικού αντί για ανθρώπινους συμμετέχοντες, δηλαδή προγράμματα που μπορούν να αναπτυχθούν ώστε να συμπεριφέρονται απολύτως ορθολογικά, σε κάθε αγορά είναι δυνατό να υπάρχουν περισσότερα από ένα σημεία ισορροπίας. Κάποια από αυτά μπορούν να υπολογιστούν εύκολα, άλλα απαιτούν μεγαλύτερη προσπάθεια. Αφήνεται λοιπόν στη διακριτική ευχέρεια, στην ικανότητα και την οξύνοια του σχεδιαστή η κατασκευή κανόνων που θα προτρέπουν τους συμμετέχοντες να συντονιστούν στο ίδιο, επιθυμητό σημείο ισορροπίας ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι και των δύο πλευρών. Κάθε - υπολογιστική ή ωφελμιστική - δυνατότητα παρέκκλισης από αυτό μπορεί να οδηγήσει σε απρόσμενη συμπεριφορά και πιθανή αποτυχία της σχεδίασης.

Τέλος, μία σημαντική παράμετρος που πρέπει να συνυπολογιστεί είναι οι υπάρχουσες αγορές συναλλαγών. Οργανισμοί και ιδρύματα όπως το χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης και του Λονδίνου υπάρχουν πολύ πιο πριν από την εμφάνιση της Θεωρίας Παιγνίων και του ΣΜ και κατάφεραν να επιβιώσουν μέχρι σήμερα με τον τρόπο που λειτουργούν. Τέτοια ιδρύματα δεν πρόκειται να μεταβάλλουν τους κανόνες τους «εν μία νυκτί», επειδή κάποιος διάσημος οικονομολόγος πρότεινε ένα νέο μηχανισμό. Οι κανόνες της αγοράς και η πλειοδοτική συμπεριφορά των συναλλασσομένων έχουν περάσει λοιπόν από μία διαδικασία «συν-εξέλιξης» (co-evolutionary process) για να λάβουν τη σημερινή τους μορφή [45]. Είναι επομένως επιθυμητή η μελέτη του τρόπου αλληλεπίδρασης της δομής και των πρακτόρων προτού καταλήξουμε στη βέλτιστη θέση του σημείου ισορροπίας.

Στην προσπάθεια παράκαμψης των κυριότερων θεωρημάτων του αδύνατου και επίλυσης ορισμένων από τα παραπάνω προβλήματα γεννήθηκε η ιδέα του Αυτοματοποιημένου Σχεδιασμού Μηχανισμών.

Σε μία διάρθρωση ΑΣΜ μάς παρέχεται ένα πεπερασμένο σύνολο αποτελεσμάτων $\mathcal{O}$, ένα πεπερασμένο σύνολο πρακτόρων $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{|A|}\}$ για κάθε έναν από τους οποίους έχουμε ένα πεπερασμένο σύνολο των τύπων του, θ_i , μία κατανομή πιθανοτήτων γ_i στο θ_i και μία συνάρτηση χρησιμότητας $u_i : \mathcal{O} \times \theta_i \rightarrow \mathbb{R}$. Επιπλέον, μας δίνεται μία *αντικειμενική συνάρτηση*, την εκτίμηση της οποίας επιθυμεί να μεγιστοποιήσει ο σχεδιαστής. Συγκεκριμένα, ένας σχεδιαστής με προσωπικό όφελος θα έχει μία αντικειμενική συνάρτηση της μορφής $g(o) + \sum_{i=1}^{|A|} \pi_i$, όπου $g : \mathcal{O} \rightarrow \mathbb{R}$ η συνάρτηση ιδιωτικής προτίμησης του σχεδιαστή και π_i το ποσό που πρέπει να πληρώσει ο πράκτορας $a_i \in A$.

Ένας *ντετερμινιστικός μηχανισμός χωρίς πληρωμές* αποτελείται, όπως προαναφέρθηκε, από μία συνάρτηση επιλογής αποτελέσματος $g : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow \mathcal{O}$. Αντίθετα, ένας *ντετερμινιστικός μηχανισμός με πληρωμές* αποτελείται από μία συνάρτηση επιλογής αποτελέσματος $g : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow \mathcal{O}$ και για κάθε πράκτορα $a_i \in A$ από μία *συνάρτηση επιλογής πληρωμής* $\pi_i : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow \mathbb{R}$, όπου $\pi_i(\theta_1, \dots, \theta_{|A|})$ είναι η πληρωμή του πράκτορα a_i , όταν οι αναφερόμενοι τύποι είναι $\theta_1, \dots, \theta_{|A|}$.

Ένας *πιθανοτικός (randomized) μηχανισμός χωρίς πληρωμές* αποτελείται από μία *συνάρτηση επιλογής κατανομής (distribution selection function)* $g : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow P(\mathcal{O})$, όπου $P(\mathcal{O})$ το σύνολο των κατανομών πιθανότητας στο $\mathcal{O}$. Σε αναλογία με τη ντετερμινιστική του έκδοση, ένας *πιθανοτικός μηχανισμός με πληρωμές* αποτελείται από μία συνάρτηση επιλογής κατανομής $g : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow P(\mathcal{O})$ και για κάθε πράκτορα $a_i \in A$ από μία συνάρτηση επιλογής πληρωμής $\pi_i : \theta_1 \times \dots \times \theta_{|A|} \rightarrow \mathbb{R}$.

Το βασικό πρόβλημα του ΑΣΜ διατυπώνεται τότε ως εξής [53]:

“Μας δίνεται μία διάρθρωση ΑΣΜ, μία έννοια ατομικού ορθολογισμού και ένα μοντέλο λύσης (κυρίαρχες στρατηγικές ή Bayesian Nash σημείο ισορροπίας). Επίσης, μας αναφέρεται εάν είναι πιθανές οι πληρωμές και εάν η τυχαιοποίηση (randomization) είναι δυνατή. Τέλος, μας δίνεται μία τιμή στόχου G . Μας ρωτάνε τότε εάν υπάρχει ένας μηχανισμός του συγκεκριμένου τύπου που να ικανοποιεί ταυτόχρονα

τον ατομικό ορθολογισμό και το μοντέλο λύσης, και που να δίνει μία αναμενόμενη τιμή τουλάχιστον ίση με G για το αντικείμενο”.

Προκειμένου να επιλυθεί το πρόβλημα, γίνεται χρήση τεχνικών Τεχνητής Νοημοσύνης, Εξελικτικής Υπολογιστικής, καθώς και μεθόδων βελτιστοποίησης, όπως είναι ο Γραμμικός Προγραμματισμός.

Στόχος των εισηγητών του ΑΣΜ είναι η υλοποίηση μηχανισμών που δημιουργούνται και εξελίσσονται *εκείνη τη στιγμή (at hand)* και που επιβάλλουν κανόνες, οι οποίοι δεν είναι γενικοί αλλά είναι βέλτιστοι για τη συγκεκριμένη αγορά εκμεταλλευόμενοι την εκ των προτέρων γνώση για το περιβάλλον και τους συμμετέχοντες. Στο σημείο αυτό μας έρχεται αυθόρμητα ο παραλληλισμός του ΑΣΜ και του παραδοσιακού ΣΜ με τα προγραμματιζόμενα κυκλώματα ASIC (Application-Specific Integrated Circuits) και τα γενικής χρήσης κυκλώματα αντίστοιχα.

2.4 Στοιχεία Συμπεριφοράς

2.4.1 Γενικά

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας στις ΔΔ αναφέρεται στο κομμάτι της συμπεριφοράς τους, στον τρόπο δηλαδή με τον οποίον οι συμμετέχοντες επιλέγουν και προσαρμόζουν τις προσφορές τους στη διάρκεια κάθε ημέρας εμπορίου, ο οποίος αναφέρεται ως *διαδικασία διαμόρφωσης της τιμής (price formation process)*. Η ανάγκη αυτή προέκυψε καθώς, όπως αναφέρουν οι *M. Satterthwaite και S. Williams* [55], δεν έχει βρεθεί μία καλά αναπτυγμένη θεωρία που να μπορεί να εξηγήσει πώς οι πράκτορες εισέρχονται στην αγορά και μαθαίνουν από κοινού τις στρατηγικές ισορροπίας.

Η διαμόρφωση της τιμής των πρακτόρων έχει τεράστια αξία τόσο για τους σχεδιαστές των ΔΔ όσο και για τους σχεδιαστές των στρατηγικών πλειοδοσίας των πρακτόρων. Οι πρώτοι μπορούν έτσι να σχεδιάσουν ελάχιστα ή καθόλου εκμεταλλεύσιμους από τους πράκτορες κανόνες αλλά και να προσομοιώσουν τους μηχανισμούς που υλοποιούν με χρήση αυτών των πρακτόρων. Οι δεύτεροι έχουν ως κύριο σκοπό την επινόηση νέων κανόνων πλειοδοσίας ώστε οι πράκτορες που σχεδιάζουν να είναι όσο το δυνατόν πιο ανταγωνιστικοί ή να προσεγγίζουν ικανοποιητικά την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Η πρώτη προσπάθεια μελέτης της διαδικασίας διαμόρφωσης της τιμής φαίνεται να έγινε από τον *G. Garcia* το 1980 [17], όπως αναφέρεται στο [2]. Στη συνέχεια, ακολούθησαν διάφορα μοντέλα ([3], [13], [14], [15], [21], [22], [23], [34], [46], [50], [51]), όπου μέσα από την αλληλεπίδραση θεωρίας και πειραμάτων προέκυψαν ορισμένες από τις πιο γνωστές αυτοματοποιημένες στρατηγικές πλειοδοσίας σήμερα. Ο *Vernon Smith* ήταν ο πρώτος που επιχείρησε να πραγματοποιήσει πειράματα με ανθρώπινα υποκείμενα προκειμένου να μελετήσει τη συμπεριφορά τους σε ένα περιβάλλον ΔΔ [56]. Οι περισσότερες από τις επόμενες μελέτες χρησιμοποίησαν το περιβάλλον του *Smith* με απώτερο στόχο την επικύρωση των θεωρητικών ή προγραμματιστικών τους δημιουργημάτων.

Το σημαντικότερο ίσως γεγονός σε όλη αυτήν την προσπάθεια είναι ότι οι πράκτορες λογισμικού που προέκυψαν, κατάφεραν αρχικά να πλησιάσουν την απόδοση των ανθρωπίνων αντιπάλων τους και στη συνέχεια να την ξεπεράσουν.

Άξια αναφοράς είναι η μελέτη των ερευνητών της IBM το 2001 [10], οι οποίοι μελέτησαν για πρώτη φορά τον τρόπο αλληλεπίδρασης ανθρωπίνων υποκειμένων και πρακτόρων λογισμικού στις ΔΔ. Τα υποκείμενα ήταν προπτυχιακοί φοιτητές οικονομικών και εργαζόμενοι της IBM, ενώ οι πράκτορες λογισμικού ακολουθούσαν τις στρατηγικές GD και ZIP, που θα αναλύσουμε παρακάτω. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα προγράμματα λογισμικού κατάφεραν να ξεπεράσουν τους ανθρώπινους αντιπάλους τους αποκομίζοντας κατά μέσο όρο 20% μεγαλύτερο κέρδος από τους τελευταίους.

Οι *J. Rust*, *J. Miller* και *R. Palmer* [52] κατηγοριοποιούν τις στρατηγικές πλειοδοσίας των πρακτόρων με βάση τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- *Πολυπλοκότητα*: Οι στρατηγικές μπορεί να είναι απλές ή σύνθετες. Κριτήριο κατάταξης αποτελούν το μέγεθος του κώδικα καθώς και οι κανόνες σύμφωνα με τους οποίους ο πράκτορας υπολογίζει την επόμενη προσφορά. Οι συγγραφείς διερωτώνται κατά πόσο και πότε αξίζει να επενδύσει κανείς χρόνο και κόπο για την παραγωγή πολύπλοκων προγραμμάτων, καθώς, όπως φάνηκε και από τα αποτελέσματα του διαγωνισμού του Santa Fe, απλές στρατηγικές είναι αρκετές φορές πιο αποδοτικές από τις αντίστοιχες σύνθετες. Ισχύει και εδώ επομένως ο κανόνας του *KISS (Keep It Short & Simple)*.

- *Προσαρμοστικότητα*: Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, οι στρατηγικές πλειοδοσίας μπορούν να χαρακτηριστούν ως *προσαρμοστικές* ή *μη προσαρμοστικές*. Κάθε κανόνας μίας στρατηγικής μπορεί να εκφρασθεί στη μορφή $f(I_0, H_t) \rightarrow D(H_t)$, όπου I_0 η αρχική τιμή επιφύλαξης του πράκτορα, H_t η ιστορία της $\Delta\Delta$ και $D(\cdot)$ το σύνολο των δυνατών ενεργειών. Με αυτόν τον τρόπο, ακόμα και στρατηγικές που φαίνεται πως μεταβάλλονται με το χρόνο, μπορούν να εκφρασθούν με τέτοιους στατικούς κανόνες που αντιστοιχίζουν την ιστορία της $\Delta\Delta$ σε ενέργειες. Για το λόγο αυτό η προσαρμοστικότητα είναι σχετική με το μέγεθος της ιστορίας που εκμεταλλεύεται κάθε πράκτορας. Έτσι, χαρακτηρίζονται ως προσαρμοστικά τα προγράμματα που χρησιμοποιούν *ολόκληρη την ιστορία*, σε αντίθεση με τα μη προσαρμοστικά που εκμεταλλεύονται μόνο την *άμεση ιστορία*.
- *Πληροφόρηση*: Ο διαχωρισμός αυτός αφορά στην ποσότητα της πληροφορίας που συγκρατούν και εκμεταλλεύονται οι στρατηγικές. Μπορεί να γίνει χρήση όλων των μεταβλητών που αποκαλύπτονται δημόσια ή είναι δυνατή η άγνοιά τους μαζί με όλες τις ενδιάμεσες καταστάσεις. Ο *P. Vytelingum* [62] διαχωρίζει επιπλέον τις στρατηγικές ανάλογα με το εάν κάνουν χρήση εξωτερικής πληροφόρησης ή όχι. Η εξωτερική πληροφόρηση περιλαμβάνει μεταβλητές εκτός της αγοράς που μπορούν να επηρεάζουν τη διεξαγωγή της $\Delta\Delta$, όπως πολιτικές επιρροές ή η τιμή του πετρελαίου για τις βιομηχανικές εταιρείες.
- *Προβλεψιμότητα*: Ανάλογα με το βαθμό στον οποίον οι στρατηγικές επιχειρούν να προβλέψουν την επόμενη κατάσταση της αγοράς διακρίνονται σε *προγνωστικές* και *μη προγνωστικές*. Η πρόβλεψη μπορεί να αφορά στην τιμή του σημείου ισορροπίας, σε άλλα στατιστικά στοιχεία της αγοράς, ή ακόμα και στις μελλοντικές κινήσεις των αντιπάλων.
- *Στοχαστικότητα*: Μία στρατηγική πλειοδοσίας είναι *στοχαστική* όταν χρησιμοποιεί ένα είδος συσκευής τυχαιοποίησης (όπως μία γεννήτρια παραγωγής τυχαίων αριθμών) για τον υπολογισμό της επόμενης κίνησης. Αυτή η τυχαιότητα χρησιμοποιείται ως θόρυβος στις προσφορές προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή συστηματική εκμετάλλευσή της από τις αντίπαλες στρατηγικές.

- *Βελτιστοποίηση*: Μία στρατηγική χαρακτηρίζεται ως *στρατηγική βελτιστοποίησης* εάν κάνει άμεση ή έμμεση χρήση κάποιας τεχνικής βελτιστοποίησης προκειμένου να λάβει αποφάσεις για τις επόμενες κινήσεις. Σε αντίθετη περίπτωση καλείται *στρατηγική μη βελτιστοποίησης (non-optimizing)*.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τις γνωστότερες στρατηγικές πλειοδοσίας που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε πειράματα αλλά και πρακτικές εφαρμογές.

2.4.2 Φιλαλήθης Στρατηγική

Ίσως η πιο απλή αλλά πολύ σημαντική είναι η *φιλαλήθης στρατηγική (Truth-Telling ή TT)*. Σύμφωνα με αυτήν, ο εμπορευόμενος προσφέρει πάντοτε την τιμή επιφύλαξής του. Η στρατηγική αυτή δύσκολα συναντάται στα σημερινά χρηματιστήρια, ωστόσο είναι χρήσιμη για μελέτες υλοποίησης φιλαληθών μηχανισμών αλλά και για συγκρίσεις αποδοτικότητας μίας αγοράς, όταν οι πράκτορες επιλέγουν αυτήν τη στρατηγική (βλπ. υποπαράγραφο 2.5.2).

2.4.3 Στρατηγική Μηδενικής Ευφυΐας

Μία από τις σημαντικότερες στρατηγικές που αναπτύχθηκε στο πέραςμα των χρόνων είναι αυτή της *Μηδενικής Ευφυΐας (Zero Intelligence)*, η οποία εισήχθη το 1993 από τους *D. Gode* και *S. Sunder* [22] στην προσπάθειά τους να μελετήσουν τη διαδικασία σχηματισμού της τιμής στις ΔΔ.

Πρόκειται για μία επιπόλαιη στρατηγική, σύμφωνα με την οποία οι πράκτορες υποβάλλουν προσφορές με τυχαίο τρόπο. Υπάρχουν δύο βασικές υποκατηγορίες, η στρατηγική *Μηδενικής Ευφυΐας Απεριόριστου Κεφαλαίου (Zero-Intelligence Unconstrained ή ZI-U)* και η στρατηγική *Μηδενικής Ευφυΐας Περιορισμένου Κεφαλαίου (Zero-Intelligence Constrained ή ZI-C)*. Σύμφωνα με την πρώτη, οι συμμετέχοντες είναι ελεύθεροι να υποβάλλουν προσφορές τυχαία σε οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα στο μηδέν και σε μία μέγιστη τιμή p_{max} . Η τελευταία και περισσότερο ορθολογική προσθέτει έναν ακόμα περιορισμό. Σύμφωνα με αυτόν, οι αγοραστές υποβάλλουν προσφορές που λαμβάνονται τυχαία από μία ομοιόμορφη κατανομή στο

διάστημα μίας ελάχιστης τιμής (συνήθως μηδέν) και της τιμής επιφύλαξής τους. Αντίθετα, οι πωλητές υποβάλλουν προσφορές που λαμβάνονται τυχαία από μία ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα της τιμής επιφύλαξής τους και της p_{max} .

Το κίνητρο για τη στρατηγική αυτήν ήταν η μελέτη της επιρροής του περιβάλλοντος της αγοράς και των στρατηγικών στον καθορισμό της αποδοτικότητάς της. Έγιναν λοιπόν ανεξάρτητα πειράματα με ανθρώπινα υποκείμενα, με πράκτορες ZI-C και με ZI-U. Η διαφορά των αποτελεσμάτων για τους ZI-U και τους ZI-C καταδεικνύει το μέγεθος της επίδρασης των κανόνων της αγοράς στην αποδοτικότητα, αφού οι ZI-U εμφανίζουν μηδενικό ορθολογισμό, ενώ η διαφορά στα αποτελέσματα για τους ZI-C και τους ανθρώπους μάς δείχνει πόσο επηρεάζουν οι περισσότεροι έξυπνες ανθρώπινες στρατηγικές την αποδοτικότητα της αγοράς.

Τα πειράματα έδειξαν ότι στις αγορές με ZI-U πράκτορες υπάρχει μία συνεχής αυξομείωση της τιμής των συναλλαγών σε αντίθεση με τις ΔΔ όπου χρησιμοποιήθηκαν ZI-C, στις οποίες εμφανίζεται μία, καθυστερημένη βέβαια σε σχέση με τις αγορές ανθρωπίνων συμμετεχόντων, σύγκλιση στο σημείο ισορροπίας.

Η σημαντικότερη συμβολή αυτής της έρευνας είναι το συμπέρασμα ότι ακόμα και πολύ αφελείς στρατηγικές, όπως οι ZI-C, καταφέρνουν να προσδώσουν μέση τιμή αποδοτικότητας στο διάστημα 91.8-95.8% και ελάχιστη τιμή 75-80.84% στη χειρότερη περίπτωση [23], γεγονός που συνηγορεί στο ότι η αποδοτικότητα εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη δομή των ΔΔ και λιγότερο από τις στρατηγικές, οι οποίες θεωρείται ότι επηρεάζουν ελάχιστα (δεύτερης ή τρίτης τάξης μεγέθους επίδραση). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται να αμφισβητήσουν τα αρχικά συμπεράσματα του V. Smith, ο οποίος υποστήριζε ότι η ανθρώπινη ευφυΐα διαδραματίζει το μεγαλύτερο ρόλο σε αυτόν το μηχανισμό.

2.4.4 Στρατηγική Επιπρόσθετης Μηδενικής Ευφυΐας

Οι D. Cliff και J. Bruten, σε μία έρευνά τους το 1997 [8], αμφισβητούν τα παραπάνω αποτελέσματα των Gode και Sunder αποδεικνύοντας μαθηματικά και επαληθεύοντας πειραματικά ότι τα συμπεράσματα των τελευταίων οφείλονται στον τρόπο προσδιορισμού της αθροιστικής προσφοράς και ζήτησης των πρακτόρων. Αναφέρουν ότι οι τιμές των συναλλαγών προσεγγίζουν όντως την τιμή του σημείου ισορροπίας για τις περιπτώσεις συμμετρικών αθροιστικών καμπυλών προσφοράς και

ζήτησης, ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει για τις υπόλοιπες περιπτώσεις. Υποστηρίζουν ότι η μηδενική ευφυΐα δεν είναι επαρκής για να οδηγήσει την αγορά στο σημείο ισορροπίας. Για το λόγο αυτό προτείνουν μία τροποποίησή της, την οποία βαφτίζουν ως *Στρατηγική Επιπρόσθετης Μηδενικής Ευφυΐας (Zero Intelligence Plus ή ZIP)*.

Η στρατηγική αυτή βασίζεται σε απλούς κανόνες που μεταβάλλουν το περιθώριο κέρδους του αντίστοιχου πράκτορα σύμφωνα με την πληροφορία που λαμβάνεται από την αγορά. Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτήν τη μεταβολή είναι η κατάσταση του πράκτορα (*ενεργός ή ανενεργός*), η τιμή της τελευταίας υποβληθείσας προσφοράς στην αγορά, ο τύπος της (προσφορά αγοράς ή πώλησης) καθώς και το εάν οδηγήθηκε σε συναλλαγή ή όχι.

Ένας πράκτορας θεωρείται ανενεργός όταν έχει ολοκληρώσει όλες τις δυνατές συναλλαγές του, αγοράζοντας ή πωλώντας τον αριθμό των αντικειμένων που έχουν προκαθοριστεί στην αρχή κάθε ημέρας. Ένας ανενεργός εμπορευόμενος αυτής της στρατηγικής μπορεί μόνο να αυξάνει το περιθώριο κέρδους του μετά από το τέλος των συναλλαγών του, αφού έχει μικρό κίνητρο για κάτι τέτοιο, καθώς ακόμα και εάν αυτές οφείλονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό σε τύχη, μπορεί να περιμένει την επόμενη ημέρα για να διαπιστώσει εάν συνεχίζει να παραμένει ανταγωνιστικός ή όχι. Στην περίπτωση όμως που διαπιστώσει εκ των υστέρων από τις υπόλοιπες συναλλαγές της αγοράς ότι είχε τη δυνατότητα να προσφέρει χαμηλότερες/ υψηλότερες τιμές προσφοράς (για αγοραστή/πωλητή αντίστοιχα), τότε μπορεί να αυξήσει το περιθώριο για κέρδος. Αντίθετα, όταν είναι ενεργός, οφείλει να προσαρμόζεται και προς τις δύο κατευθύνσεις αυξομείωσης του περιθωρίου κέρδους του.

Ένας ενεργός πωλητής αυξάνει το περιθώριο κέρδους του, όταν μετά από μία συναλλαγή διαπιστώσει πως η προσφορά του ήταν μικρότερη από την τιμή της συναλλαγής, καθώς αυτό σημαίνει ότι θα μπορούσε να προσφέρει σε μεγαλύτερη τιμή με μεγάλη πιθανότητα αποδοχής από την άλλη πλευρά. Ακολουθώντας παρόμοια λογική, ένας ενεργός αγοραστής αυξάνει το περιθώριο κέρδους του όταν η προσφορά αγοράς του που οδήγησε σε συναλλαγή είχε μεγαλύτερη τιμή από αυτήν της συναλλαγής.

Η μείωση του περιθωρίου κέρδους απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή. Όταν μία προσφορά αγοράς απορρίπτεται, οι αγοραστές είναι εκείνοι που οφείλουν να μειώσουν το περιθώριο κέρδους τους, καθώς, εάν οι πωλητές μειώσουν το δικό τους περιθώριο κέρδους, κινδυνεύουν να γίνουν αντικείμενα εκμετάλλευσης των

αγοραστών. Πιο συγκεκριμένα λοιπόν, εάν ένας αγοραστής υποβάλλει μία αποτυχημένη προσφορά αγοράς, όλοι οι αγοραστές που θα προσέφεραν σε υψηλότερη ή ίση τιμή πρέπει να μειώσουν το περιθώριο κέρδους τους ώστε να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στην αγορά. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για τους πωλητές με χαμηλότερη ή ίση τιμή στην περίπτωση της αποτυχημένης προσφοράς πώλησης.

Ορισμένοι συμμετέχοντες οφείλουν επιπλέον να μειώσουν το περιθώριο κέρδους τους όταν διεξάγεται μία συναλλαγή. Εάν λοιπόν ένας αγοραστής διαπιστώσει ότι η τιμή της συναλλαγής είναι μεγαλύτερη από την επόμενη πιθανή προσφορά του, τότε πρέπει να αυξήσει την προσφορά του, μειώνοντας το περιθώριο κέρδους του, προκειμένου να μην εκτοπιστεί από τους περισσότερο ανταγωνιστικούς αντιπάλους του. Παρόμοια, εάν ένας πωλητής σκοπεύει να προσφέρει σε υψηλότερη τιμή από αυτήν της τελευταίας συναλλαγής, οφείλει να μειώσει το περιθώριο κέρδους του για να αυξήσει την πιθανότητα αποδοχής της μελλοντικής του προσφοράς.

Τα παραπάνω συνοψίζονται στον αλγόριθμο του σχήματος 2.3, όπου $p_j^s(t)$ και $p_i^b(t)$ είναι οι υπολογισμένες προσφορές για ένα ZIP πωλητή j και αγοραστή i αντίστοιχα και $s(t)$ είναι η τιμή της πιο πρόσφατης συναλλαγής.

Στη γενική περίπτωση, ένας ZIP εμπορευόμενος i υπολογίζει την τιμή της επόμενης προσφοράς, $p_i(t)$, δεδομένης της τιμής επιφύλαξής του, ℓ_i , και του περιθωρίου κέρδους του, $\mu_i(t)$, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$p_i(t) = \ell_i \cdot (1 + \mu_i(t)), \mu_i(t) \in [0, \infty)$$

Η αρχική τιμή του περιθωρίου κέρδους, $\mu_i(0)$, λαμβάνεται από μία ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $[0.1, 0.5]$ στην αρχή κάθε πειράματος. Ο μηχανισμός εκμάθησης του περιθωρίου κέρδους βασίζεται στον αλγόριθμο των *Widrow-Hoff* και δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\mu_i(t+1) = \frac{p_i(t) + \Gamma_i(t+1)}{\ell_i} - 1$$

$$\Gamma_i(t+1) = \gamma_i \cdot \Gamma_i(t) + (1 - \gamma_i) \cdot \Delta_i(t), \quad \Gamma_i(0) = 0 \forall i$$

$$\Delta_i(t) = \beta_i \cdot (\tau_i(t) - p_i(t))$$

$$\tau_i(t) = R_i(t) \cdot s(t) + A_i(t)$$

όπου ο συντελεστής εκμάθησης, $\beta_i \in [0.1, 0.5]$, προσδιορίζει το ρυθμό σύγκλισης της τιμής της προσφοράς προς την τιμή στόχου $\tau_i(t)$. Επιπλέον, ο $R_i(t)$ είναι ένας συντελεστής που παράγεται τυχαία και ο οποίος καθορίζει την τιμή στόχου ανάλογα με την υποβληθείσα προσφορά $q(t)$. Όταν πρόκειται να αυξηθεί το περιθώριο κέρδους, $R_i(t) \in (1, 1.05]$, ενώ, όταν πρόκειται να μειωθεί, $R_i(t) \in [0.95, 1)$. Το $A_i(t)$ είναι ένας συντελεστής «διαταραχής», ο οποίος λαμβάνεται από μία ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα $[0, 0.05]$ για μία απόλυτη αύξηση και στο διάστημα $[-0.05, 0]$ για μία απόλυτη μείωση, και ο οποίος χρησιμοποιείται έτσι ώστε η τιμή στόχου να διαφέρει τουλάχιστον λίγες μονάδες ακόμα και από μικρές σχετικά τιμές προσφορών. Επιπλέον, ο συντελεστής ορμής, $\gamma_i \in [0, 1]$, καθορίζει το συντελεστή βαρύτητας των προηγούμενων τιμών προσφορών στην αλλαγή του περιθωρίου κέρδους. Για μηδενικές τιμές αυτού του συντελεστή αγνοούνται πλήρως οι προηγούμενες προσφορές. Στα πειράματα που έγιναν ο γ_i λήφθηκε ομοιόμορφα από το διάστημα $[0.2, 0.6]$.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ZIP πράκτορες υπερτερούν των αντιπάλων τους ZI-C, καθώς καταφέρνουν να προσδώσουν στην αγορά τιμές αποδοτικότητας κοντά στο 100% σε διαφορετικές συνθήκες προσφοράς και ζήτησης. Επιπλέον, επιτυγχάνουν μικρότερες τιμές διασποράς κέρδους.

Ο Cliff συνέχισε τα πειράματα και επέκτεινε αργότερα τη στρατηγική ZIP προσθέτοντας άλλες 52 παραμέτρους, την οποία ονόμασε για το λόγο αυτό ZIP60 (η στρατηγική ZIP αναφέρεται και ως ZIP8 στη συγκεκριμένη δημοσίευση) [7].

2.4.5 Στρατηγική Roth – Erev

Οι *A. Roth* και *I. Erev* προσπάθησαν να δημιουργήσουν έναν αλγόριθμο που να μιμείται όσο γίνεται περισσότερο την ανθρώπινη συμπεριφορά σε παίγνια εκτεταμένης μορφής [50]. Ανέπτυξαν λοιπόν μία στρατηγική βασισμένη σε τεχνικές *Ενισχυτικής Μάθησης (Reinforcement Learning)*, σύμφωνα με την οποία κάθε πράκτορας λαμβάνει απόφαση με γνώμονα το κέρδος του από την πιο πρόσφατη περίοδο εμπορίου. Η στρατηγική αυτή έλαβε το όνομα των δημιουργών της και είναι γνωστή ως *στρατηγική Roth-Erev (RE)*.

Κανόνες για τον Πωλητή ZIP:

Εάν (τελευταία προσφορά έγινε αποδεκτή σε τιμή $s(t)$)

1. κάθε πωλητής j για τον οποίον $p_j^s(t) \leq s(t)$ πρέπει να αυξήσει το περιθώριο κέρδους του
2. εάν (τελευταία προσφορά ήταν προσφορά αγοράς)
 - a. κάθε ενεργός πωλητής j για τον οποίον $p_j^s(t) \geq s(t)$ πρέπει να μειώσει το περιθώριο κέρδους του

Αλλιώς

2. εάν (τελευταία προσφορά ήταν προσφορά πώλησης)
 - a. κάθε ενεργός πωλητής j για τον οποίον $p_j^s(t) \geq s(t)$ πρέπει να μειώσει το περιθώριο κέρδους του

Κανόνες για τον Αγοραστή ZIP:

Εάν (τελευταία προσφορά έγινε αποδεκτή σε τιμή $s(t)$)

1. κάθε αγοραστής i για τον οποίον $p_i^b(t) \geq s(t)$ πρέπει να αυξήσει το περιθώριο κέρδους του
2. εάν (τελευταία προσφορά ήταν προσφορά πώλησης)
 - a. κάθε ενεργός αγοραστής i για τον οποίον $p_i^b(t) \leq s(t)$ πρέπει να μειώσει το περιθώριο κέρδους του

Αλλιώς

2. εάν (τελευταία προσφορά ήταν προσφορά αγοράς)
 - a. κάθε ενεργός αγοραστής i για τον οποίον $p_i^b(t) \leq s(t)$ πρέπει να μειώσει το περιθώριο κέρδους του

Σχήμα 2.3. Αλγόριθμος ZIP στρατηγικής.

Για έναν αγοραστή, $a_i \in J$, η προσφορά του θα έχει τη μορφή:

$$bid(i, t) = v_{a_i} - RL_{\lambda_i}(t) \cdot RL_{\mu_i}$$

Αντίστοιχα, για έναν πωλητή αυτής της στρατηγικής, $a_i \in I$, η προσφορά του θα είναι:

$$ask(i, t) = v_{a_i} + RL_{\lambda_i}(t) \cdot RL_{\mu_i}$$

σύμφωνα με ένα σήμα ανταμοιβής, $RL_{p_i}(t)$, το οποίο αντιπροσωπεύει το πιο πρόσφατο κέρδος του πράκτορα $a_i \in A$, δηλαδή:

$$RL_{p_i}(t) = \Gamma_t(a_i) - \Gamma_{t-1}(a_i)$$

Η συνάρτηση $RL_{\lambda_i}: \mathbb{N} \rightarrow \Theta_i$ αντιπροσωπεύει την έξοδο ενός αλγορίθμου εκμάθησης «ληστή με ένα χέρι» (*one-armed bandit*), λ , όπου $\Theta_i = [0, RL_{k_i}] \subset \mathbb{N}$ είναι το σύνολο των πιθανών εξόδων του αλγορίθμου λ .

Η παράμετρος RL_{k_i} δείχνει το πλήθος των πιθανών εξόδων της RL_{λ_i} , ενώ η παράμετρος RL_{μ_i} είναι ένας παράγοντας διαβάθμισης που χρησιμοποιείται για την αντιστοιχία των εξόδων εκμάθησης σε πραγματικές τιμές προσφορών.

Επιπλέον, εάν RE_{k_i} είναι ο αριθμός των πιθανών εξόδων της στρατηγικής, RE_{p_i} μία παράμετρος αμεσότητας (*recency*), σύμφωνα με την οποία περισσότερο πρόσφατες επιλογές έχουν μεγαλύτερη επιρροή στην απόφαση από τις υπόλοιπες, RE_{η_i} μία παράμετρος πειραματισμού, έτσι ώστε να μην περιοριστούν οι πράκτορες σε μικρό αριθμό επιλογών, και RE_{s_i} μία παράμετρος διαβάθμισης, τότε θέτουμε:

$$RL_{\lambda_i}(t) = RE_i(t) = \delta_{i_t}$$

όπου $RE_i(t)$ η έξοδος της στρατηγικής τη χρονική στιγμή t και $\delta_{i_t} \in \theta_i$ μία διακριτή τυχαία μεταβλητή κατανεμημένη ως εξής:

$$P(\delta_{i_t} = x) = RE_p(x, i, t)$$

όπου $RE_p(\theta, i, t)$ η κατανομή πιθανότητας κάθε κίνησης $\theta \in \theta_i$.

Οι αρχικές τάσεις (*propensities*), RE_q , που καθορίζουν τις αρχικές προσφορές (στην αρχή της διάρκειας του εμπορίου), αρχικοποιούνται σύμφωνα με την παράμετρο διαβάθμισης ως εξής:

$$RE_q(\theta, a_i, t_0) = \frac{RE_{s_i}}{RL_{k_i}}$$

και στη συνέχεια ενημερώνονται σύμφωνα με μία συνάρτηση εμπειρίας $RE_\epsilon(\theta, a_i)$, έτσι ώστε:

$$RE_q(\theta, a_i, t) = (1 - RE_{p_i}) \cdot RE_q(\theta, a_i, t - 1) + RE_\epsilon(\theta, a_i)$$

όπου η συνάρτηση εμπειρίας εξαρτάται από το πιο πρόσφατο σήμα ανταμοιβής RL_p και από την τελευταία κίνηση που επιλέχθηκε από τον πράκτορα, $RE_i(t - 1)$, σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις:

$$RE_\epsilon(\theta, a_i, t) = RL_{p_i}(t - 1) \cdot [1 - RE_{\eta_i}] \Leftrightarrow \theta = RE_i(t - 1)$$

$$RE_\epsilon(\theta, a_i, t) = RL_{p_i}(t - 1) \cdot \frac{RE_{\eta_i}}{RL_{k_i} - 1} \Leftrightarrow \theta \neq RE_i(t - 1)$$

και μετά κανονικοποιούνται ώστε να παράγουν ένα διάνυσμα πιθανοτήτων. Αν Q_{i_t} είναι το άθροισμα όλων των τάσεων για έναν πράκτορα $a_i \in A$:

$$Q_{i_t} = \sum_{\theta \in \Theta_i} RE_q(\theta, a_i, t)$$

τότε, για κάθε πιθανή κίνηση, $\theta \in \Theta_i$, και για κάθε πράκτορα, $a_i \in A$, ισχύει:

$$RE_p(\theta, i, t) = \frac{RE_q(\theta, a_i, t)}{Q_{i_t}}$$

2.4.6 Στρατηγική Gjerstad – Dickhaut

Το 1998 οι *S. Gjerstad* και *J. Dickhaut* [21] εισήγαγαν μία διαφορετική στρατηγική, η οποία έλαβε το όνομα των δημιουργών της και θα αναφέρεται από εδώ και ως εξής ως *στρατηγική GD*. Σύμφωνα με αυτήν τη στρατηγική, οι εμπορευόμενοι σχηματίζουν πεποιθήσεις για την πιθανότητα αποδοχής της προσφοράς τους με βάση τις μέχρι τώρα υποβληθείσες προσφορές της αγοράς, οι οποίες οδήγησαν ή όχι σε συναλλαγές και, πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τη συχνότητα αυτών των προσφορών. Δεδομένου ότι οι πιο πρόσφατες προσφορές επηρεάζουν ως επί το πλείστον τις μελλοντικές προσφορές, οι πεποιθήσεις των πρακτόρων βασίζονται στις τελευταίες προσφορές, το πλήθος των οποίων καθορίζεται από μία μεταβλητή μεγέθους μνήμης, L .

Για έναν αγοραστή GD, η *συνάρτηση πεποίθησής του (belief function)*, $\hat{q}(b)$, βασίζεται στις εξής υποθέσεις: Εάν μία προσφορά αγοράς b' δεν έχει γίνει δεκτή, τότε μία προσφορά $b < b'$ δε θα γίνει επίσης δεκτή. Όμοια, εάν μία προσφορά αγοράς b' έχει γίνει δεκτή, τότε μία προσφορά $b > b'$ θα γίνει επίσης δεκτή. Επιπλέον, εάν έχει γίνει υποβολή μίας προσφοράς πώλησης $a' < b$, τότε μία προσφορά αγοράς $b' = a'$ θα είχε γίνει επίσης δεκτή, καθώς αυτή η προσφορά θα οδηγούσε σε συναλλαγή με τον πωλητή που προσέφερε a' . Παρόμοιες υποθέσεις γίνονται και για τη συνάρτηση πεποίθησης ενός πωλητή GD, $\hat{p}(a)$.

Εάν D είναι το σύνολο όλων των επιτρεπτών τιμών προσφορών της αγοράς, $B(d)$ ($d \in D$) το πλήθος των προσφορών αγοράς σε τιμή d , $A(d)$ το πλήθος των προσφορών πώλησης σε τιμή d , $TB(d)$ η συχνότητα των αποδεκτών προσφορών

αγοράς στη d και $RB(d)$ η συχνότητα των προσφορών αγοράς που έχουν απορριφθεί σε τιμή d , τότε η συνάρτηση πεποίθησης ενός αγοραστή, $\hat{q}(b)$, για κάθε πιθανή τιμή προσφοράς, b , θα είναι:

$$\hat{q}(b) = \frac{\sum_{d \leq b} TB(d) + \sum_{d \leq b} A(d)}{\sum_{d \leq b} TB(d) + \sum_{d \leq b} A(d) + \sum_{d \geq b} RB(d)}$$

Επιπλέον, εάν $TA(d)$ η συχνότητα των αποδεκτών προσφορών πώλησης σε τιμή d και $RA(d)$ η συχνότητα των προσφορών πώλησης που έχουν απορριφθεί σε τιμή d , τότε η συνάρτηση πεποίθησης ενός πωλητή, $\hat{p}(a)$, για κάθε πιθανή τιμή προσφοράς, a , θα είναι:

$$\hat{p}(a) = \frac{\sum_{d \geq a} TA(d) + \sum_{d \geq a} B(d)}{\sum_{d \geq a} TA(d) + \sum_{d \geq a} B(d) + \sum_{d \leq a} RA(d)}$$

Επίσης, όπως προστάζει ο κανόνας NYSE (βλπ. υποπαράγραφο 2.5.3), οι συναρτήσεις πεποίθησης λαμβάνουν υπόψιν τις περιπτώσεις όπου η τιμή προσφοράς αγοράς είναι μικρότερη από την εξέχουσα προσφορά αγοράς, ob , και όπου η τιμή προσφοράς πώλησης είναι μεγαλύτερη από την εξέχουσα προσφορά πώλησης, oa , για τους αγοραστές και τους πωλητές αντίστοιχα, οπότε και λαμβάνουν μηδενικές τιμές. Ισχύει δηλαδή:

$$\hat{q}(b) = \begin{cases} \frac{\sum_{d \leq b} TB(d) + \sum_{d \leq b} A(d)}{\sum_{d \leq b} TB(d) + \sum_{d \leq b} A(d) + \sum_{d \geq b} RB(d)}, & \text{εάν } b \geq ob \\ 0, & \text{εάν } b < ob \end{cases},$$

$$\hat{p}(a) = \begin{cases} \frac{\sum_{d \geq a} TA(d) + \sum_{d \geq a} B(d)}{\sum_{d \geq a} TA(d) + \sum_{d \geq a} B(d) + \sum_{d \leq a} RA(d)}, & \text{εάν } a \leq oa \\ 0, & \text{εάν } a > oa \end{cases},$$

Καθώς οι παραπάνω συναρτήσεις αφορούν στο διακριτό σύνολο των προσφορών αγοράς και πώλησης που έχουν υποβληθεί, μπορούμε να επεκτείνουμε το πεδίο ορισμού τους εφαρμόζοντας μία κυβική παρεμβολή σε κάθε διαδοχικό ζεύγος δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, για τους πωλητές χρησιμοποιείται μία παραμετρική κυβική καμπύλη, $p(a) = \alpha_3 \cdot a^3 + \alpha_2 \cdot a^2 + \alpha_1 \cdot a + \alpha_0$, με τις ακόλουθες ιδιότητες:

1. $p(a_k) = \hat{p}(a_k)$
2. $p(a_{k+1}) = \hat{p}(a_{k+1})$
3. $p'(a_k) = 0$
4. $p'(a_{k+1}) = 0$

Οι συντελεστές $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ τότε υπολογίζονται από τη λύση του παρακάτω συστήματος εξισώσεων:

$$\begin{bmatrix} a_k^3 & a_k^2 & a_k & 1 \\ a_{k+1}^3 & a_{k+1}^2 & a_{k+1} & 1 \\ 3a_k^2 & 2a_k & 1 & 0 \\ 3a_{k+1}^2 & 2a_{k+1} & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_3 \\ \alpha_2 \\ \alpha_1 \\ \alpha_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{p}(a_k) \\ \hat{p}(a_{k+1}) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Η συνάρτηση πεποίθησης των αγοραστών κατασκευάζεται με τον ίδιο τρόπο. Οι Gjerstad και Dickhaut αποδεικνύουν ότι οι παραπάνω συναρτήσεις πεποίθησης είναι αύξουσες για τους αγοραστές και φθίνουσες για τους πωλητές.

Επιπλέον, θεωρούν στα πειράματά τους ουδέτερους πράκτορες, το οποίο σημαίνει ότι οι αγοραστές θα έχουν συναρτήσεις χρησιμότητας, $\pi(b)$, της μορφής:

$$\pi(b) = \begin{cases} \ell_i - b & \text{εάν } b < \ell_i \\ 0 & \text{εάν } b \geq \ell_i \end{cases}$$

όπου ℓ_i η τιμή επιφύλαξης κάθε αγοραστή i και b η προσφορά αγοράς του.

Αντίστοιχα, εάν a η προσφορά πώλησης ενός πωλητή j , η συνάρτηση χρησιμότητάς του θα είναι:

$$\pi(a) = \begin{cases} a - \ell_j & \text{εάν } a > \ell_j \\ 0 & \text{εάν } a \leq \ell_j \end{cases}$$

Στόχος των εμπορευομένων είναι η υποβολή προσφορών έτσι ώστε να μεγιστοποιείται το αναμενόμενο κέρδος τους, το οποίο θα είναι το γινόμενο της συνάρτησης πεποίθησής τους και της συνάρτησης χρησιμότητάς τους. Όταν το μέγιστο αναμενόμενο κέρδος είναι αρνητικό, οι πράκτορες δεν υποβάλλουν προσφορές. Σε αντίθετη περίπτωση, οι προσφορές για έναν αγοραστή, b^* , και για έναν πωλητή, a^* , θα είναι αντίστοιχα:

$$b^* = \arg \max_{b \in (oa, ob)} [\pi(b) \cdot q(b)]$$

$$a^* = \arg \max_{a \in (oa, ob)} [\pi(a) \cdot p(a)]$$

Παράλληλα, έγιναν πειράματα για να εκτιμηθεί η απόδοση της στρατηγικής, τα αποτελέσματα των οποίων έδειξαν ότι η αποδοτικότητα των αγορών ΔΔ με GD πράκτορες ήταν πολύ υψηλή και οι προσφορές των εμπορευομένων πολύ σύντομα προσέγγιζαν το σημείο ισορροπίας. Επιπλέον, αποδείχτηκε ως η πιο αποδοτική στρατηγική σε πειράματα σύγκρισης με πράκτορες που ακολουθούσαν τις στρατηγικές ZI, ZIP και Kaplan (για την τελευταία, βλπ. [52]).

Τέλος, αξιοσημάντη είναι η συμβολή των *G. Tesauro* και *J. Bredin* [58], οι οποίοι προσπάθησαν και κατάφεραν να βελτιώσουν περαιτέρω τη στρατηγική GD εισάγοντας τη *GDX* στρατηγική, η οποία συνεκτιμά επιπλέον τον εναπομείναντα χρόνο μέχρι το τέλος της δημοπρασίας.

2.5 Στοιχεία Δομής

2.5.1 Γενικά

Μετά την εισαγωγή στο παραπάνω θεωρητικό υπόβαθρο και την παρουσίαση των κυριότερων στρατηγικών πλειοδοσίας, το ερώτημα που προκύπτει φυσικά στον καθένα είναι πώς ο ΣΜ και ο ΑΣΜ βρίσκουν εφαρμογή στο πεδίο των ΔΔ. Η απάντηση βρίσκεται στο κομμάτι της δομής των ΔΔ.

Το δομικό κομμάτι των ΔΔ περιλαμβάνει το πρωτόκολλο της αγοράς, τον τρόπο δηλαδή με τον οποίον ο σχεδιαστής μπορεί να παρέμβει στη λειτουργία μίας ΔΔ προκειμένου να ικανοποιήσει τους στόχους του.

Τα σημαντικότερα σημεία στα οποία δύναται να εισέλθει η σχεδίαση αφορούν στην επιλογή του ρόλου των συμμετεχόντων και του τρόπου μοντελοποίησης των μεταξύ τους μηνυμάτων αλλά και στον καθορισμό της παρεχόμενης σε αυτούς πληροφορίας, των αποδεκτών προσφορών, της χρονικής τοποθέτησης κάθε συναλλαγής, καθώς και της τιμής που η τελευταία θα έχει κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας εμπορίου.

Αναλυτικότερα, ο σχεδιαστής πρέπει αρχικά να αποφασίσει για τον τρόπο με τον οποίο θα εισέρχονται οι εμπορευόμενοι στην αγορά. Έτσι, μπορεί οι ρόλοι τους να είναι διακριτοί, οπότε θα συμμετέχουν είτε ως αγοραστές είτε ως πωλητές. Στην

αντίθετη περίπτωση, κάθε πράκτορας μπορεί να αγοράζει ένα αγαθό και να το προσφέρει αργότερα σε μία πιο συμφέρουσα για αυτόν τιμή. Παρέχεται με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα μεταπώλησης του αγαθού. Το αντίστροφο ισχύει για έναν (αρχικά) πωλητή.

Στη συνέχεια, είναι απαραίτητο να καθορισθεί η μορφοποίηση των δυνατών μηνυμάτων των συμμετεχόντων. Πρόκειται ουσιαστικά για τον τρόπο διατύπωσης των προσφορών. Στη γενική τους μορφή, οι προσφορές αυτές περιλαμβάνουν τη δυάδα τιμής-ποσότητας που επιθυμεί να υποβάλλει ο εμπορευόμενος. Ωστόσο, ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα να επιβάλλει στους συμμετέχοντες *προσφορές μόνο για ένα τεμάχιο του αγαθού (single-item offers)* κάθε φορά.

Ακολούθως, ο σχεδιαστής οφείλει να καθορίσει εάν οι συμμετέχοντες θα έχουν πρόσβαση στα δεδομένα των προσφορών και των συναλλαγών και, εάν ναι, ποια θα είναι αυτή. Σε μία πιο ευνοϊκή μεταχείριση των συμμετεχόντων αποκαλύπτονται όλες οι προσφορές και συναλλαγές που έχουν γίνει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σε άλλες περιπτώσεις ωστόσο, οι εμπορευόμενοι δεν έχουν πρόσβαση στις τιμές των συναλλαγών και είναι πιθανή η γνωστοποίηση μόνο της εξέχουσας τιμής των προσφορών. Στην πιο «δυσχερή» περίπτωση, κάθε συναλλασσόμενος γνωρίζει μόνον ό,τι αφορά στις συναλλαγές που τον αφορούν και καμία άλλη πληροφορία δεν είναι διαθέσιμη. Ακόμα και αν είναι γνωστές οι προσφορές, πολλές φορές οι συμμετέχοντες δεν έχουν γνώση του ιδιοκτήτη κάθε προσφοράς. Είναι επίσης πιθανή η διακριτική αντιμετώπιση των πελατών όσον αφορά στην πληροφόρησή τους, όπως συνηθίζεται στα μεγάλα σύγχρονα χρηματιστήρια. Για παράδειγμα, στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης υπάρχουν τρία επίπεδα προνομίων: για κάθε είδος αγαθού υπάρχει ένας «ειδήμονας» ο οποίος έχει πρόσβαση σε όλες τις προσφορές, τα «επίσημα» μέλη του χρηματιστηρίου που εκτελούν τις εντολές για λογαριασμό τους (floor traders) και οι οποίοι μπορούν να ελέγχουν σε τακτά χρονικά διαστήματα τις εκκρεμείς προσφορές, και, τέλος, οι μη-προνομιούχοι εμπορευόμενοι που έχουν καθυστερημένη πρόσβαση μόνο στις εξέχουσες προσφορές.

Ένα ακόμη σημείο παρέμβασης του σχεδιαστή είναι η παροχή της δυνατότητας τροποποίησης μίας προσφοράς, αφού αυτή έχει υποβληθεί στην αγορά. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με το παραπάνω είναι πολύ σημαντικό, καθώς προσδιορίζει άμεσα τον τρόπο με τον οποίο θα επιλέξουν οι πράκτορες τις στρατηγικές τους και μία κακή επιλογή μπορεί να αποβεί μοιραία για το σχεδιαστή, εφόσον οι εμπορευόμενοι καταφέρουν να εκμεταλλευτούν αυτήν την «αδυναμία»

προς το δικό τους όφελος και τη ζημία των υπολοίπων. Από την άλλη πλευρά, μία σωστή σχεδίαση μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα που αντεπεξέρχονται στις προσδοκίες του σχεδιαστή, καθώς αυτή η εγωιστική και ανταγωνιστική συμπεριφορά των εμπορευομένων αποτελεί την κύρια πηγή της μεγάλης αποδοτικότητας των ΔΔ.

Κρίσιμο κομμάτι της σχεδίασης είναι η επιλογή των προσφορών που θα γίνονται δεκτές από την αγορά σύμφωνα με τα κριτήρια που θέτει ο σχεδιαστής. Το κομμάτι αυτό συνδέεται άρρηκτα με το προηγούμενο, καθώς η αποδοχή οσοδήποτε υψηλών προσφορών πώλησης και χαμηλών προσφορών αγοράς μπορεί να καταλήξει σε αρκετά καθυστερημένη εξισορρόπηση των τιμών, εάν επιτρέπονται οι τροποποιήσεις των υποβληθεισών προσφορών, ή ακόμα και σε αδυναμία διεκπεραίωσης δυνητικών συναλλαγών σε αντίθετη περίπτωση. Για το λόγο αυτό συνήθως ορίζεται μία μέγιστη τιμή προσφοράς ώστε να αποτρέπεται η υποβολή υπερβολικά υψηλών τιμών και να επιταχύνεται έτσι η διαδικασία των συναλλαγών.

Αφού καθοριστούν τα παραπάνω, κρίνεται απαραίτητος ο προσδιορισμός της χρονικής στιγμής της *εκκαθάρισης (clearing)* των προσφορών. Η αγορά δέχεται συνεχώς νέες ή τροποποιημένες προσφορές, εφόσον το τελευταίο επιτρέπεται, οι οποίες μετά από την επιτυχημένη τους υποβολή περιμένουν να βρουν το «έτερον τους ήμισυ» προκειμένου να οδηγηθούν στην επίτευξη συναλλαγών. Ο σχεδιαστής καλείται λοιπόν να επιλέξει τη χρονική στιγμή, που μπορεί να είναι μία ή περισσότερες, κατά την οποία θα συμβεί αυτό το επιθυμητό γεγονός μέσα στο χρονικό διάστημα μίας ημέρας εμπορίου. Παράλληλα, πρέπει να αποφασίσει πώς θα διαχειριστεί τις εξω-περιθωριακές προσφορές που απομένουν μετά από κάθε εκκαθάριση.

Πέρα από το χρονικό μέρος των συναλλαγών, ζωτικής σημασίας για την αγορά είναι και η μέθοδος επιλογής του συνδυασμού των ζευγών αγοραστών και πωλητών ανάμεσα στους οποίους θα διεξαχθεί κάθε συναλλαγή. Επιπλέον, στην περίπτωση των *προσφορών πολλαπλών τεμαχίων (multiple-unit offers)*, ο σχεδιαστής οφείλει να διευκρινίσει εάν επιτρέπεται ή όχι η *μερική εκκαθάριση* των προσφορών, κατά την οποία είναι δυνατή η συναλλαγή ανάμεσα σε εμπορευόμενους με προσφορές διαφορετικής ποσότητας.

Τελευταίο αλλά εξίσου αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι ο προσδιορισμός της τιμής κάθε συναλλαγής ανάμεσα στο αντίστοιχο ζεύγος αγοραστή και πωλητή. Η τιμή αυτή πρέπει να είναι επικερδής (ή τουλάχιστον όχι επιζήμια) και για τις δύο πλευρές της συναλλαγής. Σε όλες τις περιπτώσεις οι δύο

συναλλασσόμενοι δεσμεύονται να αποδεχτούν οποιαδήποτε τιμή μεγαλύτερη ή ίση των προσφορών τους για τους πωλητές και μικρότερη ή ίση για τους αγοραστές.

Παρακάτω αναλύουμε τις πιο γνωστές τεχνικές αντιμετώπισης ορισμένων από τα προαναφερθέντα σχεδιαστικά προβλήματα, όπως έχουν θεμελιωθεί στο πέρασμα του χρόνου από τους ειδήμονες του χώρου.

2.5.2 Συνεχείς ΔΔ και ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης

Το χρονικό σημείο της εκκαθάρισης στην αγορά αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα στάδια απόφασης του σχεδιαστή, καθώς επηρεάζει όλο το υπόλοιπο τμήμα της σχεδίασης. Διακρίνουμε δύο βασικά είδη ΔΔ με βάση την εκκαθάριση:

Η *Συνεχής ΔΔ* (*Continuous Double Auction – CDA* ή *Open-Outcry Double Auction*) είναι μία ΔΔ όπου οι συναλλαγές πραγματοποιούνται αμέσως μόλις εμφανιστούν δύο τουλάχιστον προσφορές, έτσι ώστε η προσφορά αγοράς να είναι μεγαλύτερη ή ίση της προσφοράς πώλησης, οπότε λέμε ότι οι δύο προσφορές διασταυρώνονται.

Σε μία *ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης* (*Clearing House – CH* ή *Call Market*) από την άλλη πλευρά ο δημοπράτης περιμένει υπομονετικά μέχρι το τέλος της ημέρας ή περιόδου εμπορίου συγκεντρώνοντας όλες τις προσφορές και στη συνέχεια προβαίνει στη διεκπεραίωση όλων των δυνατών συναλλαγών.

Οι ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης ήταν από τις πρώτες που μελετήθηκαν, τόσο λόγω της απλότητάς τους στον καθορισμό των κανόνων όσο και λόγω της πολύ μεγάλης αποδοτικότητας που αυτές προσφέρουν, η οποία στην τυπική περίπτωση είναι 100%. Σε αυτές τις ΔΔ ο δημοπράτης συγκεντρώνει όλες τις προσφορές και στο τέλος της ημέρας εμπορίου διεκπεραιώνει τις συναλλαγές, αφού υπολογίσει το σημείο ισορροπίας. Όλες οι συναλλαγές γίνονται στην ίδια τιμή, αυτήν του σημείου ισορροπίας.

Το χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης χρησιμοποιούσε τον παραπάνω κανόνα μέχρι το 1864, όταν αποφασίστηκε η μετάβαση στις Συνεχείς ΔΔ. Οι τελευταίες, παρόλο που εμφανίζουν μικρότερες τιμές αποδοτικότητας, παρουσιάζουν το μεγάλο πλεονέκτημα της αυξημένης ρυθμαπόδοσης συναλλαγών. Ενώ στις ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης οι συμμετέχοντες έχουν το δικαίωμα της υποβολής προσφοράς μόνο για μία φορά, οι Συνεχείς ΔΔ παρέχουν τη δυνατότητα βελτίωσης της προσφοράς είτε

κατά τη διάρκεια μίας περιόδου εμπορίου είτε μετά από την επίτευξη μίας συναλλαγής, καθώς μπορούν πλέον να γνωρίζουν τις προσφορές των υπολοίπων εμπορευομένων. Αυτή η σταδιακή αποκάλυψη της πληροφορίας επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις στρατηγικές αποφάσεις των πρακτόρων, οι οποίοι καταφέρνουν να μοντελοποιήσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις τακτικές των αντιπάλων τους και να παραμείνουν περισσότερο ανταγωνιστικοί. Αντίθετα, στις ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης η μοναδική γνώση που υπάρχει αφορά στις συναλλαγές της προηγούμενης ημέρας. Επίσης, η πιθανή χρήση προσφορών απλών τεμαχίων στις ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα συναλλαγής μίας αποκλειστικά μονάδας αγαθού για κάθε συναλλασσόμενο, αφού η εκκαθάριση γίνεται μόνο μία φορά.

Επιπλέον, από τεχνικής άποψης, οι Συνεχείς ΔΔ έχουν πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε υπολογιστικούς πόρους, αφού δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός κέντρου που θα υπολογίζει το σημείο ισορροπίας, και με την ενσωμάτωση πολύ απλών κανόνων μπορούν να οδηγήσουν την αγορά σταδιακά σε αυτό το σημείο, μέσα από τις αλληλεπιδράσεις των πρακτόρων, με αρκετά μικρό αντίκτυπο στην αποδοτικότητα της. Αυτό το χαρακτηριστικό τις καθιστά ιδιαίτερα ελκυστικές για τη χρήση τους σε εφαρμογές αποκεντρωμένου καταμερισμού πόρων.

Οι Συνεχείς ΔΔ λειτουργούν ανυπόμονα, αφού οδηγούν την αγορά σε συναλλαγές μόλις εμφανιστεί ένα ικανοποιητικό ζεύγος πρακτόρων. Στην τυπική περίπτωση θα περιμέναμε αυτές οι ΔΔ να ικανοποιούν το κριτήριο της συμβατότητας με το κίνητρο. Στην πραγματικότητα όμως, οι τιμές της αποδοτικότητάς τους είναι πολύ μικρότερες όταν χρησιμοποιούνται φιλαλήθεις στρατηγικές πλειοδοσίας. Αυτό το παράδοξο οφείλεται στην αντιστάθμιση της μείωσης της αποδοτικότητας λόγω του μυωπικού τρόπου λειτουργίας τους (οι συναλλαγές διεκπεραιώνονται χωρίς να υπάρχει πλήρης γνώση των αθροιστικών καμπυλών προσφοράς και ζήτησης) από τις εξω-περιθωριακές, μη φιλαλήθεις προσφορές αγοράς και πώλησης, οι οποίες οδηγούν συνολικά σε υψηλή αποδοτικότητα.

Μία πρώτη προσπάθεια πειραματικής απόδειξης των παραπάνω έγινε από τον *S. Phelps* και τους συνεργάτες του [46]. Στα πειράματα που έκαναν επιχείρησαν να συγκρίνουν τα δύο βασικά είδη ΔΔ που προαναφέρθηκαν με τη συμμετοχή πρακτόρων που ακολουθούν τις στρατηγικές TT, RE και PuT (*Preist-van-Tol*, βλπ. [48]). Με χρήση τεχνικών από τα πεδία της Εξελικτικής Θεωρίας Παιγνίων και της Εμπειρικής Θεωρίας Παιγνίων έδειξαν ότι η στρατηγική της φιλαλήθους πλειοδοσίας

είναι δύσκολο να εφαρμοστεί από τους συμμετέχοντες στις Συνεχείς ΔΔ. Επιπλέον, η αποδοτικότητα των τελευταίων υπολογίζεται σε 96% σε αντίθεση με το 86-87% που παρουσιάζεται για τους φιλαλήθεις συμμετέχοντες. Η αποδοτικότητα βέβαια των ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης ήταν 99%.

Μέχρι τώρα το παραπάνω παράδοξο της μη φιλαλήθειας που οδηγεί σε αυξημένη απόδοση αποτελούσε εν μέρει ένα μυστήριο. Σε μία προσπάθεια ακριβέστερης πειραματικής απόδειξης, οι *W. Zhan* και *D. Friedman* [65] έδειξαν ότι αυτό συμβαίνει, επειδή οι μη φιλαλήθεις στρατηγικές καταφέρνουν να ελαχιστοποιήσουν το άθροισμα της απώλειας κερδών των ενδο-περιθωριακών πελατών που δεν κατάφεραν να συμμετάσχουν σε συναλλαγές (*V-Inefficiency* ή *VI*) και των κερδών των εξω-περιθωριακών συμμετεχόντων που οδηγήθηκαν σε συναλλαγές ενώ δεν έπρεπε (*EM-Inefficiency* ή *EMI*). Οι *VI* και *EMI* αποτελούν τις δύο κύριες πηγές μείωσης της αποδοτικότητας των Συνεχών ΔΔ.

Φυσικά, κάθε κανόνας εκκαθάρισης μπορεί να είναι υβριδικός συνδυάζοντας τις παραπάνω ιδέες, όταν αυτό είναι δυνατό. Ένας τέτοιος τύπος είναι οι *ΔΔ Περιοδικής Εκκαθάρισης*, όπου η εκκαθάριση λαμβάνει χώρα σε περιοδικά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια μίας ημέρας εμπορίου. Γνωστή είναι και η παραλλαγή των Συνεχών ΔΔ που χρησιμοποίησαν οι *Gode* και *Sunder* στα πειράματά τους [23]. Πρόκειται για τις *Συγχρονισμένες ΔΔ*. Σύμφωνα με αυτές, ζητείται από τους πράκτορες να υποβάλλουν ταυτόχρονα τις προσφορές τους ώστε κάθε πράκτορας να μην έχει γνώση των προσφορών των υπολοίπων και, εάν η υψηλότερη προσφορά αγοράς διασταυρώνεται με τη χαμηλότερη προσφορά πώλησης, διεξάγεται η μεταξύ τους συναλλαγή. Σε αντίθετη περίπτωση, η διαδικασία επαναλαμβάνεται με την εφαρμογή ενός περιοριστικού κανόνα. Εάν διεξαχθεί η συναλλαγή, οι υπόλοιπες προσφορές ακυρώνονται και ξαναγίνεται ταυτόχρονη υποβολή των προσφορών για μία νέα πιθανή συναλλαγή.

2.5.3 Ο Κανόνας του Χρηματιστηρίου Νέας Υόρκης

Η αλλαγή στον τρόπο εκκαθάρισης του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης είχε σαν αποτέλεσμα και την αλλαγή στους υπόλοιπους κανόνες εμπορίου.

Η σημαντικότερη από αυτές αφορά στον τρόπο με τον οποίο γίνονται αποδεκτές οι προσφορές των συμμετεχόντων από την αγορά. Ο κανόνας στον οποίον κατέληξαν οι

οικονομολόγοι και χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα ορίζει πως κάθε προσφορά αγοράς που υποβάλλεται στο χρηματιστηριακό οργανισμό οφείλει να είναι καλύτερη από την τρέχουσα εξέχουσα προσφορά. Αυτό σημαίνει ότι οι προσφορές αγοράς πρέπει να είναι μεγαλύτερες από την εξέχουσα προσφορά αγοράς και οι προσφορές πώλησης μικρότερες από την αντίστοιχη εξέχουσα προσφορά πώλησης. Όταν αυτό συμβεί, αλλάζουν ταυτόχρονα και οι εξέχουσες προσφορές που θα ισχύουν για όλες τις μελλοντικές υποβολές. Ο συγκεκριμένος κανόνας ονομάστηκε για το λόγο αυτό ως *κανόνας του Χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης (NYSE rule)* ή *κανόνας βελτίωσης του διαστήματος προσφορών αγοράς και πώλησης (bid-ask spread improvement rule)*.

Στην πραγματικότητα, λόγω της πολυπλοκότητας της διάρθρωσης του χρηματιστηρίου, συνεχίζει να λειτουργεί ένα είδος ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης αρχικά για τους περισσότερο προνομιούχους συμμετέχοντες (floor traders), η οποία καθορίζει την τιμή της μετοχής στο άνοιγμα κάθε ημέρας εμπορίου, και στη συνέχεια χρησιμοποιείται ο παραπάνω κανόνας. Ωστόσο, στα περισσότερα υπολογιστικά πειράματα, θεωρούμε ότι η αρχική εξέχουσα προσφορά αγοράς είναι μηδενική και η αρχική εξέχουσα προσφορά πώλησης τείνει στο άπειρο.

2.5.4 Ο Κανόνας k – Τιμολόγησης

Βασικό χαρακτηριστικό των ΔΔ είναι ο κανόνας τιμολόγησης, δηλαδή ο καθορισμός της τιμής στην οποία θα διεκπεραιωθεί κάθε συναλλαγή. Ο πιο γνωστός και περισσότερο μελετημένος κανόνας είναι αυτός της k -τιμολόγησης (k -pricing rule) και οι αντίστοιχες δημοπρασίες έλαβαν το όνομα k -ΔΔ.

Ο κανόνας αυτός, στη μεροληπτική ή διακριτική εκδοχή του (*discriminatory k-pricing*), τοποθετεί την τιμή της συναλλαγής, p , κάπου ανάμεσα στο κλειστό διάστημα της προσφοράς αγοράς, b , και της προσφοράς πώλησης, a , σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$p = k \cdot b + (1 - k) \cdot a, \quad k \in [0,1]$$

Ο κανόνας αυτός μπορεί να επεκταθεί στην περίπτωση της *ομοιόμορφης τιμολόγησης (uniform pricing)*, όπου η τιμή όλων των συναλλαγών είναι η ίδια και θα ισούται με:

$$p = k \cdot \bar{p} + (1 - k) \cdot \underline{p}, \quad k \in [0,1],$$

όπου $[\underline{p}, \bar{p}]$ είναι το διάστημα στο οποίο μπορεί να τοποθετηθεί η τιμή ώστε όλοι οι πιθανοί συναλλασσόμενοι να μην καταλήγουν ζημιωμένοι μετά από αυτήν την επιλογή.

Η πρώτη μελέτη των k-ΔΔ έγινε από τους *K. Chatterjee* και *W. Samuelson* [4] για την τετριμμένη περίπτωση των δύο εμπορευομένων.

Στην τυπική περίπτωση της k-ομοιόμορφης τιμολόγησης για προσφορές απλών τεμαχίων [55], όπου θεωρούμε ίδιο αριθμό αγοραστών και πωλητών (m), όλες οι προσφορές ($s_i, i = 1, \dots, 2m$) διατάσσονται σε αύξουσα σειρά και τότε η τιμή όλων των συναλλαγών επιλέγεται από το διάστημα $[s_m, s_{m+1}]$. Οι αγοραστές με προσφορές τουλάχιστον ίσες με s_{m+1} και οι πωλητές με προσφορές το πολύ s_m θα οδηγηθούν σε συναλλαγές. Η μόνη εξαίρεση προκύπτει όταν $s_m = s_{m+1}$, οπότε το παραπάνω διάστημα εκφυλίζεται σε ένα μοναδικό σημείο, και τότε υπάρχει η περίπτωση η ποσότητα προσφοράς να είναι διαφορετική από την ποσότητα ζήτησης. Στην περίπτωση αυτή διεξάγεται κλήρωση ανάμεσα στους υποψήφιους εμπορευόμενους για να καθοριστεί ποιοι από αυτούς θα συναλλαχθούν τελικά. Εάν υπάρχουν n προσφορές αγοράς και m προσφορές πώλησης (με $n \neq m$), οι οποίες να ικανοποιούν τη συνθήκη που θέτει ο κανόνας, θα διεξαχθούν $l = \min(m, n)$ συναλλαγές.

Η σημασία των k-ΔΔ οφείλεται αφενός στις υψηλές τιμές αποδοτικότητας τις οποίες παρέχουν και αφετέρου στο γεγονός ότι μπορούν να υποβληθούν εν μέρει σε μελέτη από το πεδίο της Θεωρίας Παιγνίων για τις ειδικές περιπτώσεις, όπου $k=0$ ή $k=1$.

Αυτό συμβαίνει, καθώς στις 1-ΔΔ, η τιμή της συναλλαγής θα είναι s_{m+1} για τη συμμετρική περίπτωση, οπότε ένας πωλητής δε μπορεί να επηρεάσει την αγορά προς όφελός του και η κυρίαρχη στρατηγική είναι να προσφέρει την πραγματική του εκτίμηση. Σε αυτήν την περίπτωση, η παρατηρούμενη αθροιστική καμπύλη προσφοράς θα ταυτίζεται με την αντίστοιχη πραγματική καμπύλη. Οι ΔΔ αυτές ονομάζονται και *ΔΔ Προσφοράς του Αγοραστή (Buyer's Bid Double Auctions – BBDA)*. Αντίστροφα, σε μία 0-ΔΔ, η κυρίαρχη στρατηγική για τους αγοραστές είναι να προσφέρουν την πραγματική τους εκτίμηση (τιμή επιφύλαξης).

Επίσης, οι *M. Satterthwaite* και *R. Williams* [55] έχουν προτείνει ένα Bayesian Nash μοντέλο λύσης για τις k-ΔΔ, όπου είναι γνωστές εκ των προτέρων οι κατανομές των τιμών επιφύλαξης των αγοραστών και των πωλητών. Επιπλέον, έδειξαν ότι το περιθώριο ψευδούς προσφοράς κάθε εμπορευόμενου είναι $O(1/m)$, γεγονός που σημαίνει ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός τους, αυτό το περιθώριο μειώνεται σημαντικά. Επιπλέον, αποδεικνύουν ότι το κάτω όριο της αποδοτικότητας σε μία τέτοια αγορά στο σημείο ισορροπίας είναι $1 - \frac{\xi}{m^2}$, όπου ξ μία μικρή σταθερά. Ωστόσο, δεν ασχολήθηκαν με τον τρόπο που οι πράκτορες φτάνουν σε αυτό το Bayesian Nash σημείο ισορροπίας.

Έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορες τροποποιήσεις των k-ΔΔ ([32], [35], [55]), όπως αυτή που ορίζει πως η τιμή της συναλλαγής θα είναι αυτή της προσφοράς που υποβλήθηκε νωρίτερα ή αργότερα, όπως και η γνωστή *Τροποποιημένη ΔΔ Προσφοράς του Αγοραστή (Modified Buyer's Bid Double Auction* ή *Modified Double Auction*). Η τελευταία, όπως φαίνεται και από το όνομά της, είναι μία τροποποιημένη έκδοση της 1-ΔΔ όπου, αφού ταξινομηθούν οι προσφορές, επιλέγεται ως τιμή όλων των συναλλαγών η προσφορά s_{m+1} μόνο εάν αυτή είναι μία προσφορά αγοράς. Σε αντίθετη περίπτωση, επιλέγεται η αμέσως επόμενη προσφορά του αγοραστή που είναι μεγαλύτερη από την s_{m+1} . Σε αυτήν τη ΔΔ, το σημαντικότερο συμπέρασμα ήταν ότι οι πωλητές έχουν ως βέλτιστη στρατηγική την υποβολή προσφορών όχι μόνο ίσων αλλά μικρότερων από την τιμή επιφύλαξής τους, ενώ οι αγοραστές έχουν ισχυρότερο κίνητρο για προσφορές μικρότερες της πραγματικής τους εκτίμησης, καθώς πάντα αυτοί καθορίζουν την τιμή της συναλλαγής [32].

Οι παραπάνω κανόνες αποτυγχάνουν στην εξεύρεση μίας βέλτιστης τιμής του k που θα οδηγήσει σε μία εξισορροπημένη αγορά χωρίς τη δυνατότητα εκμετάλλευσής της και από τις δύο μεριές. Στα πλαίσια λοιπόν των ACE, έγινε μία προσπάθεια εξερεύνησης όλων των δυνατών κανόνων διακριτικής τιμολόγησης από τον *S. Phelps* και τους συνεργάτες του [47].

Στα πειράματά τους, υλοποίησαν μία συμμετρική αγορά πρακτόρων λογισμικού που χρησιμοποιούν μία τροποποιημένη έκδοση της RE στρατηγικής πλειοδοσίας και έκαναν χρήση τεχνικών γενετικού προγραμματισμού του Koza για να βρουν τον κανόνα τιμολόγησης που βελτιστοποιεί τις παρακάτω παραστάσεις:

$$F = \frac{\widehat{EA}}{2} + \frac{\widehat{MPB} + \widehat{MPS}}{4}$$

$$V = \frac{\widehat{EA}}{2} + \frac{\widehat{SMPB} + \widehat{SMPS}}{4}$$

όπου $\widehat{EA}$ είναι η κανονικοποιημένη αποδοτικότητα κατανομής της αγοράς, $\widehat{MPB}$, $\widehat{MPS}$ οι κανονικοποιημένες αγοραστικές δυνάμεις (*market-power*) των αγοραστών και των πωλητών αντίστοιχα, και $\widehat{SMPB}$, $\widehat{SMPS}$ οι αντίστοιχες στρατηγικές τους αγοραστικές δυνάμεις (*strategic market-power*).

Ως αγοραστική δύναμη των αγοραστών και πωλητών, MPB, MPS αντίστοιχα, ορίζεται ο λόγος της διαφοράς του πραγματικού τους κέρδους από το κέρδος στο σημείο ισορροπίας προς το κέρδος τους στο σημείο ισορροπίας.

Η στρατηγική αγοραστική δύναμη των αγοραστών και των πωλητών, $SMPB, SMPS$ αντίστοιχα, ορίζεται ως ο λόγος της διαφοράς του πραγματικού τους κέρδους από το κέρδος που θα είχαν εάν προσέφεραν την τιμή επιφύλαξης τους προς το κέρδος τους στο σημείο ισορροπίας.

Η παραπάνω έρευνα κατέληξε σε έναν πολύπλοκο κανόνα, ο οποίος ωστόσο ισοδυναμεί προσεγγιστικά με την τοποθέτηση της τιμής της συναλλαγής στο μέσο του διαστήματος της προσφοράς πώλησης και αγοράς, εκτός από μία μικρή μεταβολή όταν η προσφορά πώλησης είναι πολύ χαμηλή ή όταν το διάστημα αυτό είναι αμελητέο. Ο βέλτιστος κανόνας στον οποίον κατέληξαν έχει δηλαδή τη μορφή

$$p = 0.5 \cdot p_a + 0.5 \cdot p_b$$

όπου p η τιμή της συναλλαγής, p_a η προσφορά πώλησης και p_b η προσφορά αγοράς.

2.5.5 Ο Κανόνας N – Τιμολόγησης

Όπως είναι αναμενόμενο, σε ένα περιβάλλον Συνεχών $\Delta\Delta$, οι τιμές των συναλλαγών εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση στην αρχή κάθε ημέρας εμπορίου λόγω της ελάχιστης πληροφορίας που είναι διαθέσιμη στους εμπορευόμενους. Καθώς όμως οι πράκτορες συμμετέχουν στη δημοπρασία, μαθαίνουν από αυτήν και από τις στρατηγικές των αντιπάλων τους, και υποβάλλουν περισσότερο ανταγωνιστικές προσφορές.

Σε μία προσπάθεια μείωσης αυτής της ρευστότητας των τιμών των συναλλαγών στις Συνεχείς ΔΔ, ο *S. Parsons* και οι συνεργάτες του [43] εισήγαγαν τον κανόνα της *N-τιμολόγησης (N-pricing rule)*.

Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα, διατηρείται ένα κυλιόμενο παράθυρο των τιμών των τελευταίων ζευγών προσφορών αγοράς και πώλησης που οδήγησαν σε συναλλαγές και χρησιμοποιείται η μέση τιμή αυτών των προσφορών για τον υπολογισμό της τιμής της επόμενης συναλλαγής. Έτσι, εάν το μήκος του παραθύρου είναι n και ο αριθμός των ζευγών των προσφορών σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι t , τότε η τιμή της t -στής συναλλαγής θα είναι:

$$p_t = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=(t-n+1)}^t (p_{a_i} + p_{b_i})$$

όπου p_{a_i} και p_{b_i} οι αντίστοιχες τιμές προσφοράς αγοράς και πώλησης για την i -στή συναλλαγή. Όταν το μήκος του παραθύρου είναι μοναδιαίο, ο κανόνας αυτός συμπίπτει με το διακριτικό k -κανόνα τιμολόγησης για $k = 0.5$, ενώ, όταν το μήκος ισούται με το συνολικό πλήθος των προσφορών που έχουν οδηγηθεί σε συναλλαγές σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, ο κανόνας αυτός συμπίπτει με τον κανόνα που χρησιμοποιείται στις ΔΔ Οργανισμού Εκκαθάρισης.

Τα πειράματα που έγιναν από τους συγκεκριμένους επιστήμονες αφορούν σε Συνεχείς ΔΔ με πράκτορες που ακολουθούν τις στρατηγικές πλειοδοσίας ZI-C και GD και χρησιμοποιήθηκε μήκος παραθύρου $n = 4$. Οι δύο αυτές στρατηγικές χρησιμοποιήθηκαν, καθώς εκφράζουν συμμετέχοντες με μηδενική ευφυΐα και εμπορευόμενους που προσομοιώνουν όσο το δυνατόν καλύτερα την ανθρώπινη συμπεριφορά αντίστοιχα. Βασική προσδοκία των ερευνητών ήταν πως, εάν καταφέρουν να βελτιώσουν αυτήν τη ρευστότητα των τιμών με ZI-C πράκτορες, το ίδιο θα μπορούσε να γίνει με οποιαδήποτε άλλη περισσότερο ορθολογική στρατηγική, αφού οι ZI-C θεωρείται ότι παρέχουν την ελάχιστη δυνατή «ευφυΐα» και άρα τα αποτελέσματα θα οφείλονταν κατά κύριο λόγο στον κανόνα που έθεσαν παρά στη στρατηγική των παικτών.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όντως κατάφεραν να μειώσουν τη διακύμανση των τιμών των συναλλαγών σε ΔΔ με ZI-C πράκτορες, ωστόσο τα πειράματα δεν ήταν το ίδιο ενθαρρυντικά με τους GD παίκτες, αφού η βελτίωση που παρατήρησαν ήταν ελάχιστη. Πρέπει να τονιστεί στο σημείο αυτό ότι ο συγκεκριμένος κανόνας μειώνει

τη ρευστότητα αλλά δεν επηρεάζει την αποδοτικότητα της αγοράς, απλά ανακατανέμει τα κέρδη των συμμετεχόντων.

Προκειμένου να μειώσουν ακόμα περισσότερο τη ρευστότητα των τιμών των συναλλαγών, οι συγκεκριμένοι μελετητές αποφάσισαν να αντικαταστήσουν τον κανόνα του Χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης με ένα νέο κανόνα αποδοχής των προσφορών, τον οποίον ονομάζουν κανόνα *Εκτιμώμενου Σημείου Ισορροπίας* (*Estimated Equilibrium – EE*), σύμφωνα με τον οποίο διατηρείται επίσης ένα κυλιόμενο παράθυρο των τελευταίων m συναλλαγών και στη συνέχεια υπολογίζεται μία τιμή p_e (εκτιμώμενη τιμή ισορροπίας) ως εξής:

$$p_e = \frac{1}{m} \sum_{i=t-m+1}^t p_i$$

όπου p_i η τιμή της συναλλαγής τη χρονική στιγμή i . Προκειμένου μία προσφορά να γίνει δεκτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη από $p_e - d$, εάν είναι προσφορά αγοράς, και μικρότερη από $p_e + d$, εάν πρόκειται για προσφορά πώλησης. Η παράμετρος d είναι μία σταθερά που προστέθηκε λόγω της αβεβαιότητας που υπάρχει στην αρχή κάθε ημέρας εμπορίου.

Ο πίνακας 2.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης. Παράλληλα, για τις δύο πρώτες σειρές, βλέπουμε και τις υψηλές τιμές αποδοτικότητας που προσφέρει ο κανόνας του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης που αναφέραμε στην υποπαράγραφο 2.5.3 ανεξάρτητα από το είδος του κανόνα τιμολόγησης.

Πίνακας 2.2. Αποτελέσματα για k-ΔΔ (kCDA), n-ΔΔ (nCDA) και ΔΔ με ΕΕ κανόνα (CDAEE) για 10 ημέρες εμπορίου. Τα έντονα γράμματα υποδεικνύουν την υπεροχή της συγκεκριμένης αγοράς σε σχέση με την αντίστοιχη k-ΔΔ. Τα έντονα, πλάγια γράμματα υποδεικνύουν τα καλύτερα αποτελέσματα για τις αγορές με ZI-C και GD πράκτορες. Οι αριθμοί στο τέλος της κάθε ονομασίας αντιστοιχούν στις τιμές του d που χρησιμοποιήθηκαν. E_a είναι η αποδοτικότητα της αγοράς και α ο συντελεστής σύγκλισης. Οι περιττές αριθμητικές στήλες αναφέρονται στη μέση τιμή και οι άρτιες στην τυπική απόκλιση [43].

Auction Type	α		E_a		Auction Type	α		E_a	
	mean	stdev	mean	stdev		mean	stdev	mean	stdev
kCDA-ZIC	15.613	1.352	95.732	1.537	kCDA-GD	4.198	1.140	99.224	0.548
nCDA-ZIC	12.180	1.532	95.732	1.537	nCDA-GD	4.000	1.1221	99.224	0.548
kCDAEE-ZIC	9.360	1.039	93.296	2.061	kCDAEE-GD	5.374	4.909	84.612	26.165
nCDAEE-ZIC	6.028	1.353	93.788	1.938	nCDAEE-GD	5.271	5.245	83.460	26.783
nCDAEEed5-ZIC	6.221	1.300	96.072	1.657	nCDAEEed5-GD	4.242	2.779	95.996	13.126
nCDAEEed10-ZIC	6.879	1.117	96.868	1.187	nCDAEEed10-GD	4.054	1.262	98.768	1.092
nCDAEEed15-ZIC	8.000	1.017	96.864	1.179	nCDAEEed15-GD	4.016	1.256	99.132	0.684
nCDAEEed20-ZIC	9.220	1.002	96.744	1.144	nCDAEEed20-GD	3.994	1.217	99.224	0.548

Κεφάλαιο 3

Ο Διαγωνισμός CAT

3.1 Γενικά

Είδαμε συνοπτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο τις προσπάθειες που έχουν γίνει σε θεωρητικό και πειραματικό επίπεδο για τη σχεδίαση και υλοποίηση επιθυμητών μηχανισμών ΔΔ. Όπως αναφέρθηκε, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί όταν επιχειρήσουμε να σχεδιάσουμε ένα νέο μηχανισμό με αποκλειστική χρήση των διαθέσιμων θεωρητικών εργαλείων. Επιπλέον, μπορεί να «είναι δυνατή η σχεδίαση απλών μηχανισμών με έναν αποδεδειγμένα σωστό τρόπο από μία συγκεκριμένη προδιαγραφή, όπως έδειξαν οι Conitzer και Sandholm. Ωστόσο, δεν είναι φανερό εάν αυτό το είδος προσέγγισης μπορεί να επεκταθεί σε πολύπλοκους μηχανισμούς, όπως οι ΔΔ. Σαν αποτέλεσμα, φαίνεται πως θα αναγκαστούμε να σχεδιάζουμε μηχανισμούς ΔΔ πειραματικά, τουλάχιστον για το προβλέψιμο μέλλον» [43].

Πέρα από τα παραπάνω, η συντριπτική πλειοψηφία των εργασιών που έχουν γίνει μέχρι τώρα ασχολούνται με ανεξάρτητες αγορές ΔΔ επικεντρώνοντας την προσοχή στο εσωτερικό τους. Ωστόσο, σε μία σύγχρονη παγκόσμια οικονομία, οι χρηματιστηριακές αγορές δε λειτουργούν απομονωμένα αλλά επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν. Είναι γεγονός ότι μία εταιρεία έχει πλέον τη δυνατότητα διάθεσης των μετοχών της τόσο στο ελληνικό ΧΑΑ όσο και σε άλλα χρηματιστήρια, όπως αυτό του Λονδίνου (LSE) ή της Νέας Υόρκης (NYSE). Για το λόγο αυτό εμφανίστηκαν πρόσφατα οι λεγόμενοι *κερδοσκόποι (arbitrageurs)*, οι οποίοι καταφέρνουν να αποκομίσουν μεγάλα χρηματικά ποσά εκμεταλλευόμενοι τη διαφορά τιμών των μετοχών της ίδιας εταιρείας ανάμεσα στα διάφορα χρηματιστήρια όπου είναι ενταγμένη. Σημαντική όμως είναι και η επίδραση που έχει η εμφάνιση ενός νέου χρηματιστηρίου στις υπόλοιπες αγορές, όπως έγινε στις αρχές τις δεκαετίας του 1980 με το νεοϊδρυθέν χρηματιστήριο της Σιγκαπούρης (SIMAX), το οποίο απέσπασε

μεγάλο μέρος των συναλλαγών από τα ιαπωνικά χρηματιστήρια μειώνοντας αρκετά τα έσοδά τους.

Προκειμένου να ενισχυθεί η έρευνα στο πεδίο του ΑΣΜ σε ένα περισσότερο ρεαλιστικό σενάριο, όπως αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω, αποφασίστηκε το 2007 η προσθήκη του διαγωνισμού TAC Market Design ή CAT στα υπάρχοντα παιχνίδια του Trading Agent Competition που φιλοξενούνται από το ινστιτούτο SICS. Ο CAT αποτελεί το πιο πρόσφατο επίτευγμα μίας ερευνητικής προσπάθειας που ξεκίνησε το Σεπτέμβριο του 2003 από τα πανεπιστήμια του Liverpool και του Southampton, καθώς και του κολεγίου του Brooklyn σε συνεργασία με εταιρείες όπως η HP και η BAE Systems και οδήγησε σε αρκετά αξιόλογα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με αυτόν το διαγωνισμό, κάθε συμμετέχων αντιπροσωπεύει μία αγορά ΔΔ που προσπαθεί να μείνει ανταγωνιστική στο «παγκόσμιο» υπολογιστικό οικοσύστημα σύμφωνα με ένα σύνολο κριτηρίων, τα οποία θα αναλυθούν αργότερα. Οι διοργανωτές δεσμεύονται να παράσχουν την πλατφόρμα ανάπτυξης και διεξαγωγής του διαγωνισμού, καθώς και τους εμπορευόμενους. Οι τελευταίοι είναι συνολικά κοινοί για όλους τους διαγωνιζόμενους, όπως γίνεται και στην πραγματικότητα. Οι κανόνες και οι τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν αποτελούν ελεύθερη επιλογή και αποκλειστική ευθύνη των παικτών.

3.2 Πλατφόρμα

Η πλατφόρμα διεξαγωγής του διαγωνισμού ονομάζεται *JCAT* [URL4]. Σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από τους *J. Niu*, *K. Cai* και *S. Parsons* του κολεγίου του Brooklyn του πανεπιστημίου City της Νέας Υόρκης (CUNY) και αποτελεί μία επέκταση της πλατφόρμας προσομοίωσης δημοπρασιών *JASA (Java Auction Simulator API)* [URL6], η οποία είναι δημιούργημα του *S. Phelps* από το πανεπιστήμιο του Liverpool, έτσι ώστε να παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας πολλαπλών αγορών ΔΔ παράλληλα με τους εμπορευόμενους, ενώ επιπλέον δίνει τη δυνατότητα κοινής αξιολόγησης της επίδοσης των μηχανισμών.

Το JCAT είναι υλοποιημένο στη γλώσσα προγραμματισμού Java απολαμβάνοντας όλα τα πλεονεκτήματα που παρέχει μία τέτοια αντικειμενοστρεφής γλώσσα, όπως είναι ο πολυμορφισμός, η κληρονομικότητα και η ενθυλάκωση της πληροφορίας. Επιπλέον, η Java είναι μεταφέρσιμη, το οποίο σημαίνει ότι το JCAT μπορεί να

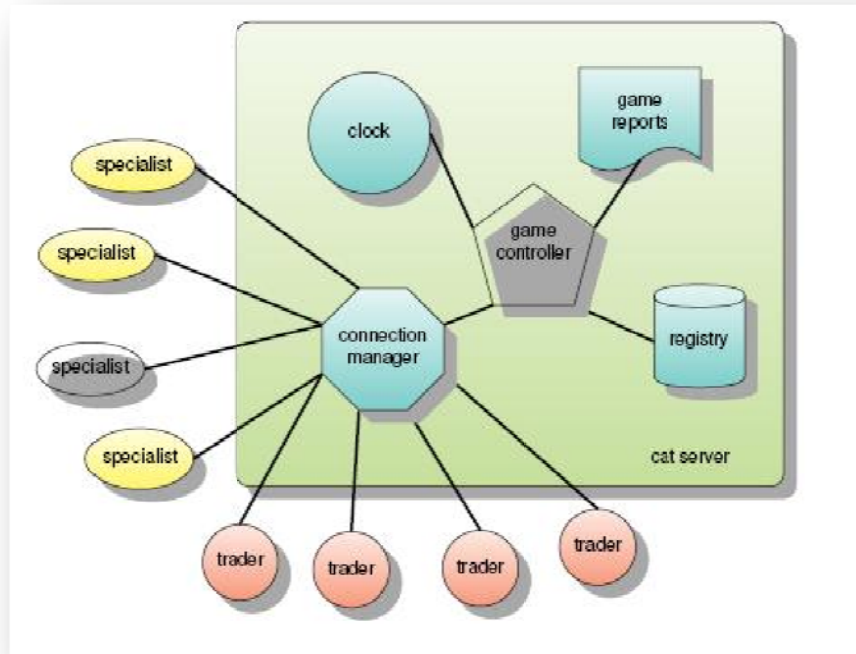
εκτελεστεί σε οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα, και υποστηρίζει τη δυνατότητα της πολυνημάτωσης που είναι απαραίτητη για την παράλληλη λειτουργία του εξυπηρετητή και των πελατών. Επιπλέον, η επιλογή της Java εξασφαλίζει τη βέλτιστη συνεργασία του JCAT με τις απαραίτητες βιβλιοθήκες (Repast [URL5], Commons Collections [URL2], JFreeChart [URL8], JCommon [URL7]).

Η πλατφόρμα ακολουθεί το μοντέλο *πελάτη – εξυπηρετητή*, γεγονός που της προσδίδει ευελιξία και επεκτασιμότητα. Η σύνδεση των πελατών με τον εξυπηρετητή βασίζεται σε sockets, έτσι ώστε να είναι εφικτή η διεξαγωγή του διαγωνισμού μέσω Διαδικτύου. Επίσης, το πρωτόκολλο επικοινωνίας στηρίζεται σε μηνύματα απλού κειμένου κάνοντας με αυτόν τον τρόπο δυνατή τη συγγραφή των πρακτόρων σε οποιαδήποτε σχεδόν γλώσσα προγραμματισμού [40]. Τέλος, η μεταγλώττιση γίνεται με τη βοήθεια του εργαλείου Ant της Apache [URL1] παρέχοντας επιπλέον ευελιξία και έλεγχο κατά την αποσφαλμάτωση.

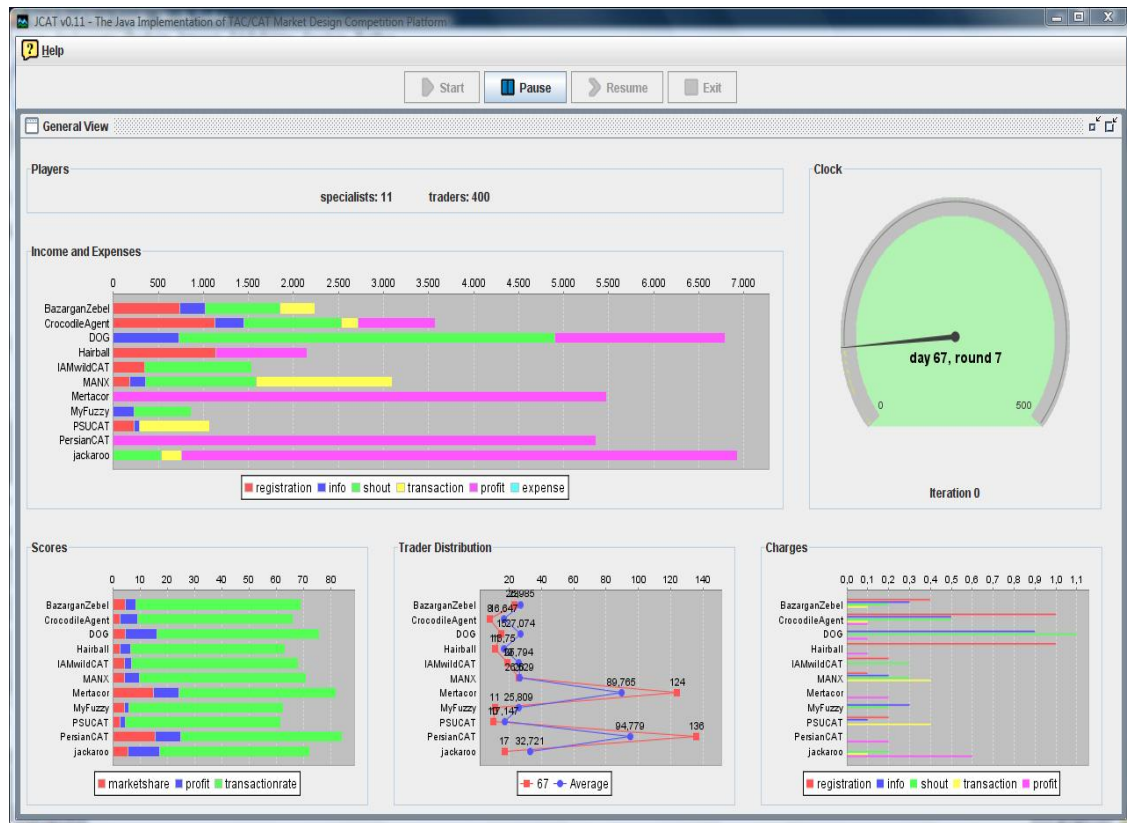
Η αρχιτεκτονική του JCAT παρουσιάζεται στο σχήμα 3.1. Όπως φαίνεται, ο εξυπηρετητής του CAT αποτελεί το κέντρο της επικοινωνίας. Βασικός στόχος είναι από τη μία η αποδοχή των αιτήσεων των εμπορευομένων, όπως δηλώσεις συμμετοχής σε μία αγορά ή προσφορές αγοράς και πώλησης, και η προώθησή τους στην ανάλογη αγορά. Από την άλλη, οι πράκτορες που αντιπροσωπεύουν τις αγορές πληροφορούν τον εξυπηρετητή για τη διεκπεραίωση των συναλλαγών και ο εξυπηρετητής ενημερώνει με τη σειρά του τους αντίστοιχους εμπορευόμενους για αυτό το συμβάν. Υπάρχει επιπλέον ένα κεντρικό μητρώο καταγραφής όλων των γεγονότων (registry), το οποίο επιπρόσθετα επικυρώνει τις αιτήσεις των πρακτόρων, ενώ μπορεί να εισαχθεί οποιοσδήποτε αριθμός αναφορών του παιχνιδιού για την εκ των υστέρων ανάλυσή του. Το γραφικό περιβάλλον του JCAT παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2. Δίνεται επίσης η δυνατότητα παρακολούθησης της διεξαγωγής κάθε παιχνιδιού σχεδόν σε πραγματικό χρόνο από το Διαδίκτυο μέσω της διεπαφής php που παρέχεται για το λόγο αυτό.

Το γεγονός ότι το JCAT βασίζεται στη JASA προσδίδει από μόνο του μεγάλη σημασία στη χρησιμότητά του. Το περιβάλλον της JASA επικεντρώνεται κυρίως στις ΔΔ και περιλαμβάνει την πλειονότητα των πειραμάτων και υψηλής αποδοτικότητας αλγορίθμων που χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες των ACE, ενώ ο ανοικτός πηγαίος κώδικας προσφέρει εύκολη και γρήγορη επεκτασιμότητα για τον πειραματικό έλεγχο νέων μηχανισμών.

Τέλος, σημαντικό στοιχείο ευχρηστίας του JCAT είναι η ενσωμάτωση της δυνατότητας πλήρους παραμετροποίησης του διαγωνισμού μέσω απλών αρχείων κειμένου, διευκολύνοντας αρκετά τη διεξαγωγή των πειραμάτων. Ένα παράδειγμα αρχείου παραμέτρων παρουσιάζεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.1. Αρχιτεκτονική του JCAT.



Σχήμα 3.2. Γραφικό περιβάλλον του JCAT.

```
cat.infrastructure = edu.cuny.cat.comm.SocketBasedInfrastructureImpl
cat.infrastructure.port = 9090
cat.server.console = false
cat.agent.n = 1
cat.agent.0 = edu.cuny.cat.TraderClient
cat.agent.0.n = 50
cat.agent.0.type = buyer
cat.agent.0.id = buyer_gd
cat.agent.0.strategy = edu.cuny.cat.trader.strategy.GDStrategy
cat.specialist.n = 1
cat.specialist.0 = edu.cuny.cat.MarketClient
cat.specialist.0.n = 1
cat.specialist.0.type = specialist
cat.specialist.0.id = Mertacor
cat.specialist.0.auctioneer = edu.cuny.cat.market.GenericDoubleAuctioneer
cat.specialist.0.auctioneer.pricing = edu.cuny.cat.market.DiscriminatoryPricingPolicy
cat.specialist.0.auctioneer.clearing = edu.cuny.cat.market.RoundClearingCondition
cat.specialist.0.auctioneer.accepting = edu.cuny.cat.market.QuoteBeatingAcceptingPolicy
cat.specialist.0.auctioneer.charging = edu.cuny.cat.market.FixedChargingPolicy
cat.specialist.0.auctioneer.charging.registration = 1
cat.specialist.0.auctioneer.charging.information = 1.2
cat.specialist.0.auctioneer.charging.shout = 1.4
cat.specialist.0.auctioneer.charging.transaction = 1.6
cat.specialist.0.auctioneer.charging.profit = 0.2
cat.server.gamelen = 500
cat.server.daylen = 10
cat.server.roundlen = 500
cat.server.gameinit = 0
cat.server.dayinit = 0
cat.server.registry = edu.cuny.cat.registry.SimpleRegistry
```

Σχήμα 3.3. Παράδειγμα αρχείου παραμέτρων του JCAT.

3.3 Διάρθρωση

Κάθε παιχνίδι CAT αποτελείται από τους *πράκτορες εμπορίου (trading agents)* ή *εμπορευόμενους (traders)* και από τους *ειδήμονες αγοράς (market specialists)* [18]. Οι τελευταίοι αντιπροσωπεύουν τις αγορές ΔΔ που υλοποιούν οι διαγωνιζόμενοι, στόχος των οποίων είναι ο καθορισμός των κανόνων σύμφωνα με τους οποίους θα συναλλάσσονται οι εμπορευόμενοι.

Το παιχνίδι χωρίζεται σε εικονικές ημέρες εμπορίου, κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από έναν αριθμό *γύρων εμπορίου (trading rounds)*, σταθερό και ίδιο για όλες τις ημέρες. Η διάρκεια του παιχνιδιού σε ημέρες εμπορίου δεν αποκαλύπτεται κατά τη διεξαγωγή του.

Πριν από την έναρξη του παιχνιδιού, τόσο οι εμπορευόμενοι όσο και οι ειδήμονες πρέπει να δηλώσουν την επιθυμία τους για συμμετοχή (check in), το οποίο συμβαίνει μετά από επιτυχημένη σύνδεσή τους στον εξυπηρετητή. Κάθε σύνδεση έχει ως αποτέλεσμα τον καθορισμό από τον εξυπηρετητή ενός μοναδικού διαχωριστικού για τον αντίστοιχο πράκτορα.

Κατά την έναρξη του παιχνιδιού, όλοι οι πράκτορες ενημερώνονται από τον εξυπηρετητή για την έναρξη καθώς και για τον αριθμό των γύρων εμπορίου ανά ημέρα και τη διάρκεια του κάθε γύρου σε milliseconds. Κάθε πράκτορας εμπορίου εμφανίζεται με ένα διακριτό ρόλο αγοραστή ή πωλητή, ο οποίος παραμένει σταθερός σε όλη τη διάρκεια του διαγωνισμού.

Μετά από την έναρξη του παιχνιδιού αλλά πριν από την έναρξη της πρώτης ημέρας, όλοι οι συμμετέχοντες λαμβάνουν μία λίστα με τους εγγεγραμμένους πράκτορες εμπορίου και τους ειδήμονες που λαμβάνουν μέρος. Ο συνολικός αριθμός των πρακτόρων εμπορίου είναι σταθερός για όλο το παιχνίδι, όμως οι στρατηγικές τους παραμένουν κρυφές και μπορούν να διαφοροποιηθούν οποιαδήποτε στιγμή μέσα στο παιχνίδι.

Πριν από την έναρξη κάθε ημέρας εμπορίου, όλοι οι ειδήμονες οφείλουν να ανακοινώσουν τη λίστα με τις αμοιβές τους (βλπ. παράγραφο 3.5) και η πληροφορία αυτή μεταδίδεται σε όλους τους συμμετέχοντες του παιχνιδιού (πράκτορες εμπορίου και ειδήμονες). Εάν κάποιος ειδήμονας αποτύχει να ανακοινώσει αυτήν την πληροφορία, αποκλείεται από το παιχνίδι για τη συγκεκριμένη ημέρα και μπορεί να συνεχίσει μόνο από την επόμενη ημέρα. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που

κάποιος ειδήμονας χάσει τη σύνδεση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή μέσα στο παιχνίδι. Είναι αποκλειστική ευθύνη του η ανίχνευση αυτού του γεγονότος και η επανασύνδεσή του, οπότε και θα συνεχίσει τη συμμετοχή του από την αμέσως επόμενη ημέρα εμπορίου. Επιπλέον, στην αρχή κάθε ημέρας, κάθε πράκτορας εμπορίου ανανεώνει τον αριθμό των αγαθών που προτίθεται να εμπορευτεί, όπως και την τιμή επιφύλαξής του, η οποία είναι προς το παρόν σταθερή κατά τη διάρκεια της ημέρας και ίδια για όλα τα αγαθά. Τα αγαθά είναι ομογενή και αδιαίρετα, πρόκειται επομένως για μονάδες εμπορεύματος, όπως ορίστηκε στο κεφάλαιο 2. Κάθε πράκτορας εμπορίου ανανεώνει επίσης το προσωπικό του κεφάλαιο στην αρχή κάθε ημέρας. Η ύπαρξη αυτού του κεφαλαίου έχει σαν στόχο να εμποδίζει τους εμπορευόμενους από την πληρωμή πολύ υψηλών τιμών χρέωσης. Τόσο το ποσό του κεφαλαίου όσο και οι τιμές επιφύλαξης και ο αριθμός των μονάδων εμπορεύματος αποτελούν προσωπική πληροφορία του εμπορευόμενου και δε γνωστοποιούνται στους ειδήμονες.

Μετά από την έναρξη μίας ημέρας εμπορίου αλλά πριν από την έναρξη του πρώτου γύρου, οι πράκτορες εμπορίου εγγράφονται σε έναν (μοναδικό) ειδήμονα στην αγορά του οποίου αποφασίζουν να συναλλαχθούν. Η εγγραφή τους καθορίζεται από τη *στρατηγική επιλογής αγοράς*, η οποία μπορεί να διαφοροποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο του παιχνιδιού, όμως τυπικά βασίζεται στις τιμές των χρεώσεων και το κέρδος που έχει αποκομίσει κάθε εμπορευόμενος στο παρελθόν από κάθε αγορά.

Η ημέρα εμπορίου χωρίζεται σε γύρους εμπορίου κατά τη διάρκεια των οποίων οι εμπορευόμενοι μπορούν να υποβάλλουν τις προσφορές τους, οι οποίες θα οδηγηθούν ή όχι σε συναλλαγές. Οι προσφορές αυτές αναφέρονται πάντα σε μία μονάδα του αγαθού και, εφόσον γίνουν αποδεκτές από τον ειδήμονα, παραμένουν ενεργές στην αγορά μέχρι να οδηγηθούν σε συναλλαγή ή μέχρι να τελειώσει η ημέρα (*persistent shouts*). Κάθε εμπορευόμενος μπορεί να έχει μόνο μία προσφορά ενεργή κάθε χρονική στιγμή. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα τροποποίησης της προσφοράς αγοράς ή πώλησης. Εάν η τροποποιημένη προσφορά γίνει αποδεκτή, αντικαθιστά την προηγούμενή της, σε διαφορετική περίπτωση παραμένει ενεργή η πρότερη προσφορά. Μετά από το τέλος κάθε γύρου και πριν από την έναρξη του επομένου μεσολαβεί ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά το οποίο δεν επιτρέπεται η υποβολή προσφορών ούτε η διεκπεραίωση συναλλαγών.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας όλοι οι εμπορευόμενοι ενημερώνονται για όλες τις επιτυχώς υποβληθείσες προσφορές καθώς και για όλες τις διεξαχθείσες συναλλαγές στην αγορά που έχουν επιλέξει προκειμένου να προσαρμόσουν κατάλληλα τη στρατηγική τους. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να γίνουν συνδρομητές σε οποιαδήποτε άλλη αγορά λαμβάνοντας την ίδια παραπάνω πληροφορία (επιτυχημένες υποβολές προσφορών και διεκπεραιωμένες συναλλαγές) για την αγορά αυτή, αφού πρώτα προσκομίσουν το αντίστοιχο ποσό χρέωσης. Η ίδια δυνατότητα παρέχεται και στους ειδήμονες.

Στο τέλος της ημέρας, οι ειδήμονες πληροφορούνται για το συνολικό κέρδος που έχουν αποκομίσει όλοι οι αντίπαλοί τους μέχρι τη συγκεκριμένη ημέρα, όπως και για τον αριθμό των εμπορευομένων ανά ειδήμονα για την ίδια ημέρα.

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να αναφέρουμε τις παραδοχές που έγιναν για τους διαγωνισμούς του 2007 και 2008. Οι διοργανωτές αποφάσισαν για διευκόλυνση να ανακοινώσουν εκ των προτέρων τη συνολική διάρκεια κάθε τελικού παιχνιδιού, η οποία ορίστηκε στις 500 ημέρες εμπορίου. Επιπλέον, το 2008 ανακοινώθηκε ότι οι τιμές επιφύλαξης κάθε πράκτορα εμπορίου θα είναι σταθερές σε όλη τη διάρκεια του κάθε παιχνιδιού και θα κατανέμονται αποκλειστικά στην αρχή του, σε αντίθεση με ό,τι αναφέρεται στον αρχικό κανονισμό, όμως το συνολικό διάστημα επιλογής τους μπορεί να διαφέρει από παιχνίδι σε παιχνίδι. Αυτό ακριβώς συνέβη και στα παιχνίδια του 2007, χωρίς ωστόσο να δοθούν επίσημα διευκρινήσεις, όπως έγινε την επόμενη χρονιά.

3.4 Πράκτορες Εμπορίου

Οι πράκτορες εμπορίου είναι οι πελάτες των χρηματιστηρίων, τα οποία υλοποιούν οι συμμετέχοντες. Πρόκειται για πράκτορες λογισμικού, οι οποίοι συλλογίζονται και λαμβάνουν αποφάσεις για τις προσφορές που θα υποβάλλουν στον ειδήμονα της επιλογής τους. Οι πράκτορες εμπορίου παρέχονται από τους διοργανωτές και ακολουθούν ανθρώπινα πρότυπα συμπεριφοράς. Κάθε τέτοιος πράκτορας χαρακτηρίζεται από μία *στρατηγική πλειοδοσίας (trading strategy)* και μία *στρατηγική επιλογής αγοράς (market selection strategy)*, οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

3.4.1 Στρατηγική Πλειοδοσίας

Το βασικότερο τμήμα ενός πράκτορα εμπορίου είναι η στρατηγική πλειοδοσίας του, ο τρόπος δηλαδή με τον οποίον αποφασίζει για την προσφορά που θα υποβάλλει παρατηρώντας την αγορά ώστε να παραμείνει ανταγωνιστικός και να καταφέρει τη συμμετοχή του σε μία ή περισσότερες συναλλαγές.

Αρχικά, ο κανονισμός του διαγωνισμού ανέφερε ότι οι στρατηγικές πλειοδοσίας των πρακτόρων θα ήταν άγνωστες στους συμμετέχοντες. Τελικά, οι διοργανωτές αποφάσισαν να αποκαλύψουν αυτήν την πληροφορία. Επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν στρατηγικές που έχουν μελετηθεί αναλυτικά στη βιβλιογραφία. Έτσι, έγινε γνωστό ότι οι εμπορευόμενοι θα χρησιμοποιούν μία από τις στρατηγικές ZI-C, ZIP, RE και GD, οι οποίες παρουσιάστηκαν στην παράγραφο 2.4. Στόχος ήταν η ενσωμάτωση *περιορισμένα ορθολογικών πρακτόρων (boundedly rational agents)*, έτσι ώστε αφενός να προσομοιωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η ανθρώπινη συμπεριφορά, προσφέροντας ένα ρεαλιστικότερο περιβάλλον αγοράς, και αφετέρου να αναπτυχθούν μηχανισμοί εύρωστοι στις στρατηγικές πλειοδοσίας των εμπορευομένων.

Πέρα όμως από αυτήν τη γνωστοποίηση, οι ειδήμονες δεν ενημερώνονται για τη συγκεκριμένη στρατηγική που χρησιμοποιεί κάθε πράκτορας. Επίσης, αν και στα δοκιμαστικά παιχνίδια η αναλογία των στρατηγικών ήταν η ίδια, έγινε σαφές ότι κάτι τέτοιο δε θα ίσχυε στα τελικά παιχνίδια και ότι η αναλογία αυτή θα μπορούσε να μεταβληθεί από παιχνίδι σε παιχνίδι, όπως και έγινε.

3.4.2 Στρατηγική Επιλογής Αγοράς

Το δεύτερο κομμάτι της στρατηγικής των πρακτόρων εμπορίου είναι αυτό της επιλογής της αγοράς. Στην αρχή κάθε εικονικής ημέρας, κάθε πράκτορας οφείλει να επιλέξει τον ειδήμονα στην αγορά του οποίου θα συναλλαχθεί. Η μελέτη των στρατηγικών αυτής της κατηγορίας είναι περιορισμένη και αναμένεται να αναπτυχθούν περισσότερα αποδοτικές τεχνικές. Ωστόσο, για τις ανάγκες του διαγωνισμού, ανακοινώθηκε ότι θα χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον οι δύο παρακάτω στρατηγικές χωρίς να αποκλείεται η εισαγωγή άλλων, άγνωστων στους ειδήμονες στρατηγικών.

Η πρώτη στρατηγική είναι αυτή της *τυχαίας επιλογής αγοράς* (*random market selection strategy*), T_r . Πρόκειται για μία στρατηγική επιλογής αγοράς μηδενικής ευφυΐας, σε αναλογία με τη στρατηγική ΖΙ των Gode και Sunder. Σύμφωνα με αυτήν τη στρατηγική, κάθε αγορά έχει την ίδια πιθανότητα επιλογής από τους πράκτορες εμπορίου στην αρχή της κάθε ημέρας, ανεξάρτητα από τις τιμές των αμοιβών και το κέρδος που έχουν αποκτήσει από αυτήν.

Η δεύτερη στρατηγική που χρησιμοποιείται λαμβάνεται από το πεδίο της Ενισχυτικής Μάθησης. Συγκεκριμένα, βασίζεται στη μοντελοποίηση της επίλυσης ενός προβλήματος «ληστών με n χέρια» (*n-armed bandit problem*). Το μοντέλο αυτό επιτρέπει τη χρήση διαφόρων τακτικών εξερεύνησης, όπως είναι ο ϵ – *άπληστος* (T_ϵ) ή ο *softmax* (T_τ) κανόνας επιλογής. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα διαφορετικού υπολογισμού του αναμενόμενου κέρδους κάθε κίνησης, συμπεριλαμβάνοντας τους κανόνες μέσης τιμής όλου του χρόνου (*all-time average rule*) για περισσότερα στατικά περιβάλλοντα και του μειωμένου αθροίσματος (*discounted sum rule*) για δυναμικά περιβάλλοντα. Διαφορετικοί συνδυασμοί των παραπάνω παρέχουν μία μεγάλη ποικιλία παραλλαγών αυτής της στρατηγικής. Βασικός γνώμονας ωστόσο αποτελεί το κέρδος που αποκομίζει κάθε εμπορεύσιμος από κάθε αγορά.

Πιο συγκεκριμένα [41], ένας T_ϵ πράκτορας εμπορίου επιλέγει την αγορά που θεωρεί ότι είναι η καλύτερη με βάση το καθημερινό κέρδος που αποκομίζει από τις συναλλαγές με πιθανότητα $1 - \epsilon$ (*εκμετάλλευση*), αλλιώς επιλέγει τυχαία μία από τις υπόλοιπες αγορές (*εξερεύνηση*). Η παράμετρος ϵ μπορεί να παραμένει σταθερή ή να μεταβάλλεται καθώς κυλά το παιχνίδι, σύμφωνα με μία παράμετρο α . Η τελευταία παράμετρος λαμβάνει οποιαδήποτε τιμή στο διάστημα $[0, 1]$. Εάν $\alpha = 1$, το ϵ παραμένει σταθερό, αλλιώς μειώνεται σταδιακά σύμφωνα με τον κανόνα $\epsilon = \alpha \cdot \epsilon$, έως ότου φτάσει στην ελάχιστη επιτρεπτή του τιμή [57].

Ένας T_τ εμπορεύσιμος χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο εξερεύνησης softmax [57]. Η διαφορά του από έναν T_ϵ πράκτορα εμπορίου είναι ότι δεν αντιμετωπίζει τις υπόλοιπες αγορές, εκτός της βέλτιστης, με τον ίδιο τρόπο αλλά τοποθετεί βάρη σε κάθε αγορά, ανάλογα με το κέρδος από κάθε ειδήμονα, προκειμένου να επιλέξει πιο συχνά τις πιο προσοδοφόρες για αυτόν αγορές. Η επιλογή της βέλτιστης κίνησης βασίζεται σε μία κατανομή, που είναι συνήθως η Boltzmann ή η Gibbs. Στον αλγόριθμο softmax υπάρχει μία παράμετρος τ (*θερμοκρασία*), η οποία καθορίζει τη σχετική σημασία των βαρών που τοποθετεί ο πράκτορας σε κάθε αγορά και, όπως η

παράμετρος ϵ , μπορεί να είναι σταθερή ή να μεταβάλλεται σύμφωνα με μία άλλη παράμετρο α . Όταν $\tau \rightarrow 0$, η softmax στρατηγική προσεγγίζει την άπληστη στρατηγική επιλογής αγοράς.

3.5 Ειδήμονες Αγοράς

Κάθε συμμετέχων αντιπροσωπεύει μία αγορά $\Delta\Delta$ και καλείται ειδήμονας αγοράς. Στόχος του είναι η σχεδίαση των εσωτερικών κανόνων της αγοράς έτσι ώστε να εξασφαλίζονται τα κριτήρια της επιλογής του και να παραμένει πάνω από όλα ανταγωνιστικός σε αυτήν την «παγκόσμια» οικονομία που ορίζει κάθε παιχνίδι.

Κάθε ομάδα είναι ελεύθερη να επιλέξει τους κανόνες που θα υλοποιήσει ο μηχανισμός της. Πρέπει ωστόσο να προνοηθεί η συμμόρφωση του ειδήμονα στο πρωτόκολλο λειτουργίας της πλατφόρμας JCAT, καθώς είναι αναγκαία η επικοινωνία τόσο με τον εξυπηρετητή όσο και (έμμεσα) με τους υπόλοιπους πράκτορες (πράκτορες εμπορίου και ειδήμονες), όπως συνηθίζεται σε κάθε ΠΠΣ.

Πρέπει λοιπόν να δέχεται ή να απορρίπτει τις προσφορές των πελατών του και να διεξάγει τις δυνατές συναλλαγές μεταξύ τους εντός των επιτρεπτών χρονικών ορίων (κατά τη διάρκεια των γύρων εμπορίου). Παράλληλα, οφείλει να ανακοινώνει τις αμοιβές που θα χρεώσει στην αρχή κάθε ημέρας και να επικοινωνεί με τους εμπορευόμενους μέσω του εξυπηρετητή.

Εάν και δεν είναι απαραίτητη η χρήση του, υπάρχει έτοιμος ένας βασικός σκελετός για την υλοποίηση του ειδήμονα μέσω του JCAT, ο οποίος πληροί όλες τις βασικές προϋποθέσεις επικοινωνίας και διαχείρισης των κυριότερων λειτουργιών ενός μηχανισμού $\Delta\Delta$. Η στοιχειώδης αυτή δομή παρέχεται έτσι ώστε οι συμμετέχοντες να επικεντρωθούν στις τεχνικές που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν αγνοώντας εν μέρει το τμήμα της επικοινωνίας του πράκτορα με τα υπόλοιπα συστατικά μέρη του JCAT. Φυσικά, οι συμμετέχοντες μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιαδήποτε άλλη δομή και γλώσσα προγραμματισμού.

Τα βασικότερα στοιχεία της στρατηγικής ενός ειδήμονα παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

3.5.1 Πολιτική Ταιριάσματος

Το πρώτο μέρος της στρατηγικής ενός ειδήμονα αφορά στον τρόπο με τον οποίο καθορίζονται τα ζεύγη των πρακτόρων εμπορίου που θα οδηγηθούν σε συναλλαγές. Η πολιτική αυτή ονομάζεται *πολιτική ταιριάσματος (matching policy)* [39]. Υπάρχουν δύο βασικά είδη τέτοιων πολιτικών.

Το πρώτο ονομάζεται *ταίριασμα στο σημείο ισορροπίας (equilibrium matching – ME)* και αποτελεί τον περισσότερο χρησιμοποιημένο τρόπο ταιριάσματος. Η πολιτική αυτή υπολογίζει τις αναφερόμενες αθροιστικές καμπύλες προσφοράς και ζήτησης και υπολογίζει το αντίστοιχο σημείο ισορροπίας. Σύμφωνα με αυτήν την πολιτική, οι αγοραστές ταξινομούνται κατά αύξουσα τιμή προσφοράς αγοράς και οι πωλητές κατά φθίνουσα τιμή προσφοράς πώλησης, και τα ζεύγη των συναλλασσομένων προκύπτουν επιλέγοντας με τη σειρά τον πρώτο αγοραστή (που θα έχει την υψηλότερη προσφορά αγοράς) με τον πρώτο πωλητή (που θα έχει τη χαμηλότερη προσφορά πώλησης), ενώ η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται διαδοχικά έως ότου η προσφορά αγοράς του *i*-στού αγοραστή γίνει μικρότερη από την προσφορά του *i*-στού πωλητή. Στο σημείο αυτό δεν είναι δυνατή η διεξαγωγή περαιτέρω συναλλαγών καθώς οι εναπομείναντες εμπορευόμενοι είναι εξω-περιθωριακοί.

Η δεύτερη πολιτική είναι αυτή του *ταιριάσματος με μεγιστοποίηση του όγκου των συναλλαγών (max-volume matching – MV)*. Σε αυτήν την περίπτωση, τόσο οι αγοραστές όσο και οι πωλητές διατάσσονται (κάθε κατηγορία ξεχωριστά) σε αύξουσα σειρά προσφορών. Στη συνέχεια, οι συναλλαγές διεξάγονται ανάμεσα στον *i*-στό αγοραστή και τον *i*-στό πωλητή μέχρις ότου η προσφορά αγοράς γίνει μικρότερη της αντίστοιχης προσφοράς πώλησης. Η πολιτική αυτή, όπως φαίνεται και από το όνομά της, έχει σαν στόχο τη μεγιστοποίηση του αριθμού των συναλλαγών σε βάρος του δυνητικού κέρδους των πρακτόρων εμπορίου. Αυτό συμβαίνει, καθώς είναι δυνατή μία συναλλαγή ανάμεσα σε έναν ενδο-περιθωριακό εμπορευόμενο (αγοραστή ή πωλητή) και έναν εξω-περιθωριακό πράκτορα εμπορίου της άλλης κατηγορίας (πωλητή ή αγοραστή αντίστοιχα).

3.5.2 Πολιτική Τιμής Αναφοράς

Το δεύτερο κομμάτι της πολιτικής ενός ειδήμονα αφορά στην *τιμή αναφοράς* (*quote*) και για το λόγο αυτό καλείται *πολιτική τιμής αναφοράς* (*quote policy*) ([35], [39]). Οι τιμές αναφοράς καθορίζουν την ελάχιστη τιμή προσφοράς αγοράς και τη μέγιστη τιμή προσφοράς πώλησης που μπορούν να υποβληθούν στην αγορά οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

Σε μία πολιτική *διμερούς τιμής αναφοράς* (*two-sided quoting*) η τιμή αναφοράς προσφοράς αγοράς θα είναι η μέγιστη από τη μεγαλύτερη προσφορά πώλησης που έχει οδηγηθεί σε συναλλαγή και την υψηλότερη εκκρεμή προσφορά αγοράς. Η τιμή αναφοράς προσφοράς πώλησης ορίζεται με παρόμοιο τρόπο ως η ελάχιστη από τη μικρότερη προσφορά αγοράς που έχει καταλήξει σε συναλλαγή και τη χαμηλότερη εκκρεμή προσφορά πώλησης..

Αντίθετα, σε μία πολιτική *μονομερούς τιμής αναφοράς* (*one-sided quoting*) οι αντίστοιχες τιμές αναφοράς λαμβάνουν υπόψιν τις πλησιέστερες τιμές από την πλευρά μόνο των εκκρεμών προσφορών. Αυτή η πολιτική είναι πιο ελαστική στην υποβολή των προσφορών, όμως στην περίπτωση της συνεχούς εκκαθάρισης ταυτίζεται με την πολιτική διμερούς τιμής αναφοράς. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης διασποράς τιμών και αυξάνει παράλληλα το κίνητρο των εξω-περιθωριακών πρακτόρων εμπορίου για την τροποποίηση των προσφορών τους έτσι ώστε να οδηγηθούν σε συναλλαγές.

3.5.3 Συνθήκη Εκκαθάρισης

Η *συνθήκη εκκαθάρισης* (*clearing condition*) καθορίζει τη χρονική στιγμή που θα διεκπεραιώνονται οι συναλλαγές κατά τη διάρκεια μίας ημέρας εμπορίου. Υπάρχουν τρεις βασικές στρατηγικές στο κομμάτι αυτό.

Η πρώτη είναι αυτή της *συνεχούς εκκαθάρισης* (*continuous clearing – CC*), ενώ η δεύτερη αυτή του *Οργανισμού Εκκαθάρισης* (*CH*), όπως αναλύθηκαν στην υποπαράγραφο 2.5.2.

Η τρίτη στρατηγική προσπαθεί να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα των παραπάνω εκκαθαρίζοντας την αγορά *στο τέλος ή στην αρχή κάθε γύρου εμπορίου* (*round clearing – CR*). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγάλη ρυθμαπόδοση

συναλλαγών ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η μυωπική αντιμετώπιση των προσφορών που χαρακτηρίζει τη συνεχή εκκαθάριση.

3.5.4 Πολιτική Αποδοχής Προσφορών

Κάθε ειδήμονας αποτελείται επιπλέον από μία *πολιτική αποδοχής των προσφορών* (*accepting policy*). Σε μία αγορά όλοι οι εμπορευόμενοι υποβάλλουν συνεχώς προσφορές με την πιο συμφέρουσα για αυτούς τιμή, έτσι ώστε αφενός να αποκτήσουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο κέρδος και αφετέρου να ελαχιστοποιήσουν την πιθανότητα απώλειας μίας πιθανής συναλλαγής λόγω των ανταγωνιστών τους. Ο ειδήμονας οφείλει να αποδέχεται μόνο τις προσφορές εκείνες, οι οποίες έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να καταλήξουν σε συναλλαγές και οι οποίες θα οδηγήσουν σε αγοραπωλησίες ανάμεσα στους εμπορευόμενους που εκτιμούν περισσότερο τα συναλλασσόμενα αγαθά. Σε αυτό το σημείο αναφέρουμε τις βασικότερες πολιτικές αποδοχής που έχουν μελετηθεί στη βιβλιογραφία [39].

Η πιο χαλαρή πολιτική αποδοχής είναι αυτή της *αδιάκριτης αποδοχής όλων των προσφορών των πρακτόρων εμπορίου* (*Always Accepting – AA*). Συνήθως, δεν οδηγεί σε καλά αποτελέσματα, αφού δίνει στους εμπορευόμενους το περιθώριο να προσφέρουν σε οποιαδήποτε τιμή με αποτέλεσμα την πολύ καθυστερημένη προσέγγιση του σημείου ισορροπίας, εάν αυτό επιτευχθεί τελικά.

Το ακριβώς αντίθετο κάνει η *πολιτική απόρριψης όλων των προσφορών* (*Never Accepting – NA*). Η πολιτική αυτή δε θα μπορούσε σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθεί στην πράξη, αφού ακυρώνει το σκοπό ύπαρξης των αγορών. Όμως, είναι πολύ χρήσιμη σε περιβάλλοντα ελέγχου των ανταγωνιστικών αγορών, αφού μία τέτοια αγορά καταφέρνει να συγκεντρώσει όλους τους «απογοητευμένους» από τους υπόλοιπους ειδήμονες πράκτορες εμπορίου, οι οποίοι καταλήγουν ζημιωμένοι από τους τελευταίους και καταφεύγουν αναγκαστικά σε μία τέτοια αγορά. Πρόκειται επομένως για μία πολιτική ελέγχου του ατομικού ορθολογισμού των υπόλοιπων μηχανισμών.

Μία άλλη πολιτική είναι αυτή σύμφωνα με την οποία *γίνονται δεκτές οι προσφορές που ξεπερνούν τις τιμές αναφοράς* (*Quote Beating – QB*). Πρόκειται για τον κανόνα του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης, όπως αναλύθηκε στην υποπαράγραφο 2.5.3.

Ακόμα μία πολιτική είναι αυτήν όπου οι προσφορές οφείλουν να *υπερνικούν το εκτιμώμενο σημείο ισορροπίας (Equilibrium Beating – EB)*, όπως αναφέρθηκε στον κανόνα N-τιμολόγησης της υποπαραγράφου 2.5.5.

Σε μία ΔΔ, όπως αυτές του διαγωνισμού, όπου κάθε προσφορά μπορεί να τροποποιηθεί ακόμα και μετά από την επιτυχημένη υποβολή της, μία πολιτική αποδοχής θα μπορούσε να επιβάλλει τον κανόνα ότι κάθε τροποποιημένη προσφορά οφείλει να είναι καλύτερη από την προηγούμενή της. Η πολιτική αυτή ονομάζεται *πολιτική υπερνίκησης του εαυτού (Self Beating – SB)*.

Μία επιπλέον πολιτική που *στηρίζεται στις προηγούμενες συναλλαγές προκειμένου να καθορίσει τους κανόνες αποδοχής των προσφορών (Transaction Based – TB)* είναι αυτή η οποία παρακολουθεί τις πιο πρόσφατες προσφορές που οδήγησαν σε συναλλαγή και χρησιμοποιεί τη χαμηλότερη προσφορά αγοράς και την υψηλότερη προσφορά πώλησης από αυτές ως περιορισμούς για τις μελλοντικές προσφορές.

Τέλος, μία πολιτική αποδοχής προσφορών εμπνευσμένη από τη στρατηγική πλειοδοσίας GD είναι αυτή που *βασίζεται στην ιστορία των προσφορών (History Based – HB)*. Σύμφωνα με αυτήν την πολιτική, υπολογίζεται η πιθανότητα της οδήγησης σε συναλλαγή για κάθε προσφορά με βάση τις προηγούμενες προσφορές, και, εάν αυτή η πιθανότητα είναι μεγαλύτερη ή ίση από μία τιμή κατωφλίου, η προσφορά γίνεται δεκτή, αλλιώς απορρίπτεται.

3.5.5 Πολιτική Τιμολόγησης

Η *πολιτική τιμολόγησης (pricing policy)* προσδιορίζει την τιμή στην οποία θα διεξαχθεί κάθε συναλλαγή. Οι πιο γνωστές πολιτικές που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι αυτές της k-τιμολόγησης και N-τιμολόγησης, όπως έχουν παρουσιαστεί στις υποπαραγράφους 2.5.4 και 2.5.5 αντίστοιχα.

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να τονίσουμε ότι η ομοιόμορφη k-τιμολόγηση δεν είναι δυνατό να συνδυαστεί με μία MV πολιτική ταιριάσματος, καθώς ενδέχεται η τιμή που υπολογίζεται να βρίσκεται εκτός του διαστήματος των προσφορών αγοράς και πώλησης. Το ίδιο συμβαίνει και για τη συνθήκη εκκαθάρισης CC.

3.5.6 Πολιτική Χρέωσης

Το μεγαλύτερο κομμάτι της έρευνας μέχρι τώρα αφορά στον τρόπο που θα υλοποιηθεί ένας μηχανισμός χωρίς πληρωμές, ο οποίος μπορεί να συντηρηθεί αυτόνομα, προκειμένου να ικανοποιήσει πλήρως και αποκλειστικά το σύνολο των εμπορευομένων σύμφωνα με τα κριτήρια που αναλύθηκαν στην υποπαράγραφο 2.3.1.

Στην πραγματικότητα όμως, οι αγορές λειτουργούν με προσωπικό, το οποίο πρέπει με κάποιον τρόπο να πληρωθεί. Ειδικά, όταν πρόκειται για αγορές που ανταγωνίζονται μεταξύ τους, το μεγαλύτερο κίνητρο για την προσέλκυση πελατών αποτελεί το κέρδος.

Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε να εισαχθεί μία επιπλέον πολιτική για τους ειδήμονες, η *πολιτική χρέωσης (charging policy)*. Το κομμάτι αυτό αφορά στον τρόπο με τον οποίο θα επιλέγονται οι αμοιβές που θα επιβάλλονται από τον ειδήμονα στους πράκτορες εμπορίου που θα τον επιλέξουν. Στόχος είναι η αποκόμιση του μέγιστου δυνατού κέρδους με γνώμονα την ανταγωνιστικότητα του ειδήμονα, έτσι ώστε να συνεχίσει να προσελκύει πελάτες, διατηρώντας ή και αυξάνοντας το μερίδιό του στη συνολική αγορά.

Σύμφωνα με τον κανονισμό του διαγωνισμού, υπάρχουν πέντε είδη αμοιβών, οι οποίες μπορούν να μεταβάλλονται από ημέρα σε ημέρα αλλά παραμένουν σταθερές σε όλη τη διάρκεια κάθε ημέρας εμπορίου και είναι κοινές για όλους τους εμπορευόμενους:

- *Αμοιβή εγγραφής (registration fee)*. Πρόκειται για το ποσό που οφείλει να καταβληθεί από κάθε πράκτορα εμπορίου προκειμένου να συμμετάσχει στη συγκεκριμένη αγορά. Το ποσό αυτό καταβάλλεται μία φορά στην αρχή της ημέρας εμπορίου.
- *Αμοιβή πληροφορίας (information fee)*. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κάθε πράκτορας εμπορίου, όπως και κάθε ειδήμονας, μπορεί να παρακολουθεί τις προσφορές και τις συναλλαγές στις υπόλοιπες αγορές. Αυτή η επιπρόσθετη πληροφορία δεν παρέχεται δωρεάν και το ποσό της πληρωμής που της αντιστοιχεί αντιπροσωπεύεται από αυτήν την αμοιβή.
- *Αμοιβή προσφοράς (shout fee)*. Κάθε συναλλασσόμενος πληρώνει αυτό το ποσό κάθε φορά που υποβάλλει μία νέα προσφορά. Παρ'όλα αυτά, όταν η

προσφορά αποτελεί τροποποίηση μίας προηγούμενης που έχει υποβληθεί επιτυχώς, δεν είναι απαραίτητη η επανακαταβολή αυτού του ποσού.

- *Αμοιβή συναλλαγής (transaction fee)*. Αντίστοιχα με την αμοιβή προσφοράς, το ποσό που ορίζεται από αυτήν την αμοιβή καταβάλλεται κάθε φορά που διεκπεραιώνεται μία συναλλαγή και από τους δύο συμμετέχοντες σε αυτήν.
- *Αμοιβή κέρδους (profit fee)*. Πρόκειται για ένα ποσό, το οποίο, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα, προκύπτει ως ένα ποσοστό του συνολικού κέρδους των συναλλασσομένων μετά από κάθε επιτυχημένη συναλλαγή. Έτσι, εάν a η τιμή προσφοράς πώλησης, b η αντίστοιχη τιμή προσφοράς αγοράς και p η τιμή της συναλλαγής, τότε μία αμοιβή κέρδους, $x\%$, θα δώσει στον ειδήμονα έσοδα, ε :
$$\varepsilon = (x\%) \cdot (b - p) + (x\%) \cdot (p - a), \quad a \leq p \leq b.$$

3.6 Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση των συμμετεχόντων γίνεται σε τρία βασικά μέρη, τα οποία στη συνέχεια συμψηφίζονται για να δώσουν το σκορ του καθενός για κάθε ημέρα εμπορίου [18].

Το πρώτο μέρος της αξιολόγησης αφορά στον αριθμό των πρακτόρων εμπορίου που συμμετέχουν στην αγορά κάθε ειδήμονα. Όπως και σε οποιαδήποτε πραγματική αγορά, κάθε ειδήμονας προσπαθεί να συγκεντρώσει όσο το δυνατό μεγαλύτερο αριθμό εμπορευομένων. Το μέτρο εκτίμησης αυτής της ικανότητας είναι το *μερίδιο της αγοράς (market share)* κάθε ειδήμονα, το οποίο υπολογίζεται διαιρώντας τον αριθμό των πελατών που εγγράφονται σε αυτόν κάθε ημέρα με το συνολικό αριθμό εμπορευομένων του παιχνιδιού.

Το δεύτερο κριτήριο αφορά στο κέρδος που αποκομίζει καθημερινά κάθε ειδήμονας προτρέποντας με αυτόν τον τρόπο τους συμμετέχοντες για τη σχεδίαση μηχανισμών με πληρωμές. Όπως και στην περίπτωση του μεριδίου αγοράς, το καθημερινό *σκορ του κέρδους (profit score)* υπολογίζεται διαιρώντας το κέρδος του ειδήμονα στο τέλος της ημέρας με το συνολικό κέρδος όλων των ενεργών συμμετεχόντων για την ίδια ημέρα.

Το τελευταίο κομμάτι της αξιολόγησης έχει σαν στόχο την εκτίμηση της ευστοχίας των εσωτερικών κανόνων της αγοράς μέσω του μέτρου του *ρυθμού επιτυχίας των συναλλαγών (transaction success rate – TSR)*, που υπολογίζει το ποσοστό των

προσφορών που οδηγήθηκαν σε συναλλαγή προς το συνολικό αριθμό των προσφορών που υποβλήθηκαν στην αγορά. Έτσι, εάν N_a είναι ο αριθμός των προσφορών πώλησης, N_b ο αριθμός των προσφορών αγοράς και N_t ο αριθμός των συναλλαγών που έγιναν μέχρι το τέλος της ημέρας στην αγορά ενός ειδήμονα, ο ρυθμός επιτυχίας των συναλλαγών θα είναι:

$$TSR = \frac{2 \cdot N_t}{N_a + N_b}.$$

Και τα τρία παραπάνω κριτήρια είναι πολύ σημαντικά και πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν με την ίδια βαρύτητα. Για το λόγο αυτό, οι διοργανωτές αποφάσισαν ότι το καθημερινό σκορ (*daily score*) κάθε αγοράς θα δίνεται από το μέσο όρο των παραπάνω μετρικών, δηλαδή:

$$daily\ score = \frac{1}{3} \cdot market\ share + \frac{1}{3} \cdot profit\ score + \frac{1}{3} \cdot TSR$$

Αν και ο αριθμός των ημερών εμπορίου για κάθε παιχνίδι έγινε γνωστός, οι διοργανωτές ανακοίνωσαν ότι η αξιολόγηση των συμμετεχόντων θα αρχίζει από μία τυχαία επιλεγμένη ημέρα εμπορίου και θα ολοκληρώνεται σε μία επίσης τυχαία επιλεγμένη ημέρα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Τα σκορ όλων των ενδιαμέσων ημερών προσμετρώνται ισάξια στο σκορ κάθε παιχνιδιού, το οποίο προκύπτει από το άθροισμά τους. Το τελικό σκορ κάθε ειδήμονα είναι το άθροισμα των σκορ κάθε ενός από τα τελικά παιχνίδια.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση του Παιχνιδιού

4.1 Τομείς Έρευνας και Προκλήσεις

Ο διαγωνισμός CAT εισάγει μία πληθώρα προκλήσεων για κάθε διαγωνιζόμενο. Το περιβάλλον είναι αβέβαιο και δυναμικό τόσο από πλευράς πρακτόρων εμπορίου όσο και από τη μεριά των ανταγωνιστικών αγορών. Πρόκειται για ένα στοχαστικό παιχνίδι, το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την αδυναμία ακριβούς επανάληψης κάθε πειράματος. Κάθε αγορά αποτελεί ένα ανοικτό σύστημα, όπου η αναλογία και οι στρατηγικές των συμμετεχόντων μπορούν να μεταβάλλονται από ημέρα σε ημέρα. Το ίδιο ισχύει και για τα χαρακτηριστικά (τυχαίες μεταβλητές) των στρατηγικών πλειοδοσίας. Επιπλέον, δεδομένου ότι δεν έχει βρεθεί μία κυρίαρχη στρατηγική, κανένας διαγωνιζόμενος δε μπορεί να είναι απόλυτα σίγουρος για την αποτελεσματικότητα της αγοράς του. Πρέπει λοιπόν να επιλεχθούν εκείνα τα επιθυμητά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά που πιστεύει κάθε σχεδιαστής ότι θα βοηθήσουν την αγορά του να αντεπεξέλθει ικανοποιητικά κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες στα πλαίσια του διαγωνισμού. Στις υποπαραγράφους που ακολουθούν μελετάμε αναλυτικότερα αυτές τις προκλήσεις και τις σχεδιαστικές επιλογές και υποχωρήσεις που πρέπει να κάνει κάθε ειδήμονας.

4.1.1 Αντιμετώπιση Πελατών

Η πληροφόρηση σχετικά με τους εμπορευόμενους δεν είναι ούτε τέλεια ούτε πλήρης. Κάθε ειδήμονας πρέπει επομένως να συμπεραίνει αρκετά χαρακτηριστικά τους με μοναδικό γνώμονα την παρατήρηση της συμπεριφοράς τους μέσα στο παιχνίδι.

Η πρώτη μεγάλη αβεβαιότητα που εισάγεται είναι οι τιμές επιφύλαξης των πρακτόρων εμπορίου, οι οποίες είναι άγνωστες, αν και σταθερές, στους ειδήμονες. Σε μία βέλτιστη αντιμετώπισή τους, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται κοινωνική ευημερία, μεγιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την αποδοτικότητα της αγοράς, κάθε διαγωνιζόμενος θα χρειαζόταν τις ιδιωτικές τους αξίες, όπως και τον αριθμό των αγαθών που προτίθενται να συναλλάξουν και θα υπολόγιζε το σημείο ισορροπίας κατανέμοντας δίκαια τα αγαθά, δηλαδή σε αυτούς που τα εκτιμούν περισσότερο.

Ωστόσο, οι εμπορευόμενοι δεν αποκαλύπτουν καμία από τις παραπάνω πτυχές προκειμένου να εξυπηρετήσουν τις προσωπικές τους εγωιστικές φιλοδοξίες, αδιαφορώντας για το «κοινό καλό» της αγοράς. Επιπλέον, οι πράκτορες εμπορίου ακολουθούν την ανθρώπινη, περιορισμένα ορθολογική συμπεριφορά. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και αν μία αγορά επιβάλλει κανόνες σύμφωνα με τις αρχές του παραδοσιακού ΣΜ, παροτρύνοντας τους συμμετέχοντες να αποκαλύψουν άμεσα την ιδιωτική τους αξία (συμβατότητα με το κίνητρο), αυτό δε σημαίνει ότι θα συμβεί, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα, και σίγουρα όχι από όλους τους πράκτορες. Εξάλλου, η ύπαρξη πολλών ανταγωνιστικών αγορών δίνει την ευκαιρία στους εμπορευόμενους να επιλέξουν σταδιακά κάποιον άλλο, λιγότερο «πιεστικό» μηχανισμό που θα τους αποφέρει ατομικά μεγαλύτερο κέρδος.

Κάθε διαγωνιζόμενος μπορεί λοιπόν να κάνει μία εκτίμηση του σημείου ισορροπίας με βάση τις προσφορές των εμπορευομένων. Στη συνέχεια, οφείλει να φροντίσει τον όσο το δυνατόν ορθότερο διαχωρισμό τους σε ενδο-περιθωριακούς και εξω-περιθωριακούς πράκτορες εμπορίου έτσι ώστε να καταφέρει να ελαχιστοποιήσει τις απώλειες σε κέρδος από τις συναλλαγές μεταξύ των πρακτόρων της πρώτης κατηγορίας και των εμπορευομένων της δεύτερης (EMI), καθώς και την αποτυχία συμμετοχής σε συναλλαγές της πρώτης κατηγορίας (VI).

Η προσέγγιση του πραγματικού σημείου ισορροπίας από αυτό που φαίνεται μέσω των προσφορών επηρεάζεται τόσο από τις στρατηγικές πλειοδοσίας των πρακτόρων εμπορίου όσο και από την αναλογία τους στην αγορά κάθε ημέρα. Εάν κάποιος επιθυμεί να εκτιμήσει με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια το πραγματικό σημείο ισορροπίας, πρέπει να καταφύγει σε τεχνικές κατηγοριοποίησης από το πεδίο της *Εξόρυξης Δεδομένων (Data Mining)*. Σύμφωνα με αυτές τις μεθόδους, γίνεται αρχικά προσπάθεια διαχωρισμού των πρακτόρων εμπορίου στο πεπερασμένο και προκαθορισμένο σύνολο των στρατηγικών πλειοδοσίας με βάση τη συμπεριφορά τους, δηλαδή την αλληλουχία και τη χρονική στιγμή των προσφορών που

υποβάλλουν. Αφού επιτευχθεί κάτι τέτοιο, ακολουθεί μία *ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis)* προκειμένου να εκτιμηθούν οι τιμές επιφύλαξης των πρακτόρων εμπορίου σύμφωνα με την εκτιμώμενη κατηγορία και τις τιμές των υποβληθεισών προσφορών.

Οι *M. Gruman* και *M. Narayana* [26] δημοσίευσαν μία προσπάθειά τους για την κατηγοριοποίηση των στρατηγικών των πρακτόρων εμπορίου του CAT. Όπως αναφέρουν, η δημιουργία ενός μοντέλου κατηγοριοποίησης κατά τη διάρκεια του διαγωνισμού είναι αρκετά δύσκολη, καθώς οι προσφορές των εμπορευομένων καλύπτονται έτσι ώστε να είναι αδύνατη η αντιστοιχία τους με τον ιδιοκτήτη πράκτορα μέχρις ότου να γίνουν αποδεκτές από τον ειδήμονα. Έτσι, τροποποίησαν την πλατφόρμα του διαγωνισμού ώστε να αποκτήσουν αυτήν την πληροφορία προκειμένου να δημιουργήσουν το μοντέλο offline και στη συνέχεια το χρησιμοποίησαν για έλεγχο με τη διεξαγωγή ενός πλήθους παιχνιδιών. Τα αποτελέσματα δεν είναι αρκετά ενθαρρυντικά, αφού επιτυγχάνουν 62% ακρίβεια κατηγοριοποίησης στην καλύτερη περίπτωση με χρήση *Κρυμμένων Μοντέλων Markov (Hidden Markov Models – HMM)*. Φυσικά, τα παραπάνω μοντέλα αναφέρονται σε γενικά χαρακτηριστικά των στρατηγικών πλειοδοσίας, καθώς η ατομική μοντελοποίηση κάθε πράκτορα εμπορίου δεδομένου του πλήθους των εμπορευομένων και των στενών χρονικών περιθωρίων γίνεται από ιδιαίτερα δύσκολη έως και αδύνατη. Οι ερευνητές επιχείρησαν στη συνέχεια να δημιουργήσουν έναν ειδήμονα βασισμένο σε ένα *μοντέλο διαδικασίας απόφασης Markov (Markov Decision Process – MDP)* χωρίς ωστόσο να καταφέρουν να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά τη νεοαποκτηθείσα πληροφορία.

Πέρα όμως από την επιρροή των στρατηγικών πλειοδοσίας, το ανταγωνιστικό περιβάλλον του διαγωνισμού επιβάλλει τη μελέτη του τρόπου επιλογής της αγοράς από τους πράκτορες εμπορίου. Το γεγονός ότι οι στρατηγικές αυτές ποικίλλουν και αποτελούνται από πολλές, άγνωστες παραμέτρους, δυσχεραίνουν περαιτέρω τους συμμετέχοντες. Η ιστορία του παιχνιδιού φαίνεται να διαδραματίζει το μεγαλύτερο ρόλο στο κομμάτι αυτό, καθώς μία λάθος μεταχείριση των εμπορευομένων μπορεί να τους απομακρύνει από την αγορά για ολόκληρο το υπόλοιπο του παιχνιδιού. Ένα από τα πιο κρίσιμα κριτήρια της σχεδίασης είναι ο ατομικός ορθολογισμός, πρέπει δηλαδή κάθε πράκτορας να αποκομίζει μεγαλύτερο κέρδος μέσω της συμμετοχής του στην αγορά από τη συμμετοχή του σε οποιαδήποτε άλλη αγορά.

4.1.2 Εσωτερική Δομή

Εκτός όμως από την αναγνώριση των στοιχείων συμπεριφοράς των πρακτόρων εμπορίου, οι κυριότερες προκλήσεις αναφέρονται στο σχεδιασμό ανεξάρτητων από αυτά τα χαρακτηριστικά αγορών ΔΔ.

Η μεγαλύτερης σημασίας πρόκληση σχετίζεται με την ανταγωνιστικότητα στο καθημερινό σκορ των ειδήμωνων. Από τη μία πλευρά είναι επιθυμητή η συγκέντρωση μεγάλου αριθμού πελατών για κάθε αγορά και από την άλλη το μεγάλο κέρδος. Τα δύο αυτά μέτρα, αν και δεν είναι πλήρως αντιφατικά, μπορούν να οδηγήσουν σε αντικρουόμενους στόχους. Οι μικρές αμοιβές αποτελούν πόλο έλξης των πρακτόρων εμπορίου προσφέροντας όμως μικρό κέρδος στον ειδήμονα. Από την άλλη πλευρά, η επιλογή μεγάλων χρεώσεων αυξάνει αρκετά το κέρδος αλλά περιορίζει τον αριθμό των πρακτόρων που έχουν τη δυνατότητα και επιθυμούν πλέον την παραμονή τους στη συγκεκριμένη αγορά. Επίσης, η αποδοχή μικρού αριθμού προσφορών προκειμένου να αυξηθεί ο TSR μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του δυνατού αριθμού των συναλλαγών οδηγώντας την αγορά σε απώλειες κέρδους και μεριδίου αγοράς. Είναι απαραίτητες επομένως οι αμοιβαίες υποχωρήσεις μέχρι να βρεθεί ένας βέλτιστος συνδυασμός τους, ο οποίος είναι εξαιρετικά δύσκολος στον υπολογισμό του και μεταβάλλεται συνεχώς σύμφωνα με τις τρέχουσες συνθήκες του παιχνιδιού.

Προκειμένου να επιτευχθούν τα παραπάνω τίθεται το ζήτημα της επιλογής του συνδυασμού των πολιτικών που πρέπει να επιλέξει κάθε διαγωνιζόμενος. Μία μέθοδος είναι να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα με αρθρωτό τρόπο μελετώντας κάθε πολιτική ως ένα ξεχωριστό πρόβλημα βελτιστοποίησης και συνδυάζοντας στο τέλος τις επιμέρους λύσεις, όπως έγινε με μεγάλη επιτυχία από την ομάδα του Southampton το 2007 [63]. Ωστόσο, προσωπική πεποίθηση είναι ότι αρκετές από τις πολιτικές κάθε διαγωνιζόμενου αλληλοσυσχετίζονται άμεσα και το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί συνολικά. Για παράδειγμα, όπως προαναφέρθηκε, μία πολιτική ομοιόμορφης τιμολόγησης δε μπορεί να συνδυαστεί επαρκώς με μία συνθήκη συνεχούς εκκαθάρισης, αφού πολλές φορές η προτεινόμενη τιμή βρίσκεται εκτός του διαστήματος που ορίζεται από την αντίστοιχη προσφορά αγοράς και πώλησης. Επιπλέον, μία χαλαρή πολιτική αποδοχής των προσφορών, όπως είναι η ΑΑ, οφείλει να συνδυάζεται με μία αυστηρή πολιτική ταιριάσματος και τιμολόγησης προκειμένου να ενθαρρύνονται οι ενδο-περιθωριακές συναλλαγές και να αποθαρρύνονται οι αντίστοιχες εξω-περιθωριακές, ενώ παράλληλα πρέπει να γίνει κατάλληλη επιλογή

των αμοιβών αποκλείοντας από τις συναλλαγές τους εξω-περιθωριακούς πράκτορες εμπορίου.

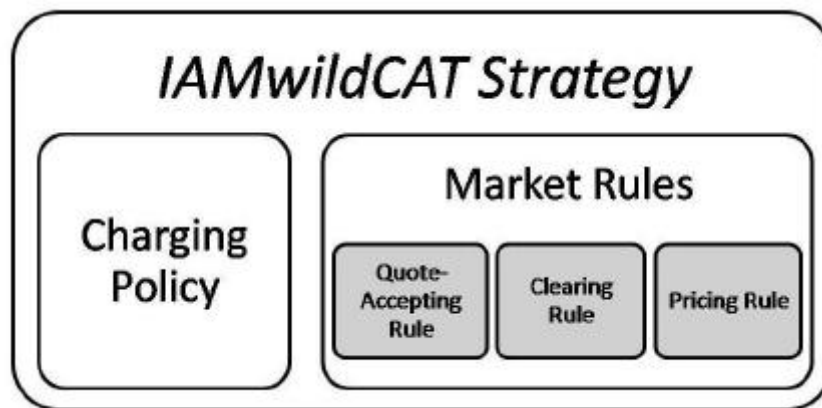
Οι κυριότερες μελέτες που αφορούν στις πολιτικές αποδοχής, τιμολόγησης και τη συνθήκη εκκαθάρισης αναφέρθηκαν αναλυτικά στην παράγραφο 2.5. Τα μοντέλα αυτά δεν αποτελούν σε καμία περίπτωση πανάκεια αλλά προσφέρουν μία χρήσιμη καθοδήγηση. Πέρα όμως από αυτές τις πολιτικές, ο διαγωνισμός αποτελεί μία από τις πρώτες προσπάθειες ενσωμάτωσης του προβλήματος επιλογής της πολιτικής χρέωσης. Κάθε διαγωνιζόμενος πρέπει επομένως να επιλέξει την ποσότητα και το είδος των αμοιβών που θα απαιτηθούν κάθε ημέρα εμπορίου αντιμετωπίζοντας επιπρόσθετες προκλήσεις. Η αμοιβή εγγραφής χρεώνεται για κάθε πράκτορα, επομένως αποτελεί έναν καλό τρόπο απομάκρυνσης των ανεπιθύμητων εξω-περιθωριακών πελατών, εφόσον έχει προνοηθεί η ρύθμιση των εσωτερικών κανόνων της αγοράς έτσι ώστε να αποκλείονται οι συγκεκριμένοι εμπορευόμενοι από πιθανές συναλλαγές. Το ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα μπορεί να έχει και μία έντεχνη επιβολή της αμοιβής προσφοράς. Η αμοιβή πληροφορίας χρεώνεται τόσο για τους εμπορευόμενους που την απαιτούν όσο και για τους ανταγωνιστικούς ειδήμονες που επιζητούν περαιτέρω πληροφόρηση. Οι μόνες στρατηγικές πλειοδοσίας που επιθυμούν αυτήν την πληροφορία είναι οι GD και ZIP, οπότε η αμοιβή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αναγνώριση των πρακτόρων που τις χρησιμοποιούν όσο και για τη διακριτική μεταχείρισή τους. Επιπλέον, αυτή η αμοιβή αποτελεί το μόνο «επιθετικό όπλο» των ειδημόνων προς τους αντιπάλους τους, αφού οι τελευταίοι οφείλουν να καταβάλλουν το συγκεκριμένο ποσό προκειμένου να παρακολουθήσουν την αγορά, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το κέρδος τους. Τέλος, οι αμοιβές συναλλαγής και κέρδους αφορούν αποκλειστικά τις διεξαχθείσες συναλλαγές. Η πρώτη αναφέρεται σε ένα απόλυτο ποσό ενώ η δεύτερη σε ένα ποσοστό του συνολικού κέρδους από κάθε συναλλαγή για τους πράκτορες εμπορίου. Πρόκειται για αμοιβές που χρεώνονται σε επικερδείς συναλλασσομένους και παρέχουν ίσως το μεγαλύτερο κίνητρο για χρήση, αφού, εάν υπολογιστούν προσεκτικά, δε μπορούν να οδηγήσουν τους εμπορευόμενους σε απώλειες χρηματικών ποσών (για την ακρίβεια η αμοιβή κέρδους δεν οδηγεί ποτέ τους συμμετέχοντες σε ζημία).

4.2 Σχετικές Συμμετοχές

Στην παράγραφο αυτήν παρουσιάζονται δύο ειδήμονες (*IAMwildCAT* [63], *CrocodileAgent* [44]) των ομάδων του 2007 που δημοσίευσαν τις στρατηγικές τους στο *Ευρωπαϊκό Συνέδριο Τεχνητής Νοημοσύνης 2008 (ECAI'08)* και στο *Trading Agent Design and Analysis Workshop 2008*, στα πλαίσια του 23^{ου} συνεδρίου Τεχνητής Νοημοσύνης (*AAAI'08*), αντίστοιχα. Αυτές οι ομάδες απέσπασαν την πρώτη και την τρίτη θέση αντίστοιχα στο διαγωνισμό του CAT το 2007 και αξίζουν περαιτέρω ανάλυση.

4.2.1 IAMwildCAT

Η δομή της στρατηγικής του IAMwildCAT [63] παρουσιάζεται στο σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1. Δομή της στρατηγικής του IAMwildCAT [63].

Η πολιτική αποδοχής – τιμής αναφοράς (quote-accepting policy), όπως αναφέρεται, αποτελεί μία τροποποίηση της ΕΒ για τους πρώτους γύρους, όπου οι αποδεκτές προσφορές αγοράς και πώλησης οφείλουν να ξεπερνούν τις αντίστοιχες τιμές κατωφλίου, οι οποίες βασίζονται στην εκτίμηση του σημείου ισορροπίας. Το σημείο ισορροπίας, p^* , υπολογίζεται μέσω ενός παραθύρου κινούμενου μέσου με βάρη, λαμβάνοντας υπόψιν τις διεξαχθείσες συναλλαγές κατά τη διάρκεια της ημέρας και δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στις πιο πρόσφατες συναλλαγές. Δεδομένου ότι οι πράκτορες εμπορίου μπορεί να διαφέρουν κάθε ημέρα εμπορίου, ο υπολογισμός του σημείου ισορροπίας επανεκκινεί εκ νέου στην αρχή κάθε ημέρας. Όπως μπορεί να αντιληφθεί κανείς, στο άνοιγμα της ημέρας υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα για τις τιμές

των συναλλαγών, η οποία ελαττώνεται σταδιακά καθώς διεξάγονται οι συναλλαγές ανάμεσα στους εμπορευόμενους. Έτσι, οι ερευνητές αυτής της ομάδας αποφάσισαν να επιβάλλουν την ελάχιστη αποδεκτή τιμή προσφοράς αγοράς, bid_{min} , και τη μέγιστη τιμή προσφοράς πώλησης, ask_{max} , ως εξής:

$$\begin{aligned} bid_{min} &= (1 - \alpha_\tau) \cdot p^* - \alpha_a \\ ask_{max} &= (1 + \alpha_\tau) \cdot p^* + \alpha_a \end{aligned}$$

όπου η παράμετρος α_τ αντιπροσωπεύει το σφάλμα εκτίμησης του σημείου ισορροπίας και είναι ανάλογη της διασποράς των τιμών των συναλλαγών κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ η α_a αποτελεί ένα συντελεστή χαλαρότητας για την αποδοχή των προσφορών. Επιπλέον, καθώς οι περισσότερες επικερδείς συναλλαγές ανάμεσα στους ενδο-περιθωριακούς εμπορευόμενους διεκπεραιώνονται στους πρώτους γύρους της ημέρας, για να αποφευχθεί η πιθανή αποτυχία συναλλαγών των περιθωριακών πρακτόρων εμπορίου, κατά τη διάρκεια των τελευταίων γύρων της ημέρας η πολιτική αυτή τροποποιείται ώστε να αποδέχεται μόνο τις προσφορές οι οποίες μπορούν άμεσα να εκκαθαριστούν μαζί με τις εναπομείναντες των προηγούμενων γύρων.

Η συνθήκη εκκαθάρισης είναι μία παραλλαγή του κανόνα CR, σύμφωνα με τον οποίον οι συναλλαγές διεξάγονται στο τέλος κάθε γύρου εμπορίου με εξαίρεση τους τελευταίους γύρους όπου πραγματοποιείται συνεχής εκκαθάριση (CC).

Η πολιτική ταιριάσματος αποτελεί μία υβριδική υλοποίηση των ME και MV πολιτικών. Πιο συγκεκριμένα, στους πρώτους γύρους κάθε ημέρας, οι συναλλαγές διεξάγονται έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί το συνολικό κέρδος των συναλλασσομένων (ME), ενώ στους τελευταίους γύρους γίνεται προσπάθεια μεγιστοποίησης του αριθμού των συναλλαγών (MV), επιτρέποντας τις συναλλαγές ανάμεσα σε ενδο-περιθωριακούς και εξω-περιθωριακούς πελάτες προκειμένου να αυξηθεί ο TSR.

Η πολιτική τιμολόγησης αποτελεί μία τροποποίηση του κανόνα της διακριτικής k-τιμολόγησης, όπου η παράμετρος k υπολογίζεται σύμφωνα με το μέσο όρο της αναλογίας των αγοραστών και πωλητών της αγοράς για τις τελευταίες 10 ημέρες εμπορίου. Προκειμένου να αποφευχθούν ακραίες τιμές για το k, αυτό περιορίζεται στο διάστημα [0.3, 0.7].

Η πολιτική χρέωσης βασίζεται σε ευρετικές μεθόδους και προσπαθεί να διατηρήσει ένα στοχευόμενο ποσοστό κέρδους κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού ώστε

ο ειδήμονας να παραμείνει ανταγωνιστικός στο σκορ του κέρδους. Ο στόχος για το σκορ του κέρδους βασίζεται στο μερίδιο αγοράς του ειδήμονα, MS . Ειδικότερα, ο IAMwildCAT προσπαθεί να διατηρήσει ένα μερίδιο αγοράς, MS_{target} , στο διάστημα $[\frac{1}{N}, \frac{1.25}{N}]$, όπου N ο συνολικός αριθμός των αγορών του παιχνιδιού. Στη συνέχεια, ο ειδήμονας ρυθμίζει το στόχο του ποσοστού κέρδους, $P\%$, ανάλογα με το εάν έχει μεγαλύτερο ή μικρότερο μερίδιο αγοράς από τους αντιπάλους, σύμφωνα με τους εξής κανόνες:

- ο Εάν $MS < MS_{target}$, τότε γίνεται προσπάθεια έλξης πελατών και το επιθυμητό ποσοστό κέρδους θα είναι το μισό από το μέσο κέρδος των ειδημόνων, δηλαδή $P\% = \frac{50\%}{N}$.
- ο Εάν $MS > MS_{target}$, τότε γίνεται προσπάθεια εκμετάλλευσης των πελατών και το επιθυμητό ποσοστό κέρδους θα είναι διπλάσιο του μέσου κέρδους των ειδημόνων, δηλαδή $P\% = \frac{200\%}{N}$.

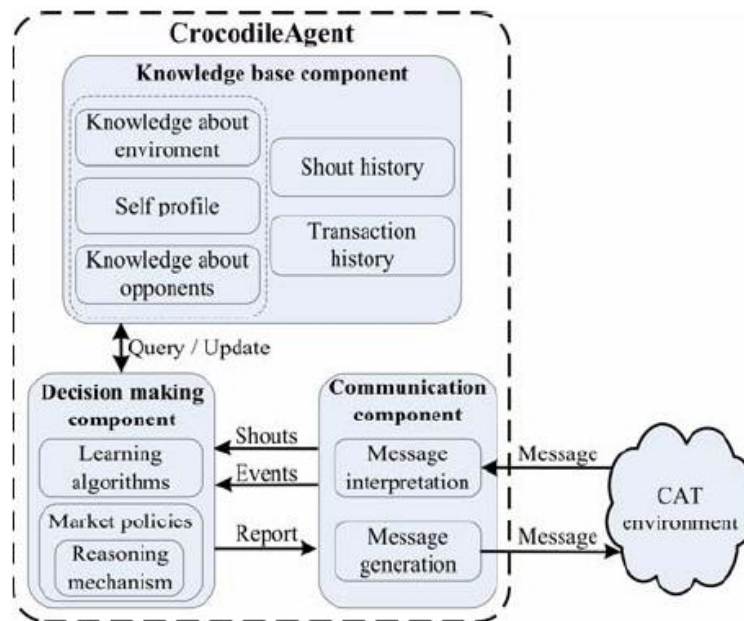
Ο στόχος του μεριδίου αγοράς μειώνεται σταδιακά εάν η έλξη των πελατών διαρκεί περισσότερο από 10 ημέρες και αυξάνεται για κάθε ημέρα εμπορίου όπου ο πράκτορας βρίσκεται σε κατάσταση εκμετάλλευσης των πελατών.

Η ομάδα του IAMwildCAT επέλεξε να χρησιμοποιήσει μόνο τις αμοιβές εγγραφής και κέρδους για την εξαγωγή του κέρδους του. Ειδικότερα, εάν $\Pi, \sigma, \tau, \varphi$, οι μέσες τιμές των πιο προσφάτων ημερών εμπορίου για το συνολικό κέρδος των αντιπάλων, τον αριθμό των πρακτόρων εμπορίου στην αγορά του IAMwildCAT, τον αριθμό των συναλλαγών και το κέρδος των συναλλαγών αντίστοιχα και εάν ο στόχος κέρδους είναι $\pi_{target} = P\%$, τότε η μέση αμοιβή που πρέπει να επιβληθεί ανά εμπορευόμενο είναι $ppt = \frac{\pi_{target}}{\sigma}$. Όταν ο πράκτορας βρίσκεται σε κατάσταση έλξης πελατών, η αμοιβή εγγραφής τοποθετείται στην τιμή $75\% \cdot ppt$, ενώ, όταν βρίσκεται σε κατάσταση εκμετάλλευσής τους, η αμοιβή αυτή είναι $50\% \cdot ppt$. Το υπόλοιπο κέρδος λαμβάνεται μέσω της αμοιβής κέρδους διαιρώντας το ποσό που απομένει με την τιμή φ . Εάν η τελευταία τιμή είναι μεγαλύτερη από 100%, τότε η αμοιβή κέρδους λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της, 1. Ο λόγος επιλογής αυτού του είδους των αμοιβών είναι ότι έτσι προσελκύονται οι ενδο-περιθωριακοί και παράλληλα απομακρύνονται οι ανεπιθύμητοι, εξω-περιθωριακοί εμπορευόμενοι.

Τέλος, καθώς το μερίδιο αγοράς είναι πιο σημαντικό τις αρχικές ημέρες εμπορίου, όλες οι αμοιβές μηδενίζονται για τις πρώτες 80 ημέρες προκειμένου να σταθεροποιηθεί αρκετά ο αριθμός των πρακτόρων εμπορίου της αγοράς. Επίσης, εκμεταλλευόμενοι τη γνώση της διάρκειας κάθε παιχνιδιού του διαγωνισμού, τις τελευταίες 100 ημέρες, και ιδιαίτερα τις τελευταίες 40 ημέρες εμπορίου, ο στόχος του κέρδους αυξάνεται υπερβολικά με αντίστοιχη άνοδο των αμοιβών.

4.2.2 CrocodileAgent

Η αρχιτεκτονική της στρατηγικής του CrocodileAgent παρουσιάζεται στο σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2. Δομή της στρατηγικής του CrocodileAgent [44].

Η πολιτική τιμολόγησης του CrocodileAgent αποτελεί μία τροποποίηση του κανόνα N-τιμολόγησης που περιγράφεται στην υποπαράγραφο 2.5.5. Η τροποποίηση αυτή αφορά στις περιπτώσεις, όπου η τιμή της συναλλαγής, p_t , βρίσκεται εκτός του διαστήματος των προσφορών αγοράς, p_b , και πώλησης, p_a .

Πιο συγκεκριμένα, ο υπολογισμός σε αυτές τις δύο περιπτώσεις γίνεται ως εξής:

- ο Εάν $p_t \geq p_b$, τότε $p_t = p_b - (p_b - p_a) \cdot W$
- ο Εάν $p_t \leq p_a$, τότε $p_t = p_a + (p_b - p_a) \cdot W$,

όπου $W \in [0, 1]$ είναι μία παράμετρος που υπολογίζεται ευρετικά.

Η πολιτική αποδοχής είναι μία υλοποίηση του κανόνα Εκτιμώμενου Σημείου Ισορροπίας (EE), όπως περιγράφεται επίσης στην υποπαράγραφο 2.5.5.

Η εκκαθάριση των προσφορών αποφασίστηκε να εκτελείται στο τέλος κάθε άρτιου γύρου εμπορίου.

Έμφαση δόθηκε και για αυτόν τον ειδήμονα στην πολιτική χρέωσης. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται διαχωρισμός της συμπεριφοράς του πράκτορα σε κατάσταση προσέλκυσης πελατών, κατά την οποία δεν επιβάλλεται κανένα είδος αμοιβής, και σε κατάσταση χρέωσης, κατά τη διάρκεια της οποίας προσπαθεί να αποκομίσει κέρδος χρεώνοντας αδιάκριτα όλα τα είδη των αμοιβών. Προκειμένου να αποφασιστεί η μετάβαση από την κατάσταση προσέλκυσης στην κατάσταση χρέωσης ο πράκτορας καταγράφει το μέσο αριθμό των πρακτόρων εμπορίου που εγγράφονται στην αγορά του μέχρι εκείνη τη στιγμή (T_{avg}) καθώς και τον αριθμό των εγγεγραμμένων εμπορευομένων για την τρέχουσα ημέρα (T_{cur}). Οι ίδιες τιμές καταγράφονται και για τους υπόλοιπους ειδήμονες και, εάν $T_{cur} \in [0.85 \cdot T_{avg}, 1.15 \cdot T_{avg}]$ για το 75% τουλάχιστον των ειδημόνων, τότε ο πράκτορας συμπεραίνει ότι η κατανομή των εμπορευομένων στις αγορές έχει σταθεροποιηθεί, οπότε πραγματοποιείται η παραπάνω μετάβαση. Προκειμένου να αποφευχθεί η πιθανή προσκόλληση του πράκτορα σε κατάσταση προσέλκυσης, ορίζεται επιπλέον ένας μέγιστος αριθμός ημερών εμπορίου, όπου μπορεί ο πράκτορας να παραμείνει στην κατάσταση αυτή.

Όταν ο ειδήμονας μεταβεί στην κατάσταση χρέωσης, θέτει όλες τις αμοιβές του ίσες με τη μέση τιμή των αμοιβών όλων των αγορών του παιχνιδιού, o_{avg} , για τις τελευταίες N_{wnd} ημέρες. Επιπλέον, εάν ο τρέχων νικητής του παιχνιδιού έχει το προβάδισμα για $N_{win} > T_{win}$ ημέρες εμπορίου, όπου η παράμετρος T_{win} τοποθετείται ευρετικά, και η μέση τιμή των αμοιβών του, w_{avg} , είναι μικρότερη από o_{avg} , τότε όλες οι αμοιβές λαμβάνουν τιμή $X \cdot w_{avg}$, όπου $X \in [0, 1]$ μία παράμετρος που τοποθετείται επίσης ευρετικά. Εάν ο CrocodileAgent είναι ο τρέχων νικητής, τότε οι αμοιβές παραμένουν σταθερές. Τέλος, εάν όλοι οι υπόλοιποι ειδήμονες δε χρεώνουν αμοιβές στους πράκτορες εμπορίου, ο ειδήμονας θέτει την αμοιβή εγγραφής ελάχιστα πάνω από το μηδέν, έτσι ώστε να αποκτήσει το μέγιστο καθημερινό σκορ κέρδους. Ο αλγόριθμος παρουσιάζεται αναλυτικά στο σχήμα 4.3.

```

Εάν ( $L_{phase}$  είναι αληθής)
  Θέσε όλες τις αμοιβές σε 0
Αλλιώς
  Εάν ( $W_{me}$  είναι αληθής)
    Άφησε όλες τις αμοιβές στις τρέχουσες τιμές τους
  Αλλιώς
    Εάν ( $(N_{win} > T_{win})$  και ( $W_{avg} < o_{avg}$ ))
      Θέσε όλες τις αμοιβές σε  $X \cdot w_{avg}$ 
    Αλλιώς
      Θέσε όλες τις αμοιβές σε  $o_{avg}$ 
  Τέλος εάν
Τέλος εάν
Εάν ( $Z$  είναι αληθής)
  Θέσε την αμοιβή εγγραφής σε  $Y$  και όλες τις υπόλοιπες σε 0
Τέλος εάν
Εάν ( $C$  είναι αληθής) και ( $MS_{cur} < MS_{des}$ )
  Θέσε όλες τις αμοιβές σε 0
Τέλος εάν
Τέλος εάν

```

Σχήμα 4.3. Αλγόριθμος χρέωσης του CrocodileAgent [44].

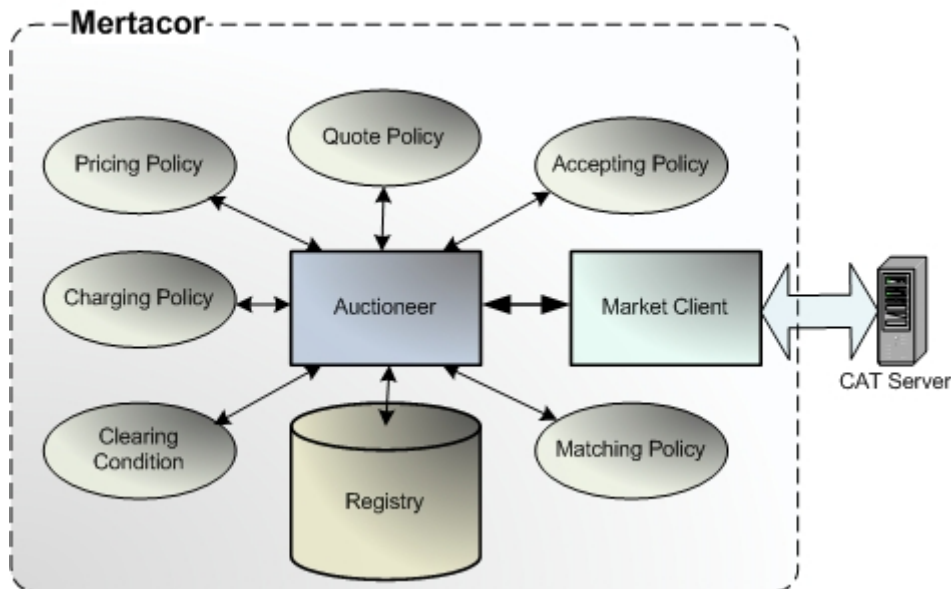
Στον παραπάνω αλγόριθμο, επιπλέον, L_{phase} είναι μία σημαία επαλήθευσης της κατάστασης προσέλκυσης, w_{me} , μία δυαδική μεταβλητή που είναι αληθής εάν ο CrocodileAgent είναι ο τρέχων νικητής, Z μία σημαία που δείχνει εάν όλοι οι υπόλοιποι ειδήμονες επιβάλλουν μηδενικές αμοιβές, C μία σημαία που δηλώνει εάν όλοι οι υπόλοιποι ειδήμονες έχουν επιβάλλει τουλάχιστον έναν τύπο αμοιβής, MS_{cur} είναι το τρέχον μερίδιο αγοράς του CrocodileAgent, $Y \in [0, 1]$ μία παράμετρος που υπολογίζεται ευρετικά και $MS_{des} = 1.15 \cdot \frac{\text{Αριθμός Πελατών}}{\text{Αριθμός Ειδημόνων}}$ ο στόχος για το μερίδιο αγοράς του πράκτορα.

Κεφάλαιο 5

Ο Πράκτορας Mertacor

5.1 Αρχιτεκτονική

Η αρχιτεκτονική του Mertacor παρουσιάζεται στο σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1. Αρχιτεκτονική του Mertacor.

Η αρχιτεκτονική του Mertacor ακολουθεί το μοντέλο αποθήκης (*repository model*) επιτρέποντας την άμεση και λειτουργική προσπέλαση των δεδομένων από τα υποσυστήματα χωρίς την ανάγκη πρότερης γνώσης του τρόπου με τον οποίο παράγονται. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική αυτή διευκόλυνε αρκετά τη διαδικασία ανάπτυξης των επιμέρους πολιτικών, καθώς χρειάστηκε να υλοποιηθούν αρκετές ενδιάμεσες εκδόσεις, κάθε μία από τις οποίες εκμεταλλεύεται διαφορετικό και άγνωστο εκ των προτέρων πλήθος και είδος πληροφορίας.

Από πλευράς στρατηγικής, ακολουθείται ένα μοντέλο *IKB* (*Information-Knowledge-Behaviour*), όπως περιγράφεται αναλυτικά στο [62]. Στο μοντέλο αυτό

υπάρχουν τρία βασικά στρώματα. Το πρώτο είναι αυτό της πληροφορίας (*Information Layer - IL*), το οποίο λαμβάνει όλα τα δεδομένα σε ακατέργαστη μορφή. Στη συνέχεια, το δεύτερο στρώμα της γνώσης (*Knowledge Layer - KL*) καταχωρεί τα δεδομένα της επιθυμίας μας σε αξιοποιήσιμη μορφή, τα οποία εκμεταλλεύονται τα συστατικά του τρίτου στρώματος, δηλαδή του στρώματος συμπεριφοράς (*Behavioural Layer - BL*) έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι στόχοι που θέτει ο πράκτορας.

Ο Πελάτης Αγοράς (*Market Client*) αποτελεί το τμήμα επικοινωνίας του πράκτορα με τον έξω κόσμο. Το τμήμα αυτό αναλαμβάνει τη λήψη των δεδομένων και των γεγονότων που εκπέμπει ο εξυπηρετητής μεταφράζοντάς τα σε μία αξιοποιήσιμη μορφή για τον πράκτορα. Αντίστροφα, μετασχηματίζει τις αποφάσεις που λαμβάνει ο ειδήμονας σε κατάλληλα μηνύματα, τα οποία πληρούν τις προδιαγραφές μορφοποίησης που ορίζει το πρωτόκολλο του διαγωνισμού, και στη συνέχεια τα μεταδίδει στον εξυπηρετητή την κατάλληλη χρονική στιγμή. Πρόκειται για το IL του Mertacor.

Η Μονάδα Καταγραφής (*Registry*), όπως φαίνεται και από το όνομά της, αποτελεί το κεντρικό τμήμα παρακολούθησης όλων των γεγονότων και των αποφάσεων σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού και περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα πληροφορίας που πιθανόν να χρειαστεί ο ειδήμονας. Αντιπροσωπεύει δηλαδή το KL του πράκτορα.

Ο Δημοπράτης (*Auctioneer*) είναι η «καρδιά» του πράκτορα, καθώς αποτελεί το κύριο τμήμα συντονισμού των επιμέρους πολιτικών και διαδραματίζει ως επί το πλείστον ελεγκτικό ρόλο αναλαμβάνοντας τη μεταβίβαση όλης της απαραίτητης πληροφορίας από και προς τον πελάτη αγοράς, καθώς και όλων των κρίσιμων δεδομένων από τη μονάδα καταγραφής προκειμένου να λειτουργήσουν ομαλά όλες οι πολιτικές του ειδήμονα, ενώ ταυτόχρονα φροντίζει για την ενημέρωσή της.

Τα υπόλοιπα τμήματα του ειδήμονα υλοποιούν τις πολιτικές που αναφέρονται στον κανονισμό του διαγωνισμού, καθώς καλύπτουν όλες τις γνωστές πτυχές του προβλήματος της επιλογής των κανόνων της αγοράς κάθε διαγωνιζόμενου. Ο δημοπράτης μαζί με τις πολιτικές αποτελούν το BL του Mertacor.

5.2 Λεπτομέρειες

Υλοποιήσαμε δύο διαφορετικές εκδόσεις του Mertacor για τη συμμετοχή στα δοκιμαστικά, όπως και στα τελικά παιχνίδια.

Πιο συγκεκριμένα, στα δοκιμαστικά παιχνίδια μάς δόθηκε η δυνατότητα συμμετοχής με περισσότερες από μία εκδόσεις και έτσι χρησιμοποιήσαμε ταυτόχρονα και τις δύο.

Στα τελικά παιχνίδια, αφού βελτιστοποιήσαμε τις στρατηγικές, συμμετείχαμε με την πρώτη έκδοση στα πρώτα δύο παιχνίδια και εισάγαμε τη δεύτερη, βελτιωμένη έκδοση στο τελευταίο τρίτο παιχνίδι με την ελπίδα αύξησης του τελικού σκορ.

Παρακάτω παρουσιάζουμε και τις δύο διαφορετικές εκδόσεις, οι οποίες μοιράζονται ορισμένες πολιτικές.

5.2.1 Πελάτης Αγοράς

Ο πελάτης αγοράς, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το κύριο κομμάτι επικοινωνίας του ειδήμονα. Η υλοποίηση του τμήματος αυτού στο Mertacor τροποποιήθηκε έτσι ώστε να ικανοποιήσει τις επιπρόσθετες δυνατότητες πληροφόρησης που παρέχονται.

Πιο συγκεκριμένα, κάθε ειδήμονας έχει την ευκαιρία να γίνει συνδρομητής στις ανταγωνιστικές αγορές λαμβάνοντας πληροφορίες σχετικές με τις υποβληθείσες προσφορές και τις διεκπεραιωμένες συναλλαγές κατά τη διάρκεια κάθε ημέρας. Ωστόσο, οφείλει να χρεωθεί τις αντίστοιχες αμοιβές πληροφόρησης των ειδημόνων που θα επιλέξει για αυτόν το σκοπό.

Προκειμένου να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο, ο πελάτης αγοράς ελέγχει τις αμοιβές όλων των ειδημόνων που ανακοινώνονται στην αρχή κάθε ημέρας εμπορίου και στη συνέχεια εγγράφεται μόνο στις αγορές με μηδενικές αμοιβές πληροφόρησης.

Υπάρχει όμως ένα επιπλέον πρόβλημα. Ο όγκος της παραπάνω πληροφόρησης σε συνδυασμό με το πλήθος των συμμετεχόντων και το γεγονός ότι παράλληλα πρέπει να γίνεται επεξεργασία των δεδομένων και λήψη των αποφάσεων σε πολύ μικρό χρόνο καθιστούν αδύνατη την παρακολούθηση όλων των ειδημόνων από έναν απλό προσωπικό υπολογιστή όπου εκτελείται ο πράκτορας. Επιπλέον, μία τολμηρή προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία συγχρονισμού με τον εξυπηρετητή, καθώς ο διαγωνισμός διεξάγεται μέσω Διαδικτύου. Για το λόγο αυτόν, επιλέξαμε τη σειριακή παρακολούθηση τεσσάρων διαφορετικών ειδημόνων κάθε ημέρα εμπορίου.

Πιο συγκεκριμένα, στην αρχή κάθε ημέρας, καταγράφονται όλοι οι ενεργοί ειδήμονες (μερικοί από αυτούς μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα σύνδεσης κατά καιρούς και να αποκλειστούν από το διαγωνισμό για εκείνες τις ημέρες) και στη

συνέχεια ο Mertacor εγγράφεται το πολύ σε τέσσερις ανταγωνιστικές αγορές σύμφωνα με το κριτήριο των μηδενικών αμοιβών πληροφορίας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε ημέρα με τέτοιο τρόπο ώστε να παρακολουθούνται όλες οι δυνατές αγορές για τον ίδιο αριθμό ημερών εμπορίου στο βαθμό που αυτό είναι εφικτό. Τέλος, ο πράκτορας οφείλει να γίνει συνδρομητής και στη δική του αγορά ώστε να έχει πρόσβαση στην αντίστοιχη πληροφορία για τον ίδιο. Ο αλγόριθμος συνδρομής παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.

Αλγόριθμος Συνδρομής	
SUBSCRIBE (<i>subCounter</i>)	
1. <i>subCounter</i>	▷ δείκτης συνδρομής για όλες τις ημέρες
2. <i>activeOpponents</i> ← <i>getActiveOpponents()</i>	
3. <i>zeroOpponents</i> ← <i>activeOpponents</i> with zero information fees	
4. sort <i>zeroOpponents</i> based on their ids	
5. if <i>size[zeroOpponents]</i> = 0	
6. then return <i>MertacorSpecialist</i>	
7. else if <i>size[zeroOpponents]</i> ≤ 4	
8. then return <i>zeroOpponents</i> and <i>MertacorSpecialist</i>	
9. else	
10. <i>subTable</i> ← <i>new-table</i>	
11. for <i>i</i> ← 1 to 4	
12. <i>subTable</i> [<i>i</i>] ← <i>zeroOpponents</i> [<i>subCounter</i> mod <i>size[zeroOpponents]</i>]	
13. <i>subCounter</i> ← <i>subCounter</i> + 1	
14. end for	
15. return <i>subTable</i> and <i>MertacorSpecialist</i>	
16. end if	

Σχήμα 5.2. Αλγόριθμος συνδρομής του Mertacor.

Οι πληροφορίες που λαμβάνονται με τον παραπάνω τρόπο είναι εξαιρετικά κρίσιμες και χρήσιμες για την αποδοτικότερη λειτουργία κάθε ειδήμονα τόσο κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού όσο και για την εκ των υστέρων ανάλυσή τους.

Αρχικά, κάθε συμμετέχων έχει πλέον τη δυνατότητα υπολογισμού του TSR των ανταγωνιστών στις αγορές των οποίων γίνεται συνδρομητής. Οι ειδήμονες δεν ενημερώνονται μέσα στο παιχνίδι για το σκορ των αντιπάλων τους και, ενώ τα σκορ του κέρδους και του μεριδίου αγοράς μπορούν να υπολογιστούν έμμεσα μέσω των αντίστοιχων γεγονότων στο τέλος κάθε ημέρας εμπορίου, η πληροφορία για το TSR δεν είναι γενικά διαθέσιμη και αυτός είναι ο μόνος νόμιμος τρόπος απόκτησής της.

Στη συνέχεια, η συνδρομή αυτή δίνει στον ειδήμονα τη δυνατότητα αντιστοιχίας κάθε προσφοράς με τον πράκτορα που την υποβάλλει. Οι προσφορές των εμπορευομένων καλύπτονται αρχικά στον εξυπηρετητή, ο οποίος αποκρύπτει την ταυτότητα του ιδιοκτήτη τους από τον ειδήμονα στην αγορά του οποίου γίνεται η υποβολή. Έτσι, όταν η προσφορά υποβάλλεται, ο ειδήμονας δε μπορεί να γνωρίζει τον αντίστοιχο πράκτορα εμπορίου. Ωστόσο, μετά την αποδοχή της και εφόσον ο διαγωνιζόμενος είναι συνδρομητής στην αγορά του, αυτή η πληροφορία γνωστοποιείται στον τελευταίο όπως και στους υπόλοιπους συνδρομητές. Το ίδιο ισχύει και για τις συναλλαγές που επιτυγχάνονται στο εσωτερικό της αγοράς. Έτσι, οι συνδρομητές μπορούν να συμπεράνουν άμεσα την πολιτική τιμολόγησης και τη συνθήκη εκκαθάρισης του ειδήμονα.

Όλη αυτή η πληροφορία μπορεί επιπλέον να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω υπολογισμούς, όπως θα φανεί στη συνέχεια. Αξιοσημάντο είναι το γεγονός ότι η απόκτησή της γίνεται με μηδενικό κόστος για τον πράκτορα. Τέλος, δεδομένου ότι η αμοιβή πληροφορίας επηρεάζει αρνητικά τους εμπορευόμενους που ακολουθούν τις δύο από τις τέσσερις στρατηγικές πλειοδοσίας, οι περισσότεροι διαγωνιζόμενοι που χρεώνουν διακριτικά τα είδη των χρεώσεων τους επιλέγουν να μην επιβάλλουν αυτήν την αμοιβή. Αυτή η παρατήρηση επηρέασε αρκετά τη στρατηγική που ακολούθησε ο Mertacor τόσο στα δοκιμαστικά όσο και στα τελικά παιχνίδια.

5.2.2 Μονάδα Καταγραφής

Η μονάδα καταγραφής αποτελεί την κεντρική αποθήκη δεδομένων, όπου καταγράφονται όλα τα συμβάντα της αγοράς.

Ειδικότερα, αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που αφορούν στις υποβληθείσες προσφορές και τις συναλλαγές που διεξάγονται τόσο στην αγορά του Mertacor όσο και στις αγορές που επιλέγει να γίνει συνδρομητής κάθε ημέρα εμπορίου.

Επιπλέον, για κάθε ειδήμονα καταγράφονται το καθημερινό του κέρδος, το μερίδιο αγοράς, οι τιμές των αμοιβών του και επιπλέον, για τις συνδρομητικές αγορές υπολογίζεται ο TSR τους, το καθημερινό τους σκορ, το κέρδος που αποκομίζουν ανά εμπορευόμενο, καθώς και το πλήθος των αγαθών που συναλλάσσονται στο εσωτερικό τους, ενώ διατηρούνται τα απαραίτητα στατιστικά στοιχεία για τις επιμέρους πολιτικές που υλοποιούνται.

Όσον αφορά στους πράκτορες εμπορίου, η μονάδα καταγραφής αποθηκεύει δεδομένα που σχετίζονται με τον τύπο τους (εάν είναι αγοραστές ή πωλητές), με τις τιμές των προσφορών τους, το πλήθος των αγαθών που συναλλάσσουν, το κέρδος από τις συναλλαγές τους, τον ειδήμονα στην αγορά του οποίου εμπορεύονται, καθώς και άλλα γενικά χαρακτηριστικά, όπως η τελευταία ημέρα και ο συνολικός αριθμός των ημερών καταγραφής τους.

Τέλος, καταχωρούνται γενικά στοιχεία της αγοράς, όπως το μέσο καθημερινό κέρδος των αντιπάλων, η μέση τιμή του TSR τους και το πλήθος των πρακτόρων εμπορίου που έχουν παρακολουθηθεί από την αρχή του παιχνιδιού.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι διαθέσιμα για αξιοποίηση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και από οποιαδήποτε πολιτική του πράκτορα τα απαιτήσει.

5.2.3 Δημοπράτης

Ο δημοπράτης αναλαμβάνει το συντονισμό όλων των επιμέρους πολιτικών που υλοποιεί ο Mertacor. Κεντρικός του ρόλος είναι η μεταφορά της απαραίτητης πληροφορίας τόσο μεταξύ των πολιτικών όσο και από και προς τη μονάδα καταγραφής. Επιπλέον, ο δημοπράτης μεταβιβάζει τις αποφάσεις του πράκτορα στον πελάτη αγοράς έτσι ώστε ο τελευταίος να τις μετασχηματίσει στα αντίστοιχα μηνύματα που θα αποσταλούν μέσω του εξυπηρετητή στους πράκτορες εμπορίου της αγοράς αλλά και στους υπόλοιπους ειδήμονες.

Εκτός όμως από τα παραπάνω, ο δημοπράτης του Mertacor διαδραματίζει έναν επιπλέον σημαντικό ρόλο, αυτόν του υπολογισμού του «παγκόσμιου» σημείου ισορροπίας (*global equilibrium*). Το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας είναι το σημείο ισορροπίας μίας πλασματικής μοναδικής παγκόσμιας αγοράς η οποία αντικαθιστά όλους τους ανταγωνιστικούς ειδήμονες του παιχνιδιού και στην οποία συνεπώς συναλλάσσονται όλοι οι πράκτορες εμπορίου.

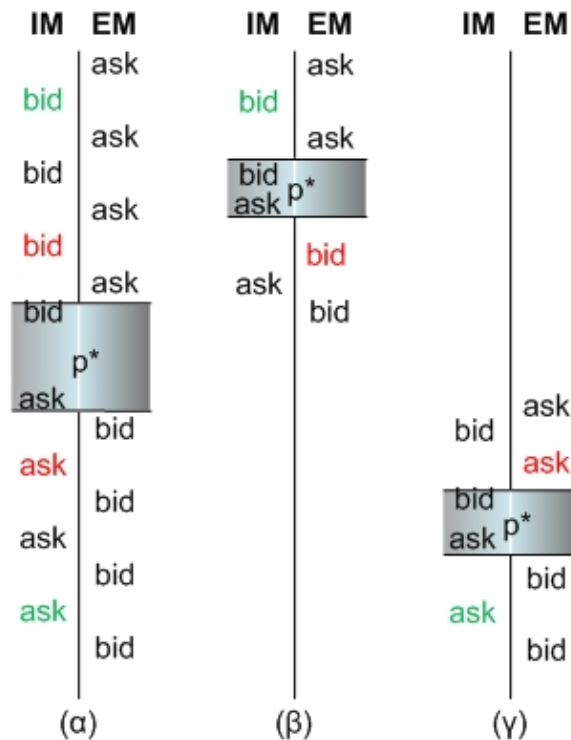
Οι διοργανωτές ανακοίνωσαν πως οι τιμές επιφύλαξης των πρακτόρων εμπορίου θα κατανέμονται στην αρχή κάθε παιχνιδιού και θα παραμένουν σταθερές μέχρι το τέλος του. Επιπλέον, ήταν κοινή γνώση η επιλογή των ιδιωτικών αξιών από μία ομοιόμορφη συνάρτηση κατανομής. Αυτό το γεγονός σημαίνει ότι ο αριθμός των παγκόσμια ενδο-περιθωριακών εμπορευομένων είναι περίπου ίσος με τον αριθμό των παγκόσμια εξω-περιθωριακών πρακτόρων εμπορίου. Έτσι, το παγκόσμιο σημείο

ισορροπίας αποτελεί το ασφαλέστερο κριτήριο διαχωρισμού του συνόλου των πελατών του παιχνιδιού, αφού διασφαλίζει τις συναλλαγές ανάμεσα στους (συνολικά μισούς) παγκόσμια ενδο-περιθωριακούς αγοραστές με τους αντίστοιχους πωλητές μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα της παγκόσμιας αγοράς και εξασφαλίζοντας έτσι την κοινωνική της ευημερία. Πρέπει ωστόσο να γίνει κατανοητό ότι το σημείο ισορροπίας των διαφόρων ανταγωνιστικών αγορών δεν ταυτίζεται στη γενική περίπτωση με το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας, καθώς οι ιδιωτικές αξίες των συμμετεχόντων είναι αυτές που καθορίζουν την τιμή του, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.3.

Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται αρχικά οι προσφορές μίας εικονικής παγκόσμιας αγοράς (Σχήμα 5.3 (α)) και στη συνέχεια δύο πιθανές ανταγωνιστικές αγορές (Σχήμα 5.3 (β) και (γ)) που αντιστοιχούν στην αγορά αυτή. Αριστερά κάθε κάθετης γραμμής φαίνονται οι ενδο-περιθωριακές προσφορές και δεξιά οι εξω-περιθωριακές, ενώ παρουσιάζονται και τα τούνελ τιμής των σημείων ισορροπίας. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται ενδεικτικά παραδείγματα παγκόσμια ενδο-περιθωριακών προσφορών που όμως είναι εξω-περιθωριακές για την αντίστοιχη αγορά. Όμοια, με πράσινο χρώμα φαίνονται παραδείγματα προσφορών που είναι παγκόσμια ενδο-περιθωριακές και παραμένουν ενδο-περιθωριακές μέσα στην εκάστοτε αγορά.

Το πρόβλημα που αυθόρμητα ανακύπτει είναι το πώς μπορεί να υπολογιστεί το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας, καθώς οι τιμές επιφύλαξης είναι ιδιωτική πληροφορία των πρακτόρων εμπορίου και οι στρατηγικές πλειοδοσίας που χρησιμοποιούν αποθαρρύνουν τη φιλαλήθη αποκάλυψή τους. Επιπλέον, κάθε ειδήμονας έχει περιορισμένη πρόσβαση στους εμπορευόμενους, αφού μόνο ένα μικρό ποσοστό τους εγγράφεται κάθε ημέρα στην αγορά του.

Για να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα, αξιοποιείται αρχικά η γνώση που λαμβάνεται μέσω της συνδρομής του Mertacor. Πιο συγκεκριμένα, η μονάδα καταγραφής αποθηκεύει για κάθε καταγεγραμμένο πράκτορα εμπορίου τη μέγιστη από τις προσφορές του εάν είναι αγοραστής και την ελάχιστη των προσφορών του για την περίπτωση των πωλητών. Αυτές οι προσφορές αποτελούν την καλύτερη διαθέσιμη προσέγγιση των τιμών επιφύλαξής τους.



Σχήμα 5.3. (α) Προσφορές παγκόσμιας αγοράς. (β) Προσφορές αγοράς με μεγαλύτερο σημείο ισορροπίας από το παγκόσμιο. (γ) Προσφορές αγοράς με μικρότερο σημείο ισορροπίας από το παγκόσμιο.

Στη συνέχεια, ο Mertacor υπολογίζει στο τέλος κάθε ημέρας εμπορίου τον αριθμό των εμπορευομένων που έχουν παρατηρηθεί έως τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Εάν το αντίστοιχο ποσοστό τους σε σχέση με το συνολικό αριθμό των πρακτόρων εμπορίου είναι μεγαλύτερο ή ίσο από μία τιμή κατωφλίου, $threshold \in [0.8, 1]$, τότε ο πράκτορας καταστρώνει τις συνολικές αθροιστικές καμπύλες αγοράς και πώλησης σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των τιμών επιφύλαξης και υπολογίζει το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας (ουσιαστικά το τούνελ της τιμής αυτής). Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των αγορών στις οποίες γίνεται συνδρομητής τόσο πιο σύντομα είναι σε θέση να υπολογίσει αυτό το σημείο. Η εισαγωγή της $threshold$ εξασφαλίζει τον υπολογισμό του σημείου ισορροπίας σε εύλογο χρονικό διάστημα και χωρίς αξιοσημάντες απώλειες ακρίβειας.

Το σημαντικότερο στοιχείο σε αυτήν τη διαδικασία είναι ότι παρόλο που οι πράκτορες εμπορίου υποβάλλουν μη φιλαλήθεις προσφορές, το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας υπολογίζεται με συνολικό μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος μικρότερο από 1%. Αυτό το γεγονός επαληθεύτηκε πειραματικά και φάνηκε εκ των υστέρων στα τελικά παιχνίδια, καθώς τα διαστήματα των τιμών επιφύλαξης ανακοινώθηκαν από τους διοργανωτές μετά το τέλος του διαγωνισμού. Το διάστημα των ιδιωτικών

αξιών, το πραγματικό και το υπολογισμένο από το Mertacor παγκόσμιο σημείο ισορροπίας ανά παιχνίδι φαίνονται στον πίνακα 5.1 (λόγω της ομοιόμορφης κατανομής των τιμών επιφύλαξης αναμένεται οι πραγματικές αθροιστικές καμπύλες προσφοράς και ζήτησης να είναι γραμμικές και συμμετρικές και έτσι να τέμνονται στο μέσο του διαστήματος επιλογής των τιμών επιφύλαξης).

Πίνακας 5.1. Εκτίμηση του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας των τριών παιχνιδιών του CAT 2008.

Αριθμός Τελικού Παιχνιδιού	Διάστημα Τιμών Επιφύλαξης	Παγκόσμιο Σημείο Ισορροπίας	Εκτίμηση Παγκόσμιου Σ. Ισορροπίας	Απόλυτο Ποσοστό Σφάλματος
1	[50,150]	100	100.199	0.199%
2	[100,200]	150	152.411	1.607%
3	[70,170]	120	118.931	0.891%

Η πολύ καλή εκτίμηση του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας οφείλεται εν μέρει στην υιοθέτηση συμμετρικών στρατηγικών πλειοδοσίας από τους εμπορευόμενους. Δηλαδή, ενώ οι στρατηγικές πλειοδοσίας δεν κατανέμονται ισομερώς στους πράκτορες εμπορίου και η αναλογία τους αλλάζει από παιχνίδι σε παιχνίδι, ο αριθμός των αγοραστών κάθε στρατηγικής ισούται με τον αριθμό των πωλητών της ίδιας στρατηγικής. Αυτό σημαίνει ότι οι συνολικές αθροιστικές καμπύλες προσφοράς και ζήτησης που φαίνονται είναι σχεδόν συμμετρικές με αποτέλεσμα το εκτιμώμενο παγκόσμιο σημείο ισορροπίας να συγκλίνει στο αντίστοιχο πραγματικό.

Αφού υπολογιστεί το παραπάνω σημείο ισορροπίας, ο δημοπράτης αναλαμβάνει να ενημερώσει τη μονάδα καταγραφής χαρακτηρίζοντας κάθε εμπορευόμενο ως παγκόσμια ενδο-περιθωριακό ή εξω-περιθωριακό συγκρίνοντας την πιο ανταγωνιστική προσφορά του με το υπολογισμένο σημείο ισορροπίας.

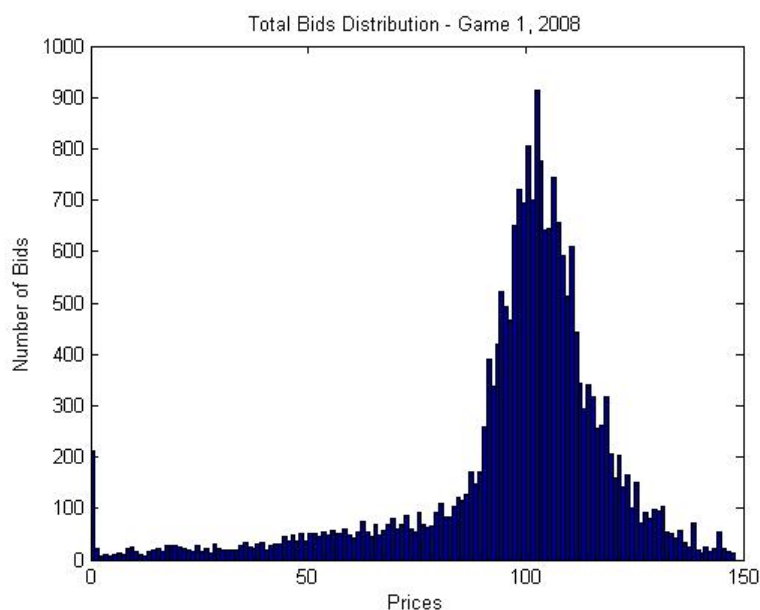
Πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι οι πραγματικοί παγκόσμια ενδο- και εξω-περιθωριακοί πράκτορες εμπορίου δεν ταυτίζονται απαραίτητα με αυτούς που λαμβάνουν αυτόν το χαρακτηρισμό. Αυτό είναι αναμενόμενο, καθώς οι εμπορευόμενοι υποβάλλουν προσφορές πάνω ή κάτω από την ιδιωτική τους αξία προσαρμόζοντας το περιθώριο κέρδους ανάλογα με τη στρατηγική πλειοδοσίας τους. Οι προσφορές τους έχουν τις κατανομές που φαίνονται στα σχήματα 5.4 – 5.6, όπως

αυτές καταχωρήθηκαν για το πρώτο τελικό παιχνίδι. Παρόμοιες είναι και οι κατανομές για τα άλλα δύο παιχνίδια.

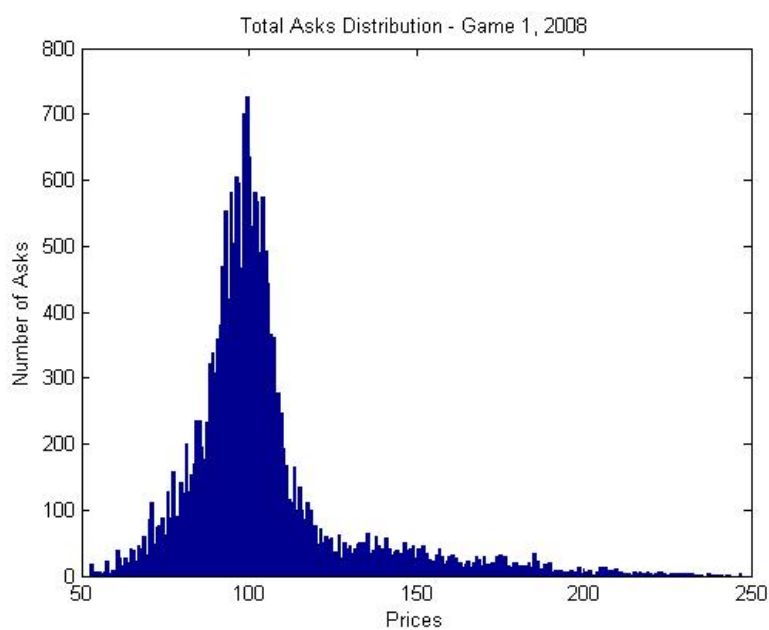
Παρ'όλα αυτά, αφού έχουμε υπολογίσει σωστά το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας, είμαστε σίγουροι ότι οι πράκτορες που έχουν χαρακτηριστεί ως παγκόσμια ενδο-περιθωριακοί ανήκουν όντως σε αυτήν την κατηγορία. Όπως φαίνεται και από τις κατανομές των παρακάτω σχημάτων, οι προσφορές αγοράς είναι μετατοπισμένες προς χαμηλότερες τιμές ενώ οι προσφορές πώλησης προς υψηλότερες τιμές από τις πραγματικές τιμές επιφύλαξης (στο διάστημα $[50, 150]$ για το παιχνίδι που παρουσιάζεται). Έτσι, οι υποφαινόμενοι ως παγκόσμια ενδο-περιθωριακοί πελάτες είναι είτε οι αγοραστές με τις συνολικά υψηλότερες τιμές επιφύλαξης και οι πωλητές με τις συνολικά χαμηλότερες ιδιωτικές αξίες στον πληθυσμό των πρακτόρων εμπορίου είτε οι εμπορευόμενοι με τα μικρότερα περιθώρια κέρδους ή αποτελούν ένα συνδυασμό αυτών των δύο κατηγοριών. Δε συμβαίνει το ίδιο ωστόσο με τους παγκόσμια εξω-περιθωριακούς εμπορευόμενους, αφού ορισμένοι από αυτούς είναι ενδο-περιθωριακοί αλλά φαίνονται ως εξω-περιθωριακοί στην παγκόσμια αγορά λόγω των ψευδών αποκαλύψεων των ιδιωτικών τους αξιών στην προσπάθειά τους να αποκομίσουν μεγαλύτερο ατομικά χρηματικό κέρδος.

Κάθε ειδήμονας θα ήθελε να έχει στην αγορά του τους παραπάνω ενδο-περιθωριακούς εμπορευόμενους. Η οποιαδήποτε απόκλιση του εσωτερικού σημείου ισορροπίας της αγοράς από το παγκόσμιο έχει σαν αποτέλεσμα τον αποκλεισμό από την αγορά πιθανών πελατών, αγοραστών ή πωλητών ανάλογα με την κατεύθυνση αυτής της απόκλισης. Αντίθετα, η σύγκλιση αυτών των δύο σημείων οδηγεί σε αύξηση των δυνητικών συναλλαγών, κάτι που αποτελεί πόλο έλξης για τους πράκτορες εμπορίου.

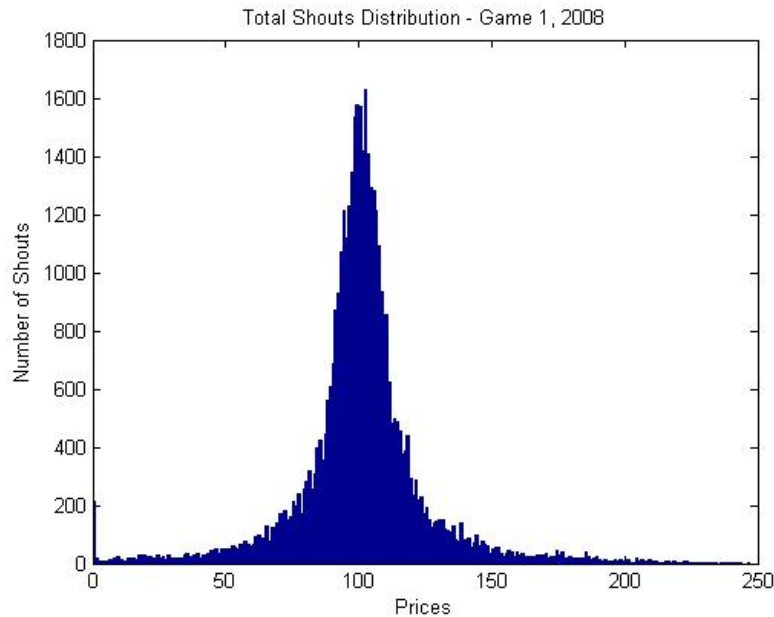
Με γνώμονα τα παραπάνω, υλοποιήσαμε τις πολιτικές του Mertacor προς αυτήν ακριβώς την κατεύθυνση, την εσκεμμένη δηλαδή σύγκλιση της αγοράς προς το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας.



Σχήμα 5.4. Κατανομή προσφορών αγοράς για το πρώτο παιχνίδι του 2008.



Σχήμα 5.5. Κατανομή προσφορών πώλησης για το πρώτο παιχνίδι του 2008.



Σχήμα 5.6. Κατανομή συνολικών προσφορών για το πρώτο παιχνίδι του 2008.

5.2.4 Πολιτική Τιμής Αναφοράς

Η πολιτική τιμής αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε και στις δύο τελικές εκδόσεις του Mertacor είναι αυτή της διμερούς τιμής αναφοράς.

Επιλέξαμε αυτήν την πολιτική, καθώς περιορίζει σε μεγαλύτερο βαθμό τις αποδεκτές προσφορές αγοράς και πώλησης εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο αυξημένο σκορ για το TSR.

Επιπλέον, αυτή η πολιτική λαμβάνει υπόψιν την ιστορία των συναλλαγών κατά τη διάρκεια της ημέρας εμπορίου παρέχοντας επιπλέον πληροφορία στην πολιτική αποδοχής των προσφορών.

5.2.5 Πολιτική Αποδοχής Προσφορών

Η βασική πολιτική αποδοχής των προσφορών που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί μία υλοποίηση του κανόνα του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης. Πρόκειται για έναν κανόνα που έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία τόσο σε πειραματικές μελέτες όσο και σε πραγματικές περιπτώσεις χρηματιστηριακών οργανισμών και διασφαλίζει την αυξημένη ρυθμαπόδοση των συναλλαγών αντισταθμίζοντας με τον τρόπο αυτόν τη

μικρή απώλεια στο σκορ του TSR. Η απώλεια αυτή είναι φυσιολογική, καθώς υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο της υποβολής των χαμηλότερων προσφορών αγοράς και των υψηλότερων προσφορών πώλησης στους πρώτους γύρους κάθε ημέρας εμπορίου, οι οποίες αποδεικνύεται εκ των υστέρων ότι δε μπορούν να οδηγήσουν σε συναλλαγή και παραμένουν συνεχώς εκκρεμείς.

Η δεύτερη έκδοση του Mertacor προσπαθεί να βελτιώσει το παραπάνω. Βασιστήκαμε στην παρατήρηση ότι οι περισσότερες ενδο-περιθωριακές συναλλαγές πραγματοποιούνται στους πρώτους γύρους εμπορίου κάθε ημέρας. Έτσι, για να διασφαλίσουμε τις συναλλαγές των πιο επιθυμητών παγκόσμια ενδο-περιθωριακών εμπορευομένων, στους πρώτους γύρους κάθε ημέρας εμπορίου, ο αριθμός των οποίων καθορίζεται από τη συνθήκη εκκαθάρισης, γίνονται αποδεκτές μόνο οι προσφορές αγοράς με μεγαλύτερη ή ίση τιμή με το υπολογισμένο παγκόσμιο σημείο ισορροπίας. Αντίστοιχα, αρχικά, γίνονται αποδεκτές οι προσφορές πώλησης με τιμή μικρότερη ή ίση από το παγκόσμιο σημείο ισορροπίας. Έτσι, είμαστε σίγουροι ότι η πλειοψηφία των προσφορών θα οδηγηθούν σε συναλλαγές. Οι μόνες προσφορές που παραμένουν εκκρεμείς είναι αυτές της κατηγορίας των παγκόσμια ενδο-περιθωριακών εμπορευομένων (αγοραστές ή πωλητές) που πλεονάζει στην αγορά του Mertacor για τη συγκεκριμένη ημέρα.

Αφού ολοκληρωθεί αυτή η φάση, στη συνέχεια υλοποιείται και πάλι ο κανόνας του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης για τις υπόλοιπες υποβληθείσες προσφορές, αυξάνοντας έτσι τον όγκο των συναλλαγών, το οποίο συνεπάγεται και μεγαλύτερο κέρδος για όλους τους πράκτορες εμπορίου της αγοράς μας.

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να αναφέρουμε ότι τις πρώτες ημέρες εμπορίου, όταν δεν είναι γνωστή η τιμή του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας, η δεύτερη έκδοση του Mertacor χρησιμοποιεί την ίδια πολιτική αποδοχής με την πρώτη έκδοση.

5.2.6 Πολιτική Ταιριάσματος

Όλες οι προσφορές καταχωρούνται και εξάγονται προς συναλλαγή με χρήση του αλγορίθμου *τεσσάρων σωρών (4-heap algorithm)* [64]. Σύμφωνα με αυτόν τον αλγόριθμο, υπάρχουν τέσσερις βασικοί σωροί, κάθε ένας από τους οποίους υλοποιείται ως μία δομή απομονωτή προτεραιότητας (priority buffer):

- B_{in} : Περιλαμβάνει όλες τις προσφορές αγοράς που έχουν οδηγηθεί σε συναλλαγές. Η ταξινόμηση των τιμών αυτών των προσφορών είναι αύξουσα, έτσι ώστε στην κορυφή να βρίσκεται η ελάχιστη τιμή.
- B_{out} : Περιλαμβάνει όλες τις προσφορές αγοράς που εκκρεμούν και δεν έχουν οδηγηθεί σε συναλλαγές. Η ταξινόμηση αυτών των προσφορών είναι φθίνουσα, έτσι ώστε στην κορυφή να βρίσκεται η μέγιστη τιμή.
- S_{in} : Περιλαμβάνει όλες τις προσφορές πώλησης που έχουν οδηγηθεί σε συναλλαγές. Η ταξινόμηση των τιμών αυτών των προσφορών είναι φθίνουσα, έτσι ώστε στην κορυφή να βρίσκεται η μέγιστη τιμή.
- S_{out} : Περιλαμβάνει όλες τις προσφορές πώλησης που εκκρεμούν και δεν έχουν οδηγηθεί σε συναλλαγές. Η ταξινόμηση αυτών των προσφορών είναι αύξουσα, έτσι ώστε στην κορυφή να βρίσκεται η ελάχιστη τιμή.

Επιπλέον, εάν b_{in} , b_{out} , s_{in} , s_{out} είναι οι κόμβοι-κορυφές των B_{in} , B_{out} , S_{in} , S_{out} αντίστοιχα και $Price(n)$ η τιμή της προσφοράς του αντίστοιχου κόμβου, τότε ισχύουν κάθε χρονική στιγμή οι παρακάτω περιορισμοί:

- $Price(b_{in}) \geq Price(b_{out})$
- $Price(s_{out}) \geq Price(s_{in})$
- $Price(s_{out}) \geq Price(b_{out})$
- $Price(b_{in}) \geq Price(s_{in})$

Έτσι, οι συναλλαγές διεκπεραιώνονται ανάμεσα στους αγοραστές με τη μεγαλύτερη προσφορά και τους πωλητές με τη μικρότερη προσφορά από αυτές που εκκρεμούν. Πρόκειται επομένως για μία πολιτική ME, η οποία οδηγεί σε μηχανισμούς βέλτιστους κατά Pareto. Ο αλγόριθμος αυτός, αν και δε μεγιστοποιεί τη ρυθμαπόδοση των συναλλαγών, εγγυάται την ελαχιστοποίηση των VI και EMI, όπως αυτές ορίστηκαν στην υποπαράγραφο 2.5.2.

Το πλεονέκτημα αυτού του αλγορίθμου είναι η μικρή χρονική και χωρική πολυπλοκότητά του. Εάν M και N είναι το πλήθος των προσφορών πώλησης και αγοράς αντίστοιχα και $L = M + N$, τότε η εισαγωγή, όπως και η εξαγωγή μίας προσφοράς έχουν χρονική πολυπλοκότητα $O(\log(L))$. Επίσης, η διαδικασία ταιριάσματος κατά την εκκαθάριση για μία ομοιόμορφη τιμολόγηση διαρκεί για χρόνο ανάλογο του πλήθους των προσφορών που πρόκειται να εκκαθαριστούν και

έχει πολυπλοκότητα $O(\min(M, N))$ για προσφορές απλών τεμαχίων, όπως γίνεται και στην περίπτωση του CAT. Τέλος, το μέγεθος των σωρών B_{in} και S_{in} είναι $O(\min(M, N))$, ενώ αυτό των B_{out} και S_{out} είναι $O(M)$ ([55], [64]).

5.2.7 Συνθήκη Εκκαθάρισης

Η πολιτική που επιλέξαμε όσον αφορά σε αυτό το κομμάτι για την πρώτη έκδοση του Mertacor, όπως και για την πρώτη φάση της δεύτερης έκδοσης, είναι αυτή της συνεχούς εκκαθάρισης (CC).

Η συνθήκη αυτή, όταν συνδυαστεί με τον κανόνα του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης μπορεί να δώσει αρκετά αυξημένη ρυθμαπόδοση συναλλαγών, ειδικά σε περιβάλλοντα όπου ο αριθμός των αγαθών που πρόκειται να συναλλαχθούν είναι πολύ μεγάλος.

Η δεύτερη έκδοση του Mertacor εκμεταλλεύεται τις παρατηρήσεις που γίνονται από την παρακολούθηση των συναλλαγών στις αγορές όπου γίνεται συνδρομητής. Έτσι, στην αρχή κάθε ημέρας εμπορίου, υπολογίζεται ο μέγιστος αριθμός των αγαθών που προτίθενται να συναλλάξουν οι παγκόσμια ενδο-περιθωριακοί πράκτορες εμπορίου που έχουν εγγραφεί στην αγορά του Mertacor. Ο αριθμός αυτός καθορίζει το πλήθος των γύρων εμπορίου στο τέλος των οποίων γίνεται εκκαθάριση (CR) έτσι ώστε να καταφέρουν οι επιθυμητοί εμπορευόμενοι να συναλλάξουν όλα τα αγαθά τους. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η φάση, ο Mertacor μεταβαίνει σε κατάσταση συνεχούς εκκαθάρισης, όπως και στην πρώτη έκδοση, για τη διεκπεραίωση των υπόλοιπων συναλλαγών. Αυτή η εναλλαγή των φάσεων καθορίζει την αντίστοιχη μεταβολή της πολιτικής αποδοχής, όπως περιγράφηκε στην υποπαράγραφο 5.2.5. Φυσικά, τις πρώτες ημέρες εμπορίου, όταν δεν είμαστε σε θέση υπολογισμού του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας, εφαρμόζεται ο κανόνας της συνεχούς εκκαθάρισης για όλη τη διάρκεια της ημέρας.

5.2.8 Πολιτική Τιμολόγησης

Η βασική έκδοση της πολιτικής αυτής είναι μία τροποποίηση του κανόνα της διακριτικής k-τιμολόγησης, σύμφωνα με τον οποίον η τιμή της συναλλαγής είναι

διαφορετική για κάθε ζεύγος αγοραστή και πωλητή και τοποθετείται σε ένα σημείο του διαστήματος της αντίστοιχης προσφοράς πώλησης και αγοράς σύμφωνα με μία παράμετρο k . Η παράμετρος k τοποθετείται συνήθως στο μέσο αυτού του διαστήματος, παρέχοντας το ίδιο κέρδος στον αγοραστή και στον πωλητή. Προκειμένου να διατηρήσουμε μία ισορροπημένη αγορά από την πλευρά της αναλογίας αγοραστών και πωλητών, τροποποιήσαμε τον κανόνα έτσι ώστε η τιμή του k να τοποθετείται σύμφωνα με τη μέση τιμή της αναλογίας των εμπορευομένων για τις N προηγούμενες ημέρες, όπου $N \in [5, 10], N \in \mathbb{N}^+$, μία ευρετική μεταβλητή. Η τιμή αυτή θεωρούμε ότι αποτελεί μία καλή εκτίμηση της αναλογίας των πρακτόρων εμπορίου του Mertacor για την τρέχουσα ημέρα. Επιπλέον, βασικός στόχος είναι η προσέλκυση των παγκόσμια ενδο-περιθωριακών εμπορευομένων, οπότε, εφόσον μία συναλλαγή διεκπεραιώνεται ανάμεσα σε έναν παγκόσμια ενδο-περιθωριακό εμπορευόμενο και σε έναν άλλον, ο οποίος δεν κατέχει αυτήν την ιδιότητα, φροντίζουμε ώστε ο πρώτος πράκτορας εμπορίου να λάβει μεγαλύτερο κέρδος, δίνοντάς του το απαραίτητο κίνητρο παραμονής στην αγορά μας. Προκειμένου να αποφύγουμε τις ακραίες περιπτώσεις, η τιμή του k περιορίζεται στο διάστημα $[k_{min}, k_{max}]$, όπου $k_{min} \in [0.2, 0.3]$ και $k_{max} \in [0.7, 0.8]$ δύο μεταβλητές που τοποθετούνται ευρετικά. Ο αλγόριθμος του κανόνα τιμολόγησης παρουσιάζεται στο σχήμα 5.7.

Ο παραπάνω κανόνας χρησιμοποιείται τόσο στην πρώτη έκδοση όσο και στη δεύτερη φάση της δεύτερης έκδοσης. Στην τελευταία, για τους πρώτους γύρους εμπορίου όπου γίνονται αποδεκτές μόνο οι παγκόσμια ενδο-περιθωριακές προσφορές, η τιμολόγηση των συναλλαγών είναι ομοιόμορφη και η τιμή τους ισούται με αυτήν του υπολογισμένου παγκόσμιου σημείου ισορροπίας. Έτσι, οι εμπορευόμενοι με τις ανταγωνιστικότερες προσφορές (οι οποίες απέχουν περισσότερο από αυτό το σημείο ισορροπίας) λαμβάνουν μεγαλύτερο κέρδος.

Αλγόριθμος Τροποποιημένης Διακριτικής k - Τιμολόγησης	
BALANCED K-PRICING (bid, ask)	
1.	bid, ask $\triangleright$ τρέχον ζεύγος προσφορών αγοράς και πώλησης
2.	k $\triangleright$ θέση στο διάστημα προσφορών πώλησης, αγοράς
3.	$defaultK$ $\triangleright$ εξ'ορισμού τιμή του k
4.	k_{min}, k_{max} $\triangleright$ ελάχιστη και μέγιστη δυνατή τιμή του k
5.	$price$ $\triangleright$ τιμή της προκύπτουσας συναλλαγής
6.	$defaultK \leftarrow getMeanBuyers() / getMeanTraders()$
7.	if $defaultK < k_{min}$
8.	then $defaultK \leftarrow k_{min}$
9.	else
10.	if $defaultK > k_{max}$
11.	then $defaultK \leftarrow k_{max}$
12.	end if
13.	end if
14.	$k \leftarrow defaultK$
15.	$\triangleright$ η μεταβλητή $isGloballyIM$ είναι αληθής μόνο εάν ο αντίστοιχος εμπορευόμενος είναι παγκόσμια ενδο-περιθωριακός
16.	if $globalEquilibrium.found = TRUE$
17.	then
18.	if $bid.owner.isGloballyIM = TRUE$
19.	then
20.	if $ask.owner.isGloballyIM = FALSE$
21.	then $k \leftarrow k_{min}$
22.	end if
23.	else
24.	if $ask.owner.isGloballyIM = TRUE$
25.	then
26.	if $bid.owner.isGloballyIM = FALSE$
27.	then $k \leftarrow k_{max}$
28.	end if
29.	end if
30.	end if
31.	end if
32.	$price \leftarrow k \cdot bid.price + (1 - k) \cdot ask.price$
33.	return $price$

Σχήμα 5.7. Αλγόριθμος διακριτικής k -τιμολόγησης του Mertacor 2008.

5.2.9 Πολιτική Χρέωσης

Για τα παιχνίδια του 2008 αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε επίσης δύο διαφορετικές πολιτικές χρέωσης. Κοινός παράγοντας αποτελεί η απόφαση της επιβολής μόνο αμοιβών κέρδους. Κάθε είδος αμοιβής έχει διαφορετικά πλεονεκτήματα όσον αφορά στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων εξω-

περιθωριακών εμπορευομένων. Ωστόσο, φροντίζουμε να επιτύχουμε αυτόν το στόχο μέσω των πολιτικών αποδοχής και τιμολόγησης και δε θεωρήσαμε σκόπιμο να χρεώσουμε πράκτορες εμπορίου, οι οποίοι δεν καταφέρνουν να συναλλαχθούν στην αγορά του Mertacor.

Και οι δύο εκδόσεις βασίστηκαν στα αποτελέσματα πειραμάτων που κάναμε προκειμένου να επιλέξουμε το ποσοστό της χρέωσης που θα επιβάλλουμε. Για το λόγο αυτό διεξάγαμε τελικά 30 πειράματα, στο καθένα από τα οποία όλοι οι ειδήμονες υλοποιούσαν τις ίδιες υπόλοιπες πολιτικές, ενώ η πολιτική χρέωσης επέβαλλε διαφορετικά, σταθερά ποσοστά αμοιβών κέρδους. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε έντεκα ειδήμονες, των οποίων η αμοιβή χρέωσης μεταβάλλεται από 0 έως 1 με βήμα 0.1, και τετρακόσιους πράκτορες εμπορίου με διαφορετικές αναλογίες στρατηγικών πλειοδοσίας. Η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των καθημερινών σκορ παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2, και αυτές τις τιμές χρησιμοποιήσαμε για την επιλογή του ποσοστού της αμοιβής στα δοκιμαστικά και τελικά παιχνίδια.

Όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα, ο ειδήμονας με 20% ποσοστιαία αμοιβή κέρδους επιτυγχάνει το μέγιστο σκορ με τη δεύτερη μικρότερη τυπική απόκλιση. Για το λόγο αυτό αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την τιμή στα παιχνίδια. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι η ομάδα του PersianCAT που κατετάχθη πρώτη στα τελικά παιχνίδια αποφάσισε να χρησιμοποιήσει την ίδια πολιτική χρέωσης από το δεύτερο παιχνίδι και έπειτα, η οποία της έδωσε το αντίστοιχο βαθμολογικό πλεονέκτημα, εκτός φυσικά από τις υπόλοιπες, πολύ καλές κατά γενική ομολογία, πολιτικές που υλοποιήθηκαν.

Στόχος αυτής της πολιτικής σταθερής χρέωσης από την αρχή του παιχνιδιού είναι αφενός να διατηρηθούν από την αρχή έως το τέλος κάθε παιχνιδιού οι ίδιοι πράκτορες εμπορίου, οι οποίοι καταφέρνουν να αποκομίσουν κέρδος με αυτό το ποσό και αφετέρου να αποκτηθεί μεγάλο σκορ κέρδους τις πρώτες ημέρες εμπορίου, όταν οι περισσότεροι ειδήμονες επιλέγουν την επιβολή μηδενικών χρεώσεων προκειμένου να αυξήσουν το μερίδιο αγοράς τους. Ας μη ξεχνάμε ότι το σκορ κέρδους κανονικοποιείται σύμφωνα με το συνολικό κέρδος των ειδημόνων, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να επιτευχθεί μεγάλο αντίστοιχο σκορ με την επιβολή πενιχρών αμοιβών όταν οι αντίπαλες ομάδες υλοποιούν ελεύθερες αγορές.

Φυσικά, προνοήσαμε ώστε να μειώσουμε αυτήν την αμοιβή, όταν το μερίδιο αγοράς πέσει κάτω από μία τιμή κατωφλίου $trThreshold$, την οποία θέσαμε έτσι

ώστε να ισούται ελάχιστα παραπάνω από το μισό του μέσου μεριδίου αγοράς, δηλαδή $trThreshold = 0.5 \cdot (1/numberOfSpecialists) + boost$, $boost \in [1,5]$. Σε αυτήν την περίπτωση, μηδενίζονται οι αμοιβές για ένα χρονικό διάστημα ημερών εμπορίου, *zeroDays*, και στη συνέχεια η αμοιβή κέρδους αυξάνεται γραμμικά για *transDays* ημέρες εμπορίου μέχρις ότου λάβει την αρχική της τιμή (0.2). Οι μεταβλητές *zeroDays* και *transDays* λαμβάνονται ευρετικά.

Πίνακας 5.2. Σύγκριση των ίδιων εκδόσεων του Mertacor με διαφορετικό ποσοστό αμοιβής κέρδους. Ο αριθμός δίπλα στο όνομα δηλώνει το αντίστοιχο ποσοστό που επιβλήθηκε.

Specialist	Score	
	mean	stdev
Mertacor_0.0	0.341	0.021
Mertacor_0.1	0.346	0.029
Mertacor_0.2	0.366	0.027
Mertacor_0.3	0.35	0.031
Mertacor_0.4	0.335	0.043
Mertacor_0.5	0.329	0.054
Mertacor_0.6	0.357	0.036
Mertacor_0.7	0.321	0.06
Mertacor_0.8	0.31	0.072
Mertacor_0.9	0.332	0.056
Mertacor_1.0	0.305	0.071

Στο σημείο αυτό οφείλουμε να κάνουμε ξεκάθαρο το λόγο της επιλογής μίας τόσο μικρής τιμής κατωφλίου. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην παρατήρηση ότι πολλές ομάδες επιχειρούσαν την απόκτηση ενός αρκετά μεγάλου μεριδίου αγοράς για να πυροδοτήσουν την επιβολή των αμοιβών, κάτι όμως που δε συνέβαινε συχνά λόγω των ανταγωνιστών, οι οποίοι ήταν εξ' αρχής άγνωστοι και, άρα, απρόβλεπτοι.

Η δεύτερη έκδοση της πολιτικής χρέωσης που χρησιμοποιήθηκε τόσο στα δοκιμαστικά παιχνίδια όσο και στο τρίτο τελικό παιχνίδι διατηρεί τις ίδιες βασικές αρχές αλλά προσπαθεί να αυξομειώσει την αμοιβή κέρδους με έναν πολυπλοκότερο τρόπο.

Πρόκειται για μία πολιτική βασισμένη στα σκορ των ειδημόνων και εκμεταλλεύεται εν μέρει το δεδομένο της γνωστής διάρκειας κάθε παιχνιδιού (500 ημέρες εμπορίου). Αρχικά, για ένα συγκεκριμένο αριθμό ημερών, $reputationInterval \in [30, 80]$, η αμοιβή χρέωσης διατηρείται σταθερή και ίση με 0.2, έτσι ώστε να αποκτήσει ο Mertacor ένα σχετικό βαθμολογικό προβάδισμα σε σχέση με τις ομάδες που επιβάλλουν αρχικά μηδενικές αμοιβές.

Κατά τη διάρκεια αυτών των ημερών, όπως και σε όλο το παιχνίδι, ο Mertacor υπολογίζει τα καθημερινά και συνολικά αθροιστικά σκορ όλων των ειδημόνων του παιχνιδιού. Ο υπολογισμός αυτός αποτελεί μία εκτίμηση των σκορ για δύο λόγους. Ο πρώτος βασικός λόγος είναι το γεγονός ότι η αξιολόγηση των ειδημόνων ξεκινά μία τυχαία ημέρα εμπορίου, η οποία είναι άγνωστη και δεν υπάρχει τρόπος ανίχνευσής της. Ο δεύτερος και κυριότερος λόγος είναι η απουσία της πληροφόρησης για το σκορ του TSR. Ο Mertacor, όπως είπαμε, εγγράφεται το πολύ σε τέσσερις αντίπαλους ειδήμονες, λαμβάνοντας με αυτόν τον τρόπο την τελευταία απαραίτητη πληροφορία. Έτσι, η εκτίμηση του TSR για τις ημέρες όπου αυτοί δεν παρακολουθούνται είναι η μέση τιμή των αντίστοιχων σκορ για τις τελευταίες $scoreMemory \in [5, 8]$ ημέρες εμπορίου. Φυσικά, υπάρχει το ενδεχόμενο της χρέωσης αμοιβών πληροφορίας από τους αντιπάλους. Σε αυτήν την περίπτωση, δεδομένου ότι ο Mertacor επιλέγει να μην εγγραφεί σε τέτοιες αγορές, ο TSR λαμβάνει τη μέση τιμή των TSR όλων των ειδημόνων για την προηγούμενη ημέρα εμπορίου, αφού δεν υπάρχει άλλος τρόπος εκτίμησης αυτής της τιμής.

Αφού υπολογιστούν όλα τα παραπάνω σκορ, στο τέλος κάθε ημέρας εμπορίου ο Mertacor εκτιμά τη βαθμολογική κατάταξη όλων των συμμετεχόντων. Με βάση τις προκύπτουσες βαθμολογικές διαφορές, γνωρίζοντας το υπόλοιπο των ημερών εμπορίου, ο πράκτορας διαχωρίζει τις ημέρες σε χρονικά διαστήματα στα οποία θα προσπαθήσει να ξεπεράσει τους αντιπάλους που κατέχουν καλύτερη από αυτόν βαθμολογική θέση. Παράλληλα, διατηρούνται στη μονάδα καταγραφής οι μέσες τιμές του συνολικού δυνατού κέρδους από τις συναλλαγές για κάθε εμπορευόμενο, του πλήθους των πρακτόρων εμπορίου της αγοράς και του αριθμού των συναλλαγών για τις τελευταίες $scoreMemory$ ημέρες εμπορίου. Αυτές οι τιμές αποτελούν καλές εκτιμήσεις των αντίστοιχων μεταβλητών της επόμενης ημέρας και μέσα από αυτές υπολογίζεται η αμοιβή κέρδους που πρέπει να επιβληθεί για την αυριανή ημέρα. Ωστόσο, η υπολογισμένη αμοιβή δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μία μέγιστη

τιμή, $maxFee = 0.3$, και μικρότερη από μία ελάχιστη τιμή, $minFee = 0.1$. Οι $minFee$ και $maxFee$ επιλέχθηκαν έτσι ώστε να βρίσκονται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην τιμή 0.2 για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω.

Επιπλέον, προσπαθήσαμε να συμπεριλάβουμε την περίπτωση όπου ο αμέσως χαμηλότερος σε κατάταξη ειδήμονας έχει τάση ανόδου και παρουσιάζει μεγαλύτερο μέσο σκορ από τον αμέσως υψηλότερο σε σχέση με τον ειδήμονά μας. Σε αυτήν την περίπτωση, ο στόχος για το σκορ θα είναι η μεγαλύτερη από την τιμή που υπολογίζεται με τον παραπάνω τρόπο και το μέσο σκορ του χαμηλότερου από το Mertacor ειδήμονα συν μία πολύ μικρή παράμετρο $\epsilonpsilon \in [0.002, 0.005]$ που μας δίνει ένα ελάχιστο προβάδισμα. Παρόμοια κινούμαστε και στην περίπτωση όπου ο Mertacor είναι πρώτος βαθμολογικά, οπότε πρέπει να επιτυγχάνει σκορ μεγαλύτερο ή ίσο του αμέσως επόμενου, δεύτερου ειδήμονα.

Έμφαση δόθηκε και για αυτήν την πολιτική στο μερίδιο αγοράς. Έτσι, όπως και στην πρώτη έκδοση, εάν το μερίδιο αγοράς πέσει κάτω από την ίδια τιμή κατωφλίου, η αμοιβή κέρδους λαμβάνει την ελάχιστη τιμή της για έναν αριθμό ημερών και στη συνέχεια αυξάνεται γραμμικά έως ότου λάβει την αρχική της τιμή, 0.2.

Τέλος, φροντίσαμε να επεκτείνουμε αυτήν την πολιτική και σε παιχνίδια μεγαλύτερης διάρκειας. Σε τέτοια παιχνίδια, δεδομένου ότι δεν είναι γνωστή η διάρκειά τους, τοποθετείται ένα διάστημα πρόβλεψης, $predictionInterval \in [100, 200]$ στη διάρκεια του οποίου ο Mertacor προσπαθεί κάθε φορά να βρεθεί στην πρώτη βαθμολογικά θέση.

Η βασική έκδοση του αλγορίθμου αυτής της πολιτικής (για δεδομένο αριθμό ημερών) παρουσιάζεται στο σχήμα 5.8.

Στο σημείο αυτό πρέπει να επισημάνουμε ότι αυτή η δεύτερη πολιτική χρέωσης χρησιμοποιήθηκε μόνο στο τρίτο από τα τελικά παιχνίδια. Ο λόγος για αυτήν την επιλογή είναι ότι αυτή η στρατηγική βασίζεται στην υπόθεση πως οι περισσότεροι ανταγωνιστικοί ειδήμονες θα χρεώνουν μηδενικές αμοιβές πληροφορίας, έτσι ώστε να είναι ικανοποιητικές οι εκτιμήσεις των σκορ. Περιμέναμε λοιπόν να επιβεβαιώσουμε ότι κάτι τέτοιο ισχύει προτού εισάγουμε τη στρατηγική.

Αλγόριθμος Χρέωσης Βασισμένης στο Σκορ

SCORE-BASED-CHARGING ()

```

1. trThreshold          ▷ ευρετικό κατώφλι πελατών
2. profitFee, initialFee ▷ η αμοιβή κέρδους και η αρχική της τιμή αντίστοιχα
3. minFee, maxFee       ▷ ελάχιστη και μέγιστη δυνατή τιμή της αμοιβής κέρδους
4. reputationInterval   ▷ χρονικό διάστημα για απόκτηση προβαδίσματος σκορ
5. minFeeDays, endDay   ▷ κατάσταση προσέλκυσης πελατών και τελευταία ημέρα
6. zeroDays, minDaysCntr ▷ διάρκεια κατάστασης προσέλκυσης και μετρητής
7. transitionDays, feeStep ▷ διάρκεια μεταβατικής κατάστασης και βήμα αμοιβής
8. initialFee ← 0.2
9. if currentDay ≤ reputationInterval
10.   then profitFee ← initialFee
11. else if minFeeDays = TRUE
12.   then
13.     profitFee ← minFee
14.     if minDaysCntr > zeroDays
15.       then
16.         minFeeDays = FALSE and transitionDays = TRUE
17.       end if
18.   else if transitionDays = TRUE
19.     then profitFee ← profitFee + feeStep
20.     if profitFee > initialFee
21.       then profitFee ← initialFee and transitionDays = FALSE
22.     end if
23.   else if ourMeanTraders < trThreshold
24.     then profitFee ← minFee and minFeeDays = TRUE
25.   else
26.     Compute total and mean scores
27.     betterOpponents ← getBetterOpponents()
28.     scoreDifferences ← betterOpponents.getScoreDifferences()
29.     timeIntervals ← getTimeIntervals(betterOpponents, currentDay, endDay)
30.     upperOpponent ← betterOpponents[0]
31.     scoreDifference ← scoreDifferences[0] / timeIntervals[0]
32.     lowerOpponent ← getLowerOpponent()
33.     if upperOpponent = NIL
34.       then targetScore ← lowerOpponent.meanScore + epsilon
35.     else
36.       if lowerOpponent = NIL
37.         then targetScore ← upperOpponent.meanScore + scoreDifference
38.       else
39.         targetScore ← max(upperOpponent.meanScore + scoreDifference,
lowerOpponent.meanScore + epsilon)
40.       end if
41.     end if
42.     targetProfit ← getTargetProfit(targetScore)
43.     profitFee ← targetProfit / (ourMeanTransactions · 2 · ourMeanTradersProfit)
44.     assert profitFee ≥ minFee and profitFee ≤ maxFee
45.   end if

```

Σχήμα 5.8. Αλγόριθμος χρέωσης βασισμένης στο σκορ του Mertacor 2008.

5.3 Έκδοση 2007

5.3.1 Γενικά

Για λόγους αναφοράς παρουσιάζουμε στην παράγραφο αυτήν την έκδοση του Mertacor για το 2007. Ο Mertacor συμμετείχε στον πρώτο διαγωνισμό του CAT την προηγούμενη χρονιά με μία πιο πρωταρχική έκδοση και απέσπασε την 8^η θέση. Στο TAC Market Design 2007 συμμετείχαν συνολικά δέκα ομάδες, οι οποίες παρουσιάζονται στο σχήμα 5.9.

Η δομή του Mertacor για το 2007 είναι ίδια με αυτήν του 2008 με τη μόνη διαφορά ότι απουσιάζει η μονάδα καταγραφής, η οποία υλοποιείται μερικώς σε κάθε πολιτική του πράκτορα, η οποία καταχωρεί μόνο τα στατιστικά στοιχεία που την αφορούν. Όμως, η υλοποίηση των πολιτικών διαφέρει ριζικά και παρουσιάζεται στις επόμενες υποπαραγράφους.

Ο πελάτης αγοράς αναλαμβάνει και αυτήν τη φορά το μετασχηματισμό των μηνυμάτων που λαμβάνονται ανάμεσα στον πράκτορα και τον εξυπηρετητή του CAT. Ο δημοπράτης σε αυτήν την υλοποίηση έχει σαν μοναδικό στόχο το συντονισμό των επιμέρους πολιτικών και τη μεταβίβαση της απαιτούμενης πληροφορίας μεταξύ τους.

Ο διαγωνισμός του 2007 διεξήχθη στις 23 – 25 Ιουλίου 2007 παράλληλα με το συνέδριο AAAI-07 και περιελάμβανε τρία παιχνίδια. Ωστόσο, λόγω τεχνικών προβλημάτων το δεύτερο παιχνίδι ακυρώθηκε και προσμετρήθηκαν μόνο τα υπόλοιπα παιχνίδια στην τελική βαθμολογία, η οποία παρουσιάζεται στον πίνακα 5.3.

Agent	Leader	Team	Affiliation
1 TacTex	Peter Stone	<u>TacTex</u>	<u>The University of Texas at Austin</u>
2 PersianCat	Maziar Gomrokchi	<u>PersianCat</u>	<u>Premier Ideas Support Center of Shiraz University</u>
3 PhantAgent	Stan Mihai	PhantAgent	"Politehnica" University of Bucharest
4 CrocodileAgent	Vedran Podobnik	<u>CrocodileAgent</u>	<u>Faculty of Electrical Engineering and Computing, Department of Telecommunications</u>
5 MANX	Michael Wellman	MANX	<u>University of Michigan</u>
6 IAMwildCAT	Prof N. R. Jennings	<u>IAMwildCAT</u>	<u>University of Southampton</u>
7 Mertacor	Prof. Pericles A. Mitkas	<u>Mertacor</u>	<u>Aristotle University of Thessaloniki</u>
8 Havana	Amy Greenwald	<u>Havana</u>	<u>Brown University, Department of Computer Science</u>
9 jackaroo	Dr Dongmo Zhang	jackaroo	<u>University of Western Sydney</u>
10 PSUCAT	Dr. Tracy Mullen	<u>PSUCAT</u>	Penn State University

Σχήμα 5.9. Συμμετέχοντες στο διαγωνισμό CAT 2007.

Πίνακας 5.3. Τελική κατάταξη των ειδημόνων για τον CAT 2007.

1. IAMwildCAT	365.496
2. PSUCAT	328.333
3. CrocodileAgent	308.813
4. jackaroo	272.239
5. Havana	256.441
6. PersianCat	218.458
7. PhantAgent	146.208
8. Mertacor	133.912
9. TacTex	107.925
10. MANX	95.976

Ο διαγωνισμός του 2007 αποτελεί μάλλον μία δοκιμαστική προσπάθεια, καθώς το JCAT βρισκόταν ακόμα σε αρχική έκδοση με αποτέλεσμα τα αρκετά τεχνικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν τόσο από την πλευρά του εξυπηρετητή όσο και από τους συμμετέχοντες. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τις πολιτικές του Mertacor, όπως υλοποιήθηκαν για το 2007.

5.3.2 Πολιτική Τιμής Αναφοράς

Η πολιτική που υλοποιήθηκε στο Mertacor του 2007 είναι επίσης αυτή της διμερούς τιμής αναφοράς. Η πολιτική αυτή είναι πιο πειστική από την αντίστοιχη μονομερή εκδοχή της και οδηγεί σε ταχύτερη σύγκλιση προς το σημείο ισορροπίας της αγοράς, ειδικά σε συνδυασμό με τη μη συνεχή συνθήκη εκκαθάρισης που θα μελετήσουμε σε επόμενη υποπαράγραφο.

5.3.3 Πολιτική Αποδοχής Προσφορών

Η πολιτική αποδοχής των προσφορών αποτελεί μία παραλλαγή του κανόνα του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά, εφαρμόζεται ο παραπάνω κανόνας. Εάν η υποβληθείσα προσφορά δεν καταφέρνει να ξεπεράσει την αντίστοιχη εξέχουσα προσφορά, τότε δε γίνεται αποδεκτή από την αγορά του Mertacor. Σε αντίθετη περίπτωση, εφαρμόζεται στη συνέχεια ένας κανόνας που περιορίζει τον αριθμό των προσφορών έτσι ώστε κάθε χρονική στιγμή να παραμένει μικρότερος ή ίσος με τη μειωψηφούσα κατηγορία των εμπορευομένων. Εάν υπάρχουν στην αγορά m αγοραστές και n πωλητές, τότε δύο αντίστοιχοι μετρητές καταγράφουν συνεχώς τον αριθμό των επιτυχώς υποβληθεισών προσφορών αγοράς και πώλησης που δεν έχουν οδηγηθεί ακόμα σε συναλλαγές και, όταν υποβληθεί μία νέα προσφορά, αυξάνεται κατά ένα και ελέγχεται η τιμή του αντίστοιχου μετρητή. Εάν αυτή είναι μεγαλύτερη από το ελάχιστο των m και n , τότε η προσφορά απορρίπτεται, αλλιώς γίνεται δεκτή. Οι τιμές των μετρητών μηδενίζονται στην αρχή κάθε ημέρας εμπορίου, καθώς και μετά από κάθε εκκαθάριση. Ο αλγόριθμος αυτός παρουσιάζεται στο σχήμα 5.10.

Στόχος αυτής της πολιτικής, πέρα από τη σύγκλιση των προσφορών στο σημείο ισορροπίας, είναι να εξασφαλίσει επιπλέον την ισορροπία του πλήθους των προσφορών από την πλευρά των αγοραστών και των πωλητών. Έτσι, κάθε φορά που γίνεται η εκκαθάρισή τους, ο αριθμός των προσφορών αγοράς θα είναι ίσος με τον αριθμό των προσφορών πώλησης, εφόσον έχουν προλάβει να υποβάλλουν τις προσφορές τους όλοι οι εμπορευόμενοι πληρώνοντας παράλληλα τα κριτήρια του κανόνα του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης.

Αλγόριθμος Πολιτικής Αποδοχής Προσφορών	
NEWSHOUT (<i>shout</i>)	
1. <i>shout</i>	▷ τρέχουσα προσφορά
2. <i>ob, oa</i>	▷ εξέχουσες προσφορές αγοράς και πώλησης
3. <i>bidCounter, askCounter</i>	▷ μετρητές προσφορών αγοράς και πώλησης
4. if dayStart or ClearingOperation	
5. then <i>bidCounter</i> $\leftarrow$ 0	
6. <i>askCounter</i> $\leftarrow$ 0	
7. end if	
8. if <i>shout</i> is bid	
9. then	
10. if <i>shout.price</i> < <i>ob</i>	
11. then reject <i>shout</i>	
12. else	
13. <i>bidCounter</i> $\leftarrow$ <i>bidCounter</i> + 1	
14. if <i>bidCounter</i> > <i>min</i> [sellers, buyers]	
15. then reject <i>shout</i>	
16. else accept <i>shout</i>	
17. end if	
18. end if	
19. else	
20. if <i>shout.price</i> > <i>oa</i>	
21. then reject <i>shout</i>	
22. else	
23. <i>askCounter</i> $\leftarrow$ <i>askCounter</i> + 1	
24. if <i>askCounter</i> > <i>min</i> [sellers, buyers]	
25. then reject <i>shout</i>	
26. else accept <i>shout</i>	
27. end if	
28. end if	
29. end if	

Σχήμα 5.10. Αλγόριθμος πολιτικής αποδοχής προσφορών του Mertacor 2007.

5.3.4 Πολιτική Ταιριάσματος

Η πολιτική ταιριάσματος υλοποιεί μία έκδοση του αλγορίθμου τεσσάρων σωρών, τον οποίον τροποποιήσαμε κατάλληλα για να επιταχύνουμε τη διαδικασία διεκπεραίωσης των δυνατών συναλλαγών.

Ο τροποποιημένος αλγόριθμος λαμβάνει τις αποδεκτές προσφορές των πρακτόρων εμπορίου και στη συνέχεια ταξινομεί σε αύξουσα σειρά τόσο τις προσφορές αγοράς όσο και αυτές τις πώλησης. Πρόκειται επομένως για μία πολιτική MV.

Το μειονέκτημα αυτής της πολιτικής είναι ότι δεν καταφέρνει να μεγιστοποιήσει την κοινωνική ευημερία των συναλλασσομένων. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος

διεκπεραίωσης συναλλαγών ανάμεσα σε ενδο-περιθωριακούς και εξω-περιθωριακούς εμπορευόμενους μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την αποδοτικότητα της αγοράς. Ωστόσο, πρωταρχικός στόχος είναι η αύξηση της ρυθμαπόδοσης των συναλλαγών διασφαλίζοντας τη συναλλαγή του μέγιστου πλήθους των αγαθών που προτίθενται να αγοράσουν ή να πωλήσουν οι εμπορευόμενοι και αντισταθμίζοντας έτσι εν μέρει την παραπάνω αδυναμία. Αυτό το γεγονός μπορεί να οδηγήσει σταδιακά στην αύξηση του μεριδίου της αγοράς του Mertacor, καθώς περισσότεροι εμπορευόμενοι συμμετέχουν πλέον στις αγοραπωλησίες, έστω και με μικρότερο κέρδος ανά συναλλαγή.

5.3.5 Συνθήκη Εκκαθάρισης

Ο κανόνας εκκαθάρισης που υλοποιήθηκε προσπαθεί να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα της συνεχούς εκκαθάρισης και του Οργανισμού Εκκαθάρισης. Η τελευταία πολιτική έχει σαν αποτέλεσμα την αποδοτικότερη λειτουργία της αγοράς αλλά δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν οι πράκτορες επιθυμούν να συναλλάξουν περισσότερες από μία μονάδες αγαθών, εφόσον οι προσφορές που επιτρέπονται είναι μίας μονάδας, όπως συμβαίνει στον CAT.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το παραπάνω ο Mertacor παρακολουθεί καθημερινά τις συναλλαγές που διεκπεραιώνονται από τους πράκτορες εμπορίου και αντιλαμβάνεται έμμεσα το πλήθος των αγαθών που διατίθενται να αγοράσουν ή να πωλήσουν. Ο αριθμός αυτός αποτελεί τη μόνη σχετική πληροφορία και μία καλή εκτίμηση για τις προσεχείς ημέρες. Στη συνέχεια, υπολογίζει τη μέγιστη από αυτές τις τιμές για τους τρέχοντες εμπορευόμενους της αγοράς του.

Η διάρκεια κάθε ημέρας εμπορίου τόσο σε γύρους εμπορίου όσο και στα αντίστοιχα milliseconds γνωστοποιείται στην αρχή κάθε παιχνιδιού. Χρησιμοποιώντας λοιπόν αυτήν την πληροφορία σε συνδυασμό με τον παραπάνω υπολογισμό, ο Mertacor «διασπά» την ημέρα εμπορίου σε χρονικά διαστήματα, ο αριθμός των οποίων ισούται με το μέγιστο αριθμό αγαθών των εμπορευομένων. Η εκκαθάριση πραγματοποιείται στο τέλος κάθε τέτοιου χρονικού διαστήματος παρέχοντας τη δυνατότητα μεγιστοποίησης των δυνατών συναλλαγών.

Επιπλέον, ο Mertacor καταγράφει το σύνολο των προσφορών που υποβάλλονται προτού οδηγηθούν σε συναλλαγή. Εάν διαπιστώσει ότι όλοι οι πράκτορες έχουν

υποβάλλει επιτυχώς τις προσφορές τους, τότε προβαίνει σε άμεση εκκαθάριση των προσφορών που εκκρεμούν, καθώς δεν υπάρχει λόγος αναμονής του τέλους του τρέχοντος χρονικού διαστήματος.

5.3.6 Πολιτική Τιμολόγησης

Για την επιλογή της τιμής κάθε συναλλαγής ο Mertacor υλοποιεί μία τροποποιημένη έκδοση του διακριτικού κανόνα της k -τιμολόγησης.

Η τιμή του k επιλέγεται σύμφωνα με την αναλογία των αγοραστών και των πωλητών στην αγορά μας για την τρέχουσα ημέρα εμπορίου προκειμένου να αποκτήσουμε ένα ισορροπημένο πλήθος εμπορευομένων για τον ειδήμονά μας, όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στην υποπαράγραφο 5.2.8. Ειδικότερα το k λαμβάνει τιμή ίση με το λόγο του αριθμού των αγοραστών προς το συνολικό αριθμό των εμπορευομένων στο εσωτερικό της αγοράς.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της επιλογής είναι η μεγάλη διακύμανση της τιμής του k , ειδικά τις πρώτες ημέρες του παιχνιδιού όπου η μετανάστευση των πρακτόρων εμπορίου είναι αισθητά εντονότερη, ενώ η ελευθερία τοποθέτησης του k οπουδήποτε στο διάστημα $[0, 1]$ οδηγεί σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα, όταν η αναλογία των δύο κατηγοριών των εγγεγραμμένων πρακτόρων είναι ακραία (τείνει προς το μηδέν ή τη μονάδα).

5.3.7 Πολιτική Χρέωσης

Η πολιτική χρέωσης που επιλέξαμε για το 2007 βασίζεται κυρίως σε ευρετικές μεθόδους. Παρατηρήσαμε ότι παρόλο που ο TSR προσμετράται στο σκορ όπως ακριβώς προκύπτει μέσα στην αγορά, τα άλλα δύο καθημερινά σκορ κανονικοποιούνται σύμφωνα με το καθημερινό κέρδος και μερίδιο αγοράς όλων των ειδημόνων. Αυτή η τροποποίηση του σκορ δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να επικεντρωθεί στο κέρδος, όταν η πλειοψηφία των αντιπάλων προσπαθεί να αποκτήσει μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, αποκομίζοντας μεγάλο καθημερινό σκορ κέρδους. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και στην αντίθετη περίπτωση, όταν οι περισσότεροι αντίπαλοι ειδήμονες επικεντρώνονται στη μεγιστοποίηση του κέρδους τους.

Βασισμένοι στην παραπάνω παρατήρηση, υλοποιήσαμε την πολιτική χρέωσης του Mertacor έτσι ώστε να αναγνωρίζει το παραπάνω γεγονός και να κινείται ανάλογα. Πιο συγκεκριμένα, χωρίζουμε το παιχνίδι σε δύο κεντρικές φάσεις, αυτήν της αναγνώρισης, *reconnaissancePhase*, και αυτήν της χρέωσης, *chargingPhase*.

Η πρώτη φάση περιλαμβάνει επιπλέον μία μικρότερη αρχική φάση, *reputationPhase*, κατά την οποία γίνεται προσπάθεια μεγιστοποίησης της φήμης του Mertacor μέσω της επιβολής μηδενικών χρεώσεων, ενώ, στη συνέχεια, επιβάλλονται πολύ μικρές αμοιβές κέρδους ώστε ο πράκτοράς μας να παραμείνει ανταγωνιστικός στο καθημερινό σκορ κέρδους. Στο τέλος κάθε ημέρας εμπορίου αυτής της φάσης αναγνώρισης υπολογίζονται τα σκορ μεριδίου αγοράς και κέρδους όλων των αντιπάλων και συγκρίνονται με μία τιμή κατωφλίου, *threshold*, προκειμένου να αντιληφθεί ο Mertacor εάν η στρατηγική τους επικεντρώνεται στην αύξηση του κέρδους ή του μεριδίου αγοράς. Αντίστοιχοι μετρητές αναλαμβάνουν την καταγραφή του πλήθους κάθε κατηγορίας. Η *threshold* λαμβάνει τιμή ίση με $1/numberOfSpecialists$, δηλαδή το μέσο καθημερινό σκορ που αντιστοιχεί σε κάθε ειδήμονα.

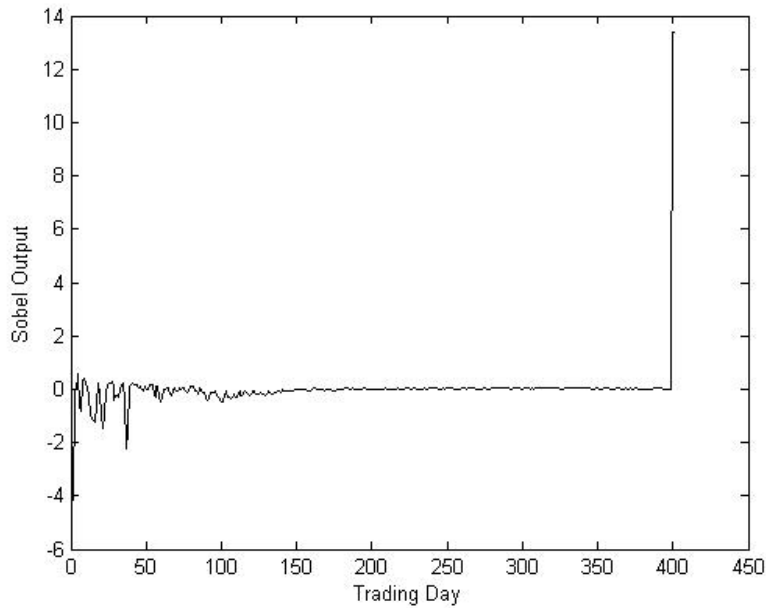
Επιπλέον, φροντίσαμε ώστε η μετάβαση από τη φάση αναγνώρισης στη φάση χρέωσης να πραγματοποιείται όσο το δυνατόν λιγότερο αυθαίρετα. Έπρεπε να βρεθεί το κατάλληλο σημείο για αυτήν την εναλλαγή. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι στρατηγικές επιλογής αγοράς των πρακτόρων εμπορίου έχουν σαν αποτέλεσμα την έντονη μετανάστευσή τους τις πρώτες ημέρες. Πρόκειται για ένα μεταβατικό φαινόμενο, το οποίο εξασθενεί καθώς κυλά το παιχνίδι έως ότου το μικροοικονομικό σύστημα φθάσει σε μία σταθερή κατάσταση. Αυτή είναι η καλύτερη στιγμή για την έναρξη επιβολής των χρεώσεων που θα επιλέξουμε.

Ο υπολογισμός αυτού του σημείου γίνεται με τη βοήθεια ενός μονοδιάστατου φίλτρου ανίχνευσης ακμών. Ειδικότερα, κάθε ημέρα καταγράφεται ο αριθμός των εγγεγραμμένων πελατών του Mertacor και στη συνέχεια υπολογίζεται η τυπική απόκλιση της χρονοσειράς αυτών των αριθμών από την αρχή του παιχνιδιού μέχρι την τρέχουσα ημέρα. Τέλος, εφαρμόζεται ένα μονοδιάστατο φίλτρο *Sobel* στη χρονοσειρά των τυπικών αποκλίσεων που σχηματίζεται για όλη την ιστορία του παιχνιδιού. Στο σχήμα 5.11 φαίνεται ένα παράδειγμα της εξόδου του φίλτρου, όπως λήφθηκε από ένα πραγματικό παιχνίδι. Εάν αυτή η έξοδος του φίλτρου έχει μικρότερη τιμή από ένα κατώφλι εξόδου, *sobelThreshold*, τότε αυτό σημαίνει ότι η

αγορά έχει σταθεροποιηθεί αρκετά και ο Mertacor μεταβαίνει σε κατάσταση χρέωσης. Προκειμένου να είμαστε σίγουροι ότι αυτή η μετάβαση θα γίνει σε εύλογο χρονικό διάστημα, εισάγεται επιπλέον ένα ανώτατο όριο ημερών εμπορίου για τη φάση της αναγνώρισης. Έτσι, η εναλλαγή θα συμβεί όταν το επιτρέψει η μία τουλάχιστον από τις δύο παραπάνω συνθήκες.

Αφού ο πράκτορας εισέλθει στη φάση χρέωσης, μπορεί μέσω της προηγούμενης καταγραφής να συμπεράνει εάν η πλειοψηφία των ανταγωνιστικών ειδημόνων χρησιμοποιεί αμυντικές (επικεντρωμένες στο μερίδιο αγοράς) ή επιθετικές στρατηγικές χρέωσης. Εάν ισχύει το πρώτο, τότε ο Mertacor θα χρησιμοποιήσει μία *άπληστη στρατηγική χρέωσης (greedy charging)*. Σε αντίθετη περίπτωση, υλοποιείται μία *στρατηγική οικοδόμησης και αποδόμησης (build and offload charging)*.

Η άπληστη στρατηγική εστιάζεται στο κέρδος. Εφόσον το μερίδιο αγοράς του Mertacor δεν έχει πέσει κάτω από ένα όριο, στο τέλος κάθε ημέρας καταχωρείται το μέγιστο κέρδος που αποκόμισε ο αντίστοιχος ειδήμονας. Στόχος είναι η απόκτηση του ίδιου κέρδους για την επόμενη ημέρα. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας την κατάλληλη αμοιβή εγγραφής σύμφωνα με το τρέχον μερίδιο αγοράς. Η αμοιβή αυτή εξασφαλίζει σίγουρο κέρδος, αφού χρεώνεται σε όλους τους εμπορευόμενους της αγοράς, ανεξάρτητα από το εάν θα οδηγηθούν σε συναλλαγές ή όχι. Εάν ωστόσο το μερίδιο αγοράς βρεθεί κάτω από το όριο που θέτουμε, τότε μηδενίζεται η αμοιβή εγγραφής και επιβάλλεται η αμοιβή κέρδους, η οποία χρεώνεται μόνο με κάθε συναλλαγή χωρίς να ζημιώνονται οι εμπορευόμενοι. Ο αλγόριθμος αυτός παρουσιάζεται στο σχήμα 5.12.



Σχήμα 5.11. Έξοδος φίλτρου Sobel μετά από εφαρμογή του στη χρονοσειρά των τυπικών αποκλίσεων του μεριδίου αγοράς του Mertacor.

Αλγόριθμος Άπληστης Χρέωσης	
GREEDY-CHARGING ()	
1. <i>tradersThreshold</i>	▷ ευρετικό κατώφλι πελατών
2. <i>regBoost</i>	▷ δίνει μικρή ώθηση στην αμοιβή εγγραφής
3. <i>regFee, profitFee</i>	▷ αμοιβή εγγραφής, αμοιβή κέρδους
4. if <i>numOfOurTraders</i> > <i>tradersThreshold</i>	
5. then	
6. <i>regFee</i> ← <i>getMaxProfit()</i> / <i>numOfOurTraders</i> + <i>regBoost</i>	
7. set all other fees to zero	
8. else	
9. <i>profitFee</i> ← 1.0	
10. set all other fees to zero	
11. end if	

Σχήμα 5.12. Αλγόριθμος άπληστης χρέωσης του Mertacor 2007.

Αντίθετα, η στρατηγική οικοδόμησης και αποδόμησης είναι πιο υπομονετική. Ο Mertacor, σε αυτήν την περίπτωση, αρχικά «οικοδομεί» ουσιαστικά την αγορά του (κατάσταση build) προσελκύοντας εμπορευόμενους με την επιβολή ελάχιστης αμοιβής κέρδους και, αφού περάσει ένα εύλογο χρονικό διάστημα, εισέρχεται σε κατάσταση αποδόμησης της αγοράς (κατάσταση offload), απομακρύνοντας σταδιακά τους πράκτορες εμπορίου με την επιβολή μεγάλων τιμών αμοιβών που θα δώσουν

αντίστοιχο κέρδος. Οι χρεώσεις αυξάνονται απότομα μέχρι να λάβουν τη μέγιστη τιμή τους, η οποία προκύπτει από τις αντίστοιχες μέγιστες αμοιβές των ανταγωνιστών μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή. Μόλις όμως το μερίδιο αγοράς βρεθεί κάτω από ένα ελάχιστο όριο, η διαδικασία αποδόμησης σταματά και ο Mertacor συνεχίζει, όπως και στην περίπτωση της άπληστης χρέωσης, με την επιβολή 100% αμοιβής κέρδους. Ο αλγόριθμος φαίνεται στο σχήμα 5.13.

Αλγόριθμος Οικοδόμησης και Αποδόμησης	
BUILD-AND-OFFLOAD-CHARGING ()	
34. <i>tradersThreshold</i>	▷ ευρετικό κατώφλι πελατών
35. <i>fees[], profitFee</i>	▷ πίνακας αμοιβών, αμοιβή κέρδους
36. <i>X</i>	▷ ευρετική παράμετρος στο [0, 0.1]
37. <i>offloadStep</i>	▷ παράμετρος που σχετίζεται με το βήμα αύξησης των αμοιβών
38. if <i>buildphase = true</i>	
39. then	
40. <i>profitFee</i> ← <i>X</i>	
41. set all other fees to zero	
42. else	▷ offload
43. if <i>offloadStep</i> ≥ 0	
44. then	
45. for <i>i</i> ← 1 to 5	
46. <i>fees[i]</i> = (2 · <i>getMaxFee(i)</i>) / (1+exp[<i>offloadStep</i>])	
47. end for	
48. <i>offloadStep</i> ← <i>offloadStep</i> – 1	
49. else	
50. if <i>numOfOurTraders</i> > <i>tradersThreshold</i>	
51. for <i>i</i> ← 1 to 5	
52. <i>fees[i]</i> = <i>getMaxFee(i)</i>	
53. end for	
54. else	
55. <i>profitFee</i> ← 1.0	
56. set all other fees to zero	
57. end if	
58. end if	
59. end if	

Σχήμα 5.13. Αλγόριθμος οικοδόμησης και αποδόμησης του Mertacor 2007.

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα του CAT 2008

6.1 Συμμετοχή

Η ομάδα μας συμμετείχε για δεύτερη φορά στο διαγωνισμό TAC Market Design 2008, η τελική φάση του οποίου πραγματοποιήθηκε στις 14 – 16 Ιουλίου του ίδιου χρόνου, και κατέλαβε την 5^η θέση. Υπήρξαν συνολικά δεκατέσσερις συμμετοχές, ωστόσο οι τρεις από τις ομάδες (BioAgent, Joanthan216, exam) δεν κατάφεραν τελικά να συμμετάσχουν στο διαγωνισμό. Ο διαγωνισμός περιελάμβανε ομάδες από την Αγγλία, την Αίγυπτο, την Αυστραλία, την Ελλάδα, τις Η.Π.Α., το Ιράν και την Κροατία. Όλες οι εγγεγραμμένες ομάδες παρουσιάζονται στο σχήμα 6.1.

Agent	Leader	Team	Affiliation
1 PersianCat	Maziar Gomrokchi	PersianCat	Premier Ideas Support Center of Shiraz University
2 Mertacor	Prof. Pericles A. Mitkas	Mertacor	Aristotle University of Thessaloniki
3 BioAgent	Professor Caro Lucas	BioAgent	
4 Joanthan216	Jonathan	Joanthan216	
5 CrocodileAgent	Vedran Podobnik	CrocodileAgent	University of Zagreb
6 IAMwildCAT	Prof N. R. Jennings	IAMwildCAT	University of Southampton
7 exam	mhb	exam	
8 MANX	Michael Wellman	MANX	University of Michigan
9 Hairball	Mark Gruman	Hairball	University of Massachusetts at Amherst
10 PSUCAT	Dr. Tracy Mullen	PSUCAT	Penn State University
11 jackaroo	Dr Dongmo Zhang	jackaroo	University of Western Sydney
12 MyFuzzy	Mohammed Almehdar	MyFuzzy	German University In Cairo
13 BazarganZebel	Mohammad Mahdi Khademian	bazarganzebel	
14 DOG	Michael Luck	King'sCAT	King's College London

Σχήμα 6.1. Συμμετέχοντες στο διαγωνισμό CAT 2008.

Όπως και την πρώτη χρονιά, πριν από τα τρία τελικά παιχνίδια του διαγωνισμού, οι διοργανωτές ανακοίνωσαν πως θα διεξαχθούν τέσσερα επιπλέον δοκιμαστικά

παιχνίδια, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η απρόσκοπτη επικοινωνία των ειδημόνων των συμμετεχόντων με τον εξυπηρετητή του CAT για να αποφευχθούν προβλήματα της τελευταίας στιγμής. Το σκορ σε αυτά τα παιχνίδια δεν προσμετράται στην τελική βαθμολογία αλλά είναι απαραίτητη η επιτυχής συμμετοχή σε όλα τα δοκιμαστικά, καθώς σε αντίθετη περίπτωση η ομάδα αποκλείεται από τα τελικά παιχνίδια. Επιπλέον, τα δοκιμαστικά παιχνίδια αποτελούν έναν καλό τρόπο επαλήθευσης και αξιολόγησης των στρατηγικών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο τέλος.

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα τόσο των δοκιμαστικών όσο και των τελικών παιχνιδιών μαζί με ορισμένα κριτήρια αξιολόγησης όλων των συμμετεχόντων, σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παραχώρησαν οι διοργανωτές στο τέλος των παιχνιδιών. Οι πολιτικές που χρησιμοποιήθηκαν στα δοκιμαστικά αποτελούν πρώιμες εκδόσεις των τελικών στρατηγικών του Mertacor.

6.2 Αποτελέσματα

Αποφασίσαμε να παρουσιάσουμε τα ίδια στατιστικά στοιχεία τόσο για τα δοκιμαστικά όσο και για τα τελικά παιχνίδια. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν κρίσιμα κριτήρια αξιολόγησης της σχεδιαστικής επιτυχίας κάθε διαγωνιζόμενου.

Για κάθε παιχνίδι παρουσιάζονται αρχικά η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση όλων των επιμέρους σκορ για όλες τις ημέρες εμπορίου κάθε παιχνιδιού. Αυτά τα στοιχεία αποτελούν τα βασικότερα κριτήρια αξιολόγησης της απόδοσης από την πλευρά του CAT.

Επιπλέον, παρουσιάζεται η αποδοτικότητα και ο συντελεστής σύγκλισης κάθε ειδήμονα για κάθε παιχνίδι, όπως ορίστηκαν στην παράγραφο 2.2. Όπως αναφέραμε, η αποδοτικότητα εκφράζει το ποσοστό του αθροίσματος των κερδών των εμπορευομένων σε σχέση με τη θεωρητική μέγιστη τιμή του, ελέγχει δηλαδή κατά πόσο επιτυγχάνεται ο σχεδιαστικός στόχος της μεγιστοποίησης της κοινωνικής ευημερίας. Ο συντελεστής σύγκλισης αποτελεί ένα μέτρο της ταχύτητας σύγκλισης στο σημείο ισορροπίας. Μικρότερος συντελεστής σύγκλισης σημαίνει ταχύτερη προσέγγιση του σημείου ισορροπίας της αγοράς.

Παράλληλα, παρουσιάζονται οι πραγματικές τιμές του μεριδίου αγοράς και του κέρδους που αποκομίζει κάθε ειδήμονας, ίσως τα σημαντικότερα στοιχεία για έναν ειδήμονα μίας πραγματικής αγοράς.

Στη συνέχεια, καταγράφονται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της τιμής του σημείου ισορροπίας για κάθε ειδήμονα σε όλη τη διάρκεια του παιχνιδιού. Οι ίδιες ποσότητες καταχωρούνται για τις τιμές των διεξαχθείσων συναλλαγών. Η μικροοικονομική θεωρία μάς ορμηγεύει να διεκπεραιώνουμε τις συναλλαγές στην τιμή του σημείου ισορροπίας. Έτσι, οι διαφορές ανάμεσα στην υπολογισμένη από τους διοργανωτές τιμή του σημείου ισορροπίας και της μέσης τιμής των συναλλαγών μάς παρέχουν ένα επιπλέον μέτρο καλής σχεδίασης.

Πέρα από την τιμή του σημείου ισορροπίας, καταγράφεται η αντίστοιχη ποσότητα και στη συνέχεια παρέχεται για λόγους σύγκρισης η αντίστοιχη μέση τιμή των συναλλαγών για κάθε ειδήμονα. Η ποσότητα του σημείου ισορροπίας αποτελεί ουσιαστικά το μέγιστο πλήθος των αγαθών που μπορούν να συναλλαχθούν σύμφωνα με τις ιδιωτικές αξίες των εμπορευομένων, έτσι ώστε κάθε αγαθό να αποκτηθεί από τον αγοραστή με τη μεγαλύτερη εκτίμηση για αυτό και από τον πωλητή με τη μικρότερη δυνατή τιμή επιφύλαξης. Επειδή στον CAT οι συναλλαγές που διεξάγονται αφορούν σε μία μόνο μονάδα αγαθών, ο αριθμός τους ουσιαστικά δηλώνει τον αριθμό των αγαθών που καταφέρνουν να συναλλαχθούν. Η ποσότητα του σημείου ισορροπίας αποτελεί στη γενική περίπτωση ένα ανώτατο όριο του όγκου των συναλλαγών.

Επίσης, παρουσιάζουμε τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση του συνολικού κέρδους στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα. Αυτή η τιμή αποτελεί ένα μέτρο αξιολόγησης της επιλεκτικότητας κάθε ειδήμονα. Όπως είναι όμως αναμενόμενο, αυτή η τιμή δεν αρκεί από μόνη της για την εξαγωγή συμπερασμάτων αλλά πρέπει να συνδυάζεται με το μερίδιο αγοράς και το ποσοστό των πρακτόρων εμπορίου που συναλλάσσονται στην αγορά κάθε ειδήμονα.

Τέλος, παρέχεται ο πίνακας με την κατάταξη όλων των συμμετεχόντων του διαγωνισμού, όπως προκύπτει για κάθε παιχνίδι.

6.2.1 Δοκιμαστικά

6.2.1.1 Παιχνίδι 1

Πίνακας 6.1. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.016	0.046	0.006	0.017	0	0	0.007	0.021
CrocodileAgent	0.141	0.061	0.022	0.026	0.953	0.042	0.372	0.027
DOG	0.018	0.043	0.055	0.141	0.168	0.346	0.08	0.169
Hairball	0.017	0.027	0.148	0.2	0.321	0.398	0.162	0.187
IAMwildCAT	0.037	0.062	0.001	0.007	0.249	0.399	0.095	0.151
Jackaroo	0.082	0.078	0	0	0.463	0.435	0.182	0.168
MANX	0.087	0.042	0	0.001	0.438	0.325	0.175	0.112
Mertacor	0.059	0.052	0.013	0.064	0.767	0.331	0.28	0.122
PersianCAT	0.262	0.059	0.045	0.159	0.955	0.042	0.421	0.06
PSUCAT	0.093	0.075	0.007	0.033	0.51	0.443	0.203	0.173

Πίνακας 6.2. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0	0	-	-	4.821	18.416	1.004	2.881
CrocodileAgent	92.985	3.767	13.627	9.095	40.813	22.437	5.604	6.459
DOG	69.062	26.311	14.484	12.49	4.768	11.259	13.223	31.525
Hairball	78.365	30.233	16.625	11.09	4.339	7.179	42.088	94.09
IAMwildCAT	77.261	29.933	5.562	2.162	9.625	15.997	0	2.105
Jackaroo	79.904	25.951	7.954	2.496	21.286	20.309	0	0
MANX	46.32	29.277	7.849	6.937	25.759	17.748	0.116	0.473
Mertacor	76.114	26.243	18.558	12.689	18.429	20.356	7.585	37.049
PersianCAT	94.573	3.588	7.019	3.515	73.304	19.755	30.987	117.157
PSUCAT	73.63	32.067	6.858	2.821	24.009	19.543	2.411	10.298

Πίνακας 6.3. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	49.922	49.978	-	-	2.545	3.584	0	0
CrocodileAgent	95.97	16.374	98.781	6.583	41.705	17.203	36.723	13.739
DOG	20.217	40.753	95.605	3.724	4.661	10.668	3.241	8.152
Hairball	45.251	52.134	97.922	10.609	2.679	3.61	2.054	2.888
IAMwildCAT	31.423	45.977	98.377	4.02	7.366	12.835	5.482	10.412
Jackaroo	56.859	47.848	97.047	4.094	17.571	19.383	14.536	18.162
MANX	94.321	15.809	96.346	8.575	12.911	9.846	5.616	5.923
Mertacor	91.097	37.139	97.416	8.983	19.795	21.15	16.991	19.302
PersianCAT	96.355	6.722	96.98	2.68	81.348	18.558	73.321	16.719
PSUCAT	64.356	46.558	98.171	2.866	20.625	18.996	16.518	16.724

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε από τους πίνακες, οι βαθμολογικά δύο πρώτοι ειδήμονες είναι αυτοί που επιτυγχάνουν και τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Παρόλο που υπάρχουν ειδήμονες με μεγαλύτερη αποδοτικότητα για αυτό το παιχνίδι, ο Mertacor καταλαμβάνει την τρίτη θέση λόγω της πολιτικής χρέωσης μη μηδενικών αμοιβών αλλά και λόγω της μεγαλύτερης ρυθμαπόδοσης συναλλαγών σε σχέση με τους βασικούς αντιπάλους του, τον PSUCAT και τον jackaroo.

Πίνακας 6.4. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	107.144	146.903
CrocodileAgent	2366.521	805.836
DOG	194.238	423.764
Hairball	131.78	170.703
IAMwildCAT	261.033	458.719
jackaroo	707.482	844.723
MANX	510.698	540.295
Mertacor	1223.118	1301.278
PersianCAT	4338.336	989.444
PSUCAT	709.979	689.328

Πίνακας 6.5. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το πρώτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

1. PersianCAT	47.101
2. CrocodileAgent	41.663
3. Mertacor	31.324
4. PSUCAT	22.785
5. jackaroo	20.348
6. MANX	19.608
7. Hairball	18.106
8. IAMwildCAT	10.695
9. DOG	8.987
10. BazarganZebel	0.812

Αυτό είναι φανερό και από μία σύγκριση του κέρδους των παραπάνω ειδημόνων στο σημείο ισορροπίας σε σχέση με τον αριθμό των πρακτόρων εμπορίου. Αν και οι δύο αυτοί αντίπαλοι έχουν ελαφρώς μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς, το δυνατό κέρδος του Mertacor είναι μεγαλύτερο, το οποίο σημαίνει ότι ο Mertacor καταφέρνει να προσελκύσει ποιοτικά καλύτερους εμπορευόμενους, αυξάνοντας το περιθώριο για κέρδος και τον αριθμό των δυνητικών συναλλαγών.

6.2.1.2 Παιχνίδι 2

Πίνακας 6.6. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.015	0.014	0.186	0.149	0.294	0.337	0.165	0.15
CrocodileAgent	0.052	0.035	0.011	0.021	0.686	0.392	0.25	0.142
DOG	0.032	0.029	0.124	0.125	0.437	0.46	0.198	0.195
Hairball	0.024	0.023	0.243	0.209	0.592	0.357	0.286	0.167
IAMwildCAT	0.098	0.029	0	0	0.852	0.181	0.317	0.066
jackaroo	0.125	0.034	0	0	0.909	0.031	0.345	0.019
MANX	0.052	0.021	0.019	0.053	0.649	0.444	0.24	0.153
Mertacor	0.106	0.019	0	0	0.901	0.053	0.336	0.019
Mertacor2	0.116	0.02	0	0	0.91	0.043	0.342	0.016
MyFuzzy	0.12	0.02	0.253	0.118	0.91	0.106	0.427	0.065
PersianCAT	0.091	0.02	0	0	0.87	0.11	0.321	0.038
PSUCAT	0.107	0.016	0.095	0.131	0.91	0.036	0.371	0.047

Πίνακας 6.7. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	48.111	36.198	16.182	13.922	5.82	5.7	52.571	47.366
CrocodileAgent	88.011	12.833	10.511	7.194	20.91	14.159	1.751	3.257
DOG	56.282	45.186	17.582	13.318	12.71	11.593	40.64	42.386
Hairball	76.308	31.873	12.823	9.463	9.4	9.171	136.65	343.503
IAMwildCAT	91.445	10.955	7.983	3.438	39.24	11.762	0	0
jackaroo	92.12	4.109	9.896	3.405	50.16	13.482	0	0
MANX	47.814	32.923	13.817	8.097	20.93	8.462	3.763	9.437
Mertacor	94.464	3.409	9.777	5.665	42.47	7.599	0	0
Mertacor2	94.423	3.345	10.676	5.157	46.21	7.937	0	0
MyFuzzy	91.731	11.441	10.021	3.398	47.89	8.082	68.368	52.183
PersianCAT	88.735	11.099	9.089	4.869	36.49	7.939	0	0
PSUCAT	93.829	3.536	9.756	3.578	42.9	6.48	17.635	25.244

Πίνακας 6.8. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	65.753	48.989	98.114	10.672	3.03	2.939	1.4	1.664
CrocodileAgent	75.422	43.087	102.449	8.358	14.16	9.955	11.76	8.757
DOG	77.428	46.298	100.877	4.42	12.36	12.499	10	12.119
Hairball	84.411	38.371	99.585	9.734	7.32	7.596	5.94	6.569
IAMwildCAT	96.277	18.835	99.814	4.818	27.42	10.216	24.46	10.034
jackaroo	99.746	5.94	100.532	3.89	39.96	12.763	38.19	12.93
MANX	88.438	31.931	102.119	13.305	7.11	4.485	3.6	3.435
Mertacor	97.94	9.367	101.916	4.897	32.37	8.478	28.7	7.932
Mertacor2	96.103	9.852	99.855	4.646	36.81	8.902	33.5	8.544
MyFuzzy	99.65	7.674	100.843	4.553	37.92	10.086	34.61	10.656
PersianCAT	96.243	9.043	97.678	5.695	22.65	7.191	18.27	6.656
PSUCAT	97.99	8.075	98.57	3.561	39.96	9.852	38.2	9.339

Πίνακας 6.9. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	113.264	129.221
CrocodileAgent	661.693	454.074
DOG	682.941	701.832
Hairball	326.612	365.554
IAMwildCAT	1297.022	540.583
jackaroo	1941.744	597.495
MANX	288.539	256.753
Mertacor	1856.915	502.73
Mertacor2	2050.653	548.565
MyFuzzy	1902.283	564.438
PersianCAT	1068.577	378.184
PSUCAT	1825.013	473.591

Πίνακας 6.10. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το δεύτερο δοκιμαστικό παιχνίδι.

1.	MyFuzzy	42.740
2.	PSUCAT	37.093
3.	jackaroo	34.488
4.	Mertacor2	34.184
5.	Mertacor	33.556
6.	PersianCAT	32.052
7.	IAMwildCAT	31.672
8.	Hairball	28.615
9.	CrocodileAgent	24.983
10.	MANX	24.006
11.	DOG	19.755
12.	BazarganZebel	16.512

Σε αυτό το παιχνίδι συμμετείχαμε και με τις δύο διαφορετικές στρατηγικές. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι και οι δύο εκδόσεις του Mertacor παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες μέσες τιμές αποδοτικότητας για αυτό το παιχνίδι. Επιπλέον, και οι δύο εκδόσεις καταφέρνουν να προσελκύσουν τους πιο επιθυμητούς αγοραστές με τις μεγαλύτερες και τους πωλητές με τις μικρότερες ιδιωτικές αξίες. Αυτό φαίνεται παρατηρώντας τους πίνακες 6.7 και 6.9, όπου παρατηρούμε μεγαλύτερο δυνατό κέρδος στο σημείο ισορροπίας αναλογικά με το μερίδιο αγοράς σε σχέση με τους περισσότερους ανταγωνιστές. Ωστόσο, η επιλογή των μηδενικών χρεώσεων στέρησαν τον Mertacor από μία καλύτερη θέση.

6.2.1.3 Παιχνίδι 3

Αυτό ίσως ήταν το χειρότερο δοκιμαστικό παιχνίδι του Mertacor. Λόγω σφάλματος των διοργανωτών, η πληροφορία που μεταδιδόταν στους ειδήμονες εμφάνιζε όλους τους πράκτορες εμπορίου ως πωλητές.

Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η παράμετρος k του κανόνα τιμολόγησης να λαμβάνει πάντα την ελάχιστη τιμή της σε μία προσπάθεια του Mertacor να αποκτήσει μία ισορροπημένη αγορά. Ιδιαίτερα χρήσιμο χαρακτηριστικό που διατήρησε την

απόδοση του Mertacor σε ικανοποιητικά επίπεδα ήταν η επιβολή του περιορισμού για την ελάχιστη και μέγιστη τιμή του k .

Πίνακας 6.11. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.01	0.013	0.065	0.093	0.225	0.355	0.1	0.145
CrocodileAgent	0.016	0.022	0.056	0.143	0.345	0.434	0.139	0.166
DOG	0.096	0.031	0	0	0.052	0.201	0.049	0.064
DOG2	0.007	0.007	0.047	0.057	0.157	0.336	0.07	0.129
Hairball	0.009	0.009	0.053	0.092	0.295	0.391	0.119	0.144
Hairball2	0.006	0.006	0.079	0.086	0.182	0.342	0.089	0.134
IAMwildCAT	0.095	0.07	0.017	0.039	0.85	0.19	0.321	0.078
IAMwildCAT2	0.121	0.048	0.006	0.055	0.924	0.059	0.351	0.038
jackaroo	0.17	0.09	0.048	0.09	0.934	0.032	0.384	0.044
kjackaroo	0.022	0.018	0.009	0.028	0.616	0.399	0.216	0.139
MANX	0.009	0.009	0.004	0.009	0.113	0.276	0.042	0.094
Mertacor	0.03	0.029	0.061	0.103	0.637	0.387	0.242	0.143
Mertacor2	0.034	0.019	0.03	0.038	0.624	0.381	0.229	0.139
MyFuzzy	0.079	0.058	0.17	0.168	0.595	0.41	0.281	0.187
PersianCAT	0.012	0.025	0	0	0.123	0.279	0.045	0.1
PersianCat	0.034	0.023	0.019	0.058	0.732	0.332	0.262	0.12
PSUCAT	0.118	0.047	0.071	0.104	0.888	0.072	0.359	0.048
ZebelKhan	0.008	0.01	0.105	0.156	0.253	0.362	0.122	0.141

Πίνακας 6.12. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	67.482	38.151	14.707	11.051	3.794	5.336	34.936	46.381
CrocodileAgent	67.906	38.313	11.219	6.976	6.412	8.635	48.634	146.144
DOG	5.935	21.989	8.38	5.024	36.822	11.607	0	0
DOG2	49.049	45.023	14.672	13.061	2.648	2.671	27.392	38.563
Hairball	70.882	36.176	11.313	8.917	3.348	3.442	41.705	125.736
Hairball2	64.135	41.263	12.645	10.474	2.386	2.478	43.314	48.646
IAMwildCAT	93.092	10.816	9.925	6.621	36.462	26.326	10.699	24.933
IAMwildCAT2	95.27	3.437	8.747	4.417	46.44	17.475	14.358	114.034
jackaroo	93.723	3.612	9.308	3.831	65.3	34.508	28.733	51.917
kjackaroo	87.338	21.292	14.63	9.559	8.498	7.01	6.853	23.904
MANX	29.839	36.778	12.113	9.011	3.338	3.776	2.093	4.283
Mertacor	88.879	20.288	14.697	12.534	11.722	11.53	50.333	123.722
Mertacor2	78.472	31	11.689	8.52	13.058	7.497	14.545	15.092
MyFuzzy	81.204	28.123	8.685	4.534	30.268	22.371	134.78	292.494
PersianCAT	75.27	28.412	9.842	5.194	4.864	10.091	0.012	0.261
PersianCat	85.94	20.225	12.929	8.732	13.168	9.282	11.71	35.72
PSUCAT	92.337	6.042	9.89	4.159	45.294	17.54	51.881	79.122
ZebelKhan	70.39	34.056	15.692	12.032	3.24	4.178	129.96	266.738

Πίνακας 6.13. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	39.237	51.845	102.036	10.889	2.712	5.391	2.226	5.001
CrocodileAgent	50.927	52.576	104.285	9.505	4.5	7.283	3.542	6.545
DOG	91.276	29.915	99.635	5.321	5.28	3.49	0.568	2.344
DOG2	32.26	48.615	101.106	9.996	1.206	2.038	0.632	1.522
Hairball	46.25	52.256	101.205	12.472	1.92	2.846	1.448	2.593
Hairball2	31.668	48.147	101.384	12.872	1.05	1.687	0.69	1.336
IAMwildCAT	97.471	19.344	101.271	5.966	31.506	25.697	28.876	23.925
IAMwildCAT2	100.38	10.043	102.006	4.093	42.582	16.809	39.088	15.305
jackaroo	101.48	6.98	101.494	3.673	58.614	28.637	56.204	27.667
kjackaroo	76.346	46.766	102.379	6.956	8.79	8.244	8.32	8.117

MANX	34.355	48.863	101.81	12.242	1.35	2.302	0.462	1.349
Mertacor	76.569	44.586	102.505	8.005	9.342	9.026	8.482	8.37
Mertacor2	85.997	40.127	103.772	7.879	9.102	8.123	7.702	7.746
MyFuzzy	76.515	43.783	101.964	6.552	19.35	18.445	17.522	17.655
PersianCAT	19.489	40.279	98.499	9.062	1.788	4.307	1.278	3.468
PersianCat	88.589	36.328	102.358	6.49	11.682	8.871	9.974	8.096
PSUCAT	100.54	7.931	100.879	4.656	38.316	19.227	36.444	19.022
ZebelKhan	40.81	51.244	99.836	11.283	1.968	3.601	1.592	3.353

Πίνακας 6.14. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	115.324	242.408
CrocodileAgent	223.448	400.249
DOG	116.196	131.361
DOG2	45.382	88.184
Hairball	76.278	124.393
Hairball2	40.443	74.205
IAMwildCAT	1661.495	1350.033
IAMwildCAT2	2253.914	807.484
jackaroo	2534.303	1121.174
kjackaroo	434.21	420.723
MANX	52.546	111.025
Mertacor	518.647	531.158
Mertacor2	401.346	388.844
MyFuzzy	845.974	866.008
PersianCAT	72.17	199.298
PersianCat	561.057	424.069
PSUCAT	1695.6	884.98
ZebelKhan	83.243	168.796

Πίνακας 6.15. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τρίτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

1. jackaroo	191.964
2. PSUCAT	179.622
3. IAMwildCAT2	175.304
4. IAMwildCAT	160.417
5. MyFuzzy	140.728
6. PersianCat	130.779
7. Mertacor	121.248
8. Mertacor2	114.602
9. kjackaroo	107.795
10. CrocodileAgent	69.580
11. ZebelKhan	61.108
12. Hairball	59.396
13. BazarganZebel	50.052
14. Hairball2	44.617
15. DOG2	35.132
16. DOG	24.712
17. PersianCAT	22.479
18. MANX	20.936

6.2.1.4 Παιχνίδι 4

Στο τελευταίο δοκιμαστικό παιχνίδι παρατηρούμε ότι ο Mertacor2 παρουσιάζει τη δεύτερη μεγαλύτερη μέση αποδοτικότητα, ενώ ο Mertacor διατηρεί το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς στο σύνολο του παιχνιδιού.

Μπορούμε επίσης να δούμε ότι και οι δύο εκδόσεις διεκπεραιώνουν τις συναλλαγές πάρα πολύ κοντά στο πραγματικό σημείο ισορροπίας και ότι παρουσιάζουν από τις μικρότερες τυπικές αποκλίσεις γύρω από αυτό το σημείο (ο Mertacor συγκεκριμένα την ελάχιστη), το οποίο επικυρώνει την απόδοση της πολιτικής ταιριάσματος αλλά και αποδοχής.

Πίνακας 6.16. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.051	0.01	0.096	0.04	0.856	0.101	0.334	0.041
CrocodileAgent	0.026	0.017	0.019	0.017	0.7	0.376	0.248	0.13
DOG	0.068	0.013	0	0	0.876	0.158	0.314	0.054
DOG2	0.07	0.019	0	0	0.851	0.199	0.307	0.069
Hairball	0.019	0.016	0.08	0.073	0.548	0.368	0.215	0.141
IAMwildCAT	0.027	0.021	0.087	0.102	0.577	0.37	0.23	0.138
IAMwildCAT2	0.064	0.011	0.009	0.011	0.875	0.057	0.316	0.021
MANX	0.07	0.014	0.089	0.047	0.907	0.084	0.355	0.036
MANX2	0.083	0.019	0.129	0.046	0.924	0.073	0.378	0.034
Mertacor	0.105	0.034	0	0	0.887	0.062	0.331	0.028
Mertacor2	0.086	0.02	0	0	0.897	0.06	0.328	0.023
MyFuzzy	0.055	0.025	0.07	0.055	0.708	0.313	0.277	0.123
MyFuzzy2	0.049	0.026	0.054	0.047	0.645	0.324	0.249	0.125
PersianCAT	0.068	0.017	0.088	0.088	0.844	0.186	0.333	0.075
PSUCAT	0.093	0.017	0	0	0.895	0.043	0.329	0.017
ZebelKhan	0.033	0.018	0.07	0.081	0.729	0.243	0.277	0.093

Πίνακας 6.17. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	92.879	5.371	12.945	5.24	20.25	3.867	61.051	14.849
CrocodileAgent	81.657	28.481	12.533	10.912	10.3	6.949	13.301	13.146
DOG	88.756	17.309	10.277	6.227	27.08	5.359	0	0
DOG2	86.756	20.91	10.287	5.589	28.05	7.624	0	0
Hairball	79.373	29.593	13.898	12.522	7.46	6.19	57.222	58.489
IAMwildCAT	88.967	17.638	13.641	7.453	10.78	8.453	66.898	124.728
IAMwildCAT2	94.462	4.402	11.328	6.972	25.41	4.395	5.629	6.64
MANX	91.142	8.197	7.716	5.357	27.95	5.502	59.093	29.824
MANX2	94.076	4.782	10.949	6.605	33.09	7.475	86.554	30.948
Mertacor	92.732	4.667	10.746	2.779	42	13.753	0	0
Mertacor2	94.507	3.485	10.127	4.712	34.28	8.172	0	0
MyFuzzy	88.224	13.13	8.516	3.613	21.9	10.124	49.369	42.802
MyFuzzy2	85.927	14.113	10.152	5.152	19.51	10.197	38.407	34.495

PersianCAT	87.484	15.899	9.713	4.689	27.15	6.752	60.491	66.671
PSUCAT	94.523	4.052	9.922	4.293	37.04	6.635	0	0
ZebelKhan	91.53	12.186	14.798	8.246	13.18	7.046	54.56	94.004

Το μεγάλο μερίδιο αγοράς δε συνεπάγεται πάντα και αποδοτικότερη αγορά, καθώς είναι πιθανή η συσσώρευση εξω-περιθωριακών εμπορευομένων, οι οποίοι παραμένουν στην αγορά λόγω πολύ μικρών ή μηδενικών αμοιβών. Ωστόσο, παρατηρώντας το κέρδος στο σημείο ισορροπίας, όπως και το γεγονός της συναλλαγής πλήθους αγαθών πολύ κοντά στην σχετικά αυξημένη ποσότητα του σημείου ισορροπίας, συμπεραίνουμε ότι ο Mertacor, εκτός από την έλξη περισσότερων πρακτόρων εμπορίου, επιτυγχάνει και προσέλκυση ποιοτικά καλύτερων εμπορευομένων (ενδο-περιθωριακών).

Πίνακας 6.18. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	98.331	10.179	98.659	5.445	23.01	6.743	22.18	6.523
CrocodileAgent	80.738	37.444	97.478	8.471	7.47	5.518	6.15	5.178
DOG	98.678	11.135	101.303	6.329	15.72	6.062	13.49	6.033
DOG2	98.209	11.968	98.207	9.027	17.97	8.241	15.04	8.371
Hairball	75.464	45.853	94.497	11.858	5.37	4.96	4.54	4.732
IAMwildCAT	74.122	46.541	96.423	10.253	7.77	6.538	6.84	5.832
IAMwildCAT2	97.132	11.929	98.129	6.479	20.37	5.245	18.87	5.163
MANX	97.512	9.067	98.228	5.911	16.56	5.368	14.45	5.229
MANX2	96.773	10.244	100.08	6.364	23.7	7.23	21.69	6.789
Mertacor	97.936	7.099	97.018	4.379	34.65	13.879	33.42	13.472
Mertacor2	98.482	10.445	99.961	5.235	25.65	8.327	23.41	7.721
MyFuzzy	84.657	36.554	100.056	5.17	12.15	7.127	10.76	6.697
MyFuzzy2	80.809	38.984	100.158	5.354	9.96	5.735	8.28	5.019
PersianCAT	99.986	10.88	99.502	6.478	16.71	6.385	13.71	6.056
PSUCAT	100.116	8.888	99.387	5.215	29.91	6.259	27.81	5.967
ZebelKhan	92.912	28.882	103.637	7.54	13.05	7.855	12.47	7.595

Πίνακας 6.19. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τέταρτο δοκιμαστικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	1051.184	324.755
CrocodileAgent	403.403	332.425
DOG	800.313	320.749
DOG2	881.701	449.135
Hairball	288.04	286.411
IAMwildCAT	432.663	349.983
IAMwildCAT2	1112.095	338.999
MANX	742.409	287.756
MANX2	1304.096	397.534
Mertacor	1627.062	604.573
Mertacor2	1431.857	548.253
MyFuzzy	513.208	305.058
MyFuzzy2	413.064	253.841
PersianCAT	766.505	342.904
PSUCAT	1620.354	362.745
ZebelKhan	651.737	421.511

Πίνακας 6.20. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τέταρτο δοκιμαστικό.

1.	MANX2	37.847
2.	MANX	35.519
3.	BazarganZebel	33.435
4.	PersianCAT	33.308
5.	Mertacor	33.068
6.	PSUCAT	32.926
7.	Mertacor2	32.754
8.	IAMwildCAT2	31.591
9.	DOG	31.448
10.	DOG2	30.694
11.	ZebelKhan	27.745
12.	MyFuzzy	27.739
13.	MyFuzzy2	24.921
14.	CrocodileAgent	24.845
15.	IAMwildCAT	23.032
16.	Hairball	21.539

6.2.2 Τελικά

6.2.2.1 Παιχνίδι 1

Πίνακας 6.21. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.072	0.026	0.152	0.136	0.649	0.165	0.291	0.086
CrocodileAgent	0.081	0.016	0.02	0.036	0.908	0.111	0.336	0.039
DOG	0.079	0.017	0	0	0.86	0.187	0.313	0.065
Hairball	0.03	0.018	0.139	0.254	0.687	0.256	0.285	0.135
IAMwildCAT	0.093	0.018	0.015	0.027	0.894	0.054	0.334	0.023
jackaroo	0.075	0.023	0.119	0.168	0.794	0.198	0.33	0.099
MANX	0.111	0.021	0.219	0.156	0.935	0.055	0.422	0.061
Mertacor	0.112	0.023	0.247	0.104	0.894	0.041	0.418	0.042
MyFuzzy	0.093	0.021	0.089	0.078	0.89	0.136	0.357	0.063
PersianCAT	0.153	0.04	0	0	0.948	0.043	0.367	0.022
PSUCAT	0.099	0.015	0	0	0.879	0.057	0.326	0.021

Πίνακας 6.22. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	86.641	12.397	12.176	5.342	28.6	10.514	37.84	30.663
CrocodileAgent	88.094	12.9	8.61	3.839	32.37	6.279	5.538	10.253
DOG	85.381	20.717	9.566	4.947	31.41	6.834	0	0
Hairball	82.466	24.586	12.46	7.709	11.8	7.008	83.913	211.611
IAMwildCAT	94.275	4.368	10.938	5.636	37.1	7.389	4.142	7.275
jackaroo	90.88	6.881	8.765	4.282	30.08	9.258	36.058	57.303
MANX	93.89	4.507	9.193	2.946	44.33	8.599	53.439	44.696
Mertacor	93.392	3.777	10.148	4.809	44.91	9.356	62.059	21.179
MyFuzzy	91.122	13.512	9.688	4.113	37.09	8.584	20.131	19.064
PersianCAT	95.416	2.812	6.111	3.355	61.21	15.901	0	0
PSUCAT	93.055	5.272	11.482	4.621	39.46	5.987	0	0

Πίνακας 6.23. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	100.425	10.958	100.733	5.674	20.25	10.457	17.97	10.605
CrocodileAgent	100.55	10.845	102.524	7.502	21.09	7.025	17.83	7.168
DOG	101.131	10.946	102.408	7.087	18.78	8.513	15.8	8.649
Hairball	95.496	28.196	101.075	12.111	8.31	5.718	7.03	5.586
IAMwildCAT	100.487	11.307	103.367	5.325	30.21	7.98	27.72	7.379
jackaroo	96.09	24.092	100.799	6.861	18.15	6.597	15.62	6.211
MANX	102.366	8.261	101.434	4.176	37.11	12.531	34.54	12.494
Mertacor	100.04	6.924	100.234	3.972	34.95	10.237	34.07	9.8
MyFuzzy	100.074	9.718	98.213	5.406	27.03	10.326	24.02	10.43
PersianCAT	101.721	6.311	100.955	1.808	62.1	21.744	60.69	21.723
PSUCAT	100.624	8.437	101.81	5.498	30.06	7.299	28.22	7.181

Πίνακας 6.24. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το πρώτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	868.448	523.008
CrocodileAgent	1090.928	411.231
DOG	945.871	513.333
Hairball	420.861	319.662
IAMwildCAT	1697.448	476.354
jackaroo	827.421	368.628
MANX	1976.974	678.737
Mertacor	1570.422	490.599
MyFuzzy	1388.296	561.423
PersianCAT	3338.583	1187.122
PSUCAT	1412.217	357.964

Αυτό το παιχνίδι ολοκληρώθηκε πρόωρα (την εκατοστή ημέρα εμπορίου), λόγω σφάλματος επιλογής των παραμέτρων από τους διοργανωτές, και ο Mertacor απέσπασε τη δεύτερη θέση σε αυτό. Όπως παρατηρούμε από τους παραπάνω πίνακες, υπήρξαν δύο συμμετοχές με μεγαλύτερη αποδοτικότητα της αγοράς τόσο από το

Mertacor όσο και από το MANX, ο οποίος ήταν και ο νικητής αυτού του παιχνιδιού, όμως η χρέωση μηδενικών ή πολύ μικρών αμοιβών (PersianCAT και IAMwildCAT αντίστοιχα) είχε σαν αποτέλεσμα τη στέρηση καλύτερης βαθμολογικής κατάταξής τους.

Πίνακας 6.25. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το πρώτο τελικό παιχνίδι.

1.	MANX	35.413
2.	Mertacor	34.080
3.	MyFuzzy	30.638
4.	PersianCAT	30.172
5.	jackaroo	28.705
6.	IAMwildCAT	27.502
7.	CrocodileAgent	27.035
8.	PSUCAT	26.142
9.	DOG	24.878
10.	BazarganZebel	22.174
11.	Hairball	20.429

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι ο Mertacor επιτυγχάνει τη δεύτερη μικρότερη τιμή τυπικής απόκλισης τόσο σε αποδοτικότητα όσο και στην τιμή του σημείου ισορροπίας. Ο συνδυασμός αυτών των δύο υποδηλώνει σταθερότητα στην επιλογή των πρακτόρων εμπορίου που θα συναλλάσσονται στην αγορά του Mertacor, όπως ήταν και ο αρχικός στόχος.

Τέλος, καταφέραμε να διατηρήσουμε τον ίδιο περίπου αριθμό πρακτόρων εμπορίου με το MANX, αποκομίζοντας παράλληλα μεγαλύτερο κέρδος για το Mertacor, παρόλο που τόσο η ποσότητα όσο και το δυνατό κέρδος στο σημείο ισορροπίας είναι ελαφρώς μεγαλύτερα για τον πρώτο.

6.2.2.2 Παιχνίδι 2

Πίνακας 6.26. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.065	0.036	0.061	0.06	0.607	0.264	0.244	0.109
CrocodileAgent	0.063	0.015	0.053	0.057	0.73	0.296	0.282	0.11
DOG	0.079	0.02	0.009	0.046	0.863	0.182	0.317	0.064
Hairball	0.027	0.011	0.068	0.151	0.667	0.24	0.254	0.104
IAMwildCAT	0.093	0.017	0.036	0.082	0.869	0.07	0.333	0.044
jackaroo	0.126	0.025	0.052	0.067	0.9	0.061	0.359	0.039
MANX	0.086	0.019	0.133	0.074	0.914	0.097	0.378	0.05
Mertacor	0.104	0.022	0.124	0.074	0.86	0.063	0.363	0.042
MyFuzzy	0.073	0.019	0.077	0.077	0.705	0.233	0.285	0.097
PersianCAT	0.139	0.027	0.249	0.108	0.91	0.059	0.433	0.048
PSUCAT	0.12	0.024	0.133	0.105	0.891	0.052	0.381	0.047

Πίνακας 6.27. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	87.091	9.004	6.522	2.278	25.818	14.546	25.715	32.317
CrocodileAgent	73.655	29.156	5.183	3.069	25.006	6.112	23.148	29.166
DOG	86.619	19.909	5.351	2.539	31.516	7.853	8.628	44.7
Hairball	81.542	24.039	6.485	4.362	10.714	4.428	49.565	223.507
IAMwildCAT	92.983	6.506	5.63	2.254	37.15	6.981	22.446	57.661
jackaroo	93.208	4.231	5.078	1.958	50.336	10.159	25.131	30.923
MANX	87.149	11.315	5.55	2.262	34.332	7.69	57.421	41.453
Mertacor	91.151	5.585	5.829	1.729	41.592	8.67	44.791	18.606
MyFuzzy	79.555	23.46	5.714	2.636	29.236	7.799	30.773	29.295
PersianCAT	94.235	3.903	4.374	1.946	55.49	10.829	92.357	28.036
PSUCAT	92.645	4.515	4.691	1.664	47.912	9.446	60.652	48.448

Στο δεύτερο τελικό παιχνίδι φαίνεται χαρακτηριστικά η επίδραση της πολιτικής χρέωσης στο σκορ κάθε ειδήμονα. Όπως φαίνεται από τους πίνακες, μία πιο επιθετική πολιτική χρέωσης από το MANX είχε σαν αποτέλεσμα την υψηλότερη βαθμολογική κατάταξη από το Mertacor, παρόλο που ο πρώτος εμφανίζει μικρότερη

αποδοτικότητα, αλλά και χαμηλότερη ρυθμαπόδοση συναλλαγών και μικρότερο δυνατό κέρδος στο σημείο ισορροπίας.

Πίνακας 6.28. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	130.716	53.678	151.217	3.478	19.962	11.773	18.086	11.122
CrocodileAgent	147.677	26.837	152.168	7.982	9.45	5.742	6.562	5.127
DOG	153.268	9.072	152.877	6.286	16.98	7.623	14.044	7.448
Hairball	146.486	33.062	151.372	10.28	7.17	4.111	5.732	3.746
IAMwildCAT	152.164	8.834	151.296	4.975	25.29	8.362	22.59	7.93
jackaroo	151.827	9.713	151.334	3.592	40.458	12.755	38.626	12.572
MANX	152.96	7.907	151.982	5.359	19.224	8.24	16.17	8.023
Mertacor	152.579	6.754	150.873	3.978	28.62	9.794	26.232	9.37
MyFuzzy	149.78	19.823	151.708	7.016	13.092	8.004	10.334	7.567
PersianCAT	153.099	6.75	152.542	2.279	48.474	14.868	46.344	14.973
PSUCAT	152.678	6.423	151.226	2.803	38.13	11.918	35.506	11.797

Πίνακας 6.29. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	702.684	451.959
CrocodileAgent	369.605	272.854
DOG	745.914	377.557
Hairball	293.332	202.434
IAMwildCAT	1211.197	459.521
jackaroo	1812.534	641.524
MANX	778.302	385.879
Mertacor	1131.551	426.346
MyFuzzy	530.472	393.538
PersianCAT	2159.842	670.79
PSUCAT	1685.75	585.729

Το ίδιο συνέβη και στην περίπτωση του Mertacor, όπου η αποδοτικότερη πολιτική χρέωσης είχε σαν αποτέλεσμα την οριακά καλύτερη κατάταξη σε σχέση με τον jackaroo, αν και ο τελευταίος παρουσιάζει αρκετά μεγαλύτερο μέσο πλήθος συναλλαγών και ελάχιστα καλύτερη μέση αποδοτικότητα αγοράς.

Πίνακας 6.30. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το δεύτερο τελικό παιχνίδι.

1.	PersianCAT	203.404
2.	PSUCAT	178.838
3.	MANX	177.479
4.	Mertacor	168.858
5.	jackaroo	168.718
6.	IAMwildCAT	154.830
7.	DOG	147.303
8.	MyFuzzy	132.207
9.	CrocodileAgent	129.878
10.	Hairball	114.532
11.	BazarganZebel	110.816

Ο Mertacor παρουσιάζει για ακόμα μία φορά συνέπεια στο στόχο που τέθηκε για την προσέλκυση συγκεκριμένων εμπορευομένων, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη μικρή τυπική απόκλιση γύρω από το σημείο ισορροπίας της αγοράς του.

6.2.2.3 Παιχνίδι 3

Αυτό το παιχνίδι αποδείχτηκε ως το πιο κρίσιμο, καθώς λόγω καθυστέρησης κατά τη διεξαγωγή, οι διοργανωτές αποφάσισαν να αποσυνδέσουν όλες τις ομάδες την 305^η ημέρα εμπορίου, κάτι που επηρέασε δραματικά την επίδοση του Mertacor τις επόμενες ημέρες, αφού δεν είχε το κατάλληλο χρονικό περιθώριο βελτίωσης και σταθεροποίησης της συμπεριφοράς του. Το ίδιο συνέβη και με άλλες ομάδες, όπως ο IAMwildCAT, ο CrocodileAgent και ο DOG.

Πίνακας 6.31. Στατιστικά στοιχεία του σκορ ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	MS Score		Profit Score		TSR		Score	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	0.08	0.027	0.08	0.054	0.61	0.193	0.257	0.085
CrocodileAgent	0.061	0.018	0.06	0.057	0.734	0.302	0.285	0.114
DOG	0.075	0.027	0.01	0.042	0.825	0.265	0.303	0.092
Hairball	0.015	0.012	0.119	0.154	0.587	0.352	0.24	0.152
IAMwildCAT	0.088	0.026	0.051	0.052	0.825	0.2	0.322	0.082
jackaroo	0.131	0.028	0.114	0.072	0.921	0.105	0.389	0.054
MANX	0.091	0.02	0.087	0.055	0.927	0.081	0.369	0.038
Mertacor	0.08	0.024	0.097	0.077	0.807	0.149	0.328	0.072
MyFuzzy	0.054	0.017	0.033	0.039	0.552	0.349	0.213	0.127
PersianCAT	0.121	0.03	0.188	0.062	0.925	0.068	0.412	0.043
PSUCAT	0.122	0.03	0.089	0.06	0.905	0.061	0.372	0.042

Πίνακας 6.32. Αποδοτικότητα, συντελεστής σύγκλισης, πλήθος πρακτόρων εμπορίου και πραγματικό κέρδος ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Efficiency		α		Traders		Profit	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	89.328	8.072	8.923	2.96	31.148	10.983	45.971	29.557
CrocodileAgent	72.28	30.768	8.217	4.673	23.522	7.108	37.413	37.729
DOG	82.87	25.317	8.55	4.96	28.958	10.727	8.739	39.994
Hairball	81.591	26.937	11.336	8.601	5.996	4.757	73.974	122.349
IAMwildCAT	85.599	17.421	7.7	3.361	34.184	10.413	32.837	35.29
jackaroo	94.189	3.324	7.784	3.433	50.46	11.055	68.462	43.721
MANX	92.014	7.681	8.761	3.859	35.3	8.081	52.322	33.236
Mertacor	89.528	11.054	8.969	3.591	30.998	9.107	57.176	44.182
MyFuzzy	60.95	35.799	8.258	4.383	20.828	6.501	21.256	27.085
PersianCAT	94.072	4.201	6.537	3.674	46.682	10.57	112.365	40.879
PSUCAT	93.872	3.739	7.441	2.823	47.04	11.365	53.547	35.335

Πίνακας 6.33. Τιμή του σημείου ισορροπίας, τιμή των συναλλαγών, ποσότητα του σημείου ισορροπίας και πλήθος των συναλλαγών ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Price		Tr. Price		Eq. Quantity		Transactions	
	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
BazarganZebel	112.528	28.142	118.734	5.615	21.606	11.262	19.65	10.885
CrocodileAgent	116.064	19.145	119.592	8.939	11.634	7.644	8.264	7.314
DOG	116.718	20.156	119.16	7.714	20.136	12.505	17.104	12.215
Hairball	96.68	50.522	118.61	12.15	4.728	4.59	3.962	4.11
IAMwildCAT	117.45	16.67	118.917	6.049	25.728	11.946	23.156	12.118
jackaroo	117.346	15.301	118.932	3.453	47.292	13.64	46.276	13.642
MANX	119.606	11.027	118.759	4.756	27.084	9.839	24.802	9.641
Mertacor	117.083	16.364	118.316	6.746	21.654	10.622	19.318	10.382
MyFuzzy	113.489	26.667	118.493	8.429	8.568	5.524	5.206	4.943
PersianCAT	118.587	10.117	118.744	2.584	43.122	14.003	41.018	13.825
PSUCAT	118.285	9.398	117.923	4.108	42.102	15.031	40.58	14.935

Πίνακας 6.34. Συνολικό κέρδος στο σημείο ισορροπίας ανά ειδήμονα για το τρίτο τελικό παιχνίδι.

Specialist	Eq. Profit	
	mean	stdev
BazarganZebel	964.28	531.66
CrocodileAgent	553.61	454.582
DOG	1074.199	760.926
Hairball	243.849	272.938
IAMwildCAT	1278.233	655.144
jackaroo	2478.748	744.51
MANX	1388.497	540.33
Mertacor	1098.441	604.7
MyFuzzy	355.637	299.444
PersianCAT	2303.708	764.148
PSUCAT	2181.783	805.667

Πίνακας 6.35. Βαθμολογική κατάταξη των ειδημόνων για το τρίτο τελικό παιχνίδι.

1.	PersianCAT	192.197
2.	jackaroo	183.131
3.	PSUCAT	174.436
4.	MANX	172.029
5.	Mertacor	151.345
6.	IAMwildCAT	149.376
7.	DOG	141.833
8.	CrocodileAgent	130.887
9.	BazarganZebel	119.138
10.	Hairball	107.892
11.	MyFuzzy	96.658

Επιπλέον, όπως έγινε και στο δεύτερο παιχνίδι, οι διοργανωτές εισήγαγαν σε μία τυχαία ημέρα εμπορίου ένα δοκιμαστικό ειδήμονα για δικούς τους λόγους. Αυτή η εισαγωγή δε συμπεριλαμβανόταν στον κανονισμό του διαγωνισμού και επηρέασε άμεσα τις στρατηγικές επιλογής αγοράς των πρακτόρων εμπορίου επιδρώντας με αυτόν τον τρόπο στην αποδοτικότητα και τις πολιτικές των διαγωνιζομένων.

6.2.2.4 Σύνολο

Ο πίνακας 6.36 παρουσιάζει την τελική κατάταξη των διαγωνιζομένων του 2008.

Πίνακας 6.36. Τελική κατάταξη των ειδημόνων για τον CAT 2008.

1.	PersianCAT	425.773
2.	MANX	384.921
3.	jackaroo	380.554
4.	PSUCAT	379.416
5.	Mertacor	354.283
6.	IAMwildCAT	331.708
7.	DOG	314.014
8.	CrocodileAgent	287.800
9.	MyFuzzy	259.503
10.	BazarganZebel	252.128
11.	Hairball	242.853

Κεφάλαιο 7

Περαιτέρω ανάλυση

7.1 Διαδικασία Επιλογής

Οι δύο τελικές εκδόσεις του Mertacor για τα παιχνίδια του 2008 είναι αποτέλεσμα μίας πολύμηνης και επίπονης προσπάθειας συγκερασμού της θεωρητικής και της πειραματικής ανάλυσης που προηγήθηκε.

Αρχικά, βασικός παράγοντας υπήρξε η εμπειρία από το διαγωνισμό του 2007. Προσπαθήσαμε να απομονώσουμε τα σχεδιαστικά λάθη της προηγούμενης έκδοσης του Mertacor και καταφέραμε να τα ελαχιστοποιήσουμε στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

Στη συνέχεια, ακολούθησε εκτενής θεωρητική μελέτη των πεδίων του ΣΜ και της Μικροοικονομικής Θεωρίας, καθώς αποτελούν τα βασικότερα μαθηματικά εργαλεία για τη μελέτη ενός πολύπλοκου μηχανισμού, όπως είναι οι ΔΔ.

Έπειτα, καθορίσαμε τους στόχους που έπρεπε να θέσουμε. Οι στόχοι αυτοί παρουσιάστηκαν στην υποπαράγραφο 2.3.1. Για το διαγωνισμό του CAT η μεγιστοποίηση της χρησιμότητας του δημοπράτη αξιολογείται μέσω του συνολικού του σκορ. Επιπλέον, γνωρίζοντας εξ'αρχής ότι οι πράκτορες ακολουθούν συγκεκριμένες στρατηγικές πλειοδοσίας, αντιληφθήκαμε ότι ο στόχος της συμβατότητας με το κίνητρο είναι ουτοπικός, καθώς (σχεδόν) πάντα οι εμπορευόμενοι υποβάλλουν μη φιλαλήθεις προσφορές. Το γεγονός αυτό ωστόσο ευνοεί την επιβολή του κανόνα της συνεχούς εκκαθάρισης που εφαρμόσαμε για τους λόγους που αναφέραμε στην υποπαράγραφο 2.5.2. Τέλος, πρέπει να γίνει σαφές ότι ο ανταγωνισμός των ειδημόνων για όσο το δυνατό μεγαλύτερο κέρδος εισάγει επιπλέον το σχεδιαστικό στόχο της *επιλεκτικότητας της αγοράς*. Κάθε ειδήμονας δεν ενδιαφέρεται μόνο για τη συγκέντρωση του μέγιστου πλήθους εμπορευομένων αλλά και για την ποιότητά τους.

Αφού κατανοήσαμε τους βασικότερους σχεδιαστικούς στόχους που έπρεπε να επιδιώξουμε, συνεχίσαμε με εκτενή πειραματική ανάλυση κάθε μίας από τις πολιτικές

του Mertacor. Ας μη ξεχνάμε ότι ο διαγωνισμός ανήκει στο πεδίο των ACE που αποτελούν έναν καθαρά πειραματικό κλάδο.

Ξεκινήσαμε με πειράματα μελέτης του συνδυασμού όλων των πολιτικών του ειδήμονα πλην της πολιτικής χρέωσης, η οποία αποτελεί ένα νέο χαρακτηριστικό του CAT. Αναπτύξαμε αρχικά ένα σκελετό των βασικών εκδοχών κάθε πολιτικής και προσπαθήσαμε να βελτιστοποιήσουμε την αλληλεπίδρασή τους έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα σχεδιαστικά κριτήρια που εξ'αρχής θέσαμε. Σε όλη αυτήν τη διαδικασία, βασικός γνώμονας ήταν η εξασφάλιση της αποτελεσματικής προσέγγισης του παγκόσμιου σημείου ισορροπίας, το οποίο με τη σειρά του θα μας εγγυόταν την προσέλκυση των επιθυμητών πρακτόρων εμπορίου.

Αφού αναπτύξαμε τις παραπάνω πολιτικές, ιδιαίτερο βάρος δόθηκε στο σχεδιασμό της πολιτικής χρέωσης. Κάθε είδος αμοιβής έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, όμως στηριχθήκαμε στην επίδοση των υπόλοιπων πολιτικών για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων εμπορευομένων και επικεντρωθήκαμε στο κομμάτι του σκορ κέρδους, το οποίο μας καθοδήγησε στην επιλογή αυτής της πολιτικής.

Το γεγονός ότι τα παιχνίδια του διαγωνισμού είναι στοχαστικά είχε σαν αποτέλεσμα την επανάληψη όλων των πειραμάτων πολλές φορές ώστε να ελαχιστοποιείται ο παράγοντας της τύχης που αυτά εισάγουν. Το περιβάλλον του CAT είναι τέτοιο που δεν επιτρέπει την αναλυτική παρατήρηση και αποσφαλμάτωση του πράκτορα. Έπρεπε επομένως να βασιστούμε στα υπάρχοντα κριτήρια αξιολόγησης που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 2. Επιπλέον, το γεγονός ότι δεν έχει βρεθεί μία κυρίαρχη στρατηγική για μηχανισμούς αυτού του είδους έκανε ακόμα πιο δύσκολη τη διαδικασία επιλογής των επιμέρους πολιτικών. Στο σημείο αυτό σημαντικό ρόλο διαδραμάτισαν τα δοκιμαστικά παιχνίδια, τα οποία μας βοήθησαν να αξιολογήσουμε και να βελτιώσουμε περαιτέρω την επίδοση του Mertacor.

Ο Mertacor βασίζεται σε ένα συνδυασμό θεωρίας και ευρετικών μεθόδων. Αφού λοιπόν καταλήξαμε στις πολιτικές που θα υλοποιηθούν, ακολούθησε μία εκτενής διαδικασία μελέτης της επίδρασης και καθορισμού όλων των ευρετικών μεταβλητών που έδιναν τα καλύτερα αποτελέσματα στα πειράματά μας και χρησιμοποιήσαμε αυτές τις τιμές σε όλα τα τελικά παιχνίδια.

7.2 Λόγοι Επιτυχίας – Αποτυχίας

Όπως μπορεί κανείς να συμπεράνει από τα αποτελέσματα όλων των παιχνιδιών, όπως παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 5, ο Mertacor παρουσιάζει μία συνεπή και σταθερή συμπεριφορά.

Ο βασικότερος λόγος της επιτυχίας είναι το καλά θεμελιωμένο θεωρητικό υπόβαθρο της πλειοψηφίας των πολιτικών που υλοποιήθηκαν. Προσπαθήσαμε να εφαρμόσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο τη θεωρία, καθώς αποτελεί το πιο πολύτιμο και έγκυρο σχεδιαστικό εργαλείο για κάθε ερευνητή.

Ωστόσο, σε ένα παιχνίδι απουσίας κυρίαρχης στρατηγικής πάντα εμφανίζεται το ενδεχόμενο μίας καλύτερης στρατηγικής. Ακόμα και η αξιόλογη προσπάθεια της ομάδας του PersianCAT που κατέκτησε την πρώτη θέση στο φετινό διαγωνισμό δε μπορεί να εγγυηθεί την ευρωστία και την υπεροχή του πράκτορα απέναντι σε μελλοντικές στρατηγικές, όπως ακριβώς έγινε και με τη νικήτρια στρατηγική του IAMwildCAT για το 2007.

Επιπλέον, ο διαγωνισμός αποτελείται από τρία μόλις παιχνίδια, αριθμός όχι ικανοποιητικός για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων σε στοχαστικά παιχνίδια όπως το παρόν.

Πέρα όμως από τα παραπάνω, ο κυριότερος λόγος αποτυχίας της στρατηγικής του Mertacor είναι η ενσωμάτωση των ευρετικών τεχνικών που επιτυγχάνουν μία καλή αλλά όχι βέλτιστη επίδοση.

Ένας δεύτερος παράγοντας που στέρησε τον πράκτορα από μία καλύτερη θέση είναι η χρήση μίας συνθήκης (εν μέρει) συνεχούς εκκαθάρισης. Αυτός ο μυωπικός τρόπος εκκαθάρισης έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικότητας της αγοράς. Η επιλογή έγινε με κύριο σκοπό την αύξηση της ρυθμαπόδοσης των συναλλαγών, καθώς δεν είναι γνωστή εκ των προτέρων η ποσότητα των αγαθών που προτίθενται να συναλλάξουν οι πράκτορες εμπορίου. Οι διοργανωτές επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν την ίδια, μικρή, σταθερή τιμή για αυτήν την ιδιότητα, όπως φάνηκε εκ των υστέρων. Υπερασπιζόμαστε όμως αυτήν την επιλογή μας, καθώς σε μία εξίσου πιθανή επιλογή μεγαλύτερης τιμής, η πολιτική μας μπορεί να προσφέρει πολύ μεγαλύτερο όγκο συναλλαγών, παρέχοντας ως συνέπεια μεγαλύτερο κέρδος στους εμπορευόμενους, όπως γίνεται και στα μεγάλα σύγχρονα χρηματιστήρια.

Στη συνέχεια, ο Mertacor φαίνεται πως επηρεάζεται αρκετά από την εκ των υστέρων εισαγωγή ειδημόνων στην παγκόσμια αγορά. Αυτό το χαρακτηριστικό παραβλέφθηκε κατά την ανάπτυξη, αφού δεν είχε ανακοινωθεί εκ των προτέρων κάτι τέτοιο από τους διοργανωτές.

Τέλος, πιστεύουμε ότι υπάρχουν μεγάλα περιθώρια βελτίωσης στην πολιτική αποδοχής των προσφορών, αφού φαίνεται ότι ο κανόνας που χρησιμοποιείται στο χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης οδηγεί σε τιμές TSR με μεγάλη διακύμανση.

7.3 Περαιτέρω Πειράματα

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε επιπλέον πειράματα που έγιναν προκειμένου να εκτιμήσουμε τη γενική επίδοση των δύο εκδόσεων του Mertacor για το 2008.

Για να συγκρίνουμε τις δύο εκδόσεις ακολουθήσαμε τη μεθοδολογία που προτείνουν οι *G. Tesauro* και *R. Das* [59]. Σύμφωνα με αυτήν, είναι απαραίτητη αρχικά η σύγκριση των γενικών χαρακτηριστικών που μας ενδιαφέρουν σε ομογενείς πληθυσμούς, όπου όλοι οι συμμετέχοντες ακολουθούν τη μία ή την άλλη στρατηγική. Στη συνέχεια, οφείλουμε να διεξάγουμε πειράματα με ετερογενείς πληθυσμούς. Πρέπει πρώτα να συγκρίνουμε την επίδοση κάθε στρατηγικής σε πειράματα όπου όλοι οι υπόλοιποι πράκτορες ακολουθούν την αντίθετη πολιτική (*ένας-προς-πολλούς*). Τέλος, πρέπει να γίνουν πειράματα όπου υπάρχουν δύο ειδήμονες ο καθένας από τους οποίους ακολουθεί διαφορετική στρατηγική (*ένας-προς-έναν*).

Τα πρώτα πειράματα αφορούν στην *παγκόσμια αποδοτικότητα* (*global efficiency*) που επιτυγχάνεται, δηλαδή στη συνολική αποδοτικότητα της παγκόσμιας αγοράς όταν όλοι οι χρηματιστηριακοί οργανισμοί ακολουθούν κάθε μία από τις δύο στρατηγικές. Επίσης, παρουσιάζονται οι τιμές του *παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης* (*global convergence coefficient*), δηλαδή του μέτρου της ταχύτητας σύγκλισης των τιμών των συναλλαγών στο παγκόσμιο σημείο ισορροπίας. Για τα αποτελέσματα αυτής της κατηγορίας διεξάγαμε 15 πειράματα για κάθε έκδοση με 6 ειδήμονες της ίδιας έκδοσης και 240 εμπορευόμενους (120 αγοραστές και 120 πωλητές) που ακολουθούν όλες τις προαναφερθείσες στρατηγικές επιλογής αγοράς και τη στρατηγική πλειοδοσίας ZI-C, έτσι ώστε η αναλογία εμπορευομένων ανά ειδήμονα να είναι περίπου ίση με αυτήν των παιχνιδιών του CAT. Αυτή η στρατηγική πλειοδοσίας μηδενικής ευφυΐας μάς δίνει το κάτω όριο της αποδοτικότητας και το

άνω όριο του συντελεστή σύγκλισης, αφού πρόκειται για πράκτορες εμπορίου που εμφανίζουν μηδενικό ορθολογισμό υποβάλλοντας προσφορές με τυχαίο τρόπο. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι οι τιμές που παρουσιάζονται είναι αποτέλεσμα της δομής των ειδημόνων και όχι της συμπεριφοράς των εμπορευομένων. Οι αντίστοιχες τιμές αναμένονται να είναι αρκετά καλύτερες (μεγαλύτερη αποδοτικότητα και μικρότερος συντελεστής σύγκλισης) για ευφύστερες στρατηγικές πλειοδοσίας.

Όπως αναφέραμε στην αρχή αυτής της εργασίας, βασικός στόχος ήταν η δημιουργία μίας αγοράς που θα μπορεί να λειτουργεί επιπλέον απομονωμένα. Έτσι, επαναλάβαμε στη συνέχεια τον ίδιο αριθμό πειραμάτων με το ίδιο πλήθος ZI-C εμπορευομένων και τη λειτουργία ενός μοναδικού ειδήμονα κάθε φορά (πρώτα για την πρώτη και έπειτα για τη δεύτερη έκδοση). Τα αποτελέσματα αυτών, όπως και των παραπάνω πειραμάτων, παρουσιάζονται στον πίνακα 7.1. Για λόγους αναφοράς απεικονίζονται οι αντίστοιχες τιμές για τα παιχνίδια του 2008 στον πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.1. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση παγκόσμιας αποδοτικότητας και παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης για πειράματα με ομογενείς πληθυσμούς (ειδήμονες Mertacor).

Experiment	Efficiency		α	
	mean	stdev	mean	stdev
6 Mertacors v.1	93.207	1.698	14.475	0.748
6 Mertacors v.2	92.542	2.064	8.094	1.355
1 Mertacor v.1	95.968	0.724	14.988	0.648
1 Mertacor v.2	95.869	0.762	5.565	1.259

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 7.1, η πρώτη έκδοση του Mertacor παρουσιάζει ελάχιστα μεγαλύτερη παγκόσμια αποδοτικότητα από τη δεύτερη έκδοση. Όμως, ο παγκόσμιος συντελεστής σύγκλισης είναι αρκετά μεγαλύτερος, το οποίο σημαίνει ότι παρουσιάζεται μία σχετική καθυστέρηση στη σύγκλιση των συναλλαγών προς το σημείο ισορροπίας. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι τιμές αυτές είναι αρκετά καλύτερες από τις αντίστοιχες των παιχνιδιών του CAT, ακόμα και όταν οι πράκτορες εμπορίου χρησιμοποιούν στρατηγικές πλειοδοσίας μηδενικού ορθολογισμού. Οι αντίστοιχες τιμές του συντελεστή σύγκλισης για τη δεύτερη έκδοση είναι συγκρίσιμες με αυτές των παιχνιδιών, το οποίο σημαίνει ότι ο Mertacor παρουσιάζει μεγάλη ευρωστία στις στρατηγικές πλειοδοσίας των πελατών.

Πίνακας 7.2. Μέση τιμή και τυπική απόκλιση παγκόσμιας αποδοτικότητας και παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης για τα παιχνίδια του 2008.

Experiment	Efficiency		α	
	mean	stdev	mean	stdev
Qual. Game 1 2008	86.481	4.786	6.873	1.268
Qual. Game 2 2008	88.004	2.738	8.878	1.064
Qual. Game 3 2008	85.99	2.673	8.189	1.081
Qual. Game 4 2008	88.149	2.873	9.673	1.214
Final Game 1 2008	90.282	2.553	8.412	1.516
Final Game 2 2008	88.565	2.31	4.844	0.569
Final Game 3 2008	88.965	2.2	6.854	0.841

Οφείλουμε να τονίσουμε ωστόσο ότι οι μικρότερες τιμές αποδοτικότητας για τα παιχνίδια οφείλονται κατά κύριο λόγο στις λιγότερο ανταγωνιστικές πολιτικές ορισμένων από τους ειδήμονες των συμμετεχόντων. Επιπλέον, όπως είναι αναμενόμενο, οι αντίστοιχες τιμές για τα πειράματα με ένα συνολικά ειδήμονα είναι ακόμα καλύτερες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο αναγκαστικός διαχωρισμός των εμπορευομένων λόγω της εγγραφής τους σε μία από τις αγορές έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια δυνητικών συναλλαγών ανάμεσα σε πράκτορες εμπορίου διαφορετικών ειδημόνων μειώνοντας την τιμή της παγκόσμιας αποδοτικότητας, κάτι που δε συμβαίνει στα τελευταία πειράματα.

Ακολουθώντας, διεξάγαμε πειράματα τύπου ένας-προς-πολλούς (one-to-many) για να διαπιστώσουμε εάν η μία στρατηγική καταφέρνει να εκμεταλλευτεί τον ανταγωνισμό των ειδημόνων της πλειοψηφούσας έκδοσης ώστε να ανέλθει και να κερδίσει το παιχνίδι. Πιο συγκεκριμένα, κάθε πείραμα περιλαμβάνει έναν ειδήμονα της μίας έκδοσης και πέντε ειδήμονες της άλλης έκδοσης, ενώ αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε την αναλογία των στρατηγικών πλειοδοσίας που εφαρμόστηκε στα τελικά παιχνίδια του CAT 2008. Στα πειράματα για το πρώτο παιχνίδι εισάγαμε 120 αγοραστές και 120 πωλητές που ακολουθούν τις στρατηγικές ZI-C (48), ZIP (72), RE (72) και GD (48) και οι τιμές επιφύλαξης λαμβάνονται ομοιόμορφα από το διάστημα [50, 150]. Οι αντίστοιχες τιμές για τα πειράματα του δεύτερου παιχνιδιού ήταν 60 ZI-C, 60 ZIP, 72 RE και 48 GD και το διάστημα των ιδιωτικών αξιών είναι το [100, 200], ενώ για το τρίτο παιχνίδι χρησιμοποιήσαμε 48 ZI-C, 72 ZIP, 84 RE και 36 GD πράκτορες εμπορίου και το διάστημα των τιμών επιφύλαξης είναι το [70, 170].

Ο πίνακας 7.3 παρουσιάζει το πλήθος των παιχνιδιών όπου ανακηρύχθηκε νικήτρια η κάθε έκδοση, όπως επίσης και τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση της θέσης κατάταξής της, του καθημερινού απόλυτου κέρδους του μειοψηφούντα ειδήμονα, όπως και της αποδοτικότητας και του συντελεστή σύγκλισης. Επίσης, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές για την παγκόσμια αποδοτικότητα και τον παγκόσμιο συντελεστή σύγκλισης ανά παιχνίδι. Για το κέρδος, την αποδοτικότητα και το συντελεστή σύγκλισης απεικονίζονται επιπλέον οι αντίστοιχες τιμές του καλύτερου από πλευράς σκορ ειδήμονα της πλειοψηφούσας έκδοσης.

Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων μάς δείχνουν την υπεροχή σε τέτοιες περιπτώσεις της δεύτερης έκδοσης του Mertacor, η οποία καταφέρνει να εκμεταλλευθεί τον ανταγωνισμό των υπολοίπων ειδημόνων και αποσπά συνεχώς την πρώτη θέση. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι καταφέρνει να προσελκύσει τους πιο επιθυμητούς εμπορευόμενους που, σε συνδυασμό με την πολιτική χρέωσης, της προσδίδουν 30-50% επιπλέον μέσο καθημερινό κέρδος, τιμή αρκετά ικανοποιητική για ρεαλιστικά σενάρια, αν και η τυπική απόκλιση είναι φανερά μεγαλύτερη. Επίσης, οι τιμές της αποδοτικότητας και του συντελεστή σύγκλισης είναι ελάχιστα καλύτερες για αυτήν την έκδοση όταν βρίσκεται σε μειοψηφία. Τέλος, όσον αφορά τα παγκόσμια χαρακτηριστικά, παρατηρούμε μία μικρή πτώση στην αποδοτικότητα, ακόμα και όταν ένας από τους ειδήμονες παρεκκλίνει από την πλειοψηφούσα έκδοση, ενώ ο παγκόσμιος συντελεστής σύγκλισης είναι αρκετά μικρότερος, κάτι που περιμέναμε λόγω των ευφύων στρατηγικών πλειοδοσίας που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον.

Πίνακας 7.3. Αποτελέσματα σύγκρισης των δύο εκδόσεων του Mertacor για ετερογενείς πληθυσμούς (πειράματα τύπου ένας-προς-πολλούς).

Experiment		Wins	Rank		Profit		Efficiency		α	
			mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
Game 1	a	-	-	-	-	-	90.825	2.598	7.915	1.347
	b	-	-	-	-	-	90.858	2.548	9.259	1.146
a	One v.1 vs. Many v.2	0 - 9	4.667	0.577	48.756 - 109.911	20.585 - 48.018	92.641 - 93.567	5.288 - 7.055	8.917 - 8.852	3.065 - 4.047
b	One v.2 vs. Many v.1	9 - 0	1	0	86.201 - 54.757	32.07 - 20.089	93.576 - 92.909	5.716 - 4.792	9.908 - 9.666	4.619 - 3.189
Game 2	a	-	-	-	-	-	91.375	2.493	5.373	0.921
	b	-	-	-	-	-	90.574	2.469	6.291	0.713
a	One v.1 vs. Many v.2	0 - 9	3.333	1.155	57.205 - 110.84	22.098 - 44.977	93.263 - 93.745	4.421 - 4.686	5.971 - 5.987	2.291 - 2.729
b	One v.2 vs. Many v.1	9 - 0	1	0	101.635 - 57.996	31.983 - 20.649	94.837 - 91.914	4.723 - 5.095	6.458 - 6.744	2.824 - 2.04
Game 3	a	-	-	-	-	-	90.163	2.62	6.321	1.006
	b	-	-	-	-	-	89.825	2.433	8.421	0.943
a	One v.1 vs. Many v.2	0 - 9	2.667	0.577	53.231 - 98.494	19.509 - 43.531	92.701 - 92.672	4.638 - 5.77	6.983 - 7.013	2.25 - 3.079
b	One v.2 vs. Many v.1	9 - 0	1	0	90.777 - 60.656	31.855 - 22.616	93.337 - 91.777	4.778 - 4.828	8.827 - 9.233	3.642 - 2.829

Τέλος, διεξάγαμε πειράματα του τύπου ένας-προς-έναν (one-to-one) προκειμένου να αξιολογήσουμε άμεσα τις δύο εκδόσεις του Mertacor. Για τα πειράματα αυτά χρησιμοποιήσαμε επίσης την ίδια αναλογία πρακτόρων και στρατηγικών πλειοδοσίας που εφαρμόστηκε στα παιχνίδια του 2008. Πιο συγκεκριμένα, εισάγαμε 8 ZI-C, 12 ZIP, 12 RE και 8 GD πράκτορες εμπορίου για τα πειράματα του πρώτου παιχνιδιού, 10 ZI-C, 10 ZIP, 12 RE και 8 GD για το δεύτερο, και 8 ZI-C, 12 ZIP, 14 RE και 6 GD εμπορευόμενους για το τρίτο παιχνίδι. Οι ιδιωτικές αξίες λαμβάνονται επίσης ομοιόμορφα από τα διαστήματα [50, 150], [100, 200] και [70, 170] για το πρώτο, δεύτερο και τρίτο παιχνίδι αντίστοιχα. Επαναλάβαμε τα πειράματα 9 φορές για κάθε παιχνίδι, τα αποτελέσματα των οποίων απεικονίζονται στον πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4. Αποτελέσματα σύγκρισης των δύο εκδόσεων του Mertacor για ετερογενείς πληθυσμούς (πειράματα τύπου ένας-προς-έναν).

Experiment v.1 vs. v.2	Wins	Profit		Efficiency		α	
		mean	stdev	mean	stdev	mean	stdev
Game 1	-	-	-	92.311	4.268	8.092	2.03
	2 - 7	49.541 – 73.659	18.726 – 26.589	93.297 – 93.263	4.527 – 5.675	9.064 – 9.037	3.24 – 4.168
Game 2	-	-	-	92.199	3.81	5.524	1.279
	0 - 9	48.914 – 75.947	18.779 – 23.926	92.328 – 93.796	4.924 – 4.893	6.032 – 5.805	1.832 – 2.388
Game 3	-	-	-	91.905	3.842	7.187	1.67
	0 - 9	48.114 – 73.165	17.853 – 23.771	92.434 – 93.395	4.787 – 4.679	7.71 – 7.383	2.288 – 2.912

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, η δεύτερη έκδοση κερδίζει την πρώτη έκδοση στη συντριπτική πλειοψηφία και αυτών των πειραμάτων. Επιπλέον, καταφέρνει να αποκομίσει 50% περισσότερο κέρδος κατά μέσο όρο, αν και η τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη. Η αποδοτικότητα καταμερισμού είναι επίσης ελαφρά μεγαλύτερη, ενώ ο συντελεστής σύγκλισης είναι περίπου ίδιος για τις δύο εκδόσεις. Τέλος, συγκρίνοντας τις τιμές του παγκόσμιου συντελεστή σύγκλισης για τα τρία παιχνίδια με αυτές των τελικών παιχνιδιών του CAT 2008, παρατηρούμε τις ίδιες τάσεις, με το δεύτερο παιχνίδι να παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή και το πρώτο τη μεγαλύτερη, κάτι που επιβεβαιώνει τη θεωρία σύμφωνα με την οποία οι στρατηγικές πλειοδοσίας επιδρούν έως ένα βαθμό στην αγορά. Ωστόσο, η τιμή της αποδοτικότητας φαίνεται να μην επηρεάζεται σημαντικά από τις τελευταίες, όπως προέβλεψαν οι Gode και Sunder, παρόλο που οι αθροιστικές καμπύλες προσφοράς και ζήτησης αναμένεται να μην είναι πλήρως συμμετρικές για κάθε ειδήμονα.

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

8.1 Γενικά

Το πεδίο του ΑΣΜ αποτελεί ένα νωπό ερευνητικό πεδίο που βρίσκεται στα πρώτα βήματά του και επιδέχεται τεράστιας βελτίωσης και προόδου. Επιπλέον, οι ΔΔ, αν και έχουν μελετηθεί για πολλά χρόνια, συνεχίζουν να αποτελούν ένα σύνθετο «θεωρητικό παράξενο» για τους ερευνητές. Η εφαρμογή των τεχνικών που θα προκύψουν από το πρώτο πεδίο μπορεί να διαλευκάνει αυτό το πέπλο μυστηρίου που τις διακρίνει.

Ο διαγωνισμός του CAT αποτελεί μίας πρώτης τάξεως ευκαιρία για την ταυτόχρονη μελέτη των δύο παραπάνω πεδίων, καθώς δίνει την ευκαιρία αξιολόγησης της ερευνητικής προσπάθειας διαφορετικών επιστημόνων, ανεξάρτητα από την εθνικότητα και το πεδίο ενασχόλησής τους (Επιστήμη Υπολογιστών ή Οικονομικά). Επιπλέον, παρέχει ένα σημαντικό κίνητρο σε νέους ερευνητές που επιθυμούν να εμβαθύνουν στο αντικείμενο αυτό.

Η συμμετοχή στον CAT αποτέλεσε μία πολύτιμη πηγή πλούσιων εμπειριών και δοκιμασιών και πιστεύουμε ότι κάθε ενδιαφερόμενος για το πεδίο του ΣΜ αξίζει να ασχοληθεί με αυτόν.

Εκτός των παραπάνω, η πλατφόρμα που αναπτύχθηκε για το διαγωνισμό αποτελεί ένα αξιοσημείωτο πειραματικό εργαλείο για την περαιτέρω έρευνα τόσο απομονωμένων όσο και ανταγωνιστικών διμερών αγορών αλλά και για την ανάπτυξη νέων στρατηγικών πλειοδοσίας και επιλογής αγοράς από την πλευρά των πρακτόρων εμπορίου. Η ενσωμάτωση στρατηγικών που έχουν μελετηθεί αναλυτικά και έχουν χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες προσδίδει στο JCAT ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα, αφού στόχος όλης της προσπάθειας είναι η πρακτική εφαρμογή των αναδυόμενων κανόνων και στρατηγικών σε όλες τις σύγχρονες ηλεκτρονικές αγορές.

Η συνταύτιση των αποτελεσμάτων με αυτά των προηγούμενων ερευνών του κλάδου των Πειραματικών Οικονομικών ενισχύει την παραπάνω πεποίθηση.

Ο κόσμος της TN ξεκίνησε με υπεραισιόδοξες προσδοκίες για τις δυνατότητες που αυτή παρέχει. Αυτές οι προσδοκίες αποτέλεσαν την κινητήρια δύναμη για την έρευνα που ακολούθησε. Η δημιουργία διαγωνισμών όπως ο CAT εντείνουν την προσπάθεια προς την επίτευξη των στόχων που έθεσε η TN και ευελπιστούμε ότι σε λίγα χρόνια όλες οι ηλεκτρονικές συναλλαγές θα διεξάγονται με πλήρως αυτοματοποιημένο τρόπο μέσω πραγματικά ευφών πρακτόρων λογισμικού. Μόνο μέσα από αυτήν την προσδοκώμενη αύξηση του ανταγωνισμού μπορούν να προκύψουν αποδοτικότερες αγορές, όπως εξάλλου προβλέπει και η μικροοικονομική θεωρία.

8.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Οι δύο συμμετοχές μας στον CAT αποτελούν το πρώτο βήμα για τη μελέτη των διμερών δημοπρασιών. Αν και το 2008 καταφέραμε να αναγνωρίσουμε και να εξαλείψουμε ορισμένα από τα προβλήματα της προηγούμενης συμμετοχής μας, το πεδίο της έρευνας παραμένει ανοικτό και γεμάτο προκλήσεις. Η έλλειψη μίας κυρίαρχης στρατηγικής δίνει συνεχώς το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη. Έτσι, πρώτος μελλοντικός στόχος είναι η περαιτέρω βελτίωση της επίδοσης του πράκτορα για τους διαγωνισμούς που θα ακολουθήσουν. Στόχος μας είναι η εισαγωγή τεχνικών της Εξελικτικής Υπολογιστικής που πιστεύουμε ότι μπορούν να μας προσφέρουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα.

Πέρα από το κομμάτι των πολιτικών, πιστεύουμε ότι η ενδεδειγμένη μελέτη των στρατηγικών πλειοδοσίας και επιλογής αγοράς μπορεί να δια φωτίσει τα όποια προβλήματα των προηγούμενων συμμετοχών.

Ο διαγωνισμός ωστόσο αποτελεί μόνο ένα μικρό κομμάτι της έρευνας στις ΔΔ. Η πλατφόρμα του διαγωνισμού αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο σκοπεύουμε να χρησιμοποιήσουμε για τη μελέτη μηχανισμών, η αξιολόγηση των οποίων δε θα περιορίζεται από τη διάρκεια και το πλήθος των παιχνιδιών.

Εκτός από τα παραπάνω, επιθυμούμε να τροποποιήσουμε το JCAT έτσι ώστε να καταστεί δυνατή η μελέτη πιο ρεαλιστικών μηχανισμών. Συγκεκριμένα, σκοπεύουμε να τροποποιήσουμε τη δομή του έτσι ώστε να δίνεται η δυνατότητα σε κάθε εμπορευόμενο να είναι ταυτόχρονα αγοραστής και πωλητής στην ίδια ή σε

διαφορετικές αγορές μοντελοποιώντας με αυτόν τον τρόπο τους κερδοσκόπους που αναφέραμε στην παράγραφο 3.1.

Τέλος, ένα ακόμη πεδίο έρευνας είναι αυτό του *σχηματισμού συνασπισμών (coalition formation)*, όπου δύο ή περισσότεροι πράκτορες εμπορίου συνεργάζονται έτσι ώστε να εκμεταλλευτούν την αντίθετη κατηγορία προκειμένου να αποκομίσουν αθροιστικά αλλά και ατομικά μεγαλύτερο κέρδος. Το ίδιο ακριβώς μπορεί να συμβεί και με τους μηχανισμούς ΔΔ, όπου οι αγορές έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας μέσω του διαμοιρασμού των εμπορευομένων έτσι ώστε να ικανοποιήσουν από κοινού τις απαιτήσεις τους.

Το ταξίδι μας στους θαυμαστούς κόσμους των ACE και της Τεχνητής Νοημοσύνης μόλις ξεκίνησε.

Βιβλιογραφία

- [1] C. Boutilier, Y. Shoham, and M. P. Wellman. Editorial: Economic principles of multiagent systems. *Artificial Intelligence*, 94:1–6, 1997.
- [2] T. N. Cason and D. Friedman. An empirical analysis of price formation in double auction markets. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 1, pages 253-283. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [3] T. N. Cason and D. Friedman. Price formation in single call markets. *Econometrica*, 65(2):311-345, March 1997.
- [4] K. Chatterjee and W. Samuelson. Bargaining under incomplete information. *Operations Research*, 31(5):835-851, 1983.
- [5] E. H. Clarke. Multipart Pricing of Public Goods. *Public Choice*, 11:17–33, 1971.
- [6] G. P. E. Clarkson and H. A. Simon. Simulation of individual and group behavior. *American Economic Review*, 50:920–932, 1960.
- [7] D. Cliff. ZIP60: Further explorations in the evolutionary design of online auction market mechanisms. *Technical Report HPL-2005-85*, 2005.
- [8] D. Cliff and J. Bruten. Minimal-intelligence agents for bargaining behaviors in market-based environments. *Technical Report HPL-97-91*, 1997.
- [9] V. Conitzer and T. Sandholm. Complexity of mechanism design. In *Proceedings of the 18th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-02)*, pages 103–110, 2002.
- [10] R. Das, J. E. Hanson, J. O. Kephart and G. Tesauero. Agent-human interactions in the continuous double auction. In *Proceedings of the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1169–1176, 2001.
- [11] R. K. Dash. Distributed Mechanisms for Multi-Agent Systems: Analysis and Design. *PhD Thesis*, University of Southampton, June 2006.

- [12] C. d'Aspremont and L. A. Gerard-Varet. Incentives and incomplete information. *Journal of Public Economics*, 11:25–45, 1979.
- [13] D. Easley and J. O. Ledyard. Theories of price formation and exchange in oral double auctions. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 1, pages 63-97. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [14] I. Erev and A. E. Roth. Predicting how people play games with unique, mixed-strategy equilibria. *American Economic Review*, 88:848-881, 1998.
- [15] D. Friedman. A simple testable model of double auction markets. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 15(1):47-70, 1991.
- [16] D. Friedman and J. Rust. *The Double Auction Market: Institutions, Theories, and Evidence (Proceedings of the workshop on double auction markets held June 1991 in Santa Fe, New Mexico)*. Westview, 1991.
- [17] G. B. Garcia. On the dynamics of prices to equilibrium in a double auction market. Working paper, University of Chicago Business School, 1980.
- [18] E. Gerding, P. McBurney, J. Niu, S. Parsons and S. Phelps. Overview of CAT: A market design competition. *Tech Report ULCS-07-006*, Dept. of Computer Science, University of Liverpool, Liverpool, UK, (2007).
- [19] A. Gibbard. Manipulation of voting schemes. *Econometrica*, 41:587–601, 1973
- [20] S. Gjerstad and J. Shachat. A General Equilibrium Structure for Induced Supply and Demand. *UCSD Discussion Paper No. 96-35*, October 1996.
- [21] S. Gjerstad and J. Dickhaut. Price formation in double auctions. *Games and Economic Behaviour*, 22:1-29, 1998.
- [22] D. K. Gode and S. Sunder. Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders: Market as a partial substitute for individual rationality. *The Journal of Political Economy*, 101(1):119-137, February 1993.
- [23] D. K. Gode and S. Sunder. Lower bounds for efficiency of surplus extraction in double auctions. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 7, pages 199-219. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [24] J. R. Green and J.-J. Laffont. Characterization of satisfactory mechanisms for the revelation of preferences for public goods. *Econometrica*, 45:427-438, 1977.

- [25] T. Groves. Incentives in teams. *Econometrica*, 41:617–631, 1973.
- [26] M. L. Gruman and M. Narayana. Applications of classifying bidding strategies for the CAT Tournament. *Proceedings of the International Trading Agent Design and Analysis Workshop (TADA 2008)*. Chicago, IL, USA, July 2008.
- [27] F. Heylighen. The science of self-organization and adaptivity <http://pespmc1.vub.ac.be/Papers/EOLSS-Self-Organiz.pdf>
- [28] S. Honari, M. Gomrokchi, M. Ebadi, A. Foshati, J. Bentahar. Simulating New Markets by Introducing New Accepting Policies for the Conventional Continuous Double Auction. In *Workshop on Agent-Directed Simulation Symposium*, Ottawa, Canada, April 2008.
- [29] L. Hurwicz. On the existence of allocation systems whose manipulative Nash equilibria are Pareto optimal. *Unpublished*, 1975.
- [30] L. Hurwicz. Optimality and informational efficiency in resource allocation processes, in Arrow, Karlin and Suppes (eds.), *Mathematical Methods in the Social Sciences*. Stanford University Press, 1960.
- [31] N. R. Jennings. An Agent-Based Approach for Building Complex Software Systems. *Communications of the ACM*, 44(4):35–41, 2001.
- [32] J. H. Kagel and W. Vogt. Buyer’s Bid Double Auctions: Preliminary Experimental Results. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 10, pages 285–305. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [33] V. Krishna. *Auction Theory*. Harcourt Publishers Ltd., 2002.
- [34] A. Madhavan and M. Cheng. Price discovery in auction markets: A look inside the black box. *The Review of Financial Studies*, 13(3):627-658, Autumn 2000.
- [35] K. A. McCabe, S. J. Rassenti and V. L. Smith. Designing a Uniform-Price Double Auction: An Experimental Evaluation. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 11, pages 307–332. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [36] R. B. Myerson. Mechanism design by an informed principal. *Econometrica*, 51:1767-1797, 1983.

- [37] J. Nicolaisen, V. Petrov and L. Tesfatsion. Market power and efficiency in a computational electricity market with discriminatory double-auction pricing. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 5(5):504-523, 2001.
- [38] N. Nisan and A. Ronen. Algorithmic Mechanism Design. In *Proc. 31st ACM Symposium on Theory of Computing*, pages 129–140, 1999.
- [39] J. Niu, K. Cai, E. Gerding, P. McBurney and S. Parsons. Characterizing effective auction mechanisms: Insights from the 2007 TAC market design competition. In *AAMAS-08*, 1079-1086, 2008.
- [40] J. Niu, K. Cai, S. Parsons, E. Gerding, P. McBurney, T. Moyaux, S. Phelps and D. Shield. JCAT: A Platform for the TAC Market Design Competition. *Proc. of 7th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2008)*, Padgham, Parkes, Müller and Parsons (eds.), May, 12-16., 2008, Estoril, Portugal.
- [41] J. Niu, K. Cai, S. Parsons and E. Sklar. Some preliminary results on competition between markets for automated traders. In *Workshop on Trading Agent Design and Analysis*, Vancouver, Canada, 2007.
- [42] D. Parkes. Iterative Combinatorial Auctions: Achieving Economic and Computational Efficiency. *PhD thesis*, University of Pennsylvania, May 2001.
- [43] S. Parsons, J. Niu, K. Cai and E. Sklar. Reducing price fluctuation in continuous double auctions through pricing policy and shout improvement. In *Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, pages 1143–1150, 2006.
- [44] A. Petric, V. Podobnik, A. Grguric and M. Zemljic. Designing an Effective E-Market: An Overview of the CAT Agent. *Proceedings of the International Trading Agent Design and Analysis Workshop (TADA 2008)*. Chicago, IL, USA, July 2008.
- [45] S. Phelps. Evolutionary Mechanism Design. *PhD Thesis*, University of Liverpool, July 2007.
- [46] S. Phelps, S. Parsons and P. McBurney. An Evolutionary Game-Theoretic Comparison of Two Double-Auction Market Designs. *Agent-Mediated Electronic Commerce VI*, pages 101–114. Springer, 2006.
- [47] S. Phelps, S. Parsons, E. Sklar and P. McBurney. Using genetic programming to optimise pricing rules for a double auction market. In *Proceedings of the workshop on Agents for Electronic Commerce*, Pittsburgh, PA, October 2003.

- [48] C. Preist and M. van Tol. Adaptive Agents in a Persistent Shout Double Auction. *Technical Report HPL-2003-242*, 2003.
- [49] F. Pringsheim. The Greek sale by auction. In *Scritti in Onore di Contardo Ferrini Pubblicati in Occasione della sua Beatificazione*, volume XXVIII of Pubblicazioni dell' Università Cattolica del Sacro Cuore, Nuova Serie, pages 284–343. Societa Editrice “Vita e Pensiero”, Milan, 1949.
- [50] A. E. Roth and I. Erev. Learning in extensive-form games: Experimental data and simple dynamic models in the intermediate term. *Games and Economic Behavior*, 8:164-212, 1995.
- [51] J. Rust, J. H. Miller and R. Palmer. Behaviour of trading automata in a computerized double auction market. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 6, pages 155-199. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [52] J. Rust, J. H. Miller and R. Palmer. Characterizing effective trading strategies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18:61-96, 1994.
- [53] T. Sandholm. Automated mechanism design: A new application area for search algorithms. In *Proceedings of the International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP)*, 2003.
- [54] M. A. Satterthwaite. Strategy-proofness and Arrow's conditions: Existence and correspondence theorems for voting procedures and social welfare functions. *Journal of Economic Theory*, 10:187-217, 1975.
- [55] M. A. Satterthwaite and S. R. Williams. The Bayesian theory of the k-double auction. In D. Friedman and J. Rust, editors, *The Double Auction Market: Institutions, Theories and Evidence, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, chapter 4, pages 99–123. Perseus Publishing, Cambridge, MA, 1993.
- [56] V. L. Smith. An experimental study of competitive market behaviour. *The Journal of Political Economy*, 70(2):111-137, April 1962.
- [57] R. S. Sutton and A. G. Barto. *Reinforcement learning: An introduction*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- [58] G. Tesauro and J. L. Bredin. Strategic sequential bidding in auctions using dynamic programming. *Proceedings of the first International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, pages 591–598, 2002.

- [59] G. Tesauro and R. Das. High-performance bidding agents for the continuous double auction. In *Proceedings of the 3rd ACM Conference on Electronic Commerce*, 2001.
- [60] L. Tesfatsion. Agent-based computational economics: growing economies from the bottom up. *Artificial Life*, 8(1):55–82, 2002.
- [61] W. Vickrey. Counter speculation, Auctions and Competitive Sealed Tenders. *Journal of Finance*, 16:8–37, 1961.
- [62] P. Vytelingum. The Structure and Behaviour of the Continuous Double Auction. PhD Thesis, University of Southampton, December 2006.
- [63] P. Vytelingum, I. A. Vetsikas, B. Shi and N. R. Jennings. IAMwildCAT: The winning strategy for the TAC market design competition. *Proceedings of the 18th European Conference on AI (ECAI-2008)*. Patras, Greece, July 2008.
- [64] P. R. Wurman, W. E. Walsh and M. P. Wellman. Flexible double auctions for electronic commerce: theory and implementation. *Decision Support Systems*, Vol 24, No. 1, pp. 17-27, 1998.
- [65] W. Zhan and D. Friedman. Markups in double auction markets. In *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2007, 31, (9), 2984-3005.

- [URL1] <http://ant.apache.org/>
- [URL2] <http://commons.apache.org/collections/>
- [URL3] <http://en.wikipedia.org>
- [URL4] <http://jcat.sourceforge.net/>
- [URL5] <http://repast.sourceforge.net/>
- [URL6] <http://www.csc.liv.ac.uk/~sphelps/jasa/>
- [URL7] <http://www.jfree.org/jcommon/>
- [URL8] <http://www.jfree.org/jfreechart/>
- [URL9] <http://www.sics.se/tac/>