

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακή Διατριβή στα Πληροφοριακά Συστήματα



Μοντελοποίηση και Συγκριτική Μελέτη Μηχανισμών Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών για Διάθεση Αριθμών Εγγραφής Οχημάτων

Δήμητρα Σταύρου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Λοΐζος Μιχαήλ**

Αύγουστος 2012

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μοντελοποίηση και Συγκριτική Μελέτη Μηχανισμών Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών για Διάθεση Αριθμών Εγγραφής Οχημάτων

Δήμητρα Σταύρου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Λοΐζος Μιχαήλ**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
στα Πληροφοριακά Συστήματα

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Αύγουστος 2012

Περίληψη

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μοντελοποιείται ο μηχανισμός ηλεκτρονικών δημοπρασιών του Τμήματος Οδικών Μεταφορών (ΤΟΜ) στην Κύπρο για τη διάθεση των αριθμών εγγραφής οχημάτων στο κοινό. Στο μηχανισμό δημοπρασιών ΤΟΜ διεξάγονται ταυτόχρονα 996 παράλληλες περιορισμένης διάρκειας ανοικτού - τύπου δημοπρασίες ενός αντικειμένου στις οποίες ο κάθε πλειοδότης μπορεί να κερδίσει τελικά μόνο ένα αριθμό εγγραφής. Η μοντελοποίηση του μηχανισμού ΤΟΜ γίνεται με τη βοήθεια μιας εξειδικευμένης τυπικής γλώσσας. Το πρόγραμμα εκτέλεσης που συνοδεύει τη γλώσσα χρησιμοποιείται για να τρέξουν προσομοιώσεις του μηχανισμού και να εντοπιστούν αδυναμίες στους κανόνες του που επιτρέπουν στους πλειοδότες την επιλογή ανεπιθύμητων στρατηγικών.

Έπειτα από μελέτη των δημοπρασιών μέσα στα ευρύτερα πλαίσια της θεωρίας της Σχεδίασης Μηχανισμών, προτείνεται και μοντελοποιείται ένας νέος *άμεσος μηχανισμός* ηλεκτρονικών δημοπρασιών με σκοπό να λύσει τα προβλήματα του υπάρχοντος μηχανισμού ΤΟΜ. Ο νέος μηχανισμός είναι βασισμένος στην *αρχή της αποκάλυψης*. Κάθε πλειοδότης υποβάλλει μια φορά τις προσωπικές τους προτιμήσεις για τους αριθμούς εγγραφής οχημάτων σε σειρά προτεραιότητας. Ο νέος μηχανισμός κάνει την ανάθεση των αντικειμένων στους πλειοδότες μετά από προσομοίωση ενός δεύτερου εσωτερικού *έμμεσου* μηχανισμού δημοπρασιών ανοικτού τύπου με κυλιόμενο χρόνο λήξης στον οποίο συμμετέχουν εσωτερικοί *proxy πράκτορες* εκπροσωπώντας τους πλειοδότες και επιλέγοντας επιθυμητές στρατηγικές.

Πράκτορες λογισμικού υλοποιημένοι στη Prolog δρουν σαν πλειοδότες μέσα στους δύο μηχανισμούς. Μέσα από πειραματική μελέτη και προσομοιώσεις των δύο μηχανισμών, με συγκεκριμένα σύνολα πλειοδοτών να συμμετέχουν και έπειτα από καταγραφή των ενεργειών των πλειοδοτών συγκρίνεται το *κέρδος* και το *κοινωνικό όφελος* που αποφέρει ο κάθε μηχανισμός. Παρατηρείται ότι η ανάθεση που κάνει ο άμεσος μηχανισμός προσδίδει κέρδος αυξημένο σημαντικά για τα περισσότερα σύνολα πλειοδοτών. Επίσης παρατηρείται για κάποια σύνολα ταυτόχρονη αύξηση και του κοινωνικού οφέλους. Στις περιπτώσεις που το τελευταίο παρουσιάζει μείωση, παρατηρείται ισορροπημένη κατανομή του στο σύνολο των πλειοδοτών.

Επιπρόσθετα, εξετάζεται η δυνατότητα του εσωτερικού μηχανισμού ανάθεσης να δώσει βέλτιστη λύση στο πρόβλημα μεγιστοποίησης του οικονομικού κέρδους ή και του κοινωνικού οφέλους. Τέλος, η γλώσσα μοντελοποίησης και ο προσομοιωτής κρίνονται επαρκή, κατάλληλα και εξαιρετικά χρήσιμα εργαλεία για την περιγραφή πολύπλοκων οικονομικών περιβαλλόντων με πολλαπλούς πράκτορες.

Summary

This master thesis models the online auction mechanism used by Road Transport Department (RTD) in Cyprus to sell vehicle registration numbers to the public. The RTD mechanism holds 996 parallel time-limited single-item open auctions in which every participant can finally win only a single item. The RTD auction mechanism is described using a formal scripting language. A monitoring system, coupled with the language, is used to run simulations of the mechanism. Through simulations, problems are identified in the RTD auction mechanism allowing bidders to choose undesirable strategies.

After studying auctions in the broader framework provided by Mechanism Design Theory, a new auction mechanism is proposed and described in order to solve the problems of the existing RTD auction mechanism. The idea of the new direct mechanism is based on the revelation principle. Every bidder submits its preferences once for all the vehicle registration numbers in an ordered list. The new mechanism, in order to allocate numbers to bidders, runs the simulation of an internal indirect mechanism with rolling closing time, in which internal proxy agents represent the external bidders choosing desirable strategies.

Also, software agents are implemented to act as bidders in both domains. A series of experiments are conducted through running simulations of the two auction mechanisms and particular bidder sets participating. Bidders' actions are recorded and revenue and social welfare are then compared for the two mechanisms. For the most bidder sets the new mechanism allocation is observed to significantly increase revenue. For some bidder sets, new mechanism allocation increases social welfare also. In some other cases, new mechanism leads to lower social welfare. However, in the latter cases, a balanced distribution of social welfare across bidders is observed.

Furthermore, the internal allocation mechanism's capability to provide an optimal solution to the problem of revenue or social welfare maximization is examined. Finally, the formal language and the simulator are evaluated to be adequate, efficient and useful tools for modeling complex multi-agent economic environments.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Λοΐζο Μιχαήλ για την εμπιστοσύνη που μου επέδειξε με την ανάθεση του θέματος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής δίνοντας μου έτσι τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και ενεργό ερευνητικά πεδίο. Η συνεχής καθοδήγηση, οι αμέτρητες ώρες συζητήσεων, οι εύστοχες παρατηρήσεις του και η άριστη συνεργασία που είχαμε συνέβαλαν ουσιαστικά στην ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου και στην επίτευξη των στόχων.

Ευχαριστίες εκφράζω επίσης στους κ. Σωτήρη Κωλέττα και κ. Πέτρο Ξενοφώντος, Διευθυντή και Ανώτερο Λειτουργό του Τμήματος Οδικών Μεταφορών αντίστοιχα, για τις αρχικές συζητήσεις και πληροφορίες που μου παρέιχαν και ευελπιστώ ότι τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή θα συμβάλουν στην βελτίωση του μηχανισμού δημοπρασιών του Τμήματος.

Θα ήταν σημαντική παράλειψη να μην αναφερθώ στην ουσιαστική συμβολή της οικογένειας και των φίλων μου σε όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου για απόκτηση αυτού του μεταπτυχιακού τίτλου. Τους ευχαριστώ θερμά για την ηθική στήριξη που μου προσέφεραν και για την κατανόηση και την υπομονή που επέδειξαν.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Στόχοι Μεταπτυχιακής Διατριβής	2
1.2	Η Δομή της Διατριβής.....	3
2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	5
2.1	Δημοπρασίες.....	5
2.1.1	Ορισμός	6
2.1.2	Εκτιμήσεις για την τιμή του αντικειμένου (valuations)	7
2.1.3	Κέρδος και Κοινωνικό Όφελος.....	8
2.1.4	Βασικοί Τύποι Δημοπρασιών	8
2.1.5	Συνδυαστικές Δημοπρασίες	9
2.1.6	Ηλεκτρονικές Δημοπρασίες και Αυτόματη Προσφορά	10
2.1.7	Ισοδυναμία Κέρδους.....	11
2.1.8	Δημοπρασίες και Θεωρία Παιγνίων	11
2.1.9	Συμπεριφορές Πλειοδοτών	13
2.1.10	Δημοπρασίες και Θεωρία Σχεδίασης Μηχανισμών	16
2.2.	Πράκτορες και Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων.....	18
2.2.1	Πράκτορες: Ορισμός και Ιδιότητες	18
2.2.2	Το Περιβάλλον ενός Πράκτορα.....	21
2.2.3	Ανάπτυξη Συστημάτων Πολλαπλών Πρακτόρων.....	21
2.2.4	Εφαρμογές Πρακτόρων και ΣΠΠ.....	22
3	Η Τυπική Γλώσσα Μοντελοποίησης	23
3.1	Τα κύρια εργαλεία της τυπικής γλώσσας.....	24
3.2	Η δομή της περιγραφής ενός περιβάλλοντος.....	27
3.3	Οι βασικές αρχές σχεδιασμού της τυπικής γλώσσας.....	28
3.4	Το πρόγραμμα εκτέλεσης της γλώσσας (προσομοιωτής).....	28
3.5	Το μυαλό ενός πράκτορα.....	29
4	Ο Μηχανισμός Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών TOM	31
4.1	Ανάλυση υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM	32
4.2	Μοντελοποίηση υπάρχοντος μηχανισμού ηλεκτρονικών δημοπρασιών TOM	34

4.3	Υλοποίηση Πράκτορα «Μεσολαβητή».....	45
4.4	Αδυναμίες στους κανόνες του υπάρχοντος μηχανισμού TOM.....	47
5	Ο Νέος Μηχανισμός Δημοπρασιών	50
5.1	Ο νέος άμεσος μηχανισμός δημοπρασιών.....	52
5.1.1	Μοντελοποίηση του νέου άμεσου μηχανισμού δημοπρασιών	53
5.1.2	Ο εξωτερικός μεσολαβητής	62
5.2	Ο εσωτερικός έμμεσος μηχανισμός ανάθεσης	65
5.2.1	Μοντελοποίηση του νέου εσωτερικού μηχανισμού ανάθεσης.....	66
5.2.2	Ο εσωτερικός μεσολαβητής.....	68
5.2.3	Proxy Πράκτορες	69
6	Πράκτορες - Πλειοδότες	71
6.1	Τύπος Πρακτόρων - Πλειοδοτών.....	71
6.2	Διαδικασίες λήψης απόφασης στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.....	74
6.2.1	Λήψη απόφασης για υποβολή προσφοράς.....	74
6.2.2	Λήψη Απόφασης για Αίτηση Αποτελεσμάτων.....	76
6.3	Διαδικασίες Λήψης Απόφασης στον Νέο Άμεσο Μηχανισμό	76
7	Πειραματική Μελέτη	78
7.1	Σύγκριση Αποδοτικότητας Υπάρχοντος Μηχανισμού δημοπρασιών TOM και Νέου Άμεσου Μηχανισμού.....	79
7.1.1	Πείραμα 1	81
7.1.2	Πείραμα 2.....	92
7.1.3	Πείραμα 3	101
7.1.4	Πείραμα 4.....	110
7.1.5	Πείραμα 5.....	117
7.1.6	Γενικά Συμπεράσματα.....	124
7.2	Έλεγχος Λύσεων που Δίνει ο Μηχανισμός Ανάθεσης του Νέου Μηχανισμού.....	126
8	Επίλογος	133
8.1	Αξιολόγηση Γλώσσας Μοντελοποίησης και Προσομοιωτή	133
8.2	Ο Προτεινόμενος Μηχανισμός Δημοπρασιών	136
8.3	Εισηγήσεις για Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	137

Βιβλιογραφία	139
A Στοιχεία για ανάλυση Προδιαγραφών Μηχανισμού TOM	A-1
A.1 Όροι Πώλησης Διακριτικών Σημείων Οχημάτων στο Κοινό – Μέρος 1.....	A-2
A.2 Όροι Πώλησης Διακριτικών Σημείων Οχημάτων στο Κοινό – Μέρος 2.....	A-3
A.3 Οθόνες Ιστότοπου Δημοπρασιών TOM	A-4

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το διαδίκτυο έχει μετατραπεί τα τελευταία χρόνια σε ένα παγκόσμιο κανάλι διάθεσης αγαθών και υπηρεσιών δίνοντας έτσι τεράστιες ευκαιρίες σε απομονωμένους καταναλωτές και εταιρείες για κάθε είδους συναλλαγές. Η ανάπτυξη, ωστόσο, ηλεκτρονικών οικονομικών περιβαλλόντων για ιδιώτες, επιχειρήσεις ή και κυβερνήσεις[19] εγείρει θέματα σχετικά με τους μηχανισμούς πληρωμής, τη διαφήμιση, τη διοίκηση τους [15] αλλά και θέματα που αφορούν την ασφάλεια και την αξιοπιστία τους[12]. Ένα επίσης σημαντικό θέμα που απασχολεί κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη τέτοιων περιβαλλόντων είναι η διευκόλυνση της εμπλοκής των χρηστών αλλά και των διάφορων πρακτόρων (που είναι δυνατόν να δρουν προς όφελος των χρηστών) στην εκτέλεση ποικίλων πράξεων μέσα σε αυτά. Για το λόγο αυτό τα περιβάλλοντα πρέπει να είναι προσίτα αλλά και να διέπονται από σαφείς κανόνες[30].

Οι Michael, Parkes & Pfeffer [30] προτείνουν μια τυπική γλώσσα με την οποία μπορούν να περιγράψουν, να αναπτύξουν αλλά και να αξιολογήσουν με αυστηρό και σαφή τρόπο τέτοια οικονομικά περιβάλλοντα. Πιο συγκεκριμένα ισχυρίζονται, ότι η γλώσσα αυτή μπορεί να περιγράψει τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των χρηστών σε ένα περιβάλλον, ούτως ώστε να τους δίνεται η δυνατότητα να εισέρχονται στο περιβάλλον, να εμπλέκονται σε ενέργειες σχετικές με την κατοχή ή την ιδιοκτησία αγαθών πάντοτε στα πλαίσια των κανόνων που το διέπουν. Η

γλώσσα συνοδεύεται από ένα σύστημα ελέγχου, το οποίο, όπως υποστηρίζουν οι Michael et al. [30] είναι χρήσιμο για την συστηματική εποπτεία και την αξιολόγηση οικονομικών περιβαλλόντων.

1.1 Στόχοι Μεταπτυχιακής Διατριβής

Πρώτος στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μοντελοποίηση της λειτουργίας του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών Τμήματος Οδικών Μεταφορών Κύπρου για την διάθεση των πινακίδων εγγραφής οχημάτων με τη χρήση της τυπικής γλώσσας των Michael, Parkes, Pfeffer [30]. Πιο συγκεκριμένα μοντελοποιούνται οι οντότητες που βρίσκονται μέσα στο μηχανισμό, τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις που έχουν οι χρήστες που συμμετέχουν σε αυτόν και οι ενέργειες που επιτρέπεται να εκτελέσουν. Παράλληλα, προσομοιώσεις του μηχανισμού τρέχουν με σκοπό να διερευνηθούν πώς συγκεκριμένες τυπικές ή ακραίες συμπεριφορές χρηστών επηρεάζουν τον τρόπο λειτουργίας του και να εντοπίσουν αδυναμίες στους κανόνες που τον διέπουν.

Δεύτερος στόχος είναι η σχεδίαση και η μοντελοποίηση με την τυπική γλώσσα ενός δεύτερου μηχανισμού δημοπρασιών με νέους κανόνες λειτουργίας ώστε να περιοριστούν οι αδυναμίες που εντοπίζονται στον υπάρχοντα μηχανισμό του Τμήματος Οδικών Μεταφορών (TOM).

Τρίτος στόχος είναι η υλοποίηση στη προγραμματιστική γλώσσα Prolog πρακτόρων που προσομοιώνουν τους χρήστες που δρουν τόσο στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM όσο και στο νέου μηχανισμό. Υλοποιούνται συγκεκριμένα οι τύποι (χαρακτηριστικά) των πρακτόρων – πλειοδοτών και οι διαδικασίες που ακολουθούν για τη λήψη απόφασης για εκτέλεση διάφορων ενεργειών μέσα στους συγκεκριμένους μηχανισμούς. Επιπλέον, μέσα από πειραματικές διεργασίες και προσομοιώσεις των δύο μηχανισμών και μετά από καταγραφή των ενεργειών των πρακτόρων – πλειοδοτών, εξάγονται συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου μηχανισμού δημοπρασιών τόσο σε ότι αφορά στο κέρδος (revenue) που αποφέρει στο ταμείο του TOM αλλά και σε ότι αφορά στο κοινωνικό όφελος (social welfare) των πλειοδοτών.

Επιμέρους στόχος της διατριβής είναι η αξιολόγηση της τυπικής γλώσσας που χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση καθώς και του περιβάλλοντος εκτέλεσής της και να διαπιστωθεί η

καταλληλότητά και η επάρκειά τους για την ανάπτυξη και τον συστηματικό έλεγχο πολύπλοκων οικονομικών περιβαλλόντων.

1.2 Η Δομή της Διατριβής

Το κείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής αποτελείται από οκτώ κεφάλαια. Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί την Εισαγωγή.

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με τα θέματα που απασχόλησαν κατά την εκπόνηση της διατριβής αυτής. Αρχικά μελετούνται βασικοί τύποι δημοπρασιών και κάποια θεωρία γύρω από αυτές μέσα στα πλαίσια της Θεωρίας Παιγνίων και της Θεωρίας Σχεδίασης Μηχανισμού. Έπειτα γίνεται αναφορά στην έννοια του πράκτορα και στα Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται η γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση των δύο μηχανισμών δημοπρασιών καθώς και το πρόγραμμα εκτέλεσής της. Περιγράφονται συγκεκριμένα τα βασικά εργαλεία της γλώσσας, η δομή της περιγραφής (domain) ενός περιβάλλοντος και οι βασικές αρχές σχεδιασμού της γλώσσας. Ακόμα, παρέχονται βασικές πληροφορίες για τις διάφορες μονάδες του προσομοιωτή και για τη δομή του κώδικα ενός πράκτορα λογισμικού που μπορεί να επικοινωνεί με ένα περιβάλλον και να εκτελεί ενέργειες μέσα σε αυτό.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύεται αρχικά ο υπάρχων μηχανισμός ηλεκτρονικών δημοπρασιών TOM και έπειτα περιγράφεται η μοντελοποίηση του με την τυπική γλώσσα. Αναλύονται και μοντελοποιούνται οι οντότητες του μηχανισμού (δημοπρασίες), τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις των χρηστών (πλειοδοτών ή δημοπρατών – στην περίπτωσή μας ο δημοπράτης είναι το TOM ή κάποιος λειτουργός του), οι ενέργειες που επιτρέπεται να εκτελέσουν (π.χ. άνοιγμα δημοπρασιών), οι προαπαιτούμενες συνθήκες για την εκτέλεση της κάθε ενέργειας και οι συνέπειες αυτών των ενεργειών στα χαρακτηριστικά των οντοτήτων του μηχανισμού. Παρουσιάζεται επίσης και ένα είδος πράκτορα – ο μεσολαβητής με συγκεκριμένο ρόλο μέσα και έξω από το μηχανισμό. Τέλος παρουσιάζονται οι αδυναμίες που εντοπίστηκαν στους κανόνες του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM, τόσο κατά την φάση της ανάλυσης όσο και κατά τη φάση της μοντελοποίησης και μετά.

Στο Κεφάλαιο 5 προτείνεται ένας νέος άμεσος μηχανισμός δημοπρασιών και παρουσιάζεται αναλυτικά τόσο η μοντελοποίηση του αλλά και η περιγραφή ενός πράκτορα - εξωτερικού μεσολαβητή με πρωταγωνιστικό ρόλο μέσα σε αυτόν. Παρουσιάζεται και μοντελοποιείται επίσης ο εσωτερικός έμμεσος μηχανισμός ανάθεσης που χρησιμοποιεί ο άμεσος μηχανισμός.

Στο Κεφάλαιο 6 περιγράφονται οι τύποι των πρακτόρων των πρακτόρων – πλειοδοτών που είναι ικανοί να δρουν στους δύο μηχανισμούς και οι διαδικασίες λήψης απόφασης τους.

Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται η πειραματική μελέτη και οι προσομοιώσεις που διεξήχθησαν για να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα του νέου μηχανισμού.

Στο Κεφάλαιο 8 αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα πειράματα, γίνεται αξιολόγηση της γλώσσας που χρησιμοποιήθηκε στη μοντελοποίηση και εισηγήσεις για μελλοντικές επεκτάσεις της μεταπτυχιακής διατριβής.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί μια ανασκόπηση βιβλιογραφίας σχετικά με τα θέματα που απασχολούν τη μεταπτυχιακή διατριβή. Το πρώτο μέρος ασχολείται με τις δημοπρασίες και τη θεωρία γύρω από αυτές. Γίνεται κυρίως προσπάθεια να προσδιοριστεί ο όρος *δημοπρασία*, να περιγραφούν οι διάφορες μορφές δημοπρασιών όπως παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία. Γίνεται επίσης μια μελέτη των δημοπρασιών στα πλαίσια της Θεωρίας Παιγνίων αλλά και στα πλαίσια της Θεωρίας Σχεδίασης Μηχανισμών. Το τρίτο μέρος είναι αφιερωμένο στην έννοια του πράκτορα και στα Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων.

2.1 Δημοπρασίες

Πριν από δεκαετίες εμφανίστηκε η πλέον διαδεδομένη σήμερα μορφή εμπορίου που δεν είναι άλλη από το ηλεκτρονικό εμπόριο. Το διαδίκτυο και συγκεκριμένα, η ταχύτητα του η δυνατότητα οικονομικών συναλλαγών χωρίς γεωγραφικούς περιορισμούς, η ευελιξία και η εξατομίκευση που παρέχει διευκολύνουν την επικοινωνία και αλληλεπίδραση μεταξύ αγοραστών και πωλητών [15] και είναι λόγοι που καθιστούν το ηλεκτρονικό εμπόριο πρώτο ανάμεσα στις προτιμήσεις τους.

Ένας μηχανισμός συναλλαγής στο ηλεκτρονικό εμπόριο, ιδιαίτερα δημοφιλής στις μέρες μας, είναι οι δημοπρασίες. Οι ηλεκτρονικές δημοπρασίες παρουσιάζουν κάποιες διαφορές από τις παραδοσιακές δημοπρασίες που προκύπτουν κυρίως από τις δυνατότητες που προσφέρει το διαδίκτυο όπως η ταχύτητα και η ασύγχρονη επικοινωνία από απόσταση. Δύο βασικές διαφορές αφορούν α) στην ανωνυμία των πλειοδοτών που επιτρέπουν, αφού συνήθως οι πλειοδότες δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν την ταυτότητα των άλλων πλειοδοτών ούτε και το πλήθος τους και β) στη διάρκεια τους, αφού είναι μειωμένη λόγω και της αυξημένης ταχύτητας με την οποία μεταφέρονται οι πληροφορίες[03].

Η μελέτη των ηλεκτρονικών δημοπρασιών, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια, γίνεται μέσα στα γενικότερα πλαίσια της Θεωρίας Δημοπρασιών που αφορά κυρίως στις παραδοσιακές δημοπρασίες. Ωστόσο, στοιχεία που αφορούν στις ηλεκτρονικές δημοπρασίες παρουσιάζονται παράλληλα.

2.1.1 Ορισμός

Κατά καιρούς έγιναν προσπάθειες για να προσδιοριστεί η έννοια της δημοπρασίας. Ο καταξιωμένος οικονομολόγος και νομπελίστας Vickrey (1961) αναφέρεται στη δημοπρασία ως «ένα μηχανισμό διαπραγμάτευσης για την πώληση και αγορά αγαθών απροσδιόριστης αξίας» [46]. Οι McAfee & McMillan (1987) ορίζουν τη δημοπρασία ως ένα περιβάλλον αγοράς που περιγράφεται από ένα σαφές σύνολο κανόνων και το οποίο καθορίζει την ανάθεση αγαθών και τις τιμές τους με βάση τις προσφορές των συμμετεχόντων [29]. Παρατηρείται ότι για τους McAfee & McMillan [29] ο όρος δημοπρασία περιλαμβάνει τόσο την έννοια της διάθεσης των αγαθών προς πώληση αλλά ταυτόχρονα και την πλειοδοσία για την αγορά τους. Ακολουθώντας το ίδιο σκεπτικό, ο Milgrom (1989) υποστηρίζει ότι δημοπρασία είναι μια μέθοδος προσδιορισμού των τιμών που προτιμάται σε αγορές με μη τυποποιημένα προϊόντα των οποίων η αξία δεν είναι σταθερή [31].

Έτσι γενικά η δημοπρασία ορίζεται ως ένα μηχανισμός για την πώληση αλλά και αγορά προϊόντων ή υπηρεσιών με μη καθορισμένη αξία, στον οποίο ο πωλητής θέτει ένα ή περισσότερα προϊόντα προς πώληση, οι αγοραστές υποβάλλουν προσφορές μέχρι να ολοκληρωθεί η δημοπρασία και ο πωλητής αποφασίζει σε ποιον θα καταχωρήσει το προϊόν και σε ποια τιμή.

2.1.2 Εκτιμήσεις για την τιμή του αντικειμένου (valuations)

Οι δημοπρασίες σύμφωνα και με τον ορισμό τους, χρησιμοποιούνται ακριβώς επειδή οι πωλητές δεν γνωρίζουν τις εκτιμήσεις των πιθανών αγοραστών, δηλαδή το μέγιστο ποσό που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν - για τα αγαθά που πωλούνται. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται δύο μοντέλα σχετικά με τις εκτιμήσεις των πλειοδοτών για την τιμή του αντικειμένου που δημοπρατείται. Πρόκειται για το μοντέλο της ιδιωτικής εκτίμησης τιμής (*private value*) ή ιδιωτικού οφέλους και το μοντέλο της κοινής εκτίμησης τιμής (*pure common value*) ή κοινού οφέλους [20, 18].

Στο πρώτο μοντέλο θεωρείται ότι κάθε πλειοδότης έχει τη δική του κρυφή προσωπική εκτίμηση για την τιμή του αντικειμένου που δημοπρατείται ανεξάρτητη από κάθε άλλη πληροφορία. Υπάρχουν τύποι δημοπρασιών, όπως θα δούμε παρακάτω, στις οποίες δεν αποκαλύπτεται καμιά πληροφορία στους πλειοδότες για τις προσφορές των υπολοίπων.

Αντίθετα το δεύτερο μοντέλο θεωρεί ότι μπορεί το αντικείμενο να έχει συγκεκριμένη αξία όμως ο κάθε πλειοδότης διατηρεί μια προσωπική εκτίμηση για την τιμή του αντικειμένου, η οποία μπορεί να διαφοροποιηθεί αν του γνωστοποιηθεί κάποια πληροφορία για την εκτίμηση που έχει κάποιος άλλος πλειοδότης για το ίδιο αντικείμενο. Για παράδειγμα, αν κατά τη δημοπρασία ενός πίνακα, η προσωπική εκτίμηση ενός πλειοδότη A είναι €200 ενώ οι υπόλοιποι πλειοδότες υποβάλλουν προσφορές των €1000 και άνω, είναι πολύ πιθανόν ο A να αυξήσει την προσωπική του εκτίμηση λαμβάνοντας τα σήματα από τους άλλους πλειοδότες.

Στο μοντέλο του κοινού οφέλους είναι πιο εύκολο οι πλειοδότες να παρασυρθούν από τον πυρετό της δημοπρασίας. Πολλές έρευνες καταδεικνύουν την έξαρση του φαινομένου αυτού σε πολλούς ηλεκτρονικούς ιστότοπους. Στις περισσότερες από αυτές αντικείμενο μελέτης είναι το e-bay ως ο μεγαλύτερος ιστοχώρος για δημοπρασίες [05]. Ο πυρετός δημοπρασίας (*auction fever*) [09] αναφέρεται στην αρθρογραφία και ως έξαρση ανταγωνισμού (*competitive arousal*) [24] σαν πόλεμος προσφορών (*bidding war*) ή ακόμα και σαν «φρενίτιδα» (*frenzy*) και έχει την τάση να αυξάνεται κατά τα τελευταία λεπτά της δημοπρασίας. Παρουσιάζεται περισσότερο σαν μια ιδιαίτερης μορφής ψυχολογική κατάσταση [48, 02] σε συνδυασμό με το φόβο απώλειας του αντικειμένου [16] στην οποία εισέρχονται οι χρήστες, οι οποίοι παθιάζονται τόσο που στο τέλος πληρώνουν μεγαλύτερα ποσά από εκείνα που είναι αρχικά διατεθειμένοι να πληρώσουν. Το να καταλήγει ο τελικός πλειοδότης να πληρώνει πολύ περισσότερα από αυτά που είναι διατεθειμένος ονομάζεται συχνά και ως η κατάρα του νικητή (*winner's curse*) [20, 08, 27, 45, 05].

2.1.3 Κέρδος και Κοινωνικό Όφελος

Η Θεωρία Δημοπρασιών ανάμεσα σε άλλα προσπαθεί να απαντήσει ερωτήματα σχετικά με την αποδοτικότητα των διαφόρων τύπων δημοπρασιών. Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται είναι το κέρδος (revenue) από την ανάθεση των αντικειμένων που πωλούνται ή (και) το κοινωνικό όφελος (social welfare - efficiency). Το κέρδος είναι ένα κριτήριο που τίθεται, όπως είναι λογικό από τη σκοπιά του πωλητή. Το κοινωνικό όφελος είναι μέτρο της καθολικής ικανοποίησης των πλειοδοτών από ένα μηχανισμό δημοπρασίας. Σύμφωνα με τον Schwind [41] ο Sandholm υποστηρίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση των λύσεων στις οποίες οδηγούν οι μηχανισμοί δημοπρασιών. Το κοινωνικό όφελος είναι το άθροισμα των οφελών ή (της χρησιμότητας) που έχουν οι πλειοδότες από μια συγκεκριμένη ανάθεση των αντικειμένων.

Σε μια δημοπρασία ενός αντικειμένου x η εκτίμηση $v(x)$ δηλώνει το ποσό που είναι διατεθειμένος ο A να καταβάλει για να το αποκτήσει. Αυτό, όπως αναφέρθηκε και στο 2.1.2 ισχύει για το μοντέλο του ιδιωτικού οφέλους. Αν το ποσό (κόστος) που πρέπει να καταβάλει τελικά ο A για την απόκτηση του αντικειμένου x είναι $c(x)$ τότε η συνάρτηση $u(x)$ που καθορίζει το όφελος/χρησιμότητα (*utility*) που έχει για τον A η απόκτηση του αντικειμένου x υπολογίζεται ως

$$u(x) = v(x) - c(x)$$

Για το μοντέλο του κοινού οφέλους η εκτίμηση ενός πλειοδότη, είναι συνάρτηση της πληροφορίας που έχει ο A για τις προσωπικές εκτιμήσεις των υπόλοιπων πλειοδοτών [20]. Έτσι αν πούμε ότι οι προσφορές (bids) των υπόλοιπων πλειοδοτών β πλήθους n είναι b τότε η συνάρτηση του οφέλους είναι:

$$u(x) = v(x) - c(b_1, b_2, b_3 \dots b_n)$$

2.1.4 Βασικοί Τύποι Δημοπρασιών

Στη θεωρία των δημοπρασιών αναφέρονται τέσσερις βασικοί τύποι δημοπρασίας. Πιο κάτω αναφέρονται αναλυτικά για τον κάθε τύπο δημοπρασίας οι κανόνες που την διέπουν, ο καθορισμός του νικητή και ο προσδιορισμός του ποσού που πληρώνει ο νικητής όπως περιγράφονται από [20-21-18-23]. Θεωρείται κατά την περιγραφή των κανόνων ότι οι δημοπρασίες είναι ενός αντικειμένου.

- **Ανοικτές - ανοδικού τύπου δημοπρασίες**

Οι δημοπρασίες αυτού του τύπου είναι γνωστές και ως Αγγλικές δημοπρασίες (*English Auctions or Open Out-Cry Auctions*). Ο πωλητής ανοίγει τη δημοπρασία καθορίζοντας μια

αρχική τιμή και οι πλειοδότες κάνουν προσφορές αυξάνοντας την προηγούμενη προσφορά. Η δημοπρασία τελειώνει όταν δεν υπάρχει άλλη προσφορά. Νικητής στις δημοπρασίες αυτές είναι αυτός που έκανε την τελευταία, άρα και μεγαλύτερη, προσφορά και πληρώνει την αξία της προσφοράς του. Σε κάποιες εκδοχές της δημοπρασίας ορίζεται ένα ελάχιστο βήμα αύξησης για κάθε προσφορά.

- **Ανοικτές – καθοδικού τύπου δημοπρασίες**

Οι δημοπρασίες αυτού του τύπου είναι γνωστές και ως Ολλανδικές δημοπρασίες γιατί πρωτοεμφανίστηκαν στην Ολλανδία σαν ένας μηχανισμός πώλησης και αγοράς των τουλιπών. Ο πωλητής ανοίγει τη δημοπρασία καθορίζοντας μια υψηλή σχετικά αρχική τιμή. Αν δεν υπάρχει αγοραστής, ο πωλητής μειώνει την τιμή ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο πρώτος που θα αποδεχτεί την προσφορά είναι ο νικητής και το προϊόν του καταχωρείται στην τιμή της προσφοράς.

- **Κλειστές δημοπρασίες πρώτης τιμής**

Οι δημοπρασίες αυτές λέγονται και δημοπρασίες σφραγισμένου φακέλου πρώτης τιμής (sealed –bid auctions) γιατί αφού ανοίξει η δημοπρασία για ένα προϊόν οι πλειοδότες γνωστοποιούν ταυτόχρονα στον πωλητή την μοναδική σφραγισμένη προσφορά τους . Νικητής είναι αυτός που έκανε την υψηλότερη προσφορά και πληρώνει την τιμή που δήλωσε ο ίδιος.

- **Κλειστές δημοπρασίες δεύτερης τιμής**

Οι δημοπρασίες αυτές είναι γνωστές και ως δημοπρασίες Vickrey λόγω του εμπνευστή τους. Οι πλειοδότες γνωστοποιούν ταυτόχρονα τη σφραγισμένη προσφορά τους στον πωλητή. Το προϊόν καταχωρείται στον πλειοδότη που έκανε την υψηλότερη προσφορά αλλά αυτός πληρώνει ποσό ίσο με τη δεύτερη ψηλότερη προσφορά.

2.1.5 Συνδυαστικές Δημοπρασίες

Πιο πρόσφατα έχει μελετηθεί ένας άλλος τύπος δημοπρασίας, η συνδυαστική δημοπρασία. Στις δημοπρασίες αυτές οι πλειοδότες επιτρέπεται να πλειοδοτήσουν σε δέσμες προϊόντων παρά σε μόνο ένα προϊόν. Αυτός ο τύπος δημοπρασίας προέκυψε από την ανάγκη των πλειοδοτών να πλειοδοτήσουν σε αντικείμενα που για αυτούς είναι αλληλοσυσχετιζόμενα.

Για παράδειγμα, αν σε μια δημοπρασία δημοπρατούνται τρία αντικείμενα A, B, Γ για κάποιο πλειοδότη το να κερδίσει το A δεν έχει καμία αξία αν δεν κερδίσει και το B. Οι Abrache et. al. [01] αναφέρονται σε δύο κατηγορίες αντικειμένων: τα συμπληρωματικά μεταξύ τους (*complementary*) και τα αντικαταστάσιμα (*substitutable*). Συμπληρωματικά μεταξύ τους είναι δύο αντικείμενα A και B αν η προσωπική εκτίμηση του πλειοδότη για την αξία του συνδυασμού (δέσμης) των δύο αντικειμένων (A, B) είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα των προσωπικών εκτιμήσεων του για την αξία του καθενός από το A και B. Αντικαταστάσιμα μεταξύ τους είναι τα αντικείμενα A και B αν η αξία του συνδυασμού του είναι κατά την προσωπική εκτίμηση του πλειοδότη μικρότερη από την αξία του καθενός ξεχωριστά [08, 42].

Αν τα δύο αντικείμενα διατίθενται σε δύο παράλληλες δημοπρασίες ενός αντικειμένου εγκυμονούν δύο κίνδυνοι. Ο πρώτος αφορά στον πλειοδότη, ο οποίος αν ενδιαφέρεται για το συνδυασμό των αντικειμένων μπορεί να καταλήξει μόνο με το ένα και ενδεχομένως να το έχει πληρώσει και με περισσότερα χρήματα από όσα ήταν η προσωπική του εκτίμηση (*exposure*). Το δεύτερο πρόβλημα το αντιμετωπίζει από την πλευρά του ο πωλητής, γιατί με ένα τέτοιο μηχανισμό ενθαρρύνονται οι πλειοδότες να εφαρμόσουν στρατηγικές ενδεχομένως μη συμφέρουσες για το τελικό κέρδος των δημοπρασιών [01].

2.1.6 Ηλεκτρονικές Δημοπρασίες και Αυτόματη Προσφορά

Η αυτόματη προσφορά (*proxy bidding*) είναι ένα καινούριο στοιχείο που πρόσθεσε στις δημοπρασίες το διαδίκτυο. Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιούν πολλοί ιστότοποι ηλεκτρονικών δημοπρασιών (π.χ e-bay, Amazon, ibid). Αυτή η τεχνική βασίζεται στην υπόθεση ότι η τελική προσφορά ενός πλειοδότη είναι τουλάχιστον ίση με την προσωπική του εκτίμηση για την αξία ενός αντικειμένου, το ποσό δηλαδή που είναι διατεθειμένος να πληρώσει. Η αρχική προσφορά που υποβάλλει ένας πλειοδότης γίνεται κρυφά και υπάρχει πάντοτε αλλά δεν χρησιμοποιείται ολόκληρη. Το σύστημα χρησιμοποιεί το ελάχιστο ποσό, με το οποίο καθίσταται ο πλειοδότης ως ο τρέχον επιτυχών πλειοδότης. Η προσφορά του πλειοδότη αυξάνεται κάθε φορά που κάποιος άλλος υποβάλλει ψηλότερη προσφορά, με τρόπο ώστε να τον καταστήσει νικητή. Αυτό προφανώς ισχύει όταν οι προσφορές των υπόλοιπων ενδιαφερόμενων δεν έχουν υπερβεί την αρχική του προσφορά.

Για παράδειγμα, αν υπάρχει η προσωπική εκτίμηση ενός χρήστη X για ένα αντικείμενο που δημοπρατείται είναι €100 και η υψηλότερη προσφορά τη τρέχουσα στιγμή είναι €20, τότε το

σύστημα από μόνο του υποβάλλει για λογαριασμό του X μια νέα προσφορά ίση με την τρέχουσα προσφορά αυξημένη κατά ένα σταθερό ποσό (βήμα αύξησης). Στους περισσότερους ιστότοπους μάλιστα, όταν η τρέχουσα υψηλότερη προσφορά ξεπεράσει την κρυφή αρχική προσφορά του πλειοδότη, τότε αυτός ενημερώνεται και μπορεί να υποβάλει νέα υψηλότερη προσφορά.

Φαίνεται πως είναι ένας τρόπος, ο νικητής να πληρώνει την δεύτερη χαμηλότερη προσφορά [51]. Μάλιστα οι Rogers et al. (2007) παρουσιάζουν μαθηματικά μοντέλα για τέτοιου είδους δημοπρασίες και υποστηρίζουν ότι όταν ακολουθείται το μοντέλο των ιδιωτικών εκτιμήσεων (ή ιδιωτικού οφέλους, βλ, Κεφ. 2.1.2) για κάποια συγκεκριμένη τιμή του βήματος αύξησης της προσφοράς, μεγιστοποιούν το κέρδος [37].

2.1.7 Ισοδυναμία Κέρδους

Ο Vickrey [46], με αρχικές παρατηρήσεις, και οι Riley και Samuelson [18] και Myerson[32] έπειτα, καταλήγουν στο θεώρημα ισοδυναμίας κέρδους που είναι ένα δυνατό και χρήσιμο εργαλείο για τους σχεδιαστές δημοπρασιών.

Θεώρημα ισοδυναμίας κέρδους: Αν υποθέσουμε ότι κάθε ένας από τους πλειοδότες σε μια δημοπρασία είναι ουδέτερος (αδιάφορος) στον κίνδυνο και έχει μια ιδιωτική εκτίμηση για ένα αντικείμενο που δημοπρατείται, τότε κάθε μηχανισμός δημοπρασίας ενός αντικειμένου ο οποίος δίνει το αντικείμενο στο πλειοδότη με την υψηλότερη προσφορά αποδίδει το ίδιο αναμενόμενο κέρδος στο δημοπράτη.

Σύμφωνα με το πιο πάνω θεώρημα οι τέσσερις βασικοί τύποι δημοπρασιών ενός αντικειμένου αποδίδουν το ίδιο κέρδος στο δημοπράτη για το ίδιο σύνολο πλειοδοτών, όταν οι πλειοδότες είναι αδιάφοροι στον κίνδυνο απώλειας του αντικειμένου και συμμετέχουν απλά για να μεγιστοποιήσουν το όφελός τους (Βλ. Κεφάλαιο 2.1.3). Ο Klemperer [20] και οι Jorhan και Leyton Brown[42] παρουσιάζουν αναλυτικές αποδείξεις του θεωρήματος αυτού.

2.1.8 Δημοπρασίες και Θεωρία Παιγνίων

Ο Vickrey [46] αναφέρεται στις δημοπρασίες που αναλύει με τον όρο «παιχνίδια» ή «παίγνια» θέτοντας έτσι τις βάσεις για την μελέτη των δημοπρασιών στα ευρύτερα πλαίσια της Θεωρίας

Παιγνίων με θεμελιωτές τους John von Neumann και Oskar Morgenstern (1944) [34]. Οι δημοπρασίες αναφέρονται μάλιστα και ως παιχνίδια με ελλιπή πληροφορία. [23].

Η Θεωρία Παιγνίων [10] ασχολείται με τη στρατηγική λήψη αποφάσεων από ορθολογικές οντότητες (παίκτες) που συμπεριφέρονται βάσει ενός συγκεκριμένου συνόλου κανόνων (παιχνίδι) με σαφή σκοπό την μεγιστοποίηση του οφέλους τους. Το γεγονός ότι οι παίκτες είναι ορθολογικοί είναι καθοριστικής σημασίας, αφού σημαίνει ότι είναι ικανοί να επιλέγουν στρατηγικά μέσα από ένα σύνολο ενεργειών εκείνη που απαιτείται κάθε φορά για μεγιστοποίηση του οφέλους τους. Το όφελός των παικτών καθορίζεται από τη συνάρτηση του οφέλους (utility function) που έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2.1.2

Στρατηγική

Στρατηγική ονομάζεται η κάθε πιθανή επιλογή από ένα πεπερασμένο σύνολο ενεργειών που έχει ένας παίκτης και η οποία καθορίζει το όφελός του, σε ένα παιχνίδι του οποίου το αποτέλεσμα εξαρτάται όχι μόνο από τις δικές του ενέργειες αλλά και από τις ενέργειες των υπολοίπων παικτών. [34, 10].

Ένας παίκτης μπορεί να επιλέγει μια μόνο ενέργεια από το σύνολο με πιθανότητα ίση με την μονάδα (αμιγής στρατηγική - pure strategy). Μπορεί όμως να επιλέγει με πιθανότητα (μικρότερη της μονάδας) ένα συνδυασμό από το σύνολο των πιθανών ενεργειών (μικτή στρατηγική - mixed strategy).

Θεώρημα Ισορροπίας Nash

Η συνεισφορά του Nash στη θεωρία παιγνίων είναι τεράστια αφού απέδειξε το ομώνυμο θεώρημα της ισορροπίας (*Nash Equilibrium*) πως σε ένα παιχνίδι με πεπερασμένο πλήθος παικτών και στρατηγικών υπάρχει τουλάχιστον ένα σημείο ισορροπίας, σύμφωνα με το οποίο όλοι οι παίκτες επιλέγουν τις «βέλτιστες», τις πιο συμφέρουσες για αυτούς, στρατηγικές ενώ γνωρίζουν και τις επιλογές των αντιπάλων τους. Δηλαδή, όταν το παιχνίδι βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, κανένας παίκτης δεν μπορεί να κερδίσει κάτι περισσότερο με αλλαγή στρατηγικής, νοουμένου ότι όλοι οι υπόλοιποι παίκτες δεν θα αλλάξουν στρατηγική [11,10,34].

Κυρίαρχη Στρατηγική

Για ένα παίκτη, μια στρατηγική που μεγιστοποιεί το όφελός του ανεξάρτητα από τις στρατηγικές που επιλέγουν οι άλλοι παίκτες, ονομάζεται *κυρίαρχη στρατηγική* (*optimal strategy*). Επομένως, φαίνεται φυσικό οι παίκτες να επιλέγουν μια τέτοια στρατηγική, αφού εγγυάται ότι βελτιστοποιεί το όφελός τους. Όταν κάθε παίκτης, έχει μια τέτοια κυρίαρχη στρατηγική τότε το παιχνίδι φτάνει σε μια ισορροπία κυρίαρχων στρατηγικών. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε δυνατό να συμβεί, αφού το όφελος ενός παίκτη δεν εξαρτάται μόνο από τις δικές του στρατηγικές αλλά επηρεάζεται και από τις στρατηγικές άλλων παικτών [10,34].

Ισοδυναμίες Στρατηγικών στις Δημοπρασίες

Στη θεωρία παιγνίων, δύο παίγνια θεωρούνται στρατηγικά ισοδύναμα αν για κάθε στρατηγική ενός παίκτη στο ένα παίγνι, υπάρχει μια στρατηγική στο άλλο παίγνι που του αποφέρει το ίδιο όφελος [10,35].

Η ανοικτού-καθοδικού τύπου δημοπρασία θεωρείται στρατηγικά ισοδύναμη με την κλειστή δημοπρασία πρώτης τιμής. Και στους δύο τύπους δημοπρασιών κυρίαρχη στρατηγική (και μοναδική) του πλειοδότη είναι να κάνει προσφορά ίση με την εκτίμηση του. Σημειώνεται ότι στις δύο δημοπρασίες οι τιμές είναι πάντα ιδιωτικές αφού σε καμιά δεν αποκαλύπτεται πληροφορία για τους υπόλοιπους πλειοδότες. Έτσι οι δύο δημοπρασίες θεωρούνται **ισχυρά ισοδύναμες**.

Στο μοντέλο του ιδιωτικού οφέλους, η ανοικτού – ανοδικού τύπου δημοπρασία θεωρείται στρατηγικά ισοδύναμη με την κλειστή δημοπρασία δεύτερης τιμής [18-20]. Όταν οι εκτιμήσεις των πλειοδοτών είναι ιδιωτικές, οι πλειοδότες έχουν την ίδια στρατηγική και στις δύο δημοπρασίες, που είναι η υποβολή προσφοράς ίση με (ή μέχρι) την εκτίμησή τους. Για το λόγο αυτό η ισοδυναμία ανάμεσα στις δύο δημοπρασίες είναι αδύνατη (*weak*).

2.1.9 Συμπεριφορές πλειοδοτών

Ο Klemperer [21] υποστηρίζει πως η βιβλιογραφία που έχει ως τώρα παρουσιαστεί γύρω από τις δημοπρασίες είναι δευτερεύουσας σημασίας στη σχεδίαση δημοπρασιών, παρόλα αυτά δεν εκμηδενίζει το ρόλο της. Θεωρεί όμως ότι οι κύριες ανησυχίες για τη σχεδίαση δημοπρασιών σε πρακτικό επίπεδο πρέπει να είναι η αποτροπή των συμπαιγνιών, της αρπαγής και της επιθετικής συμπεριφοράς και πως για την επιτυχή σχεδίαση δημοπρασιών είναι περισσότερο χρήσιμη η

καλή στοιχειώδης γνώση οικονομικών [21,19]. Πιο κάτω παρουσιάζονται οι πιο συχνές τεχνικές που χρησιμοποιούν οι πλειοδότες.

Σηματοδότηση

Μια στρατηγική που χρησιμοποιείται σε ανοικτές δημοπρασίες είναι η σηματοδότηση (signaling). Είναι όταν κάποιος πλειοδότης προσπαθεί με κάποιες ενέργειές του να αποκαλύψει μέρος της ιδιωτικής του πληροφορίας, δηλαδή του τύπου του. Χαρακτηριστικό παράδειγμα signaling σε είναι η υποβολή μιας πολύ υψηλής προσφοράς στα πολύ αρχικά στάδια μιας δημοπρασίας από κάποιο πλειοδότη με σκοπό να παραπλανήσει τους άλλους πλειοδότες ότι η εκτίμησή του για την αξία ενός αγαθού είναι πολύ υψηλή αποθαρρύνοντάς τους έτσι από την υποβολή υψηλότερης προσφοράς. Σε άλλες περιπτώσεις όπου διατίθεται συγκεκριμένος αριθμός αντικειμένων (συνήθως μικρός) οι πλειοδότες σηματοδοτούν αρχικά με σκοπό να συμφωνήσουν σιωπηρά με τους υπόλοιπους πλειοδότες ποιο αντικείμενο επιθυμούν ώστε να μην αυξηθούν κατά πολύ οι τιμές, και να μοιραστούν έτσι τα αντικείμενα[40, 19]. Εδώ παρατηρείται και η τεχνική της συμπαιγνίας που περιγράφεται στη συνέχεια.

Συνωμοσία

Υπάρχουν περιπτώσεις δημοπρασιών στις οποίες οι πλειοδότες εμφανίζουν στρατηγικές συνωμοσίας ή συμπαιγνίας (collusion)[28]. Σε αυτές τις δημοπρασίες οι πλειοδότες συμφωνούν στα αρχικά στάδια μιας δημοπρασίας να παρακάμψουν τους κανόνες προς δικό τους όφελος [42].

Συνωμοσίες για παράδειγμα μπορεί να εφαρμοστούν σε παράλληλες ανοδικές δημοπρασίες ενός αντικειμένου, όπου οι παίκτες σηματοδοτούν τι επιθυμούν να κερδίσουν στα αρχικά στάδια μιας δημοπρασίας, όταν οι τιμές είναι χαμηλές και έπειτα να σταματήσουν να αυξάνουν τις τιμές[40]. Ο Klemperer[19] αναφέρει πολλά παραδείγματα τέτοιων δημοπρασιών. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα συνωμοσίας παρατηρήθηκε στην «καταστροφική» για τον Klemperer δημοπρασία για την πώληση τεσσάρων αδειών για 3G (τρίτης γενιάς) κινητά τηλέφωνα στην Ελβετία, όπου ο κάθε πλειοδότης [21, 19] μπορούσε να εξασφαλίσει μόνο μια άδεια. Μια εβδομάδα πριν τη λήξη της δημοπρασίας, οι εννιά ενδιαφερόμενοι μειώθηκαν στους τέσσερις (ένας για κάθε άδεια) και έτσι οι άδειες δόθηκαν σε πολύ χαμηλές τιμές.

Συνωμοσίες παρατηρούνται επίσης σε δημοπρασίες που επιτρέπουν την μεταπώληση [13]. Γίνεται μια μυστική συμφωνία ανάμεσα στους πλειοδότες για το ποιος θα πάρει το αντικείμενο σε πολύ χαμηλή τιμή, και με τη λήξη της δημοπρασίας το αντικείμενο μεταπωλείται ανάμεσα στους πλειοδότες σε σχετικά χαμηλή τιμή.

Οι Cramton [07], Marx & Marshall [28], οι Bajari & Yeo [36] συμφωνούν ότι το θέμα της αντιμετώπισης των συνωμοσιών πρέπει να είναι πρώτο στις προτεραιότητες ενός σχεδιαστή δημοπρασιών και περιγράφουν τρόπους με τους οποίους προσπάθησαν να το αντιμετωπίσουν, όπως η ανωνυμία στις προσφορές, το *click-box bidding* και άλλα.

Παρόλο που κάποιος θα ανέμενε ότι οι ηλεκτρονικές δημοπρασίες λόγω της ανωνυμίας των πλειοδοτών, δεν θα ήταν ευάλωτες στη συμπαιγνία, εντούτοις παρατηρούνται αρκετά συχνά και μάλιστα προς όφελος του πωλητή. Η απόκρυψη της ταυτότητας, τόσο του πωλητή αλλά και του πλειοδότη, διευκολύνει τις συνωμοσίες. Για παράδειγμα μπορεί ο πωλητής να συμφωνήσει με κάποιους πλειοδότες, να πλειοδοτεί ο ίδιος (*skill bidding*) ή ακόμα και να δημιουργήσει πράκτορες – πλειοδότες [44], ώστε να αυξάνουν τις προσφορές και στο τέλος να αποσυρθούν. [47,06]

Προσφορά Τελευταίου Λεπτού (Sniping)

Στις ηλεκτρονικές δημοπρασίες μια στρατηγική που χρησιμοποιείται ευρέως από τους πλειοδότες είναι η προσφορά του τελευταίου λεπτού ή *sniping* [33 - 38- 04]. Ο πλειοδότης που εφαρμόζει αυτή τη στρατηγική παρακολουθεί την εξέλιξη της δημοπρασίας σιωπηλά χωρίς να υποβάλει προσφορά και χτυπά τα τελευταία δευτερόλεπτα της δημοπρασίας[06]. Με τον τρόπο αυτό οι υπόλοιποι ενδιαφερόμενοι πλειοδότες δεν έχουν χρονικό περιθώριο να υποβάλουν αυξημένη προσφορά.

Σε περιβάλλοντα όπως το e-bay μάλιστα, πλήθος πλειοδοτών, για να μην είναι σε συνεχή εγρήγορση σε όλη την δημοπρασία περιμένοντας να φτάσει στο τελευταίο λεπτό, χρησιμοποιούν ειδικά εργαλεία λογισμικού εγκατεστημένα στον υπολογιστή τους, τα λεγόμενα sniping software tools. Αυτά προγραμματίζονται να πλειοδοτούν για λογαριασμό του πλειοδότη τα τελευταία δευτερόλεπτα πριν τη λήξη μιας δημοπρασίας. Ένα παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι το Auction Sentry (<http://auctionsentry.com/Download.aspx>). Πέραν από τα λογισμικά αυτά, πολλοί πλειοδότες προτιμούν διαδικτυακές υπηρεσίες που κάνουν sniping για λογαριασμό τους

γιατί με αυτές μειώνονται οι πιθανότητες αποτυχίας της προσφοράς, αφού χρησιμοποιούν πιο αξιόπιστους servers και με γρηγορότερη ανταπόκριση. Ενδεικτικές υπηρεσίες αποτελούν οι Auction Sniper (<http://www.auctionsniper.com>) , EZsniper (<https://www.ezsniper.com>) και Auction Stealer (<http://www.auctionstealer.com/home.cfm>)

Αρκετοί ερευνητές παρατήρησαν ότι το φαινόμενο της προσφοράς του τελευταίου λεπτού είναι πιο συχνό στο e-bay όπου οι δημοπρασίες είχαν καθορισμένο χρόνο λήξης παρά στο Amazon, όπου ο χρόνος λήξης των δημοπρασιών παρατεινόταν αυτόματα[38, 33, 03]. Πράγματι, σε πολλούς ιστότοπους ηλεκτρονικών δημοπρασιών, για την αποτροπή συμπεριφορών sniping η διάρκεια της δημοπρασίας δεν είναι γνωστή αρχικά, αλλά παρατείνεται αυτόματα για κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα μετά από κάθε προσφορά. Σε κάποιες άλλες περιπτώσεις ορίζεται από την αρχή η διάρκεια της δημοπρασίας και παρατείνεται αυτόματα για κάποια λεπτά, μόνο όταν γίνουν προσφορές σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα πριν τη προκαθορισμένη λήξη της. Κάποιοι ιστότοποι που εφαρμόζουν αυτή την τεχνική είναι οι TradeMe (<http://www.trademe.co.nz/>) και Bid on the City <http://www.bidonthecity.com/> .

2.1.10 Δημοπρασίες και Θεωρία Σχεδίασης Μηχανισμών

Η πρόκληση για το σχεδιαστή δημοπρασιών είναι να προσδώσει σε μια δημοπρασία τα χαρακτηριστικά εκείνα που θα αποφέρουν τα επιθυμητά σύμφωνα με τις προδιαγραφές αποτελέσματα, ανεξάρτητα από τις ενέργειες των συμμετεχόντων [42] που όπως έχουμε αναφέρει μπορεί να είναι ανεπιθύμητες (συμπαιγνία, σηματοδότηση, sniping).

Επομένως, η μελέτη γύρω από τη σχεδίαση δημοπρασιών εντάσσεται στα ευρύτερα πλαίσια της θεωρίας Σχεδίασης Μηχανισμών (*Mechanism Design*). Μάλιστα η θεωρία Σχεδίασης Μηχανισμών είναι γνωστή και σαν Ανάστροφη Θεωρία Παιγνίων (*Reverse Game Theory*). Η Θεωρία Παιγνίων στοχεύει, όπως έχει αναφερθεί, στην ανάλυση των στρατηγικών που εφαρμόζουν οι παίκτες σε ένα παιχνίδι ενώ στη Σχεδίαση Μηχανισμών στόχος είναι η ανάλυση τέτοιων στρατηγικών ώστε να σχεδιαστούν παιχνίδια που να παρακινούν τους παίκτες να εφαρμόζουν συγκεκριμένες επιθυμητές στρατηγικές ελέγχοντας έτσι και την τελική έκβαση του παιχνιδιού [42].

Θεωρούμε λοιπόν ότι με τον όρο Σχεδίαση Μηχανισμών εννοούμε την επιλογή μέσα από ένα σύνολο παιχνιδιών στα οποία οι παίκτες έχουν προσωπικό όφελος, του παιχνιδιού εκείνου που θα προσδώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα στον σχεδιαστή του.

Εφόσον σε ένα μηχανισμό οι παίκτες παίζουν για προσωπικό τους όφελος πιθανόν να δρουν εγωιστικά εφαρμόζοντας στρατηγικές που συμφέρουν τους ίδιους ξεγελώντας τόσο το μηχανισμό αλλά και τους συμπαίκτες τους. Αυτό πολλές φορές σημαίνει ότι ο μηχανισμός δεν επιφέρει το επιθυμητό κέρδος στον σχεδιαστή. Μηχανισμοί που επιτρέπουν στους πράκτορες να εφαρμόσουν ποικίλες στρατηγικές και ενδεχομένως ανεπιθύμητες ονομάζονται *έμμεσοι μηχανισμοί (indirect mechanism)* [42, 23].

Ο σχεδιαστής μηχανισμών, λοιπόν, ανάμεσα στις πολλές λύσεις που έχει να μελετήσει είναι καλό να αποφεύγει τους έμμεσους μηχανισμούς περιορίζοντας τη μελέτη του σε μηχανισμούς κατά τους οποίους οι πράκτορες είναι φιλαλήθεις (*truthfull*), είναι δηλαδή πρόθυμοι ή «αναγκασμένοι» να αποκαλύψουν με ειλικρίνεια την ιδιωτική τους πληροφορία. Η φιλαλήθεια (*truthfulness*) και συγκεκριμένα η αποκάλυψη όλης της ιδιωτικής πληροφορίας από πλευράς των πρακτόρων είναι κάτι που επιδιώκεται κατά τη σχεδίαση μηχανισμών. Ένας μηχανισμός που εξασφαλίζει ότι η μόνη επιτρεπόμενη στρατηγική για τους πράκτορες είναι η αποκάλυψη της ιδιωτικής τους πληροφορίας ονομάζεται *φιλαλήθης ή άμεσος μηχανισμός (direct mechanism)* [42, 23].

Η Αρχή της Αποκάλυψης (*Revelation Principle*)

Σύμφωνα με την αρχή της αποκάλυψης κάθε αποτέλεσμα που προκύπτει από ένα έμμεσο μηχανισμό είναι δυνατόν να προκύψει και από ένα άμεσο μηχανισμό στον οποίο οι πράκτορες είναι φιλαλήθεις (42). Αυτή την αρχή είναι που εφάρμοσε ο Vickrey κατά τη σχεδίαση της δημοπρασίας κλειστού φακέλου δεύτερης τιμής. Στην ουσία, η Vickrey δημοπρασία είναι ο άμεσος μηχανισμός που αντιστοιχεί σε ένα έμμεσο μηχανισμό, που δεν είναι άλλος από την Αγγλική δημοπρασία.

2.2 Πράκτορες και Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων

Οι υπολογιστές και γενικότερα οι μηχανές, για να εκτελέσουν συγκεκριμένες εργασίες χρειάζεται πρώτα αυτές να προβλεφθούν, να οριστούν σαφώς και να κωδικοποιηθούν από ένα προγραμματιστή. Το πρόβλημα εμφανίζεται, όταν οι μηχανές αντιμετωπίσουν καταστάσεις μη προβλέψιμες από τον αναλυτή, σχεδιαστή ή προγραμματιστή. Οι συνέπειες από τέτοιες απρόβλεπτες καταστάσεις είναι επίσης απρόβλεπτες και όπως ο Wooldridge[49] λέει χαρακτηριστικά μπορεί να είναι «στην καλύτερη περίπτωση μια κατάρρευση του συστήματος και στην χειρότερη πολλαπλές απώλειες ανθρώπινων ζωών». Με βάση αυτή την ανάγκη η επιστήμη της Τεχνητής Νοημοσύνης έχει ασχοληθεί με την ανάπτυξη συστημάτων που δρουν και σκέφτονται όπως οι άνθρωποι, που σκέφτονται και δρουν ορθολογικά, δηλαδή τους *πράκτορες (agents)*, τους *ευφυείς πράκτορες* ή *αυτόνομους πράκτορες* [49, 39].

2.2.1 Πράκτορες: Ορισμός και Ιδιότητες

Έχουν δοθεί πολλοί ορισμοί για την έννοια του πράκτορα στη βιβλιογραφία. Οι Russel & Norvig [39] αναφέρουν ότι «πράκτορας είναι οτιδήποτε μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων και να δρα πάνω σε αυτό μέσα από μηχανισμούς δράσης». Ορίζουν έπειτα την έννοια του «ορθολογικού (*rational*) πράκτορα» ως τον πράκτορα που «Για κάθε πιθανή ακολουθία αντίληψης [...] θα πρέπει να διαλέξει όποια διαθέσιμη πράξη αναμένεται να μεγιστοποιήσει το μέτρο της απόδοσης, με βάση τη γνώση που προκύπτει από την ακολουθία αντίληψης και όποια προηγούμενη γνώση έχει ο πράκτορας» [39]. Διαχωρίζουν ωστόσο τον «ορθολογικό πράκτορα» από τον «πράκτορα παντογνώστη» (πλήρη γνώση) που γνωρίζει το πραγματικό αποτέλεσμα κάθε πιθανής του ενέργειας και έτσι δρα ανάλογα.

Ένας αρκετά πλήρης ορισμός που περιγράφει τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του δίνεται από το Wooldridge [49] και είναι ο εξής: «Ένας πράκτορας (ή πράκτορας λογισμικού ή ευφυής πράκτορας) είναι μια αυτόνομη οντότητα λογισμικού η οποία, λειτουργώντας αδιάλειπτα διεκπεραιώνει ένα σύνολο από διεργασίες προσανατολισμένες στην ικανοποίηση συγκεκριμένων στόχων, εκ μέρους μιας άλλης οντότητας, ανθρώπου ή συστήματος λογισμικού. Αυτή η οντότητα λογισμικού έχει την ιδιότητα να αντιλαμβάνεται το περιβάλλον της μέσω αισθητήρων και να ενεργεί πάνω μέσω οργάνων επίδρασης και με αυτό τον τρόπο να αναπτύσσει εσωτερική γνώση ή αναπαράσταση των προτιμήσεων του χρήστη».

Παρατηρούμε ότι ο Wooldridge στον ορισμό του, δίνει στον πράκτορα ιδιότητες όπως αυτονομία, αδιάλειπτη λειτουργία, αντίληψη αλλά και δυνατότητα εκμάθησης. Αυτές και άλλες ιδιότητες αναφέρει και Bradshaw [17], περιγράφοντας τις κυριότερες ιδιότητες των πρακτόρων προσδίδοντάς τους ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά:

Αυτονομία.

Ένας πράκτορας έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί χωρίς άμεση καθοδήγηση από τον χρήστη και να αναλαμβάνει πρωτοβουλία όσον αφορά την εσωτερική του κατάσταση καθοδηγούμενος από τους δικούς του κυρίως στόχους.

Διαδραστικότητα.

Ένας πράκτορας μπορεί να επικοινωνεί με το περιβάλλον του αλλά και με άλλες οντότητες, όπως πράκτορες και ανθρώπους. Η ιδιότητα αυτή περιλαμβάνει και τα γνωρίσματα αντιδραστικότητα (ως η επιλεκτική αντίληψη του περιβάλλοντος και η ανταπόκριση στις αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό) και προνοητικότητα (ως η ικανότητά του να ενεργεί με καθορισμένο τρόπο βάσει στόχων και να αναλαμβάνει πρωτοβουλίες ώστε να διεκπεραιώσει με επιτυχία το έργο που του έχει ανατεθεί).

Προσαρμοστικότητα.

Η ικανότητα του πράκτορα να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του και να αντιλαμβάνεται την ύπαρξη άλλων πρακτόρων μέσα στο ίδιο περιβάλλον

Κοινωνικότητα.

Η δυνατότητα να αναπτύσσει ένα μοντέλο συμπεριφοράς βασισμένο στα γνωρίσματα της ανθρώπινης κοινωνικής συμπεριφοράς. Ένα είδος γλώσσας πρακτόρων υποστηρίζει την επικοινωνία μεταξύ τους.

Συνεργατικότητα.

Ένας πράκτορας έχει την ιδιότητα να συνεργάζεται με άλλους πράκτορες για την επίτευξη ενός κοινού στόχου.

Ανταγωνιστικότητα.

Ένας πράκτορας μπορεί να δρα ανταγωνιστικά ως προς κάποιον άλλο πράκτορα ή να αρνείται να προσφέρει τις υπηρεσίες του στην περίπτωση που η αποτυχία ενός πράκτορα είναι δυνατό να οδηγήσει στην επιτυχία κάποιου άλλου.

Χρονική Συνέχεια.

Ο πράκτορας αποτελεί μια συνεχή χρονική διεργασία.

Εκμάθηση.

Είναι η ικανότητα που έχει ένας πράκτορας να μαθαίνει καθώς αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του και με άλλους πράκτορες.

Επίσης αναφέρονται και τα χαρακτηριστικά προσωπικότητα, ειλικρίνεια και αξιοπιστία και κινητικότητα [17]. Η ιδιότητα της εκμάθησης είναι από τις πιο σημαντικές ιδιότητες ενός ευφυή πράκτορα. Μέσω της μάθησης του περιβάλλοντος ο πράκτορας αποκτά τις δικές του εμπειρίες, βασίζει σε αυτές τις πράξεις του και τη συμπεριφορά του και αυτό είναι που του προσδίδει και την ιδιότητα της αυτονομίας[39].

Οι Russell & Norvig [39] διακρίνουν 5 κατηγορίες πρακτόρων:

1. απλοί αντανακλαστικοί πράκτορες (simple reflex agents): επιλέγουν ποια ενέργεια να εκτελέσουν σε μια δεδομένη χρονική στιγμή με βάση την τρέχουσα αντίληψή τους για το περιβάλλον.
2. αντανακλαστικοί βασισμένοι σε μοντέλο (model based reflex agents): επιλέγουν ποια ενέργεια να εκτελέσουν με βάση το ιστορικό των αντιλήψεών τους, δηλαδή το μοντέλο που έχουν κατασκευάσει για το περιβάλλον.
3. πράκτορες βασισμένοι σε στόχους (goal-based agents) : έχουν ικανότητες αναζήτησης και σχεδιασμού για να βρουν ποιες ενέργειες θα τους βοηθήσουν να πετύχουν τους στόχους τους.
4. πράκτορες βασισμένοι στη χρησιμότητα (utility-based agents): επιλέγουν μέσα από εναλλακτικές ενέργειες που πετυχαίνουν το ίδιο αποτέλεσμα, εκείνη που θα τους δώσει τη μεγαλύτερη χρησιμότητα.
5. Πράκτορες μάθησης (learning agents) : βελτιώνουν την απόδοσή τους μέσω της μάθησης.

2.2.2 Το Περιβάλλον ενός Πράκτορα

Οι ενέργειες των πρακτόρων, όπως φαίνεται από τον ορισμό και τις ιδιότητες εξαρτώνται άμεσα από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται. Οι Russell & Norvig [39] διακρίνουν τα περιβάλλοντα αρχικά από τη σκοπιά του πράκτορα σε *πλήρως παρατηρήσιμα* και *μερικώς παρατηρήσιμα* ανάλογα με την πρόσβαση στην κατάσταση του περιβάλλοντος που δίνουν οι αισθητήρες του πράκτορα.

Επίσης διακρίνουν τα περιβάλλοντα σε *αιτιοκρατικά*, *στοχαστικά* και *στρατηγικά* με βάση το πώς ορίζεται η επόμενη κατάσταση του περιβάλλοντος. Αν ορίζεται μόνο από την τωρινή κατάσταση και τις ενέργειες όλων των πρακτόρων τότε είναι αιτιοκρατικό, αλλιώς είναι στοχαστικό [39]. Στρατηγικό είναι το περιβάλλον, όταν η επόμενη του κατάσταση ορίζεται από την τωρινή και τις ενέργειες του πράκτορα [39]. Επομένως, είναι πιο εύκολο για ένα πράκτορα να βρίσκεται σε ένα αιτιοκρατικό περιβάλλον (στο οποίο δεν προκύπτουν απρόβλεπτες καταστάσεις) και ακόμη καλύτερα όταν αυτό είναι πλήρως παρατηρήσιμο.

Ένας άλλος διαχωρισμός των περιβαλλόντων γίνεται με κριτήριο τη δυνατότητα της κατάστασης του περιβάλλοντος να αλλάζει ενώ ο πράκτορας συλλογίζεται (*δυναμικό*, *ημιδυναμικό*, *στατικό*). Επίσης, διακριτό είναι ένα περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν συγκεκριμένα διακριτά και σαφώς ορισμένα πράγματα τα οποία μπορεί να γίνουν αντιληπτά από τον πράκτορα αλλά και ενέργειες που μπορεί να εκτελέσει. Σε άλλη περίπτωση το περιβάλλον είναι συνεχές.

Τέλος, ένα περιβάλλον μπορεί να είναι μονοπρακτορικό ή πολυπρακτορικό. Ένα πολυπρακτορικό περιβάλλον μπορεί να είναι ανταγωνιστικό ή συνεργατικό [39].

2.2.3 Ανάπτυξη Συστημάτων Πολλαπλών Πρακτόρων

Πιο πάνω έχουμε αναφερθεί στους όρους πράκτορας και περιβάλλον. Αυτοί οι όροι είναι οι δομικές μονάδες ενός Συστήματος Πολλαπλών Πρακτόρων που ουσιαστικά αποτελεί και εφαρμογή της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης. Ένα ΣΠΠ είναι δηλαδή μια ομάδα πρακτόρων που επικοινωνεί και συνεργάζεται ή ανταγωνίζεται σε ένα περιβάλλον. Για να είναι εφικτή η επικοινωνία, είναι απαραίτητη μια γλώσσα (ή περισσότερες) επικοινωνίας και κάποια πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Για την ανάπτυξη ΣΠΠ θα πρέπει η προσοχή να εστιάζεται στις ιδιότητες των πρακτόρων οι οποίοι αντιλαμβάνονται το περιβάλλον και επιδρούν αλλάζοντας την κατάστασή του. Στο συναρτησιακό προγραμματισμό μια διαδικασία έχει συγκεκριμένο στόχο και το αποτέλεσμα είναι επαληθεύσιμο, εφόσον οι μεταβλητές και η κατάσταση του προγράμματος είναι στατική. Δηλαδή, έχουμε μια διαδικασία με προϋποθέσεις και αν ισχύουν τότε αυτή δίνει κάποια έξοδο – αποτέλεσμα. Αντίθετα στην ανάπτυξη ενός ΣΠΠ πρέπει να έχει κάποιος υπόψη του ότι η κατάσταση του περιβάλλοντος αλλάζει (λόγω των ενεργειών πολλών πρακτόρων), ενόσω εκτελούνται κάποιες διαδικασίες. Πρέπει ο έλεγχος των προϋποθέσεων (preconditions) κάποιας ενέργειας να είναι συνεχής και οι έξοδοι της ενέργειας σαφώς καθορισμένοι. Αυτό είναι και μέρος της συνεισφοράς των ΣΠΠ στον προγραμματισμό, αφού ένα τέτοιο σύστημα είναι δυνατόν να συμπεριφέρεται σωστά ακόμη και σε απρόβλεπτες καταστάσεις.

2.2.4 Εφαρμογές Πρακτόρων και ΣΠΠ

Ιδιαίτερα ευφυείς πράκτορες έχουν σχεδιαστεί για να εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες σε ηλεκτρονικά οικονομικά περιβάλλοντα. Η συμπεριφορά μάλιστα τέτοιων πρακτόρων έχει μελετηθεί [15, 14] και έχει προταθεί κάποιο μοντέλο για το ποιες λειτουργίες πρέπει να καλύπτει: η αναζήτηση των αναγκών του χρήστη, η αναζήτηση και εύρεση του κατάλληλου προϊόντος ή υπηρεσίας, η εύρεση του κατάλληλου πωλητή, η σύναψη συμφωνιών/ συμβολαίων, η διαπραγμάτευση, η αγορά και η παράδοση, ακόμη και η αξιολόγηση και υποστήριξη του προϊόντος. Με βάση το μοντέλο αυτό, για παράδειγμα, πράκτορες έχουν σχεδιαστεί για να δημιουργούν ταξιδιωτικά πακέτα που περιλαμβάνουν ένα σύνολο από υπηρεσίες (αεροπορικό εισιτήριο, διαμονή, ψυχαγωγικές υπηρεσίες)[43,26]. Ενδεικτικά αναφέρεται εδώ ο MertaCor [43] που έχει σχεδιαστεί από Έλληνες επιστήμονες και έχει διακριθεί διεθνώς.

Τα ΣΠΠ έχουν επίσης εφαρμογές σε πολλές επιστήμες, όπως η ιατρική [22]. Τα ΣΠΠ επιστρατεύονται επίσης για την επίλυση πολλών προβλημάτων τα οποία δεν μπορούν να επιλυθούν εύκολα σε πολυωνυμικό χρόνο, δηλαδή πολλοί ευφυείς πράκτορες που προσομοιώνουν την ανθρώπινη εργασία συνεργάζονται για να τα επιλύσουν[25, 50].

Κεφάλαιο 3

Η Τυπική Γλώσσα

Μοντελοποίησης

Οι Michael et al. στο άρθρο τους *'Specifying and monitoring economic environments using rights and obligations'* [30] παρουσιάζουν μια τυπική γλώσσα η οποία δύναται να περιγράψει πολύπλοκα οικονομικά περιβάλλοντα. Η γλώσσα αυτή είναι βασισμένη σε συγκεκριμένες αρχές σχεδιασμού. Καθιστά σαφή τόσο τα δικαιώματα των πρακτόρων που συμμετέχουν σε ένα περιβάλλον όσο και τις υποχρεώσεις τους. Παράλληλα με την προτεινόμενη τυπική γλώσσα, παρουσιάζουν και ένα περιβάλλον εκτέλεσης της που έχει τη δυνατότητα να εμποτεύει και να επιβάλλει δικαιώματα και υποχρεώσεις σε οικονομικά περιβάλλοντα πολλαπλών πρακτόρων. Μια ενέργεια σε ένα τέτοιο περιβάλλον εκτελείται μόνο αν ο πράκτορας που ζητά να την εκτελέσει έχει το δικαίωμα να το πράξει και αν οι υποχρεώσεις που αναλαμβάνονται μαζί με τη συγκεκριμένη ενέργεια ικανοποιούνται. Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί μια προσπάθεια να παρουσιαστεί αυτή η τυπική γλώσσα που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής.

3.1 Τα κύρια εργαλεία της τυπικής γλώσσας

Αν φανταστούμε το παράδειγμα μιας βιβλιοθήκης στο πραγματικό κόσμο, τότε μέσα σε αυτή βρίσκεται η οντότητα βιβλίο και πολλά στιγμιότυπα αυτής. Η γλώσσα προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας κλάσεων (*classes*) και αντικειμένων (*objects*) ως στιγμιότυπα των κλάσεων. Κάθε κλάση υλοποιείται με το όνομα της κλάσης (*#class*) και με τις ιδιότητές της (*attributes*) όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1. Έτσι στο περιβάλλον(*domain*) μιας βιβλιοθήκης η οντότητα βιβλίο μοντελοποιείται ως κλάση με το όνομα *book* και τις ιδιότητες *title*, *isbn*, *authors*, *owned_by*, *held_by*, *pages*. Το κάθε βιβλίο - στιγμιότυπο αποτελεί αντικείμενο της κλάσης *book*. Η σύνδεση του αντικειμένου με την κλάση του γίνεται με την ιδιότητα (*instance_of, #class*) ενώ ακολουθούν οι υπόλοιπες ιδιότητες που έχουν οριστεί στην κλάση *book* με τη μορφή (*#attribute, #value*). Με το *#value* εννοούμε την τιμή που έχει η συγκεκριμένη ιδιότητα *#attribute* για το συγκεκριμένο αντικείμενο (στιγμιότυπο) της κλάσης. Η γλώσσα παρέχει επίσης μια βιβλιοθήκη με *built - in* κλάσεις αναγκαίες για τη λειτουργία του συστήματος. Παραδείγματα τέτοιων κλάσεων είναι τα *event*, *right*, *obligation*.

Το σύνολο της πληροφορίας του περιβάλλοντος σε κάθε χρονική στιγμή ονομάζεται κατάσταση (*state*). Η κατάσταση (*state*) ορίζεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1. και περιέχει μια λίστα με τους πράκτορες που παίζουν στο περιβάλλον (*#agents*) και μια λίστα με τα αντικείμενα (*#objects*) που υπάρχουν στο περιβάλλον τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Η κατάσταση του περιβάλλοντος, δηλαδή τα αντικείμενά του αλλά και οι ιδιότητές τους, αλλάζει ανάλογα με τις ενέργειες (*actions*) που δύναται να εκτελέσουν τόσο ο διαχειριστής του συστήματος όσο και οι πράκτορες που παίζουν μέσα στο σύστημα. Μια απλή ενέργεια *action* έχει την μορφή που φαίνεται στο Πίνακα 3.1. Τα *preconditions* (προαπαιτούμενες συνθήκες) είναι το σύνολο (υλοποιείται ως λίστα) των συνθηκών που πρέπει να ικανοποιούνται για να μπορεί να εκτελεστεί το σύνολο των συνεπειών (*effects*) της ενέργειας. Το πρώτο μέλημα του συστήματος ελέγχου, αφού κάποιος πράκτορας ζητήσει να εκτελέσει μια ενέργεια, είναι να ελέγξει αν ο συγκεκριμένος πράκτορας έχει το δικαίωμα *right* να το πράξει. Έπειτα ελέγχει αν ικανοποιούνται τα *preconditions* και κατόπιν ενημερώνει την κατάσταση (*state*) του συστήματος σύμφωνα με τα *effects* της ενέργειας. Στο παράδειγμα του Πίνακα 3.1 φαίνεται υλοποιημένη η ενέργεια *borrow_book*. Για να εκτελεστούν τα *effects* της ενέργειας *borrow_book(Book)* θα πρέπει να ικανοποιούνται τα *preconditions* της: να υπάρχει στη παρούσα κατάσταση του

περιβάλλοντος (π.χ βιβλιοθήκης) κάποιο αντικείμενο με όνομα Book που να είναι τύπου book (να ανήκει δηλαδή στην κλάση book) και να είναι διαθέσιμο. Εννοείται έμμεσα ότι ο Agent θα πρέπει να έχει το δικαίωμα να εκτελέσει την ενέργεια borrow_book (Book). Σύμφωνα με τα effects της borrow_book, στην ιδιότητα held_by καταχωρείται ο πράκτορας Agent και στην ιδιότητα availability καταχωρείται η τιμή unavailable.

Γλωσσικό Εργαλείο	Υλοποίηση	Παράδειγμα
Classes	classes([... ,(#name, [#attribute,...]),...]).	Classes([... , (book, [title, code, author, isbn, page_number, availability, held_by]), ...]).
Objects	(#name, [(instance of, #class), (#attribute, #value), ...])	(name, [(instance of, book), (title, Title),(code, Code), (author,Author), (page_number,Pages), (availability, Availability), (held_by,Possessor)])
State	state(#agents, #objects)	
Actions	Action(#agent, #action) :- preconditions(#preconditions), effects(#effects)	action(Agent,borrow_book(Book)) :- preconditions([object(Book), value(Book,instance_of, book), value(Book, availability, available)]), effects([set(Book, [(held_by,Agent), (availability, unavailable)])]).
Effects	Conditional effect #effect where #condition	set(Book, held_by, john) where value(Book, [held_by, lisa]).
	Probabilistic effect Choose(#choice, #distribution)	set(ball, colour, red) where choose(true, [(0.6, true), (0.4, false)]). set(dice, roll, Number) where choose(Number, [(0.166, 1), (0.166, 2), (0.166, 3), (0.166, 4), (0.166, 5), (0.166, 6)]).
Transaction	Action(#agent, #transaction) :- transaction(#actions)	action(emily, buy_car(Car,Payment,andrew)):- transaction([take(Car, andrew), pay(Payment,andrew)]).
	Action(#agent, #transaction) :- transaction(#action where #condition)	action(Agent,borrow_category_book(Book,Category)) :- transaction([borrow_book(Book) where value(Book,category, Category)]).
Query Action	query (#object, #attribute)	query (Book, title)
Rights	right(#action, #condition)	right(borrow_book(Book), 8:00am ≤ CurrentTime ≤ 1:00pm),
Obligations	obligation(#satisfy, #violate, #sanction)	obligation(false, return_book(john) < end_date, close_account(john))

Πίνακας 3.1. Κύρια γλωσσικά εργαλεία της τυπικής γλώσσας μοντελοποίησης.

Οι συνέπειες μιας ενέργειας (effects) μπορούν να είναι τριών ειδών: τύπου δημιουργίας αντικειμένων (create(#object,#class), τύπου καταχώρισης μιας τιμής σε μια ιδιότητα ενός

αντικειμένου (*set(#object,#attribute,#value)*) ή τύπου καταστροφής ενός αντικειμένου (*destroy(#object)*). Η γλώσσα δίνει τη δυνατότητα να εκτελούνται οι συνέπειες υπό κάποιες συνθήκες (*conditional effects*) με τη χρήση του *where*. Στο παράδειγμα του Πίνακα 3.1 φαίνεται μια ενέργεια *set* υπό συνθήκη, η οποία μεταβιβάζει όλα τα βιβλία που κατέχει η Lisa στον John. Επίσης, κάποια *effects* μπορούν να εκτελούνται με πιθανότητα (*probabilistic effects*). Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται επίσης στον Πίνακα 3.1.

Εκτός από τις ενέργειες στην απλή τους μορφή (*primitive actions*), που έχουν αναλυθεί, η γλώσσα παρέχει τη δυνατότητα για μοντελοποίηση σύνθετων ενεργειών (*transactions*). Μια σύνθετη ενέργεια μπορεί να είναι ένα σύνολο άλλων ενεργειών (απλών ή σύνθετων). Επίσης μια σύνθετη ενέργεια μπορεί να είναι μια απλή ενέργεια που εκτελείται υπό συνθήκη με τρόπο ώστε η σύνθετη ενέργεια να είναι παραλλαγή της. Παραδείγματα τέτοιων σύνθετων ενεργειών φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

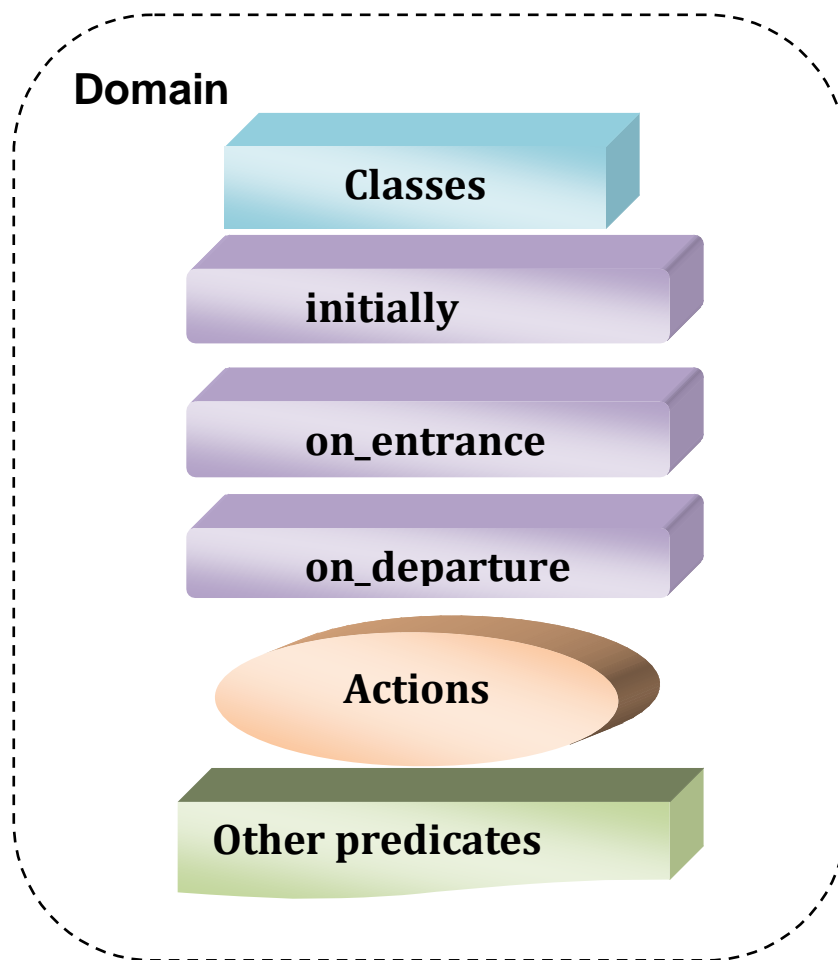
Όπως και με τις κλάσεις, στη βιβλιοθήκη της γλώσσας υπάρχουν υλοποιημένες απλές (*primitive actions*) και σύνθετες (*transactions*) ενέργειες. Μια τέτοια built-in ενέργεια, ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η ενέργεια *query*. Με την ενέργεια αυτή ένας πράκτορας μπορεί να ανακτά πληροφορίες για τις τιμές των ιδιοτήτων ενός αντικειμένου.

Κεντρικό ρόλο, ανάμεσα στα εργαλεία της γλώσσας, έχουν τα δικαιώματα (*rights*) και οι υποχρεώσεις (*obligations*). Αυτά αντιμετωπίζονται ως αγαθά πρώτης τάξης και μπορούν να μεταφερθούν ή να πωληθούν σε κάποιο πράκτορα, να αφαιρεθούν ή να αγοραστούν από κάποιο πράκτορα και άλλα.

Το δικαίωμα (*right*) για την εκτέλεση μιας ενέργειας (*action*) ορίζεται συνήθως υπό όρους (*condition*). Στο παράδειγμα του Πίνακα 3.1 ορίζεται το δικαίωμα για την εκτέλεση της ενέργειας *borrow_book* μεταξύ των ωρών 8:00 – 1:00.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί, ότι στη γλώσσα η ιδιοκτησία (*ownership*) και η κατοχή (*possession*) των δικαιωμάτων καθώς και όλων των αντικειμένων είναι διακριτές έννοιες. Η ιδιοκτησία ενός αντικειμένου από ένα πράκτορα συνεπάγεται και την κατοχή ενός συνόλου δικαιωμάτων που το συνοδεύουν, όπως για παράδειγμα το δικαίωμα του πράκτορα να πωλήσει το αντικείμενο ή να

αλλάξει τις τιμές των ιδιοτήτων του. Αντίθετα με την κατοχή ενός αντικειμένου συνεπάγεται μόνο η κατοχή δικαιωμάτων για συγκεκριμένες χρήσεις του αντικειμένου.



Σχήμα 3.1: Η δομή ενός περιβάλλοντος.

3.2 Η δομή της περιγραφής ενός περιβάλλοντος

Η περιγραφή (domain) ενός περιβάλλοντος που μοντελοποιείται απαρτίζεται από 6 μέρη όπως φαίνονται και στο Σχήμα 3.1. Στο πρώτο μέρος ορίζονται οι κλάσεις του περιβάλλοντος. Στο δεύτερο μέρος ορίζεται η αρχική συμπεριφορά του διαχειριστή του συστήματος (*master agent*). Το *initially* αποτελεί ουσιαστικά ένα transaction στο οποίο περιέχονται οι ενέργειες που θα εκτελεστούν μόλις δημιουργηθεί το περιβάλλον και τρέξει η προσομοίωση. Στο τρίτο μέρος (*on_entrance*) ορίζεται η συμπεριφορά του διαχειριστή του συστήματος όταν κάποιος πράκτορας εισέρχεται στο περιβάλλον. Στο τέταρτο μέρος (*on_departure*) ορίζονται οι ενέργειες που εκτελεί ο διαχειριστής του συστήματος κατά την έξοδο ενός πράκτορα από τον κόσμο. Στο πέμπτο μέρος, που είναι και το ουσιαστικότερο, ορίζονται όλες οι ενέργειες που είναι

δυνατόν να εκτελεστούν από τους πράκτορες – χρήστες του περιβάλλοντος. Στο έκτο και τελευταίο μέρος του domain ορίζονται τυχόν κατηγορήματα σε γλώσσα Prolog βοηθητικά στον ορισμό των ενεργειών(*actions*).

3.3 Οι βασικές αρχές σχεδιασμού της τυπικής γλώσσας

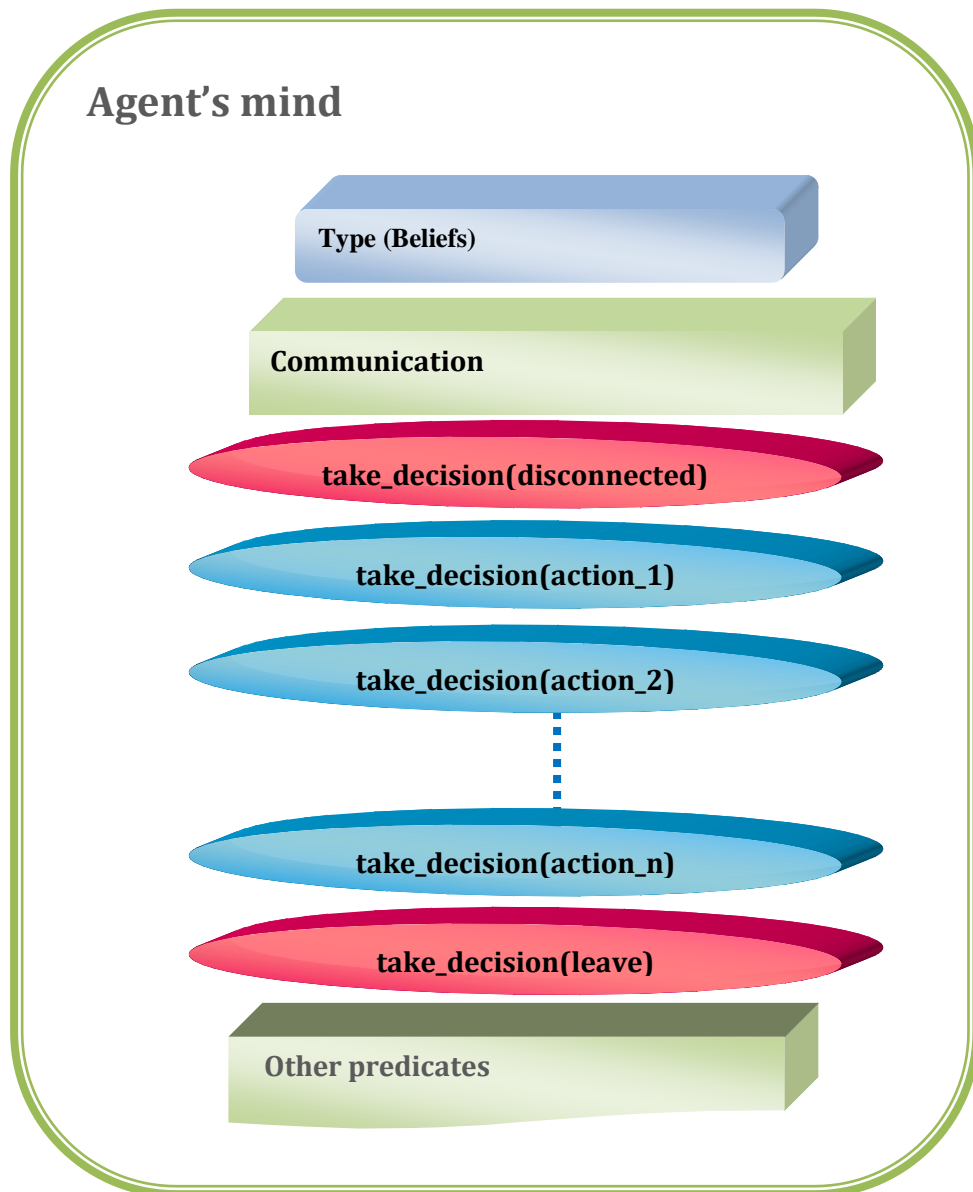
Φανταστείτε ένα περιβάλλον που αναλύεται και μοντελοποιείται στη γλώσσα των Michael et al. Οι πράκτορες σαν οντότητες ζουν έξω από το περιβάλλον αυτό και έχουν προστασία προσωπικών δεδομένων. Ο συλλογισμός τους, ακόμα κι όταν εισέρχονται στο περιβάλλον, βασίζεται μόνο στα δικά τους ιδιωτικά πιστεύω (αρχή του μαύρου κουτιού – *black-box principle*). Από αυτή τη σκοπιά, δεν είναι υποχρεωτικό οι πράκτορες να είναι υλοποιημένοι στην ίδια γλώσσα προγραμματισμού.

Επιπρόσθετα, οι πράκτορες είναι ελεύθεροι να επιλέγουν ποιες ενέργειες θα εκτελέσουν και δεν μπορεί το σύστημα να τους αναγκάσει να εκτελέσουν ενέργειες ακούσια (αρχή της ελεύθερης βούλησης – *free – will principle*). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση μια ενέργεια από ένας πράκτορα είναι να κατέχει ο πράκτορας το αντίστοιχο δικαίωμα εκτέλεσής της. Σε αντίθετη περίπτωση, η εκτέλεσή της περιορίζεται (αρχή περιορισμού – *restriction principle*). Όταν μια ενέργεια εκτελείται, συνεπάγεται ότι και ο πράκτορας που την εκτελεί κατέχει το δικαίωμα να το πράξει αλλά και τα *preconditions* της ενέργειας ικανοποιούνται. Με την εκτέλεσή της, το σύστημα παράγει τις συνέπειες που ορίζει η ενέργεια αυτή σε απόλυτη αντιστοιχία με τους κανόνες του περιβάλλοντος (αρχή της ορθότητας – *soundness*).

3.4 Το πρόγραμμα εκτέλεσης της γλώσσας (προσομοιωτής)

Η εκκίνηση του προσομοιωτή γίνεται από τον διαχειριστή (*administrator*) του συστήματος, ο οποίος θα εγκαταστήσει και τις διάφορες μονάδες (*modules*). Ο προσομοιωτής αποτελείται βασικά από μονάδες των οποίων η επικοινωνία είναι βασισμένη στο μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή. Ο διαχειριστής φορτώνει κάποιο συγκεκριμένο περιβάλλον (*domain*) με σαφείς κανόνες και περιορισμούς. Η μονάδα επικοινωνίας (*Communication module*) είναι ουσιαστικά το

κανάλι επικοινωνίας μέσα από το οποίο οι πράκτορες ζητούν να εκτελέσουν τις διάφορες ενέργειες ενώ η μονάδα προσομοίωσης (Simulation module) είναι υπεύθυνη να ενημερώνει την κατάσταση (state) του περιβάλλοντος, να ενημερώνει τους πράκτορες για τυχόν αλλαγές σε αυτή αλλά και να διαχειρίζεται τις διάφορες ενέργειες που ζητούν οι πράκτορες να εκτελέσουν.



Σχήμα 3.2 Το μυαλό ενός πράκτορα.

3.5 Το μυαλό ενός πράκτορα

Στο Σχήμα 6. 2 παρουσιάζεται η δομή του μυαλού ενός πράκτορα που μπορεί να δράσει σε ένα περιβάλλον ανάλογα με τα ερεθίσματα που του παρουσιάζονται. Όπως κάθε φυσικό πρόσωπο

που εισέρχεται σε κάποιο περιβάλλον επιλέγει να δράσει ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το περιβάλλον και τα αντικείμενά του, έτσι και ο κάθε πράκτορας λαμβάνει αποφάσεις για το ποιες ενέργειες θα εκτελέσει ανάλογα με το περιβάλλον (domain) στο οποίο εισέρχεται και με βάση τις δικές του πεποιθήσεις και εκτιμήσεις. Επομένως στο μυαλό ενός πράκτορα βασικό ρόλο έχουν ο τύπος του και οι διαδικασίες λήψης απόφασης για συγκεκριμένες ενέργειες. Υπενθυμίζεται ότι ο πράκτορας δεν είναι αναγκαίο να υλοποιηθεί στην τυπική αυτή γλώσσα.

Κεφάλαιο 4

Ο Μηχανισμός Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών ΤΟΜ

Το κεφάλαιο αυτό αποτελεί την περιγραφή του μηχανισμού ηλεκτρονικών δημοπρασιών του Τμήματος Οδικών Μεταφορών (ΤΟΜ) του Υπουργείου Συγκοινωνιών και Έργων για τη διάθεση των αριθμών εγγραφής οχημάτων. Στο πρώτο μέρος γίνεται ανάλυση των προδιαγραφών του μηχανισμού δημοπρασιών ΤΟΜ, ενώ στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η μοντελοποίηση του με την χρήση της τυπικής γλώσσας των Michael et al. [30]. Στο τρίτο μέρος γίνεται αναφορά στις αδυναμίες που εντοπίστηκαν στους κανόνες λειτουργίας του μηχανισμού.

4.1 Ανάλυση Υπάρχοντος Μηχανισμού Δημοπρασιών TOM

Οι όροι και ο τρόπος πώλησης των αριθμών εγγραφής οχημάτων στο κοινό, περιγράφονται από την νομοθεσία του κράτους με το νόμο (Παράρτημα Α.1). Η διάθεση των αριθμών εγγραφής οχημάτων γίνεται μέσω του ηλεκτρονικού διαδικτυακού συστήματος του TOM στον ιστότοπο <http://rtd.mcw.gov.cy/>. Σύμφωνα με τους κανόνες του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM, ανοίγονται εννιακόσιες ενενήντα ενιά (999) παράλληλες δημοπρασίες καθορισμένης διάρκειας που αφορούν στα νούμερα από ένα (001) έως εννιακόσια ενενήντα ενιά (999) (με εξαίρεση τρεις αριθμούς) της προσφερόμενης γραμματοσειράς για τη συγκεκριμένη περίοδο. Με άλλα λόγια, διενεργούνται ανά γραμματοσειρά 996 ηλεκτρονικές δημοπρασίες ενός αντικειμένου που ανοίγουν και κλείνουν ταυτόχρονα.

Οι παράλληλες δημοπρασίες ενός αντικειμένου διαρκούν περίπου μια εβδομάδα και το σύστημα ενημερώνει για την ημερομηνία και το χρόνο λήξης των δημοπρασιών (Οθόνη 2, Παράρτημα Α.3). Πιο κάτω ακολουθεί μια πιο αναλυτική περιγραφή του μηχανισμού δημοπρασιών TOM.

Τιμή ανοίγματος δημοπρασιών TOM

Ορίζεται μια ελάχιστη τιμή ανοίγματος της δημοπρασίας για οποιονδήποτε από τους προσφερόμενους αριθμούς, ίση με πενήντα ευρώ (€50,00). [Παράρτημα Α.1, σημείο 14].

Βήμα αύξησης προσφοράς στις δημοπρασίες TOM

Ορίζεται ως ελάχιστο βήμα αύξησης για κάθε επόμενη προσφορά το ποσό €50,00. Επίσης το ποσό προσφοράς δεν έχει υποδιαίρεσεις του Ευρώ. [Παράρτημα Α.1, σημείο 14]

Ελάχιστη τιμή διάθεσης αριθμού

Το ελάχιστο ποσό με το οποίο είναι δυνατόν να διατεθεί ένας αριθμός σε κάποιο πλειοδότη είναι €100,00. [Παράρτημα Α.1, σημείο 14].

Δικαίωμα υποβολής προσφοράς (πλειοδότηση)

Κάθε πλειοδότης έχει δικαίωμα να υποβάλει προσφορά για ένα αριθμό εφόσον δεν είναι ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης σε κάποιο αριθμό της προσφερόμενης γραμματοσειράς (Παράρτημα Α.2, σημείο 8).

Διαδικασία υποβολής προσφοράς

Ο πλειοδότης με την είσοδό του στο διαδικτυακό χώρο με την επιλογή υποβολή προσφοράς, καλείται να επιλέξει τον αριθμό στον οποίο θα υποβάλει προσφορά. [Οθόνη 1, Παράρτημα Α.3]. Στο επόμενο βήμα ενημερώνεται καλείται να επιλέξει το ποσό της προσφοράς που επιθυμεί [Οθόνη 2, Παράρτημα Α.3]. Έπειτα καλείται να επιβεβαιώσει την προσφορά του. [Οθόνη 3, Παράρτημα Α.3].

Αφού κάποιος πλειοδότης υποβάλει την προσφορά του και το σύστημα την αποδεχτεί, ο πλειοδότης καθίσταται ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης μέχρι τη λήξη της δημοπρασίας για το συγκεκριμένο αριθμό της προσφερόμενης γραμματοσειράς ή μέχρι να υποβληθεί και γίνει αποδεκτή υψηλότερη προσφορά από άλλον πλειοδότη(σημείο 8, Παράρτημα Α.2).

Τι είδους πληροφορία αποκαλύπτεται στους πλειοδότες

Ένας πλειοδότης με την είσοδό του στο διαδικτυακό χώρο ΤΟΜ μπορεί ανά πάσα στιγμή να κοιτάζει τις προσφορές που έχει υποβάλει ο ίδιος (Οθόνη 5, Παράρτημα Α.3) και την τρέχουσα υψηλότερη προσφορά για κάθε προσφερόμενο αριθμό (Οθόνη 4, Παράρτημα Α.3) που υποβλήθηκε από άλλους, χωρίς να του αποκαλύπτεται η ταυτότητα του προσώπου του εν δυνάμει επιτυχόντα πλειοδότη(σημείο 10, Παράρτημα Α.2).

Τελικός νικητής σε μια δημοπρασία ΤΟΜ

Με τη λήξη της δημοπρασίας ο πλειοδότης με την υψηλότερη προσφορά καθίσταται ο επιτυχών πλειοδότης και ο αριθμός καταχωρείται σε αυτόν. [σημείο 9, Παράρτημα Α.2],

Τι πληρώνει ο τελικός νικητής σε μια δημοπρασία ΤΟΜ

Ο νικητής πληρώνει ποσό ίσο με την προσφορά που έχει υποβάλει ο ίδιος, δηλαδή την υψηλότερη προσφορά. [σημείο 9, Παράρτημα Α.2].

Η κάθε δημοπρασία του TOM φαίνεται να αποτελεί παραλλαγή μιας Αγγλικής Δημοπρασίας με ειδοποιό διαφορά το χρονικό περιορισμό στη λήξη της δημοπρασίας. Έχουμε προαναφέρει στο Κεφάλαιο 2 ότι μια ανοικτή δημοπρασία ανοδικής τιμής (Αγγλική Δημοπρασία) κλείνει αν δεν υπάρξει άλλη προσφορά. Αντίθετα σε μια δημοπρασία του TOM ο χρόνος κλεισίματος είναι συγκεκριμένος και ορίζεται από το σύστημα.

Όπως προκύπτει από την πιο πάνω περιγραφή το υπάρχον σύστημα υποστηρίζει τις ενέργειες που φαίνονται στην πρώτη στήλη του Πίνακα 4.1. Η δεύτερη στήλη παρουσιάζει το πράκτορα από το οποίο είναι δυνατόν να εκτελεστεί η κάθε ενέργεια.

Ενέργεια (Action)	Πράκτορας
Δημιουργία δημοπρασίας	Διαχειριστής Συστήματος (<i>Master Agent</i>)
Άνοιγμα δημοπρασίας	Διαχειριστής Συστήματος (<i>Master Agent</i>)
Άνοιγμα όλων των δημοπρασιών	Διαχειριστής Συστήματος (<i>Master Agent</i>)
Κλείσιμο δημοπρασίας	Διαχειριστής Συστήματος (<i>Master Agent</i>)
Υποβολή προσφοράς	Πράκτορας – πλειοδότης
Αίτηση για ενημέρωση αποτελεσμάτων	Πράκτορας – πλειοδότης

Πίνακας 4.1 Οι ενέργειες των πρακτόρων στο περιβάλλον του μηχανισμού TOM

4.2 Μοντελοποίηση υπάρχοντος μηχανισμού ηλεκτρονικών δημοπρασιών TOM

Το περιβάλλον (domain) του υπάρχοντος μηχανισμού TOM αποτελείται από έξι μέρη όπως έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3.2.

Μέρος 1^ο: Ορισμός κλάσεων

Στο πρώτο μέρος ορίζονται οι κλάσεις (classes) του υπάρχοντος TOM μηχανισμού δημοπρασιών. Συγκεκριμένα, ορίζεται η κλάση `rtd_auction` και οι ιδιότητες (attributes) της, η οποία θεωρείται ότι προστίθεται στις υπόλοιπες `built-in` κλάσεις όπως είναι οι κλάσεις `clock`, `event`, `right`, `obligation` κ.λπ.

```

classes([
  (rtd_auction, [
    status,
    number,
    auctioneer,
    opening_time,
    opening_price,
    highest_bid,
    highest_bidder,
    last_bid_time,
    closing_time,
    end_time
  ]) ]).

```

Φαίνεται πιο πάνω ότι κλάση *rtd_auction* έχει 10 ιδιότητες (*attributes*). Η ιδιότητα *status* παίρνει τιμές *open* ή *closed* ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται μια δημοπρασία. Η ιδιότητα *number* παίρνει τιμές από 1-5 (το ιδανικό θα ήταν να έπαιρνε τιμές 1-999 αλλά λόγω υπερφόρτωσης του συστήματος αποφεύχθηκε) και καθορίζει τον αριθμό εγγραφής οχήματος που δημοπρατείται στο συγκεκριμένο στιγμιότυπο της κλάσης. Η ιδιότητα *auctioneer* καθορίζει το άτομο που διενεργεί τη δημοπρασία. Οι ιδιότητες *opening_time* και *opening_price* έχουν σταθερή τιμή και δηλώνουν την χρονική στιγμή ανοίγματος και την τιμή ανοίγματος του συγκεκριμένου στιγμιότυπου της κλάσης αντίστοιχα. Στις ιδιότητες *highest_bid* και *highest_bidder* κρατούνται αντίστοιχα η τρέχουσα μεγαλύτερη προσφορά για το στιγμιότυπο της κλάσης και ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης. Στην ιδιότητα *last_bid_time* κρατείται η χρονική στιγμή στην οποία έχει γίνει η τελευταία προσφορά (που αντιστοιχεί και στην ψηλότερη προσφορά εφόσον μόνο τότε γίνεται αποδεκτή από το σύστημα). Η ιδιότητα *closing_time* παίρνει τιμή *undefined* αν δεν έχει κλείσει ακόμη το στιγμιότυπο της κλάσης *rtd_auction*, ενώ με το κλείσιμο της δημοπρασίας η τιμή της δηλώνει τη χρονική στιγμή κλεισίματος. Η ιδιότητα *end_time* παίρνει ως σταθερή τιμή την χρονική στιγμή στην οποία θα πρέπει να κλείσει η δημοπρασία.

Μέρος 2ο: Έναρξη (Initially)

Ο master agent μόλις δημιουργηθεί το περιβάλλον εκτελεί κάποιες ενέργειες.

```

initially([
  open_all_auctions(tom_auction,50,record),
  create_var(ismediator),
  set_var(ismediator,0) ]).

```

Όπως φαίνεται στο πιο πάνω κομμάτι κώδικα εκτελείται αρχικά η ενέργεια (action) *open_all_auctions*. Με την εντολή αυτή ανοίγουν όλες οι παράλληλες δημοπρασίες του TOM. Η ενέργεια αυτή ορίζεται στο 5^ο μέρος του περιβάλλοντος (domain) και θα αναλυθεί λεπτομερώς σε μετέπειτα στάδιο. Στις επόμενες γραμμές ο διαχειριστής του συστήματος δημιουργεί μια καινούρια μεταβλητή με το όνομα *ismediator* και της καταχωρεί αρχικά την τιμή 0. Η χρησιμότητα της μεταβλητής αυτής θα εξηγηθεί στην αμέσως επόμενη παράγραφο.

Μέρος 3^ο: Κατά την είσοδο του πράκτορα (On entrance)

Η πρώτη ενέργεια που εκτελεί ο διαχειριστής μόλις εισέλθει κάποιος πράκτορας είναι να αυξήσει την τιμή της μεταβλητής *ismediator* κατά ένα (1). Η μεταβλητή δηλαδή *ismediator* λειτουργεί σαν ένας μετρητής που μετρά το πλήθος των πρακτόρων που βρίσκονται σε επικοινωνία με το σύστημα. Η ύπαρξη ενός τέτοιου μετρητή θεωρήθηκε αναγκαία για να διακριθεί ένας ιδιαίτερος τύπος πράκτορα που λειτουργεί ως μεσολαβητής (*mediator*). Ο μεσολαβητής εισέρχεται πάντοτε πρώτος στο περιβάλλον οπότεν εκείνη τη στιγμή καταχωρείται η τιμή 1 στη μεταβλητή *ismediator*. Ο μεσολαβητής δεν λαμβάνει μέρος στις δημοπρασίες απλά παρακολουθεί τον κόσμο και καταγράφει στο τέλος τα αποτελέσματα των δημοπρασιών. Η ανάγκη να διαχωριστεί ο πράκτορας-μεσολαβητής από τους υπόλοιπους πράκτορες-παίκτες που συμμετέχουν στη δημοπρασία προέκυψε από το γεγονός ότι ο μεσολαβητής χρειάστηκε να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες οι οποίες δεν έπρεπε να είναι προσπελάσιμες από τους υπόλοιπους. Πιο συγκεκριμένα ο πράκτορας –μεσολαβητής χρειαζόταν πρόσβαση στην μεταβλητή *record* και τις ιδιότητές της. (Στη μεταβλητή *record* θα αναφερθούμε σε επόμενο στάδιο). Επομένως, ο διαχειριστής του συστήματος δίνει το δικαίωμα (*right*) για την πρόσβαση σε αυτό μόνο στον πρώτο πράκτορα που εισέρχεται (όταν δηλαδή η μεταβλητή *ismediator* έχει την τιμή 1).

```

issue_p(right(query(record,_), (           % Δώσε το δικαίωμα στον πράκτορα να βλέπει
object(record),                          % όλες τις ιδιότητες του αντικείμενου με όνομα record
value(record,instance_of,variable) % που είναι τύπου variable
)), Agent) where (                        %όταν
    object(ismediator),                   % για το αντικείμενο ismediator
    value(ismediator,[(instance_of,variable) % τύπου variable
(value,C)]), %η αξία C
    C==1)                                 %είναι ίση με 1, δηλαδή είναι ο μεσολαβητής

```

Η επόμενη ενέργεια που εκτελείται από το διαχειριστή του περιβάλλοντος με την είσοδο ενός πράκτορα είναι να του δώσει δικαίωμα να βλέπει τις ιδιότητες των αντικειμένων τύπου `rtd_auction` στις οποίες του επιτρέπεται η πρόσβαση. Τέτοιες ιδιότητες είναι όλες οι ιδιότητες εκτός από την ιδιότητα `highest_bidder`. Στον πραγματικό κόσμο ο πράκτορας γνωρίζει την ταυτότητα του τρέχοντος επιτυχόντος πλειοδότη μόνο όταν ταυτίζεται με αυτό. Επομένως και ο διαχειριστής του δίνει το δικαίωμα να γνωρίζει ότι είναι ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης.

```

issue_p(right(query(Auction,Property), ( % Δώσε το δικαίωμα στον πράκτορα
    object(Auction), % για κάθε δημοπρασία
    value(Auction, instance_of, rtd_auction), % τύπου rtd_auction
    ((Property \== highest_bidder); % να βλέπει κάθε ιδιότητα εκτός τη highest_bidder
    (value(Auction, highest_bidder,Agent))) % είτε να βλέπει όλες τις ιδιότητες
    % αν είναι ο ίδιος ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης
    )), Agent)

```

Θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος πως δεν είναι σημαντικό να δίνεται αυτή η πληροφορία στον τρέχων επιτυχών πλειοδότη εφόσον αυτός είναι σε θέση να γνωρίζει ότι έχει κάνει προσφορά ίση με την τρέχουσα υψηλότερη προσφορά. Κρίθηκε όμως αναγκαίο για να αποφευχθεί και η περίπτωση να επιλέξουν να υποβάλουν την ίδια προσφορά δύο πράκτορες σχεδόν ταυτόχρονα, το σύστημα να δεχτεί επιτυχώς την πρώτη, αλλά καθένας από τους δύο πράκτορες να θεωρεί ότι είναι ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης.

Ακολούθως ο `master agent` δίνει σε κάθε πράκτορα που εισέρχεται στο περιβάλλον το δικαίωμα να εκτελεί την ενέργεια `ask_results` αφού λήξουν όλες οι δημοπρασίες.

```

issue_p(right(ask_results, ( % Δώσε το δικαίωμα στον πράκτορα Agent να εκτελεί την ενέργεια ask_results
    object(Auction), % όταν για κάποια δημοπρασία (επομένως και για τις υπόλοιπες)
    value(Auction,end_time,EndTime), % που λήγει κάποιο χρόνο λήξης EndTime
    value(clock,happened_at,CurrentTime),, % η τρέχουσα χρονική στιγμή
    atleast(EndTime,CurrentTime))),Agent) % έχει ξεπεράσει το χρόνο λήξης EndTime.

```

Προτιμήθηκε εδώ να επιβεβαιωθεί ότι οι δημοπρασίες έχουν κλείσει βάσει της τιμής της ιδιότητας `end_time` και όχι των τιμών των ιδιοτήτων `status` ή `closing time` γιατί για να ενημερωθούν οι τιμές αυτών των ιδιοτήτων περνούν κάποια επιπλέον δευτερόλεπτα.

Μέρος 4^ο: Κατά την έξοδο του πράκτορα (On departure)

Στην περίπτωση του περιβάλλοντος του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM, δεν απαιτείται από το διαχειριστή του συστήματος να εκτελέσει οποιαδήποτε ενέργεια κατά την έξοδο του πράκτορα γι' αυτό η λίστα on departure είναι κενή.

Μέρος 5^ο: Ορισμός ενεργειών

Στο μέρος αυτό υλοποιούνται οι ενέργειες που παρουσιάζονται στο Πίνακα 4.1. Η υλοποίηση της κάθε μιας από αυτές παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Δημιουργία δημοπρασίας

```
action(Agent, create_auction(Auction, Number, OpeningPrice)) :-  
  preconditions([ \+ object(Auction  
    ]),  
  effects([  
    create(Auction, rtd_auction),  
    set(Auction, status, open),  
    set(Auction, number, Number),  
    set(Auction, auctioneer, Agent),  
    set(Auction, opening_price, OpeningPrice),  
    set(Auction, highest_bid, OpeningPrice),  
    set(Auction, highest_bidder, Agent),  
    set(Auction, opening_time, Time) where value(clock, happened_at, Time),  
    set(Auction, last_bid_time, Time) where value(clock, happened_at, Time),  
    set(Auction, end_time, EndTime) where (value(clock, happened_at, Time), EndTime is Time+250)  
  ]).
```

Η ενέργεια create_auction παίρνει ως παραμέτρους το όνομα της δημοπρασίας (Auction), τον αριθμό εγγραφής οχήματος που δημοπρατείται από τη συγκεκριμένη δημοπρασία (Number) και την αρχική τιμή της δημοπρασίας (OpeningPrice). Η create_auction(Auction, Number, OpeningPrice) εκτελείται μόνο όταν ικανοποιούνται τα preconditions της, όταν δηλαδή δεν υπάρχει αντικείμενο με το όνομα Auction. Εκτέλεση της ενέργειας σημαίνει ότι μπαίνουν σε εφαρμογή τα effects της ενέργειας create_auction. Τα effects περιλαμβάνουν ένα σύνολο από ενέργειες που εκτελούνται από το διαχειριστή του συστήματος. Αρχικά δημιουργείται ένα αντικείμενο τύπου rtd_auction με το όνομα Auction και στη συνέχεια μια σειρά από ενέργειες της μορφής set(#object,#attribute,#value) καταχωρούν τις αρχικές τιμές στις ιδιότητες του αντικειμένου Auction.

Άνοιγμα δημοπρασίας

Η ενέργεια `open_auction` είναι σύνθετη ενέργεια (*transction*). Περιλαμβάνει την ενέργεια `create_auction` που έχει οριστεί προηγουμένως, την ανάληψη της υποχρέωσης από τον πράκτορα που ανοίγει τη δημοπρασία να την κλείσει και την παραχώρηση τριών δικαιωμάτων στους υπόλοιπους πράκτορες-παίκτες.

```
action(Agent, open_auction(Auction, Number, OpeningPrice)) :-
  transaction([
    create_auction(Auction, Number, OpeningPrice),
    take_on(obligation(
      (
        value(Auction, status, closed) % το κλείσιμο της δημοπρασίας.
      ), (
        value(Auction, end_time, EndTime), % μετά που η τρέχουσα ώρα
        value(clock, happened_at, Time), % θα υπερβεί την ώρα λήξης
        atleast(Time, EndTime) % της δημοπρασίας
      )
    ), (
      close_auction(Auction) % να κλείσει η δημοπρασία
    )),
    % Δώσε το δικαίωμα στους άλλους πράκτορες να μπορούν να βλέπουν το
    % τρέχον highest_bid
    issue_p(right(query(Auction, highest_bid), (
      value(Auction, status, open)
    )), Bidder),
    % Δώσε το δικαίωμα στους άλλους πράκτορες να μπορούν να βλέπουν το
    % status της δημοπρασίας
    issue_p(right(query(Auction, status), (
      value(Auction, status, open)
    )), Bidder),
    % Δώσε το δικαίωμα στους άλλους πράκτορες να μπορούν να υποβάλουν προσφορά
    % ενόσω δεν είναι οι ίδιοι εν δυνάμει επιτυγχόντες πλειοδότες σε άλλη δημοπρασία και όταν
    % η προσφορά τους υπερβαίνει την προηγούμενη προσφορά κατά τουλάχιστο €50.
    issue_p(right(raise_bid(Number, Bid), (
      object(Auction),
      value(Auction, number, Number),
      value(Auction, highest_bid, HighestBid),
      atleast(Bid, HighestBid+50),
      value(Auction, end_time, EndTime),
      value(clock, happened_at, CurrentTime),
      atleast(EndTime CurrentTime,)
    )), Bidder)
```

Οι δημοπρασίες ανοίγονται από το διαχειριστή του συστήματος με μια ενέργεια που εκτελείται στο αρχικό μέρος (*initially*) που έχει περιγραφεί πιο πάνω. Επομένως, η ανάληψη της υποχρέωσης για το κλείσιμο της δημοπρασίας γίνεται από τον ίδιο το διαχειριστή. Ο διαχειριστής όπως φαίνεται στον κώδικα αναλαμβάνει την υποχρέωση η τιμή της ιδιότητας status του αντικειμένου Auction να γίνει closed. Αυτό πρέπει να γίνει πριν περάσει ο χρόνος λήξης της δημοπρασίας αλλιώς θα ενεργοποιηθούν οι ενέργειες που δηλώνονται στο μέρος *#sanctions* του obligation. (Πίνακας 3.1) Εξαιτίας του ότι ο διαχειριστής ποτέ δεν εκτελεί άμεσα την ενέργεια *close_auction* για να κλείσει μια δημοπρασία, η συνθήκη δεν ικανοποιείται ποτέ, επομένως οι ενέργειες στο *#sanctions* θα εκτελούνται πάντοτε. Για να κλείσει η δημοπρασία μόλις η τρέχουσα ώρα δείξει το χρόνο λήξης, την τιμή που είναι δηλαδή καταχωρημένη στην ιδιότητα *end_time*, ως *sanction* θεωρήθηκε η ενέργεια *close_auction* για τη συγκεκριμένη δημοπρασία. Θεωρούμε λοιπόν πως αν δεν κλείσει η δημοπρασία από τον πράκτορα που την είχε ανοίξει πριν περάσει ο χρόνος λήξης, η δημοπρασία κλείνει από μόνη της (ουσιαστικά την κλείνει ο διαχειριστής του συστήματος).

Όπως έχει προαναφερθεί, η ενέργεια *open_auction* περιλαμβάνει και τρεις παραχωρήσεις δικαιωμάτων στους πράκτορες – παίκτες. Αυτό που γίνεται στην ουσία, είναι ότι τα δικαιώματα παραχωρούνται σε οποιοδήποτε εισέρχεται στο σύστημα, εφόσον στον κώδικα τα δικαιώματα φαίνονται να παραχωρούνται σε μια μεταβλητή (*Bidder*). Οι πρώτες δύο παραχωρήσεις (*issuing*) αφορούν στα δικαιώματα για πρόσβαση στις τιμές των ιδιοτήτων του αντικειμένου Auction *status* και *highest_bid* αντίστοιχα. Η επόμενη αφορά τα δικαιώματα εκτέλεσης της ενέργειας *raise_bid*. Οι πράκτορες – πλειοδότες μπορούν να εκτελέσουν την *raise_bid* όταν δεν έχει περάσει ο χρόνος λήξης της δημοπρασίας και όταν η προσφορά τους είναι υψηλότερη κατά 50 από την προηγούμενη προσφορά. Η ενέργεια *raise_bid* αναλύεται στη συνέχεια.

Άνοιγμα όλων των δημοπρασιών

```
action(Agent, open_all_auctions(Auctions,OpeningPrice,Record)):-
  transaction([
    create_var(Record),
    set_var(Record,[],0),
    open_auction(auction(Auctions,Number),Number,OpeningPrice)
      where member(Number,[1,2,3,4,5])
  ]).
```

Εφόσον στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM ανοίγουν και κλείνουν πολλές παράλληλες δημοπρασίες, θεωρήθηκε αναγκαία η υλοποίηση της ενέργειας *open_all_auctions(Auctions,*

OpeningPrice, Record) που καλεί την ενέργεια `open_auction` για κάθε αριθμό εγγραφής που δημοπρατείται.

Η παράμετρος `Auctions` δηλώνει το γενικό όνομα των δημοπρασιών για μια γραμματοσειρά, η παράμετρος `OpeningPrice` την τιμή ανοίγματος κοινή για όλες τις δημοπρασίες και η παράμετρος `Record` δηλώνει το όνομα μιας καθολικής μεταβλητής που θα δημιουργηθεί για να κρατά συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα όλων των δημοπρασιών. Η `open_all_auction` αποτελεί ένα `transaction` με τρεις ενέργειες: την `create_var(Record)` που δημιουργεί ένα αντικείμενο τύπου `variable` με το όνομα `Record`, την `set_var(Record,([],0))` που καθορίζει την αρχική τιμή της μεταβλητής `Record` και την `open_auction` υπό μια συνθήκη `where`, η οποία παίζει το ρόλο ενός επαναληπτικού `loop`.

Η μεταβλητή `Record` δημιουργείται, όπως έχει προαναφερθεί για σκοπούς συγκέντρωσης των αποτελεσμάτων των δημοπρασιών. Παίρνει ως τιμή ένα ζεύγος(δυάδα) στοιχείων. Το πρώτο στοιχείο της δυάδας είναι μια λίστα αρχικά κενή που με το κλείσιμο των δημοπρασιών θα περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της κάθε δημοπρασίας ενός αντικειμένου που διατίθεται τελικά. Το δεύτερο στοιχείο της δυάδας είναι ένας αριθμός (αρχικά με την τιμή μηδέν(0)) που με το κλείσιμο των δημοπρασιών δηλώνει το τελικό κέρδος του μηχανισμού. Η τιμή της μεταβλητής `Record` ενημερώνεται κάθε φορά που καλείται η `close_auction` με τρόπο που θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Κλείσιμο Δημοπρασίας

Με την εκτέλεση της `open_auction`, με την οποία δημιουργείται και ανοίγει μια δημοπρασία, ο διαχειριστής του συστήματος αναλαμβάνει και την υποχρέωση να κλείσει τη συγκεκριμένη δημοπρασία. Η μη τήρηση (άρνηση) αυτής της υποχρέωσης, που είναι πάντα `true`, έχει ως ποινή(*sanction*) την κλήση της ενέργειας `close_auction`.

Η `close_auction(Auction)` με μοναδικά `preconditions` την ύπαρξη αντικειμένου τύπου `rtd_auction` με το όνομα `Auction` έχει σαν συνέπειες (effects) α) την αλλαγή της κατάστασης (status) της δημοπρασίας `Auction` από `open` σε `closed`, β) την καταχώριση της τρέχουσας χρονικής στιγμής στην ιδιότητα `closing_time` και γ) την ενημέρωση της τιμής της καθολικής μεταβλητής `Record` σε περίπτωση που το αντικείμενο της δημοπρασίας `Auction`, δηλαδή ο αριθμός `Number` διατίθεται σε κάποιο πράκτορα άλλο από το διαχειριστή του συστήματος.

```

action(Agent, close_auction(Auction)) :-
  preconditions([
    object(Auction),
    value(Auction,instance_of,rtd_auction),
    ]),
  effects([
    set(Auction, status, closed),
    set(Auction, closing_time, Time) where
      value(clock, happened_at, Time),
    set(X,value,(NewList,NewSum)) where (
      object(X), value(X,instance_of,variable), value(X,value,(List,Sum)),
      value(Auction,[(number,Number),(highest_bid,HighestBid),(highest_bidder,HighestBidder)]),
      HighestBidder\=god,
      NewList = [(Auction,Number,HighestBid,HighestBidder)|List],
      NewSum is Sum + HighestBid
    )
  ]).

```

Η ενημέρωση της Record γίνεται ουσιαστικά, με την προσθήκη μιας τετράδας στοιχείων στο πρώτο στοιχείο της τιμής της Record, δηλαδή στη λίστα. Η τετράδα έχει τη μορφή (όνομα δημοπρασίας, αριθμός, ψηλότερη προσφορά, νικητής) και δηλώνει τα αποτελέσματα της δημοπρασίας που κλείνει. Ταυτόχρονα προστίθεται στο δεύτερο στοιχείο της τιμής της Record, δηλαδή στο κέρδος, η τιμή της ψηλότερης προσφοράς ούτως ώστε να ενημερωθεί και το κέρδος του μηχανισμού.

Η ενημέρωση της Record αποτυγχάνει, όταν η ιδιότητα highest_bidder της δημοπρασίας που κλείνει έχει την τιμή god, δηλαδή ο αριθμός ανήκει ακόμα στο master agent (god) και δεν έχει διατεθεί. Επομένως, όταν εκτελεστούν οι close_auction για όλες τις δημοπρασίες και σε δημοπρασίες πλήθους n υπάρχει νικητής (άρα θα έχουν διατεθεί στους πράκτορες αριθμοί εγγραφής πλήθους n) η Record θα έχει τιμή (value) τη μορφής

$$([(a_1, b_1, c_1, d_1), (a_2, b_2, c_2, d_2), \dots, (a_n, b_n, c_n, d_n)], \sum_{i=1}^n r_i) \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, n\}, \text{ όπου}$$

a_i = το όνομα της δημοπρασίας i , b_i = ο αριθμός της δημοπρασίας i , c_i = η τιμή της ψηλότερης προσφοράς της δημοπρασίας i , d_i = ο τελικός νικητής της δημοπρασίας i , r_i = το κέρδος (revenue) της δημοπρασίας i .

Υποβολή προσφοράς

Η ενέργεια `raise_bid(Number,Bid)` παίρνει τις παραμέτρους `Number` και `Bid`. Με την παράμετρο `Number` κάποιος πράκτορας - παίκτης δηλώνει τον αριθμό εγγραφής για τον οποίο θέλει να υποβάλει προσφορά, επομένως το σύστημα αναγνωρίζει και την δημοπρασία στην οποία θέλει να πλειοδοτήσει. Με την παράμετρο `Bid` ο πράκτορας - παίκτης δηλώνει το ποσό της προσφοράς που θέλει να υποβάλει.

```
action(Agent,raise_bid(Number,Bid)) :-
    preconditions([
        object(Auction),
        value(Auction,instance_of,rtd_auction),
        value(Auction,number,Number),
        value(Auction,highest_bid,CurrentBid),
        atleast(Bid,CurrentBid+50),
        check(Agent)
    ]),
    effects([
        set(Auction,highest_bid,Bid) where value(Auction,number,Number),
        set(Auction,highest_bidder,Agent)where value(Auction,number,Number),
        set(Auction,last_bid_time,Time) where (value(Auction,number,Number),
        value(clock,happened_at,Time))
    ]).
```

Όταν ζητήσει κάποιος πράκτορας να υποβάλει προσφορά, ελέγχονται έπειτα τα `preconditions` της `raise_bid(Number,Bid)`. Μόνο αν ικανοποιούνται όλα, εκτελούνται τα `effects` της `raise_bid`.

Τα `preconditions` της `raise_bid` είναι ουσιαστικά τρία. Το πρώτο διαβεβαιώνει ότι υπάρχει δημοπρασία ανοικτή για τον αριθμό εγγραφής που δηλώνει ο πράκτορας, ενώ το δεύτερο ελέγχει αν η προσφορά του είναι τουλάχιστο €50 μεγαλύτερη από την τρέχουσα ψηλότερη προσφορά.

Το τρίτο που εκφράζεται με το κατηγορημα `check(Agent)` επιβεβαιώνει ότι ο πράκτορας που ζητά να εκτελέσει την `raise_bid` δεν είναι ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης σε οποιαδήποτε άλλη δημοπρασία. Το `check(Agent)` είναι κατηγορημα που μοντελοποιείται στο μέρος 6 του

domain σε γλώσσα Prolog. Για την υλοποίηση του χρησιμοποιήθηκε το built-in κατηγορημα findall/3 της Prolog.

Οι συνέπειες (*effects*) της raise_bid είναι μια σειρά από ενέργειες set που καταχωρούν στις ιδιότητες highest_bid, highest_bidder, last_bid_time της δημοπρασίας του αριθμού εγγραφής με την τιμή Number, το Bid του πράκτορα, το όνομα (κωδικό) του και την τρέχουσα χρονική στιγμή αντίστοιχα.

Αίτημα για ενημέρωση (ask-results)

Οποιοσδήποτε πλειοδότης σε μια δημοπρασία, επιθυμεί με το κλείσιμο όλων των δημοπρασιών να γνωρίζει τι κέρδισε τελικά από αυτή. Πράγματι, στην ιστοσελίδα του TOM, με το κλείσιμο των δημοπρασιών για μια γραμματοσειρά, η μόνη πληροφορία που μπορεί κάποιος παίκτης να δει είναι αν είναι ο ίδιος κάτοχος της υψηλότερης προσφοράς σε κάποιο από τους αριθμούς για τους οποίους υπέβαλε προσφορά. Επίσης, του αποστέλλεται από το σύστημα ένα ηλεκτρονικό μήνυμα, αν είναι ο επιτυχών πλειοδότης σε μια δημοπρασία.

Στην υλοποίηση του μηχανισμού, τα αποτελέσματα των δημοπρασιών, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως βρίσκονται καταχωρημένα στην τιμή της μεταβλητής Record. Το δικαίωμα πρόσβασης σε αυτή την τιμή δεν μπορεί να παραχωρηθεί εξ ολοκλήρου στους πλειοδότες αφού περιέχει πληροφορίες που δεν τους αφορούν, για παράδειγμα τους τελικούς νικητές όλων των δημοπρασιών. Η τυπική γλώσσα δεν δίνει τη δυνατότητα φιλτραρίσματος της τιμής μιας μεταβλητής επομένως και οι πράκτορες – παίκτες δεν μπορούν να αιτηθούν (query) μέρος της πληροφορίας που δίνει η τιμή της Record. Δεν υπάρχει δηλαδή η δυνατότητα το query να επιστρέψει μέρος της τιμής της Record. Προέκυψε επομένως η ανάγκη για φιλτράρισμα αυτής της πληροφορίας με κάποιο άλλο τρόπο.

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, σχεδιάστηκε η ενέργεια ask_results που είναι ουσιαστικά μια αίτηση από κάποιο πλειοδότη να ενημερωθεί για το αν είναι ο επιτυχών πλειοδότης σε κάποια από τη δημοπρασία.

```

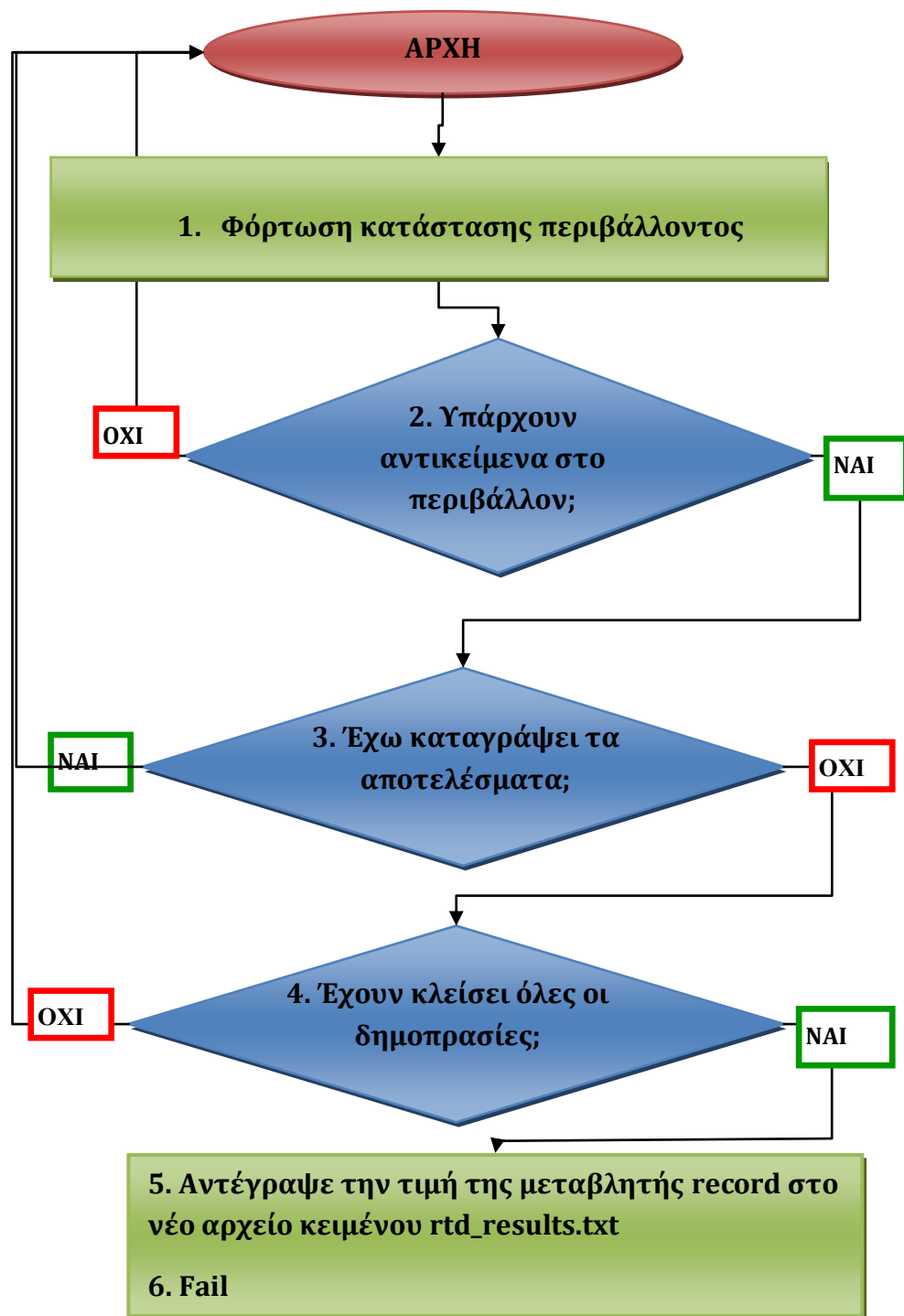
action(Agent, ask_results) :-
  transaction([
    create_var(win(Agent)), % Δημιούργησε την μεταβλητή win(Agent) την υποχρέωση
    set_var(win(Agent),Value) where( % δώσε στην win(Agent) την τιμή Value που είναι
      object(record),
      value(record,[(instance_of,variable), (value,Results)]),
      Results=(Allocation,Revenue),
      findall((Number,Payment), % η δυάδα (Number,Payment) για την οποία
        member((Auction,Number,Payment,Agent),Allocation) , Value)),
        % ο Agent βρίσκεται στη λίστα των τελικών αποτελεσμάτων
        της record ή η κενή λίστα αν δεν νίκησε ο Agent κάποια
        δημοπρασία.
      issue(right(query(win(Agent), value), true),Agent) % δώσε στον Agent το
      δικαίωμα να βλέπει την τιμή της win(Agent)
    ]).

```

Η ask_results είναι ένα transaction από 3 ενέργειες: τη δημιουργία αρχικά μιας μεταβλητής με όνομα win(Agent) με την ενέργεια create_var(win(Agent)), τον καθορισμό της τιμής της με την set_var(win(Agent),Value) ώστε να περιέχει το αποτέλεσμα που αφορά μόνο στο πράκτορα Agent που την εκτελεί, και την παραχώρηση στον πράκτορα του δικαιώματος πρόσβασης στην τιμή αυτή. Το φιλτράρισμα της πληροφορίας γίνεται με τη χρήση του κατηγορήματος findall της Prolog μέσα στη συνθήκη where κατά την εκτέλεση της set_var. Η τιμή που περιέχει τελικά η win(Agent) είναι η κενή λίστα αν ο πράκτορας Agent δεν είναι ο επιτυχών πλειοδότης για κανένα αριθμό εγγραφής ή μια λίστα με τη δυάδα (Number, Payment) που δείχνουν τον αριθμό εγγραφής που καταχωρείται τελικά στον πράκτορα και το ποσό με το οποίο του καταχωρείται αντίστοιχα.

4.3 Υλοποίηση Πράκτορα «Μεσολαβητή»

Ο μεσολαβητής (mediator) στον υπάρχοντα μηχανισμό έχει ως μοναδικό ρόλο να καταγράφει τα αποτελέσματα των δημοπρασιών σε ένα νέο αρχείο rtd_results.txt έξω πάντοτε από το περιβάλλον που μοντελοποιείται για σκοπούς ανάλυσης των μετέπειτα πειραμάτων. Ο master agent παραχωρεί στο μεσολαβητή κάποια επιπρόσθετα δικαιώματα στον πράκτορα – μεσολαβητή κατά την είσοδό του (on_entrance) στο περιβάλλον. Τα επιπλέον δικαιώματα που δίνονται στον μεσολαβητή έχουν στο υποκεφάλαιο 4.2.



Σχήμα 4.1. Λήψη απόφασης καταγραφής αποτελεσμάτων από πράκτορα μεσολαβητή

Η μοναδική ενέργεια εκτελέσιμη από τον πράκτορα- μεσολαβητή δεν έχει επιπτώσεις σε αντικείμενα του περιβάλλοντος, δεν αλλάζει δηλαδή την κατάσταση (state) του περιβάλλοντος. Παρόλα αυτά κατά την προσπάθεια λήψης απόφασης για την εκτέλεση της `write_results`,

επιτυγχάνεται η καταγραφή των αποτελεσμάτων . Η `write_results` είναι δηλαδή το αντίστοιχο μιας συνάρτησης με παρενέργειες (side effects) στο συναρτησιακό προγραμματισμό. Οι παρενέργειες της είναι η δημιουργία ενός αρχείου κειμένου και η καταγραφή των αποτελεσμάτων του μηχανισμού. Η διαδικασία λήψης απόφασης για την `write_results` φαίνεται στο Σχήμα 4.1. Το βήμα 6 (fail) γίνεται από τον πράκτορα για να μην ζητήσει την εκτέλεση της `write_results` από τον master agent. Εξάλλου, ο τελευταίος δεν μπορεί να την αποδεχτεί, αφού δεν είναι ενέργεια επιτρεπόμενη μέσα στη περιγραφή του περιβάλλοντος (domain). Ωστόσο, μέχρι να φτάσει στο βήμα 6, ο μεσολαβητής έχει καταγράψει ήδη τα αποτελέσματα πάντοτε εκτός του περιβάλλοντος.

4.4 Αδυναμίες στους κανόνες του υπάρχοντος μηχανισμού TOM

Μετά από την ανάλυση του μηχανισμού TOM έγινε όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 4.2 η μοντελοποίηση του περιβάλλοντός (domain) του. Μετά την μοντελοποίηση αξιοποιήθηκε η δυνατότητα που παρέχει ο προσομοιωτής για είσοδο στο περιβάλλον ανθρώπινων χρηστών (users), πέραν των πρακτόρων λογισμικού για να τρέξουν προσομοιώσεις ώστε να εντοπιστούν τυχόν αδυναμίες. Οι αδυναμίες που είχαν διαφανεί ως προς τη σχεδίαση του και διαισθητικά κατά τη φάση της μοντελοποίησης του περιβάλλοντος, εντοπίστηκαν και μέσα από τις προσομοιώσεις. Οι αδυναμίες αυτές αφορούν τους όρους λειτουργίας του και φάνηκε να παραβιάζουν και τις δύο βασικές αρχές που πρέπει να έχει υπόψη του ένας σχεδιαστής μηχανισμών: τη μεγιστοποίηση του κέρδους (revenue) και του κοινωνικού οφέλους (social welfare).

Κατά πρώτον η περιορισμένη διάρκεια των δημοπρασιών δεν διασφαλίζει ότι τα αντικείμενα θα διατεθούν τελικά σε εκείνο που τα εκτιμά περισσότερο και με το υψηλότερο δυνατό κέρδος. Ας θεωρήσουμε το εξής απλό σενάριο:

Η Άννα και ο Βασίλης με τις εξής εκτιμήσεις αντίστοιχα

$[(2,1000), (3,450)]$ και $[(2,700), (4,300)]$

υποβάλλουν εναλλάξ προσφορές ανά ημέρα με βήμα αύξησης το ποσό €50 για τον αριθμό 2 και η δημοπρασία τελειώνει ακριβώς τη χρονική στιγμή που ο Βασίλης υποβάλλει προσφορά για €400.

Από τα πιστεύω των δύο πλειοδοτών η Άννα (2, 1000) παρουσιάζεται να εκτιμά περισσότερο το νούμερο 2 παρά ο Βασίλης (2,700) αλλά ο Βασίλης είναι ο επιτυχών πλειοδότης. Επομένως δεν έχουμε μέγιστο κοινωνικό όφελος. Αν δεν υπήρχε χρόνος λήξης στη δημοπρασία, ο αριθμός 2 θα είχε καταχωρηθεί στην Άννα με ελάχιστο κέρδος για το TOM το ποσό των €700 (700 αν είχε υποβάλει η ίδια την πρώτη προσφορά ή 750 αν είχε υποβάλει ο Βασίλης την πρώτη προσφορά). Στο σενάριο αυτό μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι λόγω της περιορισμένης διάρκειας της δημοπρασίας η αξία για το νούμερο 2 δεν προλαβαίνει να φτάσει καν στην τιμή της δεύτερης χαμηλότερης «εκτίμησης» που είναι η εκτίμηση του Βασίλη(2, 700).

Επιπρόσθετα, όχι μόνο η Άννα φεύγει από τη δημοπρασία άπραγη αλλά δεν έχει καν την ευκαιρία να υποβάλει προσφορά για τη δεύτερή της προτίμηση. Αυτό έχει σίγουρα αρνητικές επιπτώσεις στο συνολικό κοινωνικό όφελος και πιθανότατα και στο συνολικό κέρδος για το TOM.

Παράλληλα φάνηκε ότι ο συγκεκριμένος χρόνος λήξης της δημοπρασίας επιτρέπει στους χρήστες να εφαρμόσουν ακραίες στρατηγικές όπως αυτές του χτυπήματος του τελευταίου δευτερολέπτου (sniping). Έστω το πιο κάτω σενάριο:

Πολύ πριν το τέλος μιας δημοπρασίας ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης για τον αριθμό 4 είναι ο Α με το ποσό των €200 και η προσωπική του εκτίμηση για την αξία του αριθμού 4 είναι 700. Το τελευταίο δευτερολέπτο της δημοπρασίας ο Β υποβάλλει προσφορά για 250 και τελικά κατακτά αυτός τον αριθμό 4.

Εδώ παρατηρούμε ότι ο Α για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν έχει αντίπαλο στη δημοπρασία για τον αριθμό 4 και επομένως θεωρεί τον εαυτό του τον επιτυχών πλειοδότη. Με την πρώτη και τελευταία υποβολή προσφοράς του Β ο αριθμός 4 διατίθεται στο Β και ο Α δεν μπορεί να αντιδράσει ούτε για να αυξήσει την προσφορά ούτε και να υποβάλει προσφορά σε άλλο αριθμό. Με τον ένα ή τον άλλο τρόπο εμποδίζεται και σε αυτό το σενάριο η μεγιστοποίηση του οικονομικού κέρδους και του κοινωνικού οφέλους λόγω της γνωστοποίησης στους πλειοδότες του χρόνου λήξης της δημοπρασίας.

Μια τρίτη ενδιαφέρουσα παρατήρηση σχετικά με τον υπάρχοντα μηχανισμό είναι ότι επιτρέπει στους πλειοδότες να πλειοδοτήσουν ποσά υψηλότερα από το ελάχιστο που χρειάζεται για να είναι οι νικητές με αποτέλεσμα να μειώνεται το κοινωνικό όφελος. Για παράδειγμα, έχει παρατηρηθεί ότι κάποιες από τις φυσικές δημοπρασίες του TOM κλείνουν μετά από την υποβολή μιας μόνο προσφοράς η οποία είναι πολύ ψηλότερη από την ελάχιστη τιμή στην οποία θα μπορούσε να κερδηθεί το αντικείμενο, δηλαδή την τιμή ανοίγματος (€50) αυξημένη κατά το ελάχιστο βήμα αύξησης (€50). Επιτρέποντας την αύξηση των προσφορών κατά μεγάλα βήματα αύξησης επιτρέπονται και στρατηγικές σηματοδότησης (signaling) από μέρος κάποιων πλειοδοτών, όπως έχουν αναφερθεί και στο Κεφάλαιο 2.

Κεφάλαιο 5

Ο Νέος Μηχανισμός Δημοπρασιών

Για να προταθεί κάποιος βελτιωμένος μηχανισμός δημοπρασιών μελετήθηκαν μια προς μια οι αδυναμίες του παρόντος μηχανισμού ηλεκτρονικών δημοπρασιών TOM όπως παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.4 και διερευνήθηκαν λύσεις για την αντιμετώπισή τους.

Οι αδυναμίες που εντοπίστηκαν οφείλονταν κατά κύριο λόγο στη περιορισμένη διάρκεια των δημοπρασιών. Μια πρώτη σκέψη για την αποφυγή του προβλήματος ήταν ο σχεδιασμός δημοπρασιών με τον κυλιόμενο χρόνο λήξης των δημοπρασιών (*rolling closing time*) και όλα τα πλεονεκτήματα που αυτός συνεπάγεται όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Κεφάλαιο 2.1). Αυτό μπορεί και να θεωρηθεί ως αυτόματη παράταση των δημοπρασιών μετά από την τελευταία προσφορά για κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αυτή η αυτόματη παράταση

του χρόνου συνεπάγεται και την αποτροπή των πρακτόρων να εφαρμόζουν στρατηγικές sniping.

Μάλιστα, αν η αυτόματη παράταση δεν ισχύει μεμονωμένα για τη δημοπρασία στην οποία κατατίθεται η τελευταία προσφορά αλλά για όλες τις δημοπρασίες, τότε και οι πλειοδότες θα μπορούν ενώ βλέπουν ότι δεν έχουν τη δυνατότητα να συνεχίσουν στη δημοπρασία για τον αριθμό της πρώτης προτίμησης να υποβάλουν πρόσφορα για τη δεύτερή τους προτίμηση.

Σχετικά με τις αδυναμίες που απορρέουν από τις ακραίες συμπεριφορές χρηστών, στην ανασκόπηση βιβλιογραφίας (Κεφάλαιο 2.2) έχει αναφερθεί πως ο σχεδιαστής θα πρέπει να αναζητήσει λύσεις σε άμεσους μηχανισμούς, όπου κυρίαρχη στρατηγική είναι η αποκάλυψη από τους πράκτορες των ορθών προτιμήσεων τους στο σχεδιαστή. Για το λόγο αυτό λήφθηκε υπόψη και η συνεισφορά του Vickrey [46] με την πρόταση για τη δημοπρασία κλειστού τύπου δεύτερης ψηλότερης τιμής. Σύμφωνα και με το θεώρημα ισοδυναμίας κέρδους (Κεφάλαιο 2) φέρεται να είναι ισοδύναμη ως προς τα έσοδα που αποφέρει στον δημοπράτη με μια αγγλική δημοπρασία, στην οποία προσομοιάζει κάθε μια από τις παράλληλες δημοπρασίες TOM. Οπότε αν μπορεί μια κλειστού τύπου δεύτερης τιμής δημοπρασία να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά.

Λαμβάνοντας υπόψη τα πιο πάνω προτάθηκε το εξής σενάριο: Έστω ότι όλοι οι παίκτες με την είσοδό τους στο νέο περιβάλλον υποβάλλουν τις προτιμήσεις τους στο σύστημα, κρυφά από τους υπόλοιπους πράκτορες και οι προτιμήσεις τους έχουν την μορφή λίστας με δυάδες (Number, Amount) με το Number να δηλώνει τον αριθμό που επιθυμούν και το μέγιστο ποσό το οποίο διατίθενται να δώσουν, ενώ η σειρά με την οποία εμφανίζονται οι δυάδες στη λίστα φανερώνουν την σειρά προτίμησης. Το πρόβλημα που προκύπτει είναι πως θα βρεθεί ο αλγόριθμος ανάθεσης. Πως δηλαδή θα κατανεμηθούν οι αριθμοί εγγραφής στους πράκτορες με τρόπο που το οικονομικό κέρδος και το κοινωνικό όφελος του νέου μηχανισμού να είναι τουλάχιστον ίσα ή μεγαλύτερα από τον υπάρχοντα μηχανισμό. Λύση για το πρόβλημα αναζητήθηκε και στη βιβλιογραφία, αλλά δεν εντοπίστηκαν παρόμοιες ερευνητικές προσπάθειες που να λαμβάνουν υπόψη και τη σειρά προτεραιότητας στις προτιμήσεις.

Ο νέος μηχανισμός που προτείνεται και παρουσιάζεται πιο κάτω είναι εμπνευσμένος τόσο από την αρχή της αποκάλυψης (revelation principle) που έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 2 αλλά και

το θεώρημα ισοδυναμίας κέρδους. Ουσιαστικά αποτελείται από δύο επιμέρους μηχανισμούς, ένα εξωτερικό άμεσο μηχανισμό και ένα εσωτερικό μηχανισμό.

5.1 Ο νέος άμεσος μηχανισμός δημοπρασιών

Ο εξωτερικός μηχανισμός είναι άμεσος (direct mechanism) και - όπως ορίστηκε στο Κεφάλαιο 2- οι πράκτορες - πλειοδότες έχουν ως κυρίαρχη στρατηγική την υποβολή των τύπων τους και ουσιαστικά των προτιμήσεων τους. Οι πράκτορες - πλειοδότες (ή εξωτερικοί πράκτορες) αφού υποβάλουν τις προτιμήσεις τους στο μηχανισμό, δεν έχουν να κάνουν τίποτα παρά μόνο να περιμένουν την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων. Ο εξωτερικός μηχανισμός, αφού λήξει το χρονικό περιθώριο για την υποβολή προτιμήσεων από τους πράκτορες - πλειοδότες, ξεκινά ένα σύνολο διαδικασιών για να τους αναθέσει τους αριθμούς εγγραφής. Τις διαδικασίες αυτές εκκινεί στην ουσία ένας εξωτερικός μεσολαβητής (external mediator) που συμμετέχει στο περιβάλλον του εξωτερικού μηχανισμού.

Ο εξωτερικός μεσολαβητής αφού λήξει το χρονικό περιθώριο για υποβολή προτιμήσεων από τους εξωτερικούς πράκτορες εκτελεί συγκεκριμένες ενέργειες:

1. Δημιουργεί για κάθε εξωτερικό πράκτορα - πλειοδότη και με βάση τον τύπο του πράκτορα αυτού, ένα αντίστοιχο proxy πράκτορα ο οποίος δεν εμφανίζει στον τύπο του ανεπιθύμητες συμπεριφορές.
2. Εκκινεί προσομοιώσεις ενός δεύτερου εσωτερικού έμμεσου μηχανισμού σχεδιάστηκε για να επιλύσει τα προβλήματα που παρουσίασε ο υπάρχων έμμεσος μηχανισμός TOM και που μπορεί να θεωρείται σαν ένας εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης των αντικειμένων στους εξωτερικούς -πράκτορες πλειοδότες.
3. Θέτει στο περιβάλλον του εσωτερικού μηχανισμού ένα εσωτερικό μεσολαβητή (internal mediator) που έχει ρόλο να ανακοινώσει τα αποτελέσματα του εσωτερικού έμμεσου μηχανισμού.
4. Θέτει στο περιβάλλον του εσωτερικού μηχανισμού τους proxy - agents και ο μηχανισμός εκτελείται μέχρι να καταγραφούν τα αποτελέσματα σε ένα αρχείο κειμένου.

5. Διαβάζει από το αρχείο κειμένου τα αποτελέσματα και ανακοινώνει στον εξωτερικό μηχανισμό την κατανομή των αριθμών πλαισίων.
6. Δημοσιεύει τα αποτελέσματα στους εξωτερικούς πράκτορες.

Ενέργεια (action)	Πράκτορας
Υποβολή προτιμήσεων	Πράκτορας – πλειοδότης (εξωτερικός πράκτορας)
Άνοιγμα άμεσου μηχανισμού	<i>Master Agent</i>
Κλείσιμο άμεσου μηχανισμού	<i>Master Agent</i>
Ανακοίνωση αποτελεσμάτων	Εξωτερικός μεσολαβητής
Δημοσίευση αποτελεσμάτων	Εξωτερικός μεσολαβητής

Πίνακας 5.1. Ενέργειες που είναι δυνατόν να εκτελέσουν οι πράκτορες στο περιβάλλον του νέου άμεσου μηχανισμού.

5.1.1 Μοντελοποίηση του νέου άμεσου μηχανισμού δημοπρασιών

Στο Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι ενέργειες που είναι εκτελέσιμες στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό καθώς και τους πράκτορες που μπορούν να τις εκτελέσουν.

Όπως και στην μοντελοποίηση του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM, το περιβάλλον (domain) υλοποιήθηκε σε 6 μέρη.

Μέρος 1^ο: Ορισμός κλάσεων

Στο μέρος αυτό ορίζεται μόνο η κλάση `direct_mechanism` και οι 8 οκτώ ιδιότητές της.

```
classes([
  (direct_mechanism, [
    status,
    auctioneer,
    set_of_preferences,
    allocation,
    opening_price,
    opening_time,
    closing_time,
    revenue
  ])
]).
```

Η ιδιότητα *status* παίρνει τιμές *open* ή *closed* ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο μηχανισμός. Η ιδιότητα *auctioneer* καθορίζει το άτομο που διεξάγει τις δημοπρασίες στο νέο μηχανισμό (εδώ δηλαδή είναι το Τμήμα Οδικών μεταφορών που εκπροσωπείται όπως θα δούμε παρακάτω από τον master agent με όνομα *god*). Οι ιδιότητες *opening_time* και *opening_price* έχουν σταθερή τιμή και δηλώνουν την χρονική στιγμή ανοίγματος και την τιμή ανοίγματος του μηχανισμού. Στην ιδιότητα *set_of_preferences* κρατούνται το σύνολο των προτιμήσεων που υποβάλλει καθένας από τους εξωτερικούς πράκτορες. Η ιδιότητα *closing_time* δηλώνει την χρονική στιγμή στην οποία αναμένεται να κλείσει ο μηχανισμός, δηλαδή δηλώνει τη χρονική στιγμή τιμή μέχρι την οποία κάθε εξωτερικός πράκτορας έχει το δικαίωμα να υποβάλει τις προτιμήσεις του. Οι ιδιότητες *allocation* και *revenue* δηλώνουν την τελική κατανομή των αριθμών και το τελικό οικονομικό κέρδος που αποφέρει ο μηχανισμός αντίστοιχα.

Μέρος 2^ο: Έναρξη (Initially)

```
initially([
  create_var(ismediator),
  set_var(ismediator,0),
  open_direct_mechanism(new_mechanism) ]]).
```

Μόλις δημιουργηθεί το περιβάλλον και τρέξει η προσομοίωση εκτελείται το transaction `initially` με τις ενέργειες : την `open _direct_mechanism(new_mechanism)` η οποία ανοίγει ένα νέο

στιγμιότυπο της κλάσης `direct_mechanism` με το όνομα `new_mechanism` και τις `create_var(ismediator)` και `set_var(ismediator,0)` που δημιουργούν τη μεταβλητή `ismediator` και της προσδίδουν την τιμή 0. Η `ismediator` μεταβλητή χρησιμοποιείται εδώ με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιήθηκε και στην υλοποίηση του υπάρχοντος μηχανισμού, για σκοπούς δηλαδή διάκρισης του εξωτερικού μεσολαβητή από τους υπόλοιπους εξωτερικούς πράκτορες.

Μέρος 3^ο: Κατά την είσοδο του πράκτορα (On entrance)

```

on_entrance (Agent, [
  set_var(ismediator,Count) where (object(ismediator),
    value(ismediator,[(instance_of,variable),(value,CurrentCount)])
    , Count is CurrentCount+1),
  %Δώσε το δικαίωμα σε κάθε εξωτερικό πράκτορα να βλέπει
  issue_p(right(query(Mechanism,Property), (
    object(Mechanism), % για κάθε μηχανισμό
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism), %τύπου direct_mechanism
    ((Property==status); (Property==instance_of)) %την ιδιότητα status ή τον τύπο
    του
  )), Agent),
  %Δώσε το δικαίωμα σε ένα πράκτορα να βλέπει
  issue_p(right(query(Mechanism,_), (
    object(Mechanism), % οποιαδήποτε ιδιότητα του
    %του κάθε μηχανισμού
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism) %τύπου direct_mechanism
  )), Agent) where ( % όταν ο πράκτορας είναι ο εξωτερικός μεσολαβητής
    object(ismediator),value(ismediator,[(instance_of,variable),(value,C)]), C==1),
  %Δώσε το δικαίωμα σε ένα πράκτορα εκτελεί την ενέργεια announce_result
  issue_p(right(announce_results(Mechanism,Allocation,Revenue), (
    object(Mechanism), %για κάθε μηχανισμό
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism), %τύπου direct_mechanism
    value(Mechanism,status,closed) % αφού λήξει ο χρόνος υποβολής
    προτιμήσεων )),Agent) where ( % όταν ο πράκτορας είναι ο εξωτερικός
    μεσολαβητής
    object(ismediator),value(ismediator,[(instance_of,variable),(value,C)]), C==1),
  %Δώσε το δικαίωμα σε ένα πράκτορα να εκτελεί την ενέργεια publish_results
  issue_p(right(publish_results,
    (object(Mechanism), %για κάθε μηχανισμό
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism), %τύπου direct_mechanism
    value(Mechanism,status,closed) %αφού λήξει ο χρόνος υποβολής προτιμήσεων
  )),Agent where ( % όταν ο πράκτορας είναι ο εξωτερικός μεσολαβητής
    object(ismediator),value(ismediator,[(instance_of,variable),(value,C)]), C==1)
  ]).

```

Όπως και στην υλοποίηση του υπάρχοντος μηχανισμού, η πρώτη ενέργεια που εκτελεί ο διαχειριστής (master agent) μόλις εισέλθει κάποιος εξωτερικός πράκτορας είναι να αυξήσει την τιμή της μεταβλητής ismediator κατά ένα (1). Ο εξωτερικός μεσολαβητής εισέρχεται πρώτος στο περιβάλλον, όταν δηλαδή η τιμή ismediator γίνεται 1. Ο εξωτερικός μεσολαβητής δεν συμμετέχει στο «παιχνίδι», απλά εκτελεί τις διαδικασίες στις οποίες αναφερθήκαμε στο υποκεφάλαιο 5.1 και οι οποίες θα αναλυθούν εκτενέστερα κατά την περιγραφή του κώδικα του συγκεκριμένου πράκτορα. Επειδή κάποιες ενέργειες πρέπει να είναι εκτελέσιμες μόνο από αυτόν έπρεπε να διακριθεί από τους υπόλοιπους.

Η δεύτερη ενέργεια που εκτελείται από το master_agent είναι η παραχώρηση του δικαιώματος σε οποιοδήποτε εξωτερικό πράκτορα εισέρχεται να βλέπει τις ιδιότητες status και instance-of των αντικειμένων τύπου direct_mechanism (στην ουσία ένα αντικείμενο ανοίγεται σε κάθε προσομοίωση). Πράγματι ο οποιοσδήποτε πλειοδότης θέλει και χρειάζεται να γνωρίζει αν έχουν κλείσει οι δημοπρασίες και αν έχουν ανακοινωθεί τα αποτελέσματα.

Οι τρεις επόμενες ενέργειες αντιστοιχούν σε τρεις παραχωρήσεις δικαιωμάτων από τον master agent στον εξωτερικό μεσολαβητή (external mediator) : α) το δικαίωμα πρόσβασης σε όλες τις ιδιότητες των αντικειμένων τύπου direct_mechanism, β) το δικαίωμα εκτέλεσης της ενέργειας announce_results και γ) το δικαίωμα εκτέλεσης της ενέργειας publish_results.

Παρατηρούμε ότι για κάθε παραχώρηση δικαιώματος στον εξωτερικό μεσολαβητή η συνθήκη επαναλαμβάνεται. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι η γλώσσα δεν παρέχει τη δυνατότητα ομαδοποίησης των δικαιωμάτων. Η κάθε παραχώρηση πρέπει να γίνεται μεμονωμένα αφού θεωρείται ως ένα στοιχείο στη (transaction) λίστα ενεργειών on_entrance, που εκτελούνται δηλαδή με την είσοδο ενός πράκτορα.

Μέρος 4^ο: Κατά την έξοδο του πράκτορα (On departure)

Δεν απαιτείται καμιά ενέργεια από τον master agent κατά την έξοδο των πρακτόρων.

Μέρος 5^ο: Ορισμός ενεργειών

Στον Πίνακα 5.1 φαίνονται οι ενέργειες που υλοποιούνται εφόσον προκύπτουν από τις προδιαγραφές του νέου άμεσου μηχανισμού. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η υλοποίηση της κάθε μιας από αυτές.

Δημιουργία άμεσου μηχανισμού

Η ενέργεια `create_direct_mechanism` παίρνει ως μοναδική παραμέτρο το όνομα του μηχανισμού (`Mechanism`). και εκτελείται μόνο όταν δεν υπάρχει άλλο αντικείμενο με το όνομα `Mechanism` (`preconditions`). Με την εκτέλεση της ενέργειας σημαίνει ότι μπαίνουν σε εφαρμογή τα `effects` της, μια σειρά από ενέργειες που εκτελούνται από τον `master agent`. Αρχικά δημιουργείται ένα αντικείμενο τύπου `direct_mechanism` με το όνομα `Mechanism` και στη συνέχεια εκτελούνται μια σειρά από ενέργειες της μορφής `set(#object,#attribute,#value)` που καταχωρούν τις αρχικές τιμές στις ιδιότητες του αντικειμένου `Mechanism`, όπως παρουσιάζονται στον παρακάτω κώδικα.

```
action(Agent,
  create_direct_mechanism(Mechanism)) :-
  preconditions([
    \+ object(Mechanism)
  ]),
  effects([
    create(Mechanism,direct_mechanism),
    set(Mechanism, status, open),
    set(Mechanism, auctioneer, Agent),
    set(Mechanism, opening_price, 500),
    set(Mechanism, set_of_preferences, []),
    set(Mechanism, revenue, 0),
    set(Mechanism, allocation, []),
    set(Mechanism, opening_time, Time)
  ])
  where
    value(clock, happened_at, Time),
    set(Mechanism, closing_time, ClosingTime)
    where (value(clock, happened_at, Time),
      ClosingTime is Time+30)
  ].
```

Παρατηρούμε από τον κώδικα ότι ο χρόνος κλεισίματος ενός εξωτερικού άμεσου μηχανισμού είναι 30 δευτερόλεπτα μετά το άνοιγμά του. Στο χρονικό διάστημα των 30 δευτερολέπτων οι πράκτορες -παίκτες μπορούν να υποβάλουν τις προτιμήσεις τους.

Άνοιγμα άμεσου μηχανισμού

Η ενέργεια `open_direct_mechanism` είναι μια σύνθετη ενέργεια (transaction). Περιλαμβάνει την ενέργεια `create_direct_mechanism` η οποία έχει οριστεί προηγουμένως, την ανάληψη της υποχρέωσης από τον πράκτορα (master agent) που ανοίγει το μηχανισμό να την κλείσει και την παραχώρηση τριών δικαιωμάτων στους υπόλοιπους πράκτορες-παίκτες.

Ο master agent αναλαμβάνει την υποχρέωση να καταχωρίσει τη τιμή `closed` στην ιδιότητα `status` του αντικειμένου `Mechanism` πριν περάσει ο χρόνος λήξης του μηχανισμού αλλιώς θα κλείσει ο μηχανισμός. Ο master agent δεν εκτελεί ποτέ την `close_direct_mechanism` οπότεν αυτή εκτελείται ως ποινή (sanction) για την υποχρέωση αυτή μόλις περάσει ο χρόνος λήξης.

Την ανάληψη της υποχρέωσης για το κλείσιμο του μηχανισμού ακολουθούν τρεις παραχωρήσεις δικαιωμάτων στους πράκτορες – παίκτες (Bidder). Συγκεκριμένα τους παραχωρούνται α) το δικαίωμα πρόσβασης στην ιδιότητα `status` του αντικειμένου `Mechanism`, β) το δικαίωμα εκτέλεσης της ενέργειας `report_beliefs` ενόσω ο μηχανισμός είναι ανοικτός και γ) το δικαίωμα πρόσβασης του κάθε Bidder στην τιμή της μεταβλητής `win(Bidder)` μετά την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων του μηχανισμού. Στη μεταβλητή `win` και το ρόλο της θα γίνει αναφορά στη συνέχεια.

Κλείσιμο Άμεσου Μηχανισμού

Με την εκτέλεση της `open_direct_mechanism`, με την οποία δημιουργείται και ανοίγει ένας νέος άμεσος μηχανισμός, ο master agent αναλαμβάνει, όπως προαναφέρθηκε, την υποχρέωση να κλείσει το συγκεκριμένο μηχανισμό. Η παραβίαση αυτής της υποχρέωσης, που είναι πάντα `true`, έχει ως ποινή (sanction) την κλήση της ενέργειας `close_direct_mechanism`.

```

action(Agent, close_direct_mechanism(Mechanism)) :-
  preconditions([
    object(Mechanism),
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism)
  ]),
  effects([
    set(Mechanism, status, closed)
  ]).

```

Η `close_direct_mechanism(Mechanism)` μπορεί να εκτελεστεί μόνο όταν υπάρχει αντικείμενο με το όνομα `Mechanism` τύπου `direct_mechanism` όπως δηλώνονται στα `preconditions` και έχει σαν μοναδική συνέπεια (effect) την αλλαγή της κατάστασης (status) του μηχανισμού `Mechanism` από *open* σε *closed*.

Υποβολή προτιμήσεων

Η ενέργεια `report_beliefs` παίρνει ως μοναδική παράμετρο την `Beliefs`, που στην ουσία είναι ο τύπος του εξωτερικού πράκτορα – πλειοδότη. Ο τύπος του πράκτορα – πλειοδότη και η υλοποίησή του περιγράφεται στο Κεφάλαιο 7.

```

action(Agent, report_beliefs(Beliefs)) :-
  preconditions([
    object(Mechanism),
    value(Mechanism,instance_of,direct_mechanism),
    value(Mechanism, status, open),
    value(Mechanism,set_of_preferences,SetOfPreferences),
    \+ member((Agent,_),SetOfPreferences)
  ]),
  effects([
    set(Mechanism, set_of_preferences,NewSetOfPreferences) where
    (value(Auction, set_of_preferences, SetOfPreferences),
    NewSetOfPreferences = [(Agent,Beliefs)|SetOfPreferences] )
  ]).

```

Όταν ζητήσει κάποιος πράκτορας- πλειοδότης να υποβάλει τις προτιμήσεις του, ελέγχονται τα preconditions της report_beliefs, δηλαδή α) ελέγχεται η ύπαρξη ανοικτού μηχανισμού τύπου direct_mechanism και β) επιβεβαιώνεται ότι ο εξωτερικός πράκτορας -πλειοδότης δεν έχει υποβάλει ήδη τα πιστεύω του.

Η συνέπεια (effect) της report_beliefs είναι μια ενέργεια set που καταχωρεί στην ιδιότητα set_of_preferences του μηχανισμού Mechanism τη νέα τιμή NewSetOfPreferences. Πρόκειται για μια νέα λίστα που προκύπτει από την προσθήκη της δυάδας (Agent,Beliefs) στην προϋπάρχουσα λίστα SetOfPreferences που περιλαμβάνει τα ζεύγη (πράκτορας, προτιμήσεις) για κάθε πράκτορα-πλειοδότη που έχει υποβάλει τις προτιμήσεις του.

Ανακοίνωση Αποτελεσμάτων

Η ενέργεια announce_results είναι εκτελέσιμη μόνο από τον external mediator εφόσον μόνο σε αυτό παραχωρείται το δικαίωμα να την εκτελέσει. Με την έκβαση των αποτελεσμάτων ο εξωτερικός μεσολαβητής (external mediator) θα εκτελέσει την ενέργεια announce_results(Mechanism, Allocation,Revenue) ούτως ώστε στις ιδιότητες allocation και revenue του μηχανισμού με όνομα Mechanism να καταχωρηθούν οι τιμές των παραμέτρων Allocation και Revenue αντίστοιχα.

```
action(Agent, announce_results(Mechanism,Allocation,Revenue)) :-  
    preconditions([  
        object(Mechanism)  
    ]),  
    effects([  
        set(Mechanism, allocation, Allocation),  
        set(Mechanism, revenue, Revenue)  
    ]).
```

Δημοσίευση αποτελεσμάτων (publish_results)

Με την announce_results τα αποτελέσματα καταχωρούνται στις ιδιότητες του άμεσου μηχανισμού αλλά οι εξωτερικοί πράκτορες παίκτες δεν μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά, αφού για τον κάθε ένα πρέπει να απομονωθεί το μέρος εκείνο της πληροφορίας που τον αφορά. Ο κάθε πράκτορας που συμμετέχει, δικαιούται να γνωρίζει μόνο τι αποκόμισε ο ίδιος από την τελική κατανομή των αριθμών εγγραφής και σε τι τιμή. Για να δημοσιευτεί στον κάθε ένα από

αυτούς το απομονωμένο μέρος θα πρέπει ο εξωτερικός μεσολαβητής να ζητήσει να εκτελέσει την `publish_results`.

```
action(Agent,publish_results) :-
transaction([
  announce_to(win(SomeAgent),Value,SomeAgent) where (
    object(Mechanism),
      value(Mechanism,[(instance_of,direct_mechanism),
        (status,closed),
        (set_of_preferences,SetOfPreferences),
        (allocation,Allocation)])),
    member((SomeAgent,Beliefs),SetOfPreferences),
    findall((Number,Payment),member((Number,Payment,SomeAgent),Allocation),Value)
  )
]).
```

Η `publish_results` είναι μια σύνθετη ενέργεια (`transaction`) που αποτελείται από την ενέργεια `announce_to`, που θα αναλυθεί μετέπειτα, υπό μια συνθήκη `where` με διπλό ρόλο. Ο ρόλος της συνθήκης `where` είναι α) να απομονώσει σαν ένας ζεύγος τιμών μέσω της `findall` για κάποιο πράκτορα `SomeAgent` το τι αποκόμισε (`Number`) με το τέλος του μηχανισμού και σε τι τιμή (`Payment`) και να το δώσει ως παράμετρο `Value` στην `announce_to (win(SomeAgent),Value,SomeAgent)` και β) να επαναλάβει την `announce_to` για κάθε πράκτορα –παίκτη που υπέβαλε στο μηχανισμό την προσφορά του.

Η `announce_to(win(SomeAgent),Value,SomeAgent)` που καλείται επαναληπτικά στην `publish_results` αποσκοπεί στο να ανακοινώσει στον πράκτορα με όνομα `SomeAgent` το δικό του κέρδος από το μηχανισμό. Η `announce_to` είναι επίσης σύνθετη ενέργεια και αποτελείται από τρεις απλές ενέργειες: α) τη δημιουργία μιας μεταβλητής με το όνομα `win(SomeAgent)` β) την καταχώρηση στην τιμή της μεταβλητής αυτής την τιμή της παραμέτρου `Value` (υπολογίζεται κατά την `where` συνθήκη της `publish_results`) και γ) την παραχώρηση του δικαιώματος στον πράκτορα με όνομα `SomeAgent` να βλέπει την τιμή της `win(SomeAgent)`. Παρατηρείται ότι το όνομα της μεταβλητής `win(SomeAgent)` περιέχει και το όνομα του πράκτορα γιατί θα δημιουργηθούν πολλές τέτοιες μεταβλητές με μια εκτέλεση της `publish_results`.

Αξίζει σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι το δικαίωμα για την εκτέλεση της `announce_to` δεν παραχωρείται στον εξωτερικό μεσολαβητή `on_entrance`. Ο εξωτερικός μεσολαβητής εφόσον αποκτά με την είσοδό το δικαίωμα να εκτελεί την σύνθετη ενέργεια `publish_results` αποκτά αυτομάτως και το δικαίωμα να εκτελεί όλες τις ενέργειες που αυτή περιλαμβάνει, επομένως και την `announce_to`.

5.1.2 Ο εξωτερικός μεσολαβητής

Ο εξωτερικός πράκτορας μεσολαβητής (`external mediator`) όπως έχει προαναφερθεί έχει τον πρωταγωνιστικό ρόλο στο νέο μηχανισμό αφού είναι αυτός που ξεκινά τις διαδικασίες για την διεξαγωγή των δημοπρασιών εσωτερικά στο σύστημα και την ανακοίνωση και δημοσίευση των αποτελεσμάτων στους πράκτορες παίκτες.

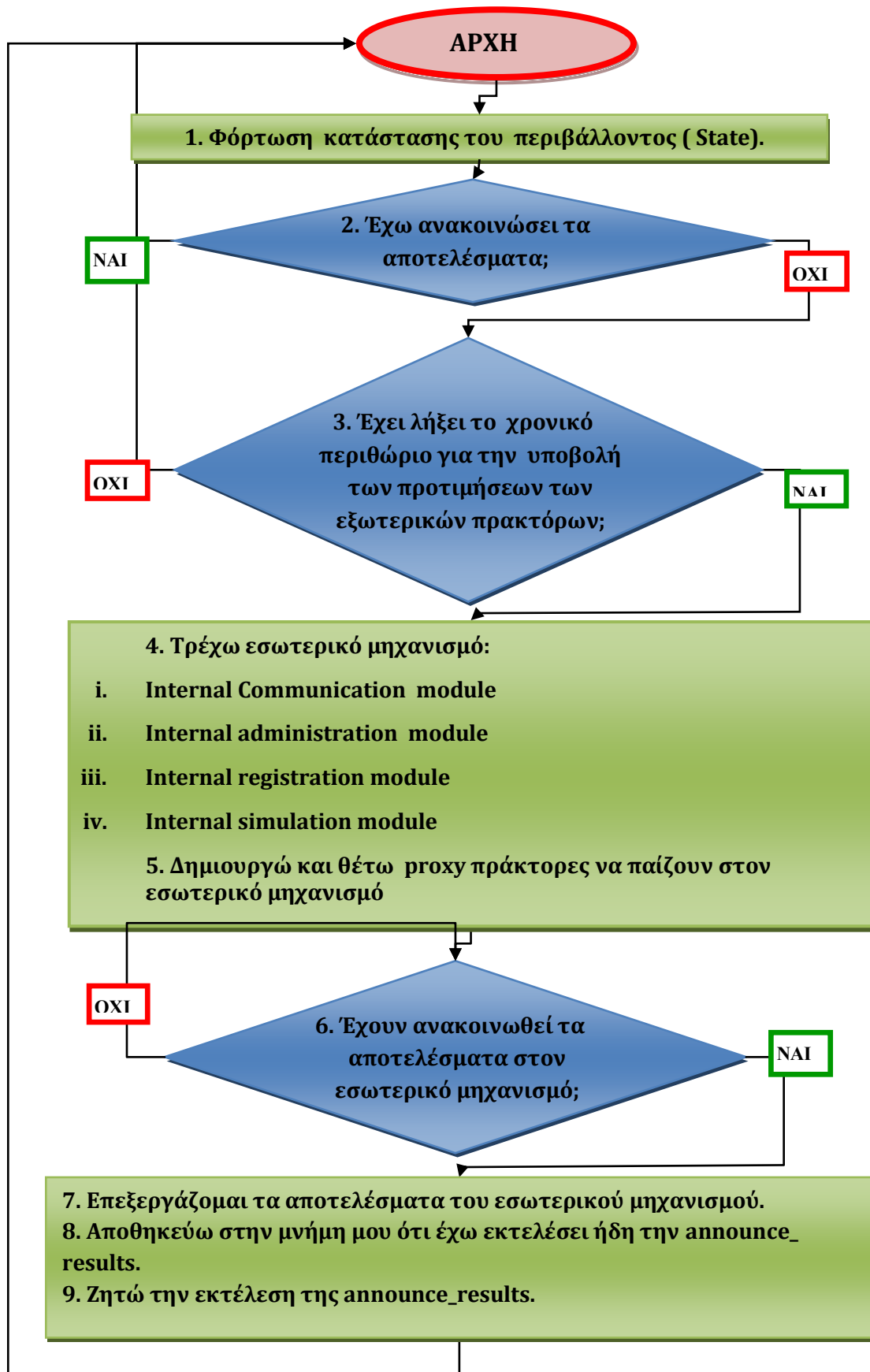
Οι μόνες ενέργειες που ορίζονται στο `domain` του άμεσου μηχανισμού και είναι εκτελέσιμες από τον εξωτερικό μεσολαβητή με επιπτώσεις στα αντικείμενα του άμεσου μηχανισμού είναι οι ενέργειες `announce_results` και `publish_results`. Όλες οι άλλες διαδικασίες που πρέπει να διεκπεραιώσει ο εξωτερικός μεσολαβητής και δεν αφορούν τον άμεσο μηχανισμό θα πρέπει να εκτελεστούν ως παρενέργειες (`side effects`) κατά την προσπάθεια λήψης απόφασης για την εκτέλεση των δυο πιο πάνω επιτρεπόμενων ενεργειών.

Διαδικασία λήψης απόφασης για ανακοίνωση αποτελεσμάτων

Ο εξωτερικός μεσολαβητής μέχρι να αποφασίσει αν επιθυμεί να ανακοινώσει τα αποτελέσματα ακολουθεί τη διαδικασία που παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1. Σαν 1^ο βήμα ο εξωτερικός μεσολαβητής φορτώνει στη μνήμη του την κατάσταση (`state`) του περιβάλλοντος.

Στο 2^ο βήμα αν ο εξωτερικός μεσολαβητής διασφαλίζει ότι δεν έχει εκτελέσει ξανά την `announce_results`. Αν έχει ήδη ανακοινώσει τα αποτελέσματα επιστρέφει στην αρχή. Πράγματι, μια φορά ανακοινώνονται τα αποτελέσματα στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό.

Στο 3^ο βήμα ο εξωτερικός μεσολαβητής ελέγχει αν η ιδιότητα `status` του εξωτερικού άμεσου έχει την τιμή `closed`, επομένως έχει λήξει και το χρονικό περιθώριο για τους εσωτερικούς πράκτορες να υποβάλουν τις προσφορές τους. Αν ισχύει αυτό συνεχίζει, αλλιώς επιστρέφει στην αρχή.



Σχήμα 5.1 Διαδικασία λήψης απόφασης εξωτερικού μεσολαβητή για ανακοίνωση αποτελεσμάτων στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό.

Στο 4^ο βήμα, ο εξωτερικός μεσολαβητής εκτελεί τον εσωτερικό έμμεσο μηχανισμό. Εκτέλεση του εσωτερικού μηχανισμού σημαίνει την εκτέλεση σε σειρά των εσωτερικών communication module, administration module, registration module και simulation module.

Έπειτα προχωρεί στο 5^ο βήμα, όπου εκτελεί την create_proxy_files για να δημιουργήσει για καθένα από τους εξωτερικούς πράκτορες τον αντίστοιχο proxy_agent που θα τον εκπροσωπεί στον εσωτερικό έμμεσο μηχανισμό και να εισάγει τον proxy_agent στον εσωτερικό μηχανισμό.

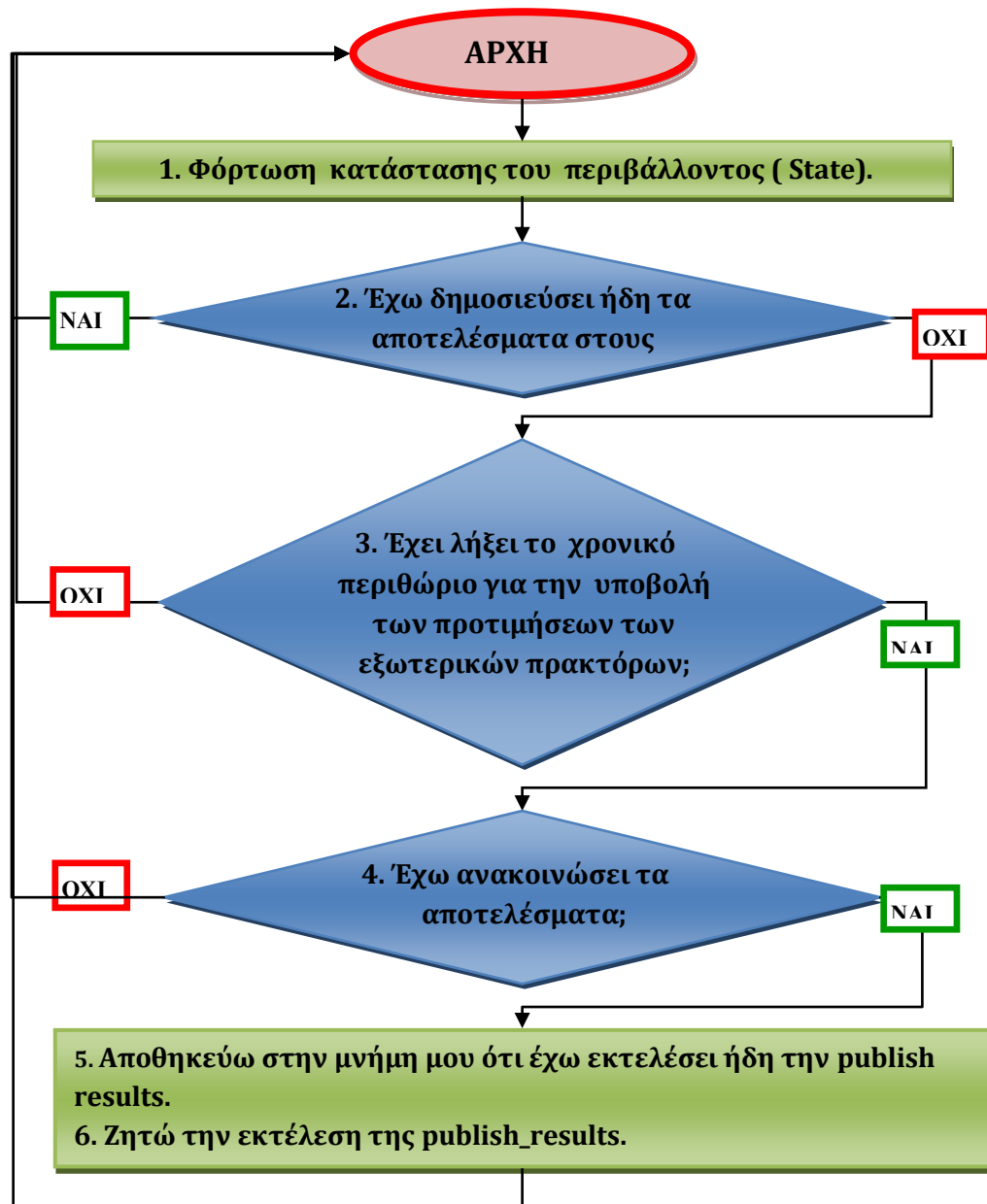
Στο 6^ο βήμα γίνεται έλεγχος της ανακοίνωσης των αποτελεσμάτων στον εσωτερικό μηχανισμό. Στον εσωτερικό μηχανισμό τα αποτελέσματα καταγράφονται σε ένα νέο αρχείο κειμένου με το όνομα results.txt. Η ύπαρξη του αρχείου σημαίνει την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων του εσωτερικού μηχανισμού επομένως και τη λήξη των διεργασιών του. Επομένως, ο έλεγχος που γίνεται στο 6^ο βήμα, είναι έλεγχος της ύπαρξης του συγκεκριμένου αρχείου. Αν δεν υπάρχει περιμένει μέχρι να δημιουργηθεί, επαναλαμβάνοντας συνέχεια το 6^ο βήμα. Όταν έχει ανακοινωθεί η ανάθεση των αριθμών στον εσωτερικό μηχανισμό προχωρεί στο 7^ο βήμα.

Στο 7^ο βήμα, επεξεργάζεται τα δεδομένα του αρχείου results.txt μέσω της manipulate_results ώστε να τα καταχωρίσει στις παραμέτρους της announce_results. Πριν ζητήσει να εκτελέσει την announce_results, αποθηκεύει στην μνήμη του ότι έχει εκτελέσει την announce_results για να μην το επαναλάβει.

Διαδικασία Λήψης Απόφασης για Δημοσίευση Αποτελεσμάτων

Η διαδικασία λήψης απόφασης για την δημοσίευση των αποτελεσμάτων στους συμμετέχοντες πλειοδότες είναι απλή και φαίνεται στο Σχήμα 5.2.

Ο εξωτερικός μεσολαβητής στο βήμα 1 φορτώνει την κατάσταση του περιβάλλοντος και στο βήμα 2 ελέγχει αν έχει ήδη δημοσιεύσει τα αποτελέσματα για να μην το επαναλάβει. Αν ναι επιστρέφει στην αρχή, αν όχι συνεχίζει. Στο βήμα 3ο ελέγχει αν έχει λήξει το χρονικό περιθώριο υποβολής των προτιμήσεων των εξωτερικών πρακτόρων αλλιώς επιστρέφει στην αρχή. Στο 4^ο βήμα ελέγχει αν έχει ανακοινώσει τα αποτελέσματα στον εσωτερικό μηχανισμό. Αν όχι επιστρέφει στην αρχή. Στο 5^ο βήμα αποθηκεύει στη μνήμη του ότι έχει εκτελέσει την publish results και στο 6^ο βήμα ζητά την εκτέλεσή της. Έπειτα επιστρέφει και πάλι στην αρχή.



Σχήμα 5.2. Διαδικασία λήψης απόφασης εξωτερικού μεσολαβητή για δημοσίευση αποτελεσμάτων στους πράκτορες –πλειοδότες στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό.

5.2 Ο εσωτερικός έμμεσος μηχανισμός ανάθεσης

Όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως, ο εξωτερικός μεσολαβητής ανακοινώνει τα αποτελέσματα στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό, δηλαδή την ανάθεση των αντικειμένων (Allocation) στους πράκτορες – παίκτες. Το ερώτημα που έπρεπε να απαντηθεί αφορούσε στον τρόπο με τον οποίο θα κατέληγε σε μια ανάθεση που να οδηγεί - αν όχι στη μεγιστοποίηση του

οικονομικού κέρδους και του κοινωνικού οφέλους- τουλάχιστον στην βελτίωση τους σε σχέση με την απόδοση του υπάρχοντος μηχανισμού TOM.

Ο εξωτερικός μεσολαβητής για να δώσει τα αποτελέσματα στον εξωτερικό μηχανισμό, καλεί ένα εσωτερικό μηχανισμό στον οποίο «θέτει» proxy πράκτορες να λειτουργούν για λογαριασμό των εξωτερικών πρακτόρων. Με το νέο εσωτερικό μηχανισμό αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του καθορισμένου χρόνου λήξης των δημοπρασιών ενώ με τους proxy πράκτορες αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες στρατηγικές που φαίνονται να εφαρμόζονται από τους πλειοδότες στον υπάρχοντα μηχανισμό δημοπρασιών TOM.

5.2.1 Μοντελοποίηση του νέου εσωτερικού μηχανισμού ανάθεσης

Ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης του νέου μηχανισμού δημοπρασιών υποστηρίζει όλες τις ενέργειες που υποστηρίζει ο υπάρχων μηχανισμός δημοπρασιών TOM που έχει ήδη περιγραφεί στο Κεφάλαιο 4 εκτός από την ενέργεια ask_results αφού δεν είναι αναγκαίο οι proxy πράκτορες να γνωρίζουν τα αποτελέσματα των εσωτερικών δημοπρασιών. Ο ρόλος τους αρχίζει και τελειώνει με το άνοιγμα και το κλείσιμο των δημοπρασιών. Πιο κάτω παρουσιάζονται οι ενέργειες στην υλοποίηση των οποίων υπάρχουν διαφορές σε σχέση με αυτές του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM.

Κλείσιμο δημοπρασιών στο νέο εσωτερικό μηχανισμό

Ο νέος εσωτερικός μηχανισμός ακολουθεί την ίδια λογική με τον υπάρχοντα μηχανισμό TOM του οποίου η υλοποίηση παρουσιάστηκε στο Υποκεφάλαιο ειδοποιό διαφορά το κλείσιμο των δημοπρασιών. Οι δημοπρασίες στον νέο εσωτερικό μηχανισμό έχουν κυλιόμενο χρόνο λήξης. Κλείνουν δηλαδή, μόνο αν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κανένας παίκτης δεν υποβάλει προσφορά σε καμία από τις δημοπρασίες.

Όπως και στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού TOM, στο νέο εσωτερικό μηχανισμό το κλείσιμο των δημοπρασιών αναλαμβάνεται ως υποχρέωση από τον master agent κατά το άνοιγμά τους. Το μόνο που διαφέρει είναι η συνθήκη της ανάληψης της υποχρέωσης που φαίνεται πιο κάτω.

```

take_on(obligation(           % Ανάλαβε την υποχρέωση
    ( value(Auction,status,closed) % να κλείσει η δημοπρασία
      ),(                     % Ικανοποίησε την υποχρέωση
        value(clock,happened_at,Time), % μετά που η τρέχουσα ώρα
        maxLastBidTime(LastBid), % θα υπερβεί την τελευταία χρονική στιγμή
        atleast(Time,LastBid+40)      % κατά την οποία υποβλήθηκε προσφορά κατά 40
        μονάδες χρόνου.
      ),(                       % Παραβαίνοντας τον κανόνα,

```

Εδώ γίνεται έλεγχος ούτως ώστε να μην έχει περάσει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα από την χρονική στιγμή που έγινε η πιο πρόσφατη προσφορά (maxLastBidTime), επομένως και από όλες τις υπόλοιπες προσφορές.

Για την εύρεση της χρονικής στιγμής της πιο πρόσφατης προσφοράς υλοποιήθηκε το κατηγορήμα maxLastBidTime(LastBid) που βρίσκει την μεγαλύτερη χρονική στιγμή στην οποία υποβλήθηκε προσφορά. Το κατηγορήμα maxLastBidTime υλοποιήθηκε με τη βοήθεια των built_in κατηγορημάτων της Prolog findall/3 και max.

```

maxLastBidTime(LastBid):- findall(LastBidTime,
                                (object(X),value(X,[(instance_of,rtd_auction),
                                                      (status,open),
                                                      (last_bid_time,LastBidTime)])),List),
                          LastBid is max(List).

```

Υποβολή προσφοράς στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Η ενέργεια raise_bid(Number,Bid,Ext) που είναι εκτελέσιμη από ένα proxy πράκτορα στο νέο εσωτερικό μηχανισμό παρουσιάζεται πιο κάτω. Υλοποιείται με την ίδια λογική που έχει υλοποιηθεί η raise_bid(Number,Bid) στον υπάρχοντα μηχανισμό (Κεφάλαιο 4.2)

```
action(Agent, raise_bid(Number,Bid,Ext)) :-
```

```
    preconditions([
        object(Auction),
        value(Auction,instance_of,rtd_auction),
        value(Auction,number,Number),
        value(Auction, highest_bid, CurrentBid),
        atleast(Bid, CurrentBid+50),
        check(Agent)
    ]),
```

```
    effects([
        set(Auction, highest_bid, Bid) where value(Auction,number,Number),
        set(Auction, highest_bidder,(Agent,Ext))where value(Auction,number,Number),
        set(Auction, last_bid_time, Time) where (value(Auction,number,Number),
                                                value(clock, happened_at, Time))
    ]).
```

Στην ενέργεια `raise_bid` προστίθεται η παράμετρος `Ext`. Με την παράμετρο `Ext` κατά την εκτέλεσή της `raise_bid`, ένας proxy πράκτορας δηλώνει εκτός και ποιον εξωτερικό (`external`) πράκτορα εκπροσωπεί στον εσωτερικό μηχανισμό. Οι proxy πράκτορες είναι σε θέση να γνωρίζουν ποιο εξωτερικό πράκτορα εκπροσωπούν αφού γι' αυτό προνοεί ο εξωτερικός μεσολαβητής κατά τη δημιουργία τους.

Φαίνεται και από τις συνέπειες (`effects`) της `raise_bid` ότι κατά την ενημέρωση της ιδιότητας `highest_bidder`, αυτή παίρνει σαν τιμή την δυάδα (`Agent, Ext`). Αυτό αποσκοπεί στο να γίνεται ορθά η αντιστοίχιση επομένως και η ανάθεση των αριθμών στους εξωτερικούς πράκτορες κατά την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων στον εξωτερικό μηχανισμό.

5.2.2 Ο εσωτερικός μεσολαβητής

Στον νέο εσωτερικό μηχανισμό, υπάρχει κάποιος εσωτερικός μεσολαβητής που καταγράφει με τη λήξη των δημοπρασιών την ανάθεση των αριθμών και το κέρδος σε ένα αρχείο κειμένου

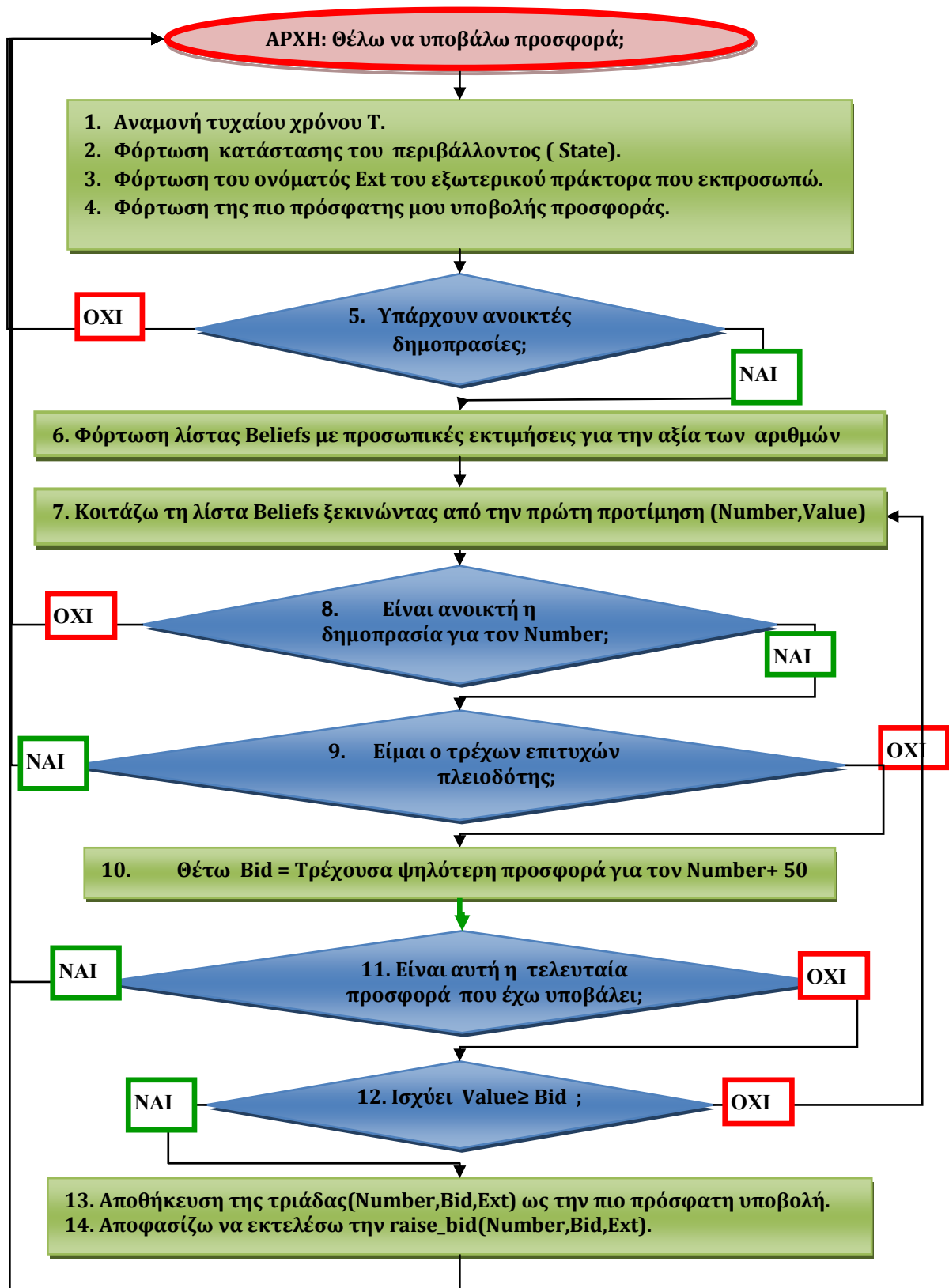
(results.txt). Τη δημιουργία αυτού του αρχείου κειμένου είναι που αναμένει και ο εξωτερικός μεσολαβητής στον εξωτερικό μηχανισμό για να ανακοινώσει εκεί τα αποτελέσματα.

Η διαδικασία λήψης απόφασης που ακολουθεί ο εσωτερικός μεσολαβητής για να καταγράψει τα αποτελέσματα είναι η ίδια με την διαδικασία λήψης απόφασης που περιγράφεται για τον εσωτερικό μεσολαβητή του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 4 (Σχήμα 4.1).

5.2.3 Proxy πράκτορες

Αναπόσπαστο κομμάτι του νέου μηχανισμού είναι οι εσωτερικοί proxy πράκτορες. Έχει προαναφερθεί ότι οι proxy πράκτορες υλοποιούνται με σκοπό να εξαλείψουν τα προβλήματα που δημιουργούν ανεπιθύμητες συμπεριφορές. Τέτοιες συμπεριφορές είναι το sniping, ο χρόνος αναμονής για δράση και ενδεχόμενα μεγάλα βήματα αύξησης των προσφορών που υποθέτουμε ότι προκαλούν μειώσεις τόσο στο κέρδος αλλά και στο κοινωνικό όφελος ενός μηχανισμού.

Η μοναδική ενέργεια που μπορούν να εκτελέσουν οι proxy πράκτορες στον εσωτερικό μηχανισμό είναι η υποβολή προσφοράς για ένα αριθμό. Η διαδικασία λήψης απόφασης ενός proxy πράκτορα για την υποβολή προσφοράς περιγράφεται στο Σχήμα 5.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 5.3 Διαδικασία λήψης απόφασης από ένα proxy πράκτορα στον νέο εσωτερικό μηχανισμό ανάθεσης για εκτέλεση της `raise_bid(Number,Bid, Ext)`.

Κεφάλαιο 6

Πράκτορες-Πλειοδότες

Στα Κεφάλαια 4 και 5 έχουν αναλυθεί οι ενέργειες που είναι εκτελέσιμες μέσα στον υπάρχων μηχανισμό και στο νέο μηχανισμό αντίστοιχα. Οι ενέργειες είναι εκτελέσιμες είτε από τους εξωτερικούς πράκτορες – παίκτες, είτε από τον πράκτορα - διαχειριστή του συστήματος, είτε από τον πράκτορα – μεσολαβητή. Πώς όμως αυτοί οι πράκτορες λαμβάνουν αποφάσεις και επιλέγουν να εκτελέσουν την κάθε μια ενέργεια; Οι πράκτορες μεσολαβητές αποτελούν μέρος των μηχανισμών που έχουν υλοποιηθεί και γι αυτό και οι διαδικασίες λήψης απόφασής που εφαρμόζουν έχουν αναλυθεί στα αντίστοιχα κεφάλαια. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν οι διαδικασίες λήψης απόφασής των πρακτόρων- πλειοδοτών, αφού πρώτα επεξηγηθεί ο τύπος τους.

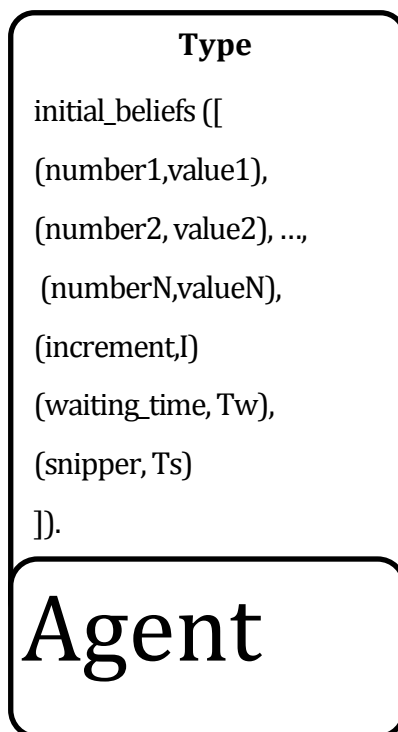
6.1. Τύπος πρακτόρων – πλειοδοτών

Οι πράκτορες- παίκτες που συμμετέχουν στο περιβάλλον TOM έχουν την ελευθερία της επιλογής. Επιλέγουν ελεύθερα πότε θα εισέλθουν ή θα αποχωρήσουν από το σύστημα.

Αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και μόλις ανοιχτούν νέες δημοπρασίες μπορούν να υποβάλουν την προσφορά τους. Η τυπική γλώσσα που προτείνουν οι Michael et al. [30] υποστηρίζει αυτή την ελευθερία της επιλογής μέσα από την αρχή της ελεύθερης βούλησης (free – will principle).

Ανάμεσα στις ιδιότητες των ευφύων πρακτόρων (όπως έχει προαναφερθεί στο Κεφάλαιο 2), είναι η αυτονομία και η αντίδραση στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος στο οποίο μετέχουν. Η αυτονομία των πρακτόρων που υλοποιούμε επιτυγχάνεται από το γεγονός ότι δρουν έξω από το σύστημα και είναι υλοποιημένοι σε διαφορετική προγραμματιστική γλώσσα. Οι αποφάσεις τους καθορίζονται πρώτα από τα πιστεύω τους και έπειτα από το τι συμβαίνει στο περιβάλλον (Black-box principle).

Οι πράκτορες έχουν υλοποιηθεί στη γλώσσα Prolog. Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται ο τύπος ενός τυπικού πράκτορα. Ο τύπος του πράκτορα υλοποιείται ως μια λίστα με το όνομα `initial_beliefs` που αποτελείται από δυάδες.



Σχήμα 6.1: Ο τύπος ενός τυπικού πράκτορα -πλειοδότη

Οι πρώτες δυάδες στη λίστα είναι οι προσωπικές εκτιμήσεις του πράκτορα για τα αντικείμενα των δημοπρασιών. Σημειώνεται εδώ ότι κατά το σχεδιασμό των «πιστεύω» των πρακτόρων υιοθετήθηκε το μοντέλο της ιδιωτικής τιμής (private value) που εξηγήθηκε στο κεφάλαιο 2(20).

Οι πράκτορες δηλαδή έχουν μια προσωπική κρυφή εκτίμηση για την αξία μιας πινακίδας και δεν μπορούν να την αλλάξουν ενόσω η δημοπρασία βρίσκεται σε εξέλιξη.

Η έκφραση των προτιμήσεων γίνεται με αποκλειστικό Η' (exclusive OR). Για παράδειγμα, ο πράκτορας Agent (Σχήμα 6.1) επιθυμεί τον αριθμό number1 για μέγιστο ποσό ίσο με το value1 ή τον αριθμό number2 για μέγιστο ποσό ίσο με το value2 αλλά όχι και τα δύο. Επίσης η θέση που έχει η κάθε δυάδα (number, amount) στη λίστα δηλώνει και τη σειρά προτεραιότητας. Δηλαδή ο Agent θέλει να παίξει πρώτα για τον αριθμό number1 και όταν η υψηλότερη προσφορά για τον ξεπεράσει το value1, θα παίξει για τον επόμενο αριθμό στη λίστα κ. ο. κ. Κατά τη συμμετοχή τους στο μηχανισμό, έχουν ως στόχο να αυξήσουν την συνάρτηση οφέλους τους, για αυτό τους θεωρείται ότι κατατάσσονται στην κατηγορία των πρακτόρων βασισμένων στην χρησιμότητα των Russel & Norvig [39].

Οι επόμενες δυάδες στον τύπο του πράκτορα αντιπροσωπεύουν κάποια επιπρόσθετα χαρακτηριστικά του. Η δυάδα (increment, I) δηλώνει το σταθερό βήμα αύξησης από την υπάρχουσα τελευταία προσφορά που επιθυμεί να πραγματοποιήσει ο Agent κατά την δική του υποβολή προσφοράς. Έτσι, αν ο Agent παίζει για τον number1 και η υψηλότερη προσφορά είναι Y, τότε ο Agent θα υποβάλει προσφορά για το ποσό $Y + I$.

Ο αριθμός T_w στη δυάδα (wait, T_w) δηλώνει το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε κάθε επίσκεψη του πράκτορα στο περιβάλλον. Όταν λέμε επίσκεψη, εννοούμε την ώρα που επιθυμεί να αναλάβει δράση μέσα στο περιβάλλον. Ταυτόχρονα, ο T_w υποδηλώνει και το χρονικό διάστημα από το τέλος της δημοπρασίας, κατά το οποίο ο πράκτορας Agent επιταχύνει την υποβολή των προσφορών του. Για παράδειγμα, αν η χρονική στιγμή T_{end} δηλώνει τη λήξη των δημοπρασιών, ο Agent από τη χρονική στιγμή $T_{end} - T_w$ βρίσκεται σε ζώνη επιτάχυνσης, με την έννοια ότι δεν περιμένει κάποιο χρονικό διάστημα για να αναλάβει κάποια δράση. Αυτό έγινε για να προσομοιωθεί με κάποιο τρόπο η αυξημένη δράση που παρατηρείται από πλευράς των συμμετεχόντων προς το τέλος των δημοπρασιών (πυρετός της δημοπρασίας).

Ο αριθμός T_s στην δυάδα (sniper, T_s) δηλώνει το χρονικό διάστημα από το τέλος της δημοπρασίας T_{end} στο οποίο ο Agent αναλαμβάνει δράση για πρώτη φορά. Έτσι, ενδεχόμενη μικρή τιμή T_s υποδεικνύει συμπεριφορά τύπου sniper.

Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η διαδικασία λήψης απόφασης για υποβολή προσφοράς από τους `proxy_agents` στο νέο εσωτερικό έμμεσο μηχανισμό που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 5.3 είναι ανεξάρτητη των δυνάδων (`increment, I`), (`waiting_time, T_w`) και (`sniper, T_s`) για αυτό θεωρούμε ότι δεν παρουσιάζουν ανεπιθύμητες συμπεριφορές. Επίσης το βήμα αύξησης που χρησιμοποιεί ένας `proxy` πράκτορας στον εσωτερικό μηχανισμό ανάθεσης είναι σταθερό και είναι €50, το ελάχιστο δηλαδή ποσό που απαιτείται για να τον καταστήσει επιτυχών πλειοδότη.

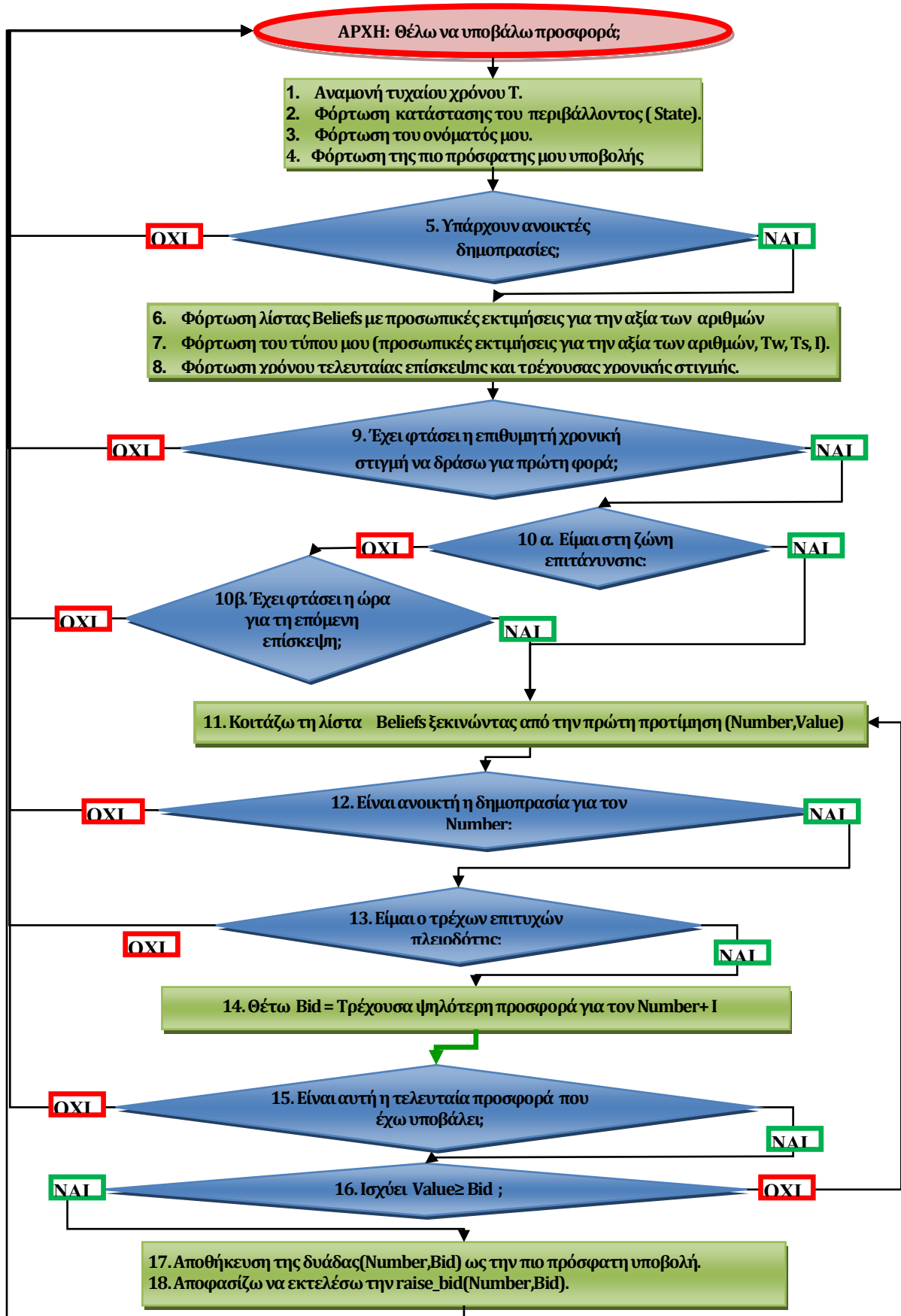
Οι πράκτορες που συμμετέχουν στα πειράματα είναι οι ίδιοι και για τους δύο μηχανισμούς. Είναι ικανοί δηλαδή, να συμμετέχουν και στους δύο μηχανισμούς. Αφού φορτώσουν στο «μυαλό» τους την κατάσταση (`state`) του περιβάλλοντος, συμπεριφέρονται αναλόγως του τι αντικείμενα περιέχει το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται μια δεδομένη στιγμή. Η ύπαρξη δηλαδή συγκεκριμένων αντικειμένων τους οδηγεί να λαμβάνουν σχετικές αποφάσεις. Έτσι για παράδειγμα, αν υπάρχουν στο περιβάλλον (`domain`) στον οποίο εισέρχονται αντικείμενα τύπου `rtd_auction`, λαμβάνουν την απόφαση να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με ενέργειες εκτελέσιμες στον υπάρχοντα μηχανισμό (`take_decision1(Action)`) ενώ αν υπάρχει στον κόσμο αντικείμενο τύπου `direct_mechanism` λαμβάνουν την απόφαση να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με ενέργειες εκτελέσιμες στον νέο άμεσο μηχανισμό(`take_decision2(Action)`).

6.2 Διαδικασίες λήψης απόφασης στον Υπάρχοντα Μηχανισμό TOM

Οι εξωτερικοί πράκτορες μέσα στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού μπορούν να εκτελέσουν δύο ενέργειες: την υποβολή προσφοράς σε κάποιο αριθμό (`raise_bid(Number, Bid)`) και την αίτηση των αποτελεσμάτων (`ask_results`). Οι συνέπειες των ενεργειών αυτών στο περιβάλλον έχουν περιγραφεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4.

6.2.1 Λήψη απόφασης για υποβολή προσφοράς

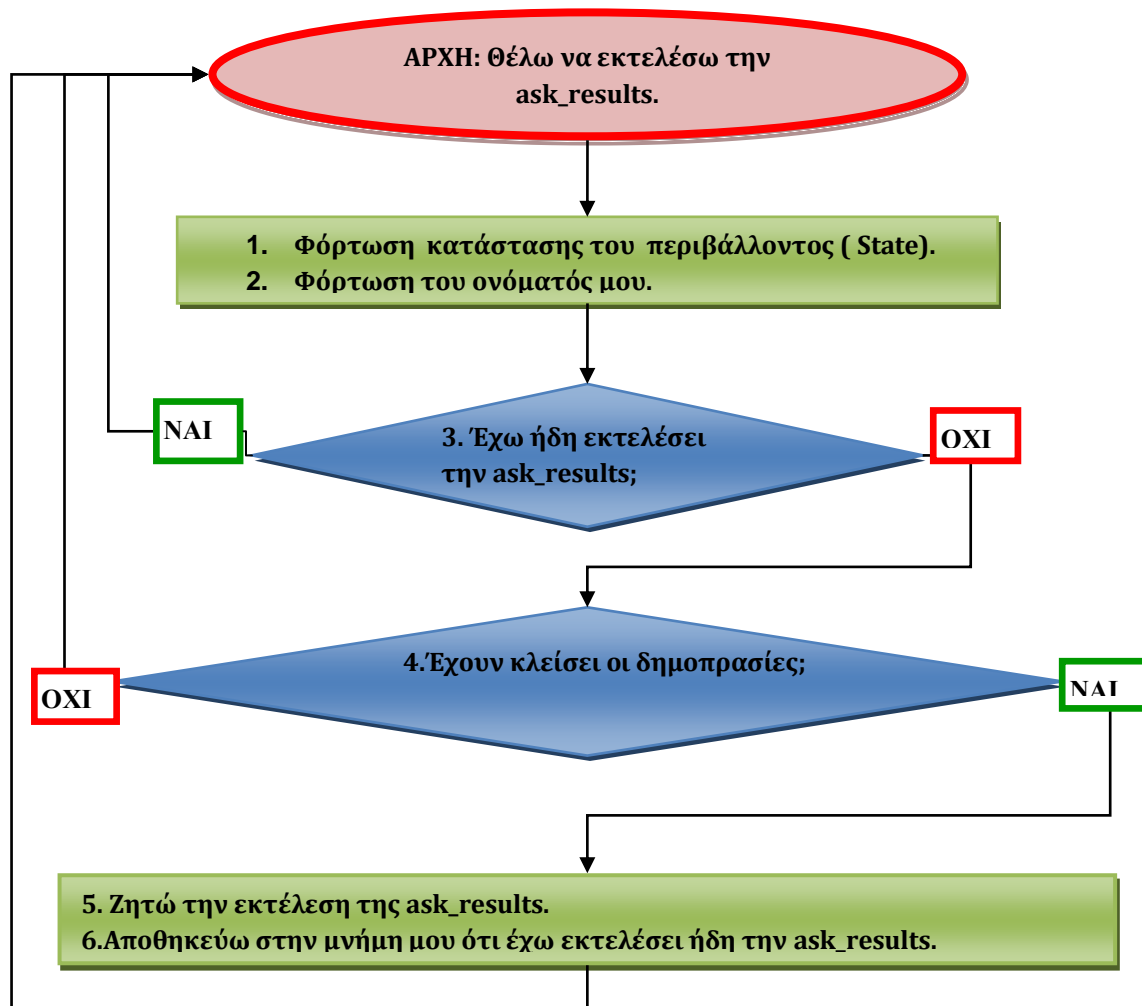
Οι εξωτερικοί πράκτορες για να λάβουν την απόφαση να ζητήσουν στην εκτέλεσή της, ακολουθούν την σειρά βημάτων που φαίνεται στο Σχήμα 6.2.



Σχήμα 6.2 Διαδικασία λήψης απόφασης από ένα proxy πράκτορα στον νέο εσωτερικό μηχανισμό για εκτέλεση της raise_bid(Number,Bid, Ext).

6.2.2 Λήψη απόφασης για αίτηση αποτελεσμάτων

Οι εξωτερικοί πράκτορες για να λάβουν την απόφαση να ζητήσουν στην εκτέλεσή της, ακολουθούν την σειρά βημάτων που φαίνεται στο Σχήμα 6.3.

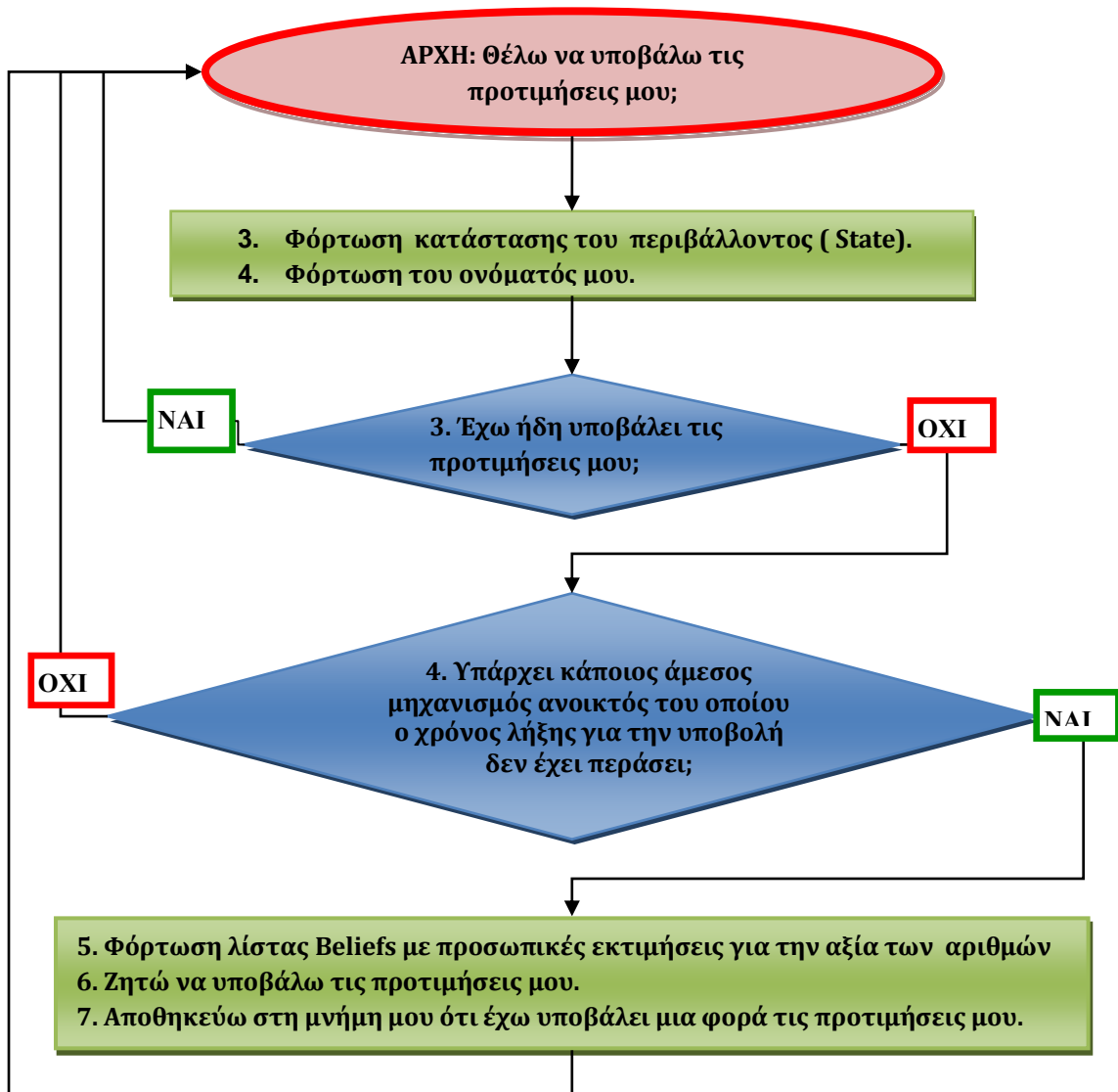


Σχήμα 6.3. Διαδικασία λήψης απόφασης για την ask_results

6.3. Διαδικασίες Λήψης απόφασης στον Νέο Άμεσο Μηχανισμό

Η μόνη εκτελέσιμη ενέργεια από τους εξωτερικούς πράκτορες στον νέο άμεσο μηχανισμό είναι η υποβολή των προτιμήσεών τους (`report_beliefs(Beliefs)`) πριν περάσει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αφού υποβάλουν τις προτιμήσεις τους για μια και τελευταία φορά, περιμένουν

ενημέρωση για τα αποτελέσματα. Δεν χρειάζεται να εκτελέσουν οποιαδήποτε ενέργεια για να ζητήσουν τα αποτελέσματα, αφού τα δημοσιεύει ο εξωτερικός μεσολαβητής με την ενέργεια `publish_results` που έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 5. Η διαδικασία λήψης απόφασης για την `report_beliefs(Beliefs)` είναι απλή και παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.4.



Σχήμα 6.4 Διαδικασία λήψης απόφασης από ένα εξωτερικό πράκτορα για την `report_beliefs(Beliefs)` στον νέο άμεσο μηχανισμό.

Κεφάλαιο 7

Πειραματική μελέτη

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποδοτικότητα του νέου μηχανισμού δημοπρασιών που υλοποιήθηκε, διεξήχθη μια σειρά πειραμάτων. Αρχικά έγιναν πειράματα για σκοπούς σύγκρισης της αποδοτικότητας των δύο μηχανισμών, του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM και του νέου άμεσου μηχανισμού. Πιο συγκεκριμένα για το κάθε πείραμα τρέχουν προσομοιώσεις των δύο μηχανισμών, με το ίδιο σύνολο πρακτόρων - πλειοδοτών να συμμετέχουν. Στο τέλος κάθε πειράματος γίνεται σύγκριση του οικονομικού κέρδους και του κοινωνικού οφέλους για τους δύο μηχανισμούς. Επιπλέον, διεκπεραιώθηκαν πειράματα στο νέο άμεσο μηχανισμό με σκοπό να καταδείξουν κατά πόσο ο εσωτερικός έμμεσος μηχανισμός ανάθεσης του νέου μηχανισμού που προτείνεται βελτιστοποιεί κάποιον από τους στόχους: το οικονομικό κέρδος ή το κοινωνικό όφελος.

7.1. Σύγκριση Αποδοτικότητας Υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM και Νέου Άμεσου Μηχανισμού.

Για τα πέντε πειράματα που είχαν σαν στόχο την σύγκριση της αποδοτικότητας των δύο μηχανισμών δημοπρασιών έχει ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία. Το κάθε πείραμα είχε σαν στιγμιότυπο εισόδου κάποιο σύνολο πρακτόρων – πλειοδοτών και διεξήχθη σε δύο φάσεις οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

Στην πρώτη φάση του κάθε πειράματος κάποιο σύνολο πρακτόρων – πλειοδοτών εισήλθε στο περιβάλλον (domain) του υπάρχοντος μηχανισμού TOM. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, οι ενέργειες των πρακτόρων (*actions*) και η κατάσταση του συστήματος (*state*) καταγράφονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα στο αρχείο history.db. Με το τέλος της προσομοίωσης, αφού μελετήθηκε το αρχείο history.db και τα αποτελέσματα που είχαν καταγραφεί στο αρχείο rtd_results.txt, συγκεντρώθηκαν οι ενέργειες που είχαν επιτυχώς εκτελεστεί από τους πράκτορες και ο χρόνος εκτέλεσής τους και καταγράφηκαν σε πίνακα (π.χ. Πίνακας 7.1). Οι ενέργειες που καταγράφηκαν αφορούν μόνο τους πράκτορες – πλειοδότες ενόσω οι δημοπρασίες TOM είναι ανοικτές. Ενέργειες, δηλαδή, όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο των δημοπρασιών που εκτελεί ο διαχειριστής του συστήματος (master agent) και τα αιτήματα από τους πράκτορες- πλειοδότες για ενημέρωση των αποτελεσμάτων μετά τη λήξη των δημοπρασιών παραλείπονται. Σημειώνεται στο σημείο αυτό ότι η τιμή ανοίγματος για όλους τους αριθμούς είναι €50 και η διάρκεια της κάθε δημοπρασίας TOM επιλέγηκε να είναι 250 δευτερόλεπτα.

Για την πρώτη φάση του πειράματος κατασκευάστηκαν με βάση τα δεδομένα του πίνακα τρεις γραφικές παραστάσεις. Πρώτα σχεδιάστηκε η σχηματική αναπαράσταση των ενεργειών των πρακτόρων (για παράδειγμα Σχήμα 7.2). Στις σχηματικές αυτές αναπαραστάσεις η κάθε μια ενέργεια συμβολίζεται με μια πολυγωνική γραμμή που έχει το χρώμα του πράκτορα που την εκτελεί. Η κάθε γραμμή σχηματίζεται από τέσσερα σημεία τα οποία βρίσκονται στους τέσσερις κάθετους άξονες: Agent, Number, Time, Bid. Για παράδειγμα, αν την χρονική στιγμή t ένας πράκτορας X επιλέγει να εκτελέσει την ενέργεια `raise_bid(1,200)` η γραμμή που αναπαριστά την ενέργειά του θα ξεκινά από το σημείο X που έχει το όνομα του πράκτορα, θα τέμνει τον άξονα Number στο $N1$ σημείο, θα τέμνει τον άξονα Time στην τιμή t και θα καταλήγει στον τιμή 200 του άξονα Bid. Αν οι γραμμή μιας ενέργειας είναι διακεκομμένη, αυτό σημαίνει ότι ο πράκτορας

αναμένει κάποιο χρόνο για να εκτελέσει την επόμενη του ενέργεια μέσα στο περιβάλλον. Αν είναι συνεχής σημαίνει ότι βρίσκεται στη ζώνη επιτάχυνσης (περιγράφεται στο Κεφ. 6).

Επιπρόσθετα, κατασκευάζονται για κάθε πείραμα η γραφική παράσταση των προσφορών των πρακτόρων σε σχέση με το χρόνο (π.χ. Σχήμα 7.3) και η γραφική παράσταση των προσφορών σε ανά αριθμό (π.χ. Σχήμα 7.4).

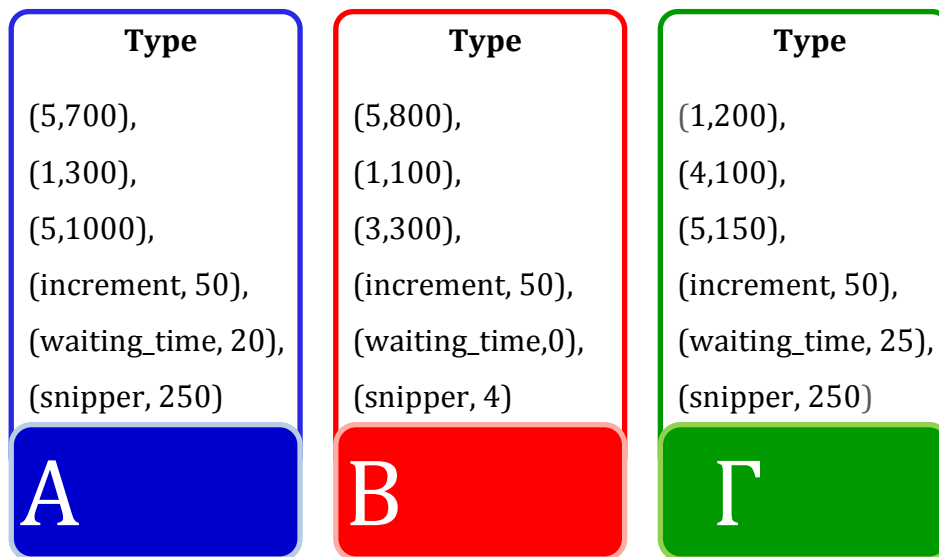
Έπειτα υπολογίζεται το οικονομικό κέρδος EMR (Existing Mechanism Revenue) του υπάρχοντος μηχανισμού από το σύνολο των πρακτόρων που συμμετείχαν στο πείραμα αλλά και το κοινωνικό όφελος. Το κοινωνικό όφελος για τον υπάρχοντα μηχανισμό EMSW (Existing Mechanism Social Welfare) υπολογίζεται από το άθροισμα των ατομικών οφελών των πρακτόρων. Το ατομικό όφελος (W_i) ενός πράκτορα i υπολογίζεται από τη διαφορά της προσωπικής του εκτίμησής ($Value_{i,n}$) για τον αριθμό n από τη τιμή ($Payment_{i,n}$) στην οποία του καταχωρείται τελικά ο αριθμός n . Η προσωπική εκτίμηση $Value_{i,n}$ είναι η τιμή που εμφανίζεται στις δυάδες με τις προτιμήσεις στον τύπο του πράκτορα. Αν ο αριθμός n εμφανίζεται περισσότερες από μία φορές στις δυάδες με τις προτιμήσεις του πράκτορα, τότε επιλέγεται η εκτίμηση για την οποία παίζει τη χρονική στιγμή που κερδίζει τον αριθμό. Για κάποιος πράκτορα που δεν κερδίζει κανένα αριθμό το ατομικό όφελος θεωρείται ίσο με μηδέν (0).

Στη δεύτερη φάση του πειράματος το ίδιο σύνολο πρακτόρων εισήλθε στον νέο μηχανισμό. Σύμφωνα και με τις διαδικασίες που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 5, οι πράκτορες με την είσοδό τους στο νέο μηχανισμό υπέβαλαν τις προτιμήσεις τους σε ένα εξωτερικό άμεσο μηχανισμό. Με τη λήξη του χρόνου υποβολής των προτιμήσεών τους, έτρεξε ένας εσωτερικός μηχανισμός στον οποίο συμμετείχαν οι αντίστοιχοι proxy πράκτορες οι οποίοι εκπροσωπούσαν τους εξωτερικούς πράκτορες – πλειοδότες, ώστε να γίνει η ανάθεση των αριθμών. Με το τέλος της προσομοίωσης του νέου μηχανισμού, τα αποτελέσματα και το ιστορικό των ενεργειών τόσο των εξωτερικών πρακτόρων αλλά και των αντίστοιχων εσωτερικών proxy πρακτόρων βρίσκονται καταγραμμένα σε αρχεία κειμένου. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων έχει γίνει επεξεργασία του ιστορικού των ενεργειών των εσωτερικών proxy πρακτόρων, καταγράφηκαν οι ενέργειες τους σε πίνακα και κατασκευάστηκαν γραφικές παραστάσεις αντίστοιχες με αυτές της πρώτης φάσης. Έπειτα υπολογίστηκαν το οικονομικό κέρδος NMR και το κοινωνικό όφελος NMSW για το νέο μηχανισμό και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων στους δύο μηχανισμούς.

Πιο κάτω παρουσιάζονται ένα – ένα τα πειράματα.

7.1.1 Πείραμα 1

Στο πείραμα αυτό συμμετείχε το σύνολο των πρακτόρων A, B και Γ. Από τους τύπους τους (Σχήμα 7.1) φαίνεται ότι ο B παρουσιάζει συμπεριφορά sniper και κτυπά τα τέσσερα τελευταία λεπτά της δημοπρασίας. Οι A και Γ συμμετέχουν σε όλη τη διάρκεια της δημοπρασίας με σταθερό βήμα αύξησης €50 και με χρόνο αναμονής για επόμενη δράση 20 και 25 δευτερόλεπτα αντίστοιχα.



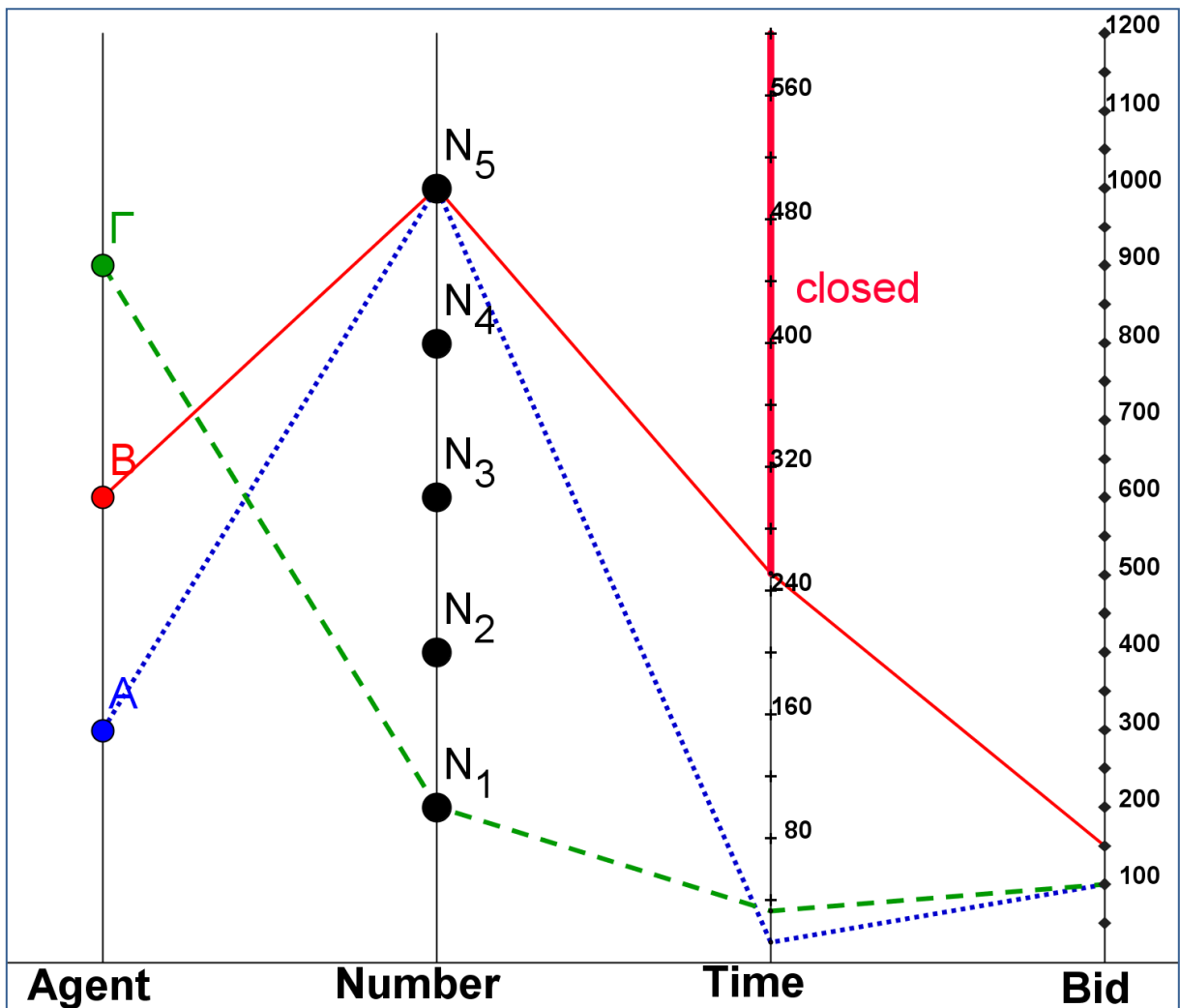
Σχήμα 7.1. Οι τύποι των πρακτόρων A, B, Γ.

Οι ενέργειες των πρακτόρων κατά την πρώτη φάση του πειράματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.1.

Action	Time(sec)	Number	Bids		
			Agent A	Agent B	Agent Γ
1	25	5	100		
2	33	1			100
3	251	5		150	

Πίνακας 7.1. Καταγραφή ενεργειών των πρακτόρων A, B, Γ στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Από τα δεδομένα στον Πίνακα 7.1 προκύπτει η σχηματική αναπαράσταση του που ακολουθεί (Σχήμα 7.2) καθώς και οι γραφικές παραστάσεις που φαίνονται στα Σχήματα 7.3 και 7.4).



Σχήμα 7.2. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των πρακτόρων A, B, Γ στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Παρατηρείται ότι την πρώτη ενέργεια την εκτελεί ο πράκτορας A, αφού ενδιαφέρεται να ενημερωθεί και να αναλάβει δράση στο περιβάλλον για πρώτη φορά στο 20^ο δευτερόλεπτο. Πλειοδοτεί έτσι στον αριθμό 5, που είναι πρώτος στη λίστα των προτιμήσεών του για €100 και η ενέργειά του γίνεται αποδεκτή το 25^ο δευτερόλεπτο. Έπειτα ο πράκτορας Γ, που ενδιαφέρεται να ενημερωθεί και να αναλάβει δράση το 25^ο δευτερόλεπτο, πλειοδοτεί στην πρώτη του προτίμηση, δηλαδή τον αριθμό 1 για €100. Στη συνέχεια, παρατηρείται μια αδράνεια στο περιβάλλον. Στην ουσία αυτό που συμβαίνει είναι ότι οι πράκτορες A και Γ είναι έτοιμοι να αναλάβουν δράση ανά 20 και 25 δευτερόλεπτα αντίστοιχα αλλά κάθε φορά παρατηρούν ότι είναι οι επιτυχόντες πλειοδότες σε κάποιο αριθμό, οπότε δεν λαμβάνουν απόφαση να υποβάλουν άλλη προσφορά. Ο B ενδιαφέρεται να αναλάβει δράση το 246^ο δευτερόλεπτο (250-4) και έτσι πλειοδοτεί στον αριθμό 5 για €150, μη αφήνοντας χρόνο στον πράκτορα A να αντιδράσει.



Σχήμα 7.3. Οι προσφορές των πρακτόρων A, B, Γ σε σχέση με το χρόνο στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

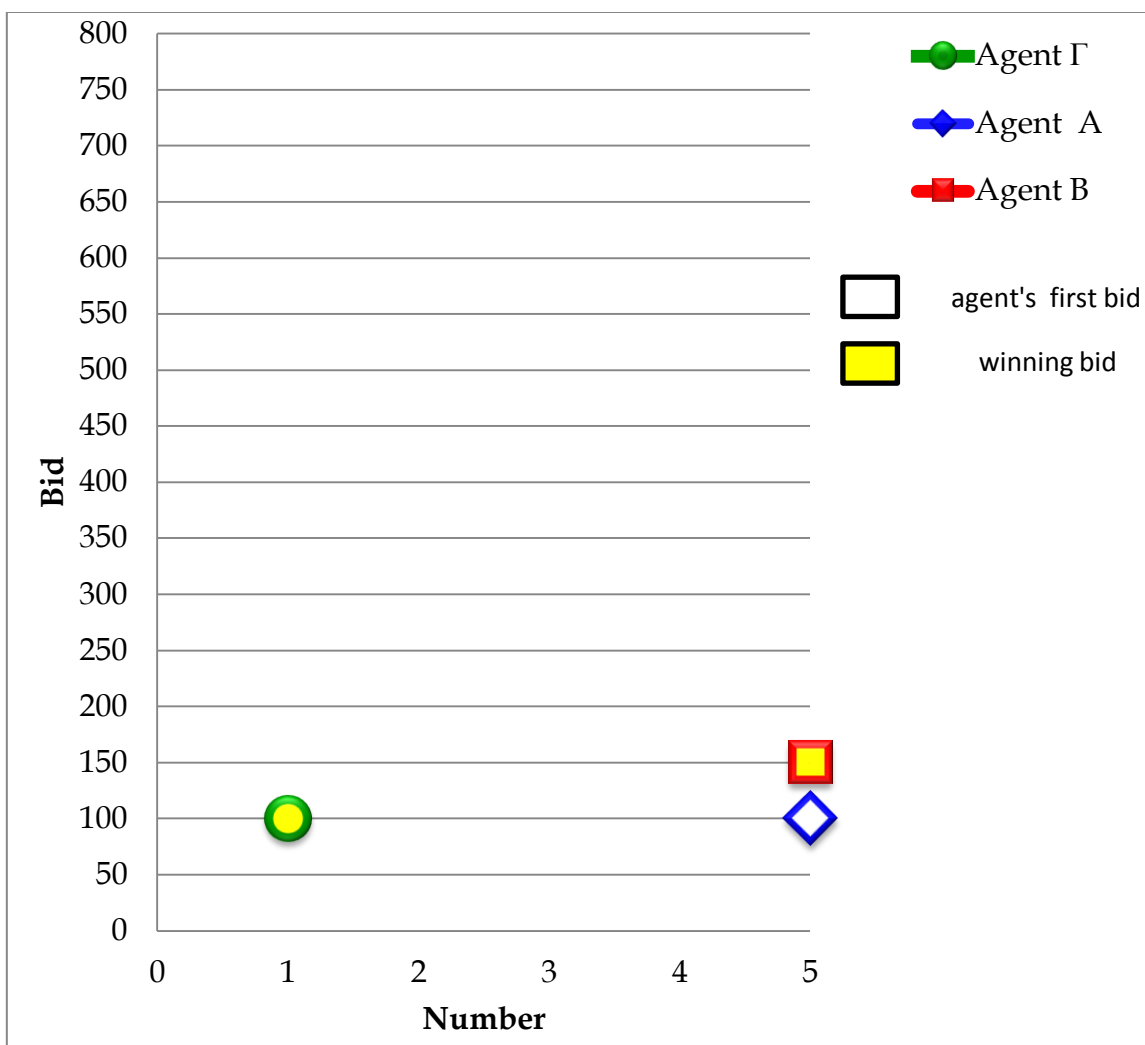
Από το Σχήμα 7.4 φαίνονται και τα τελικά αποτελέσματα των δημοπρασιών: Ο αριθμός 1 διατίθεται στο πράκτορα Γ για €100 και ο αριθμός 5 στον πράκτορα B για €150. Επομένως το συνολικό κέρδος (Existing Mechanism Revenue – EMR) για τον υπάρχοντα μηχανισμό TOM από το σύνολο των πρακτόρων A, B, Γ είναι €250.

$$EMR_{[A,B,\Gamma]} = 0 + 100 + 150 = 250$$

Για τον υπολογισμό του κοινωνικού οφέλους (Existing Mechanism Social Welfare- EMSW) από την συμμετοχή των πρακτόρων A, B, και Γ στον υπάρχοντα μηχανισμό, αθροίζουμε το ατομικό όφελος κάθε πράκτορα. Επομένως, για το σύνολο των πρακτόρων A, B, και Γ έχουμε:

$$\mathbf{EMSW}_{[A,B,\Gamma]} = W_A + W_B + W_\Gamma = 0 + (800 - 150) + (200 - 100) = \mathbf{750}.$$

Παρατηρούμε ότι το άθροισμα του EMR και EMSW είναι ίσο με 1000.



Σχήμα 7.4. Οι προσφορές των πρακτόρων A, B, Γ σε κάθε αριθμό στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Στη δεύτερη φάση του πειράματος οι πράκτορες A, B και Γ εισήλθαν στον νέο μηχανισμό. υπέβαλαν τις προτιμήσεις τους στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό και έτρεξε ένας εσωτερικός μηχανισμός στον οποίο συμμετείχαν οι proxy πράκτορες $Proxy_A$, $Proxy_B$ και $Proxy_\Gamma$ οι οποίοι ενεργούσαν για λογαριασμό των A, B, Γ αντίστοιχα. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων έχει γίνει επεξεργασία του ιστορικού των ενεργειών των εσωτερικών proxy πρακτόρων.

Για να επιβεβαιωθεί ότι ο νέος εσωτερικός μηχανισμός δεν μεροληπτεί εις βάρος κάποιου πράκτορα και επιλέγει τυχαία ποιος proxy πράκτορας θα εκτελέσει την πρώτη ενέργεια σπάζοντας έτσι τυχόν ισοπαλίες, η δεύτερη φάση του πειράματος επαναλήφθηκε αρκετές φορές. Ο νέος μηχανισμός έδωσε για το σύνολο των proxy πρακτόρων A, B, Γ δύο λύσεις (ως προς το κέρδος και το κοινωνικό όφελος) : μια λύση για την περίπτωση που αρχίζει το παιχνίδι για τον αριθμό 5 ο Proxy_A και μια για την περίπτωση που αρχίζει το παιχνίδι για τον αριθμό 5 ο Proxy_B. Ενδεικτικά εδώ παρουσιάζονται ένα σενάριο για κάθε λύση.

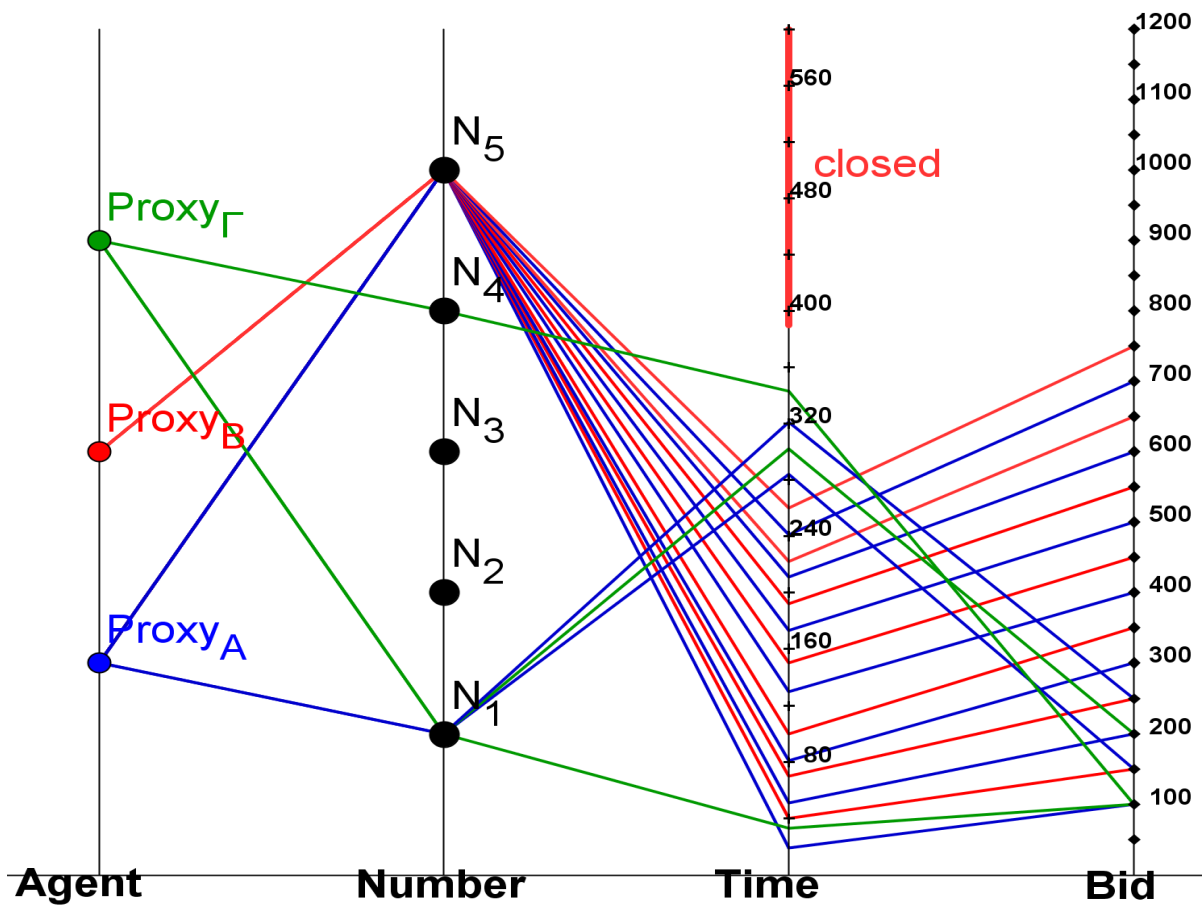
Για τα Σενάρια 1 και 2 τα αποτελέσματα καταγράφηκαν στους Πίνακες 7.2(α) και 7.2(β) και προέκυψαν οι αναπαραστάσεις των Σχημάτων 7.5 (α) και 7.5 (β) αντίστοιχα.

Action	Time(s)	Number	Bids		
			Proxy A	Proxy B	Proxy Γ
1	19	5	100		
2	33	1			100
3	40	5		150	
4	51	5	200		
5	70	5		250	
6	81	5	300		
7	100	5		350	
8	130	5	400		
9	150	5		450	
10	173	5	500		
11	192	5		550	
12	211	5	600		
13	222	5		650	
14	241	5	700		
15	260	5		750	
16	284	1	150		
17	302	1			200
18	321	1	250		
19	343	4			100

Πίνακας 7.2 (α). Καταγραφή ενεργειών των proxy πρακτόρων A, B, Γ στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 1.

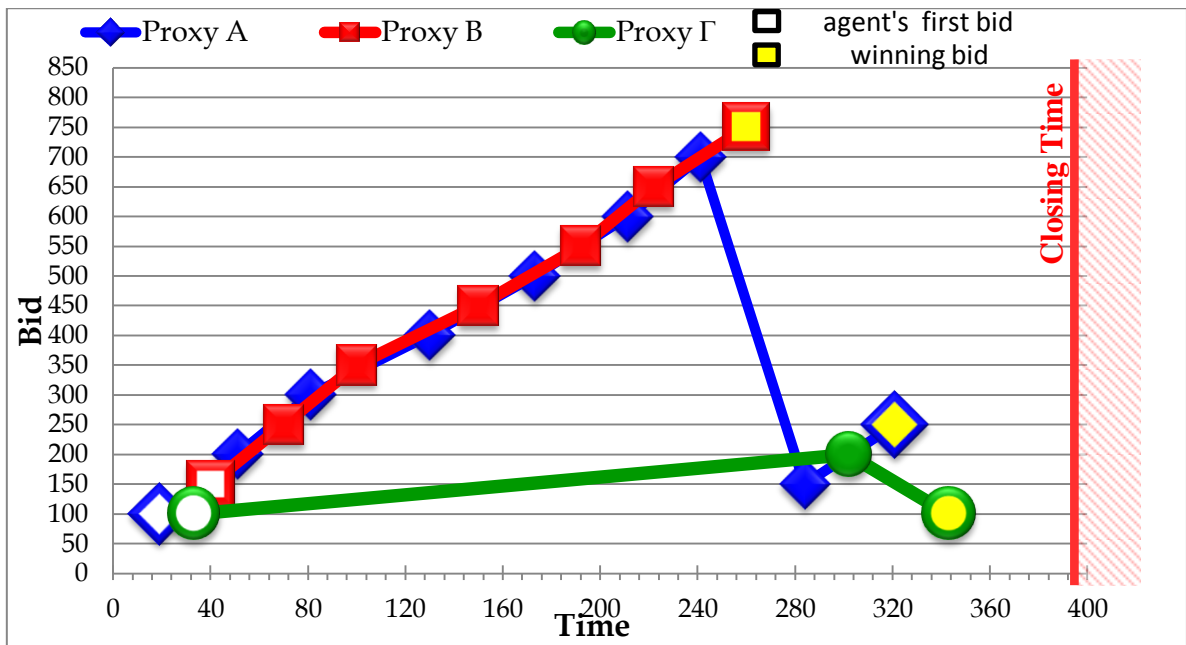
Action	Time(s)	Number	Bids		
			Proxy A	Proxy B	Proxy Γ
1	19	5		100	
2	33	1			100
3	41	5	150		
4	60	5		200	
5	71	5	250		
6	91	5		300	
7	110	5	350		
8	128	5		400	
9	147	5	450		
10	178	5		500	
11	197	5	550		
12	217	5		600	
13	247	5	650		
14	258	5		700	
15	277	1	150		
16	295	1			200
17	314	1	250		
18	338	4			100

Πίνακας 7.2 (β). Καταγραφή ενεργειών των proxy πρακτόρων A, B, Γ στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 2.



Σχήμα 7.5 (α). Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων A, B, Γ στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 1.

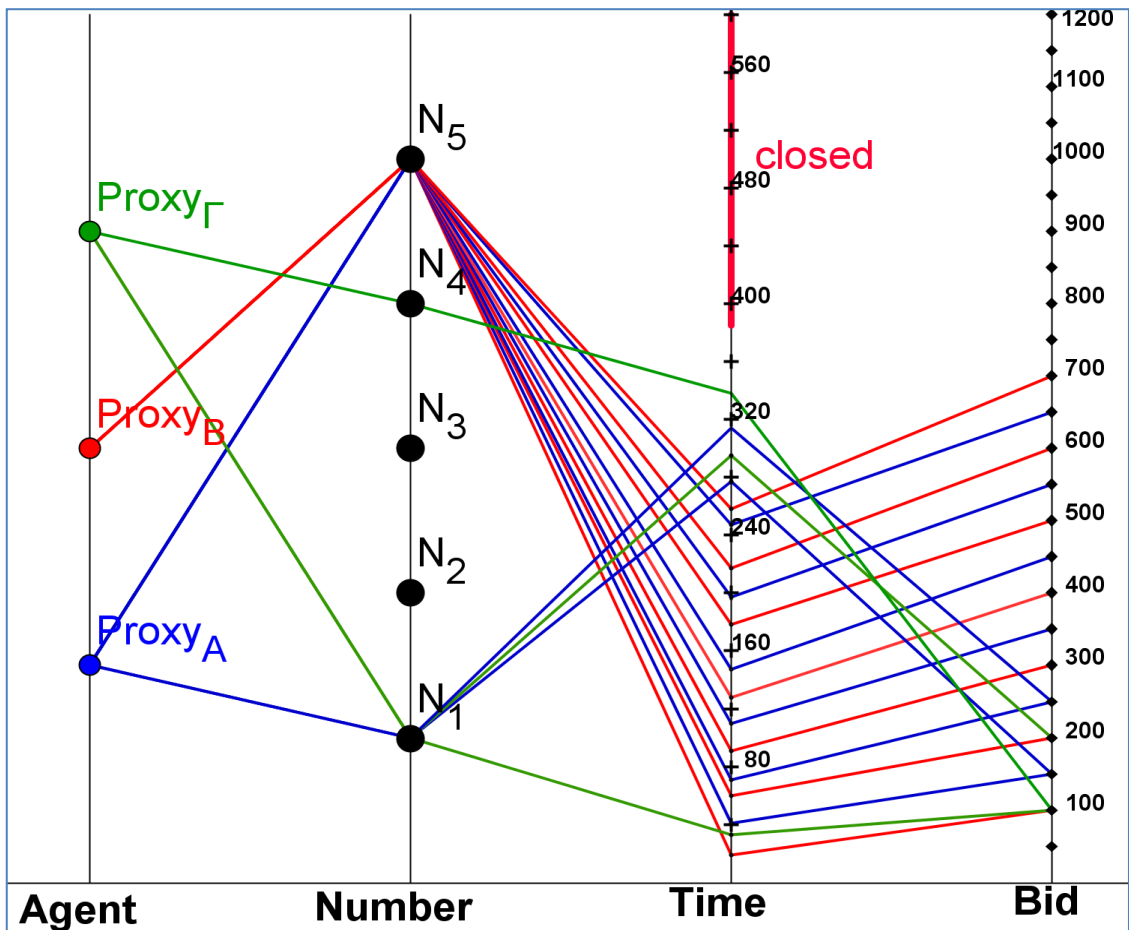
Για το Σενάριο 1, φαίνεται στα Σχήματα 7.5 (α) και 7.6 (α) φαίνεται ότι ο Proxy_A αρχικά πλειοδοτεί στον αριθμό 5 (Σενάριο 1). Έπειτα ο Proxy_Γ πλειοδοτεί στον αριθμό 1 για €100. Στη συνέχεια ο Proxy_B πλειοδοτεί στον αριθμό 5 για €150. Το παιχνίδι για τον αριθμό 5 συνεχίζεται με τους Proxy_A και Proxy_B να υποβάλλουν εναλλάξ προσφορές με τελευταίο τον Proxy_A να υποβάλλει την τελευταία προσφορά για €750. Ο Proxy_A εφόσον οι προτιμήσεις του δεν του επιτρέπουν να υποβάλει ψηλότερη προσφορά για τον αριθμό 5, υποβάλλει προσφορά στην δεύτερή του προτίμηση, τον αριθμό 1 για €150. Ο Proxy_Γ που για αρκετό διάστημα παρέμεινε άπραγος αφού ήταν ο επιτυχών πλειοδότης για τον αριθμό 1, μόλις ενημερώνεται για την αλλαγή στην κατάσταση του περιβάλλοντος, ξαναμπαίνει στο παιχνίδι και ανταλλάζει προσφορές με τον Proxy_B. Ο Proxy_B υποβάλλει την τελευταία προσφορά στον αριθμό 1 για €250. Ο Proxy_Γ δεν μπορεί να αυξήσει άλλο την προσφορά για τον αριθμό 1 και αναγκάζεται να προχωρήσει στην δεύτερή του προτίμηση και έτσι πλειοδοτεί στον αριθμό 4 για €100. Όλοι οι proxy πράκτορες είναι τώρα επιτυχόντες πλειοδότες σε έναν από τους αριθμούς άρα δεν μπορούν να υποβάλουν προσφορά για κάποιο άλλο αριθμό.



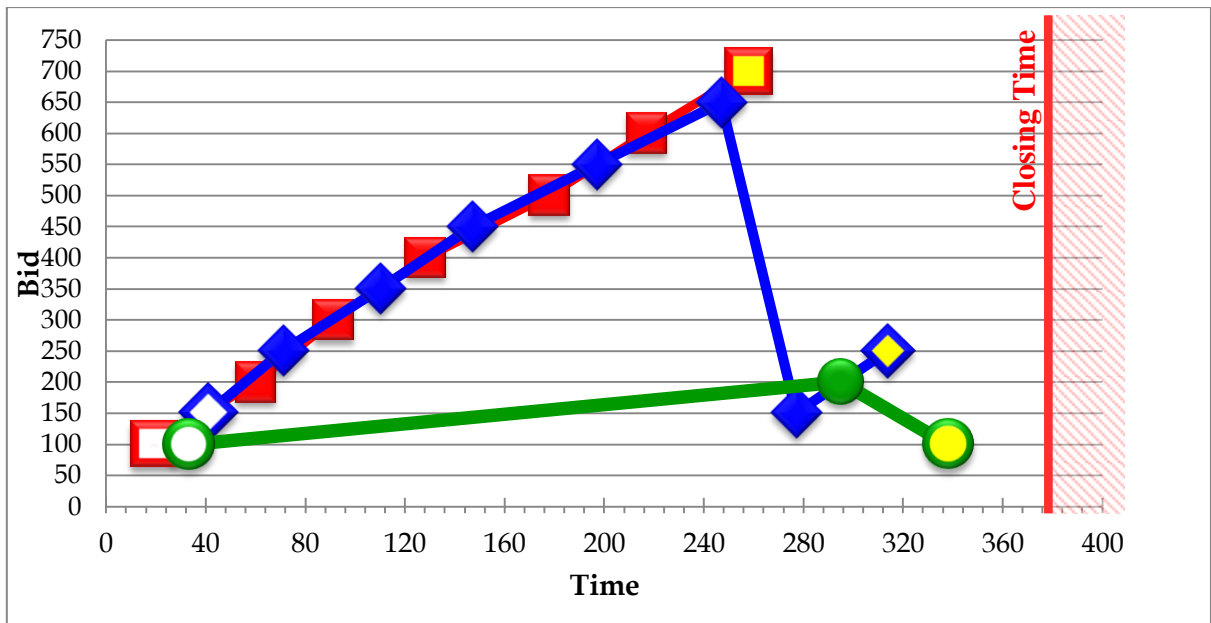
Σχήμα 7.6(α). Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, B, Γ σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 1

Με το πέρας 40 δευτερολέπτων, εφόσον δεν υποβάλλεται κάποια προσφορά, κλείνουν οι δημοπρασίες στον νέο εσωτερικό μηχανισμό, όπως δηλώνεται και με την κάθετη κόκκινη γραμμή στη γραφική παράσταση του Σχήματος 7.6 (α). Τα αποτελέσματα που ανακοινώνονται και στο νέο εξωτερικό μηχανισμό φαίνονται στο Σχήμα 7.7(α).

Για το Σενάριο 2 οι ενέργειες των πρακτόρων αναπαριστούνται σχηματικά στο Σχήμα 7.5(β) και στη γραφική παράσταση Σχήμα 7.6(β). Εδώ φαίνεται ότι στο παιχνίδι για τον αριθμό 5 μεταξύ Proxy_A και Proxy_B ξεκινά πρώτος ο Proxy_B πλειοδοτώντας €100, επομένως και φτάνει πρώτος στα €700. Δεν χρειάζεται δηλαδή να υποβάλει προσφορά κατά €50 ψηλότερη από τη δεύτερη ψηλότερη τιμή των προτιμήσεων (αυτή του Proxy_B, δηλαδή το 700). Ο Proxy_Γ στο μεταξύ έχει πλειοδοτήσει όπως και στο Σενάριο 1 στον αριθμό 1 για € 100. Όταν ο Proxy_B αποσυρθεί από το παιχνίδι στον αριθμό 5, εμπλέκεται σε παιχνίδι με τον Proxy_Γ και το Σενάριο 2 συνεχίζεται ομοίως με το Σενάριο 1.

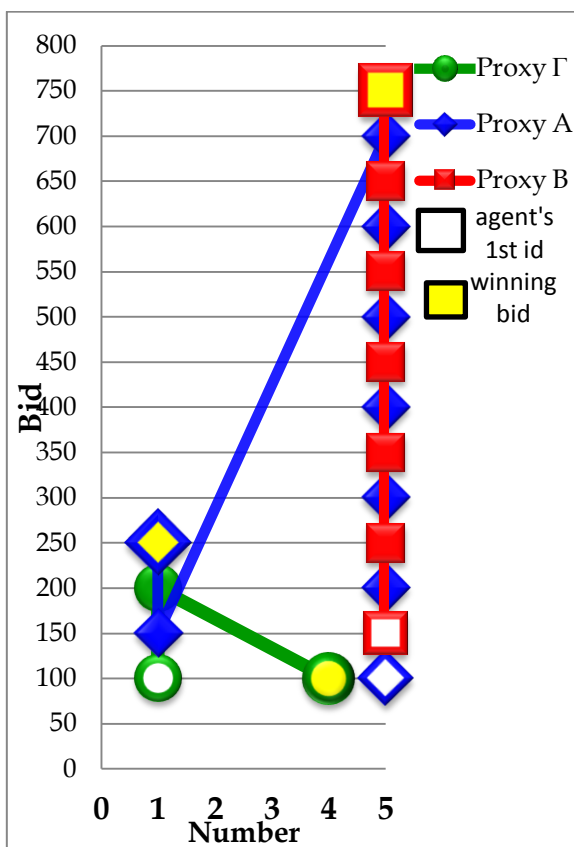


Σχήμα 7.5(β) Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων A, B, Γ στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 2.

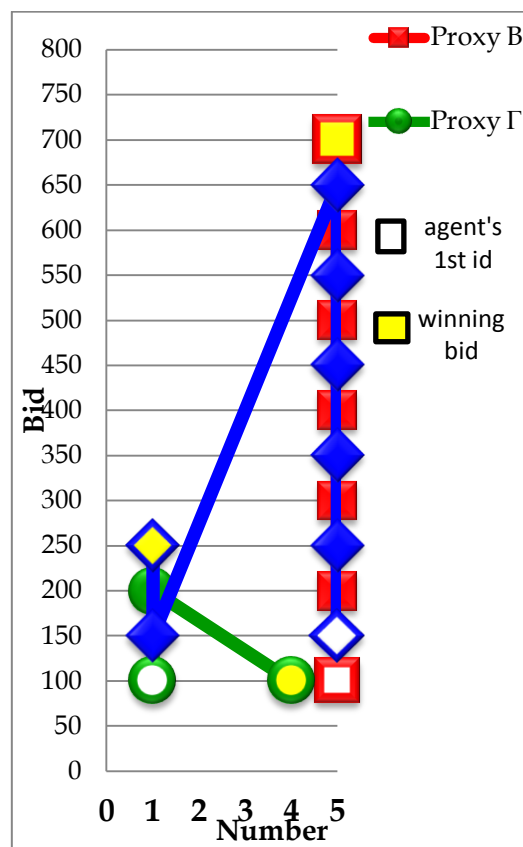


Σχήμα 7.6(β) Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, B, Γ σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 2

Τα αποτελέσματα για το Σενάριο 2 φαίνονται στο Σχήμα 7. 7(β). Συγκρίνοντας τα Σχήματα 7.7(α) και 7.7(β) παρατηρούμε ότι ο επιτυχών πλειοδότης για ένα αριθμό πληρώνει είτε το ποσό της δεύτερης χαμηλότερης τιμής (Σενάριο 2), είτε το ποσό της δεύτερης τιμής αυξημένο κατά 50 (Σενάριο 1).



Σχήμα 7.7(α). Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, B, Γ ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 1.



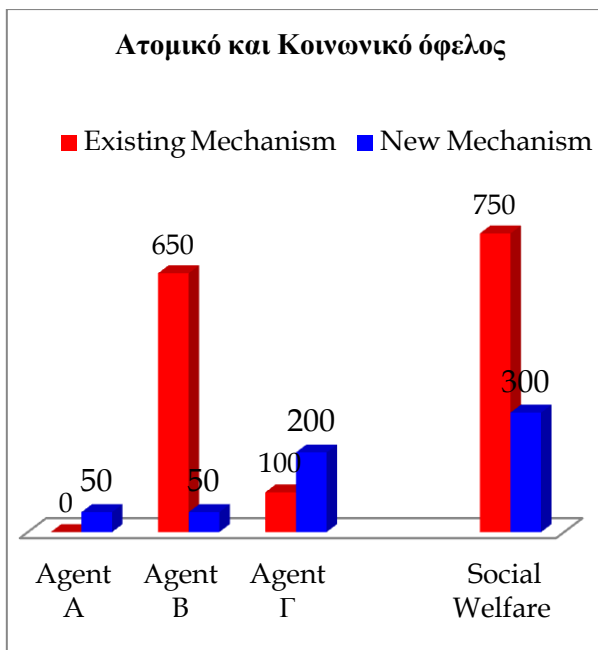
Σχήμα 7.7(β). Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, B, Γ ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό. Σενάριο 2.

Το οικονομικό κέρδος και το κοινωνικό όφελος από την συμμετοχή των A, B και Γ πρακτόρων για το νέο μηχανισμό για το κάθε σενάριο υπολογίζονται στο Πίνακα 7.3.

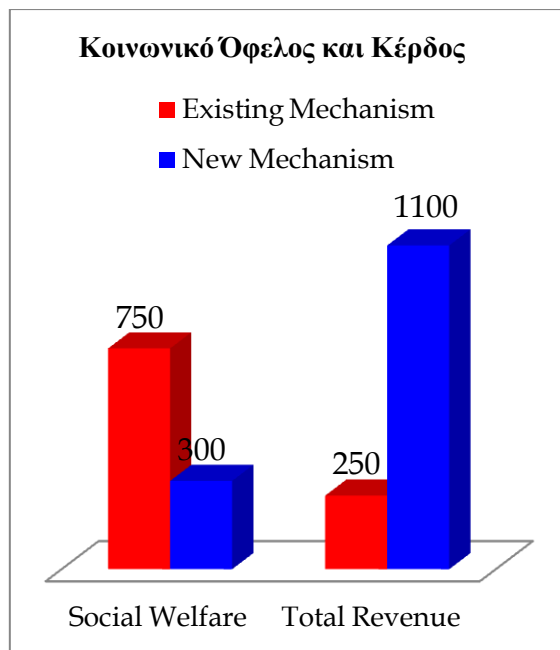
	Σενάριο 1	Σενάριο 2
$NMR_{[A,B,\Gamma]}$	$250 + 750 + 100 = 1100$	$250 + 700 + 100 = 1050$
$NMSW_{[A,B,\Gamma]}$	$(300-250)+(800-750)+(300-100) = 300$	$(300-250)+(800-700)+(300-100) = 350$
Άθροισμα	$1050 + 300 = 1400$	$1050 + 350 = 1400$

Πίνακας 7.3 Κέρδος, Κοινωνικό Όφελος από το σύνολο των πρακτόρων A, M, Π, Ρ για το νέο μηχανισμό στα Σενάρια 1 και 2.

Για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του Σεναρίου 1 στο νέο μηχανισμό με τα αποτελέσματα στον υπάρχοντα μηχανισμό κατασκευάζονται τα ιστογράμματα στα Σχήματα 7.8 (α) και 7.9. (α)



Σχήμα 7.8(α). Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων A, B, Γ. Σενάριο 1

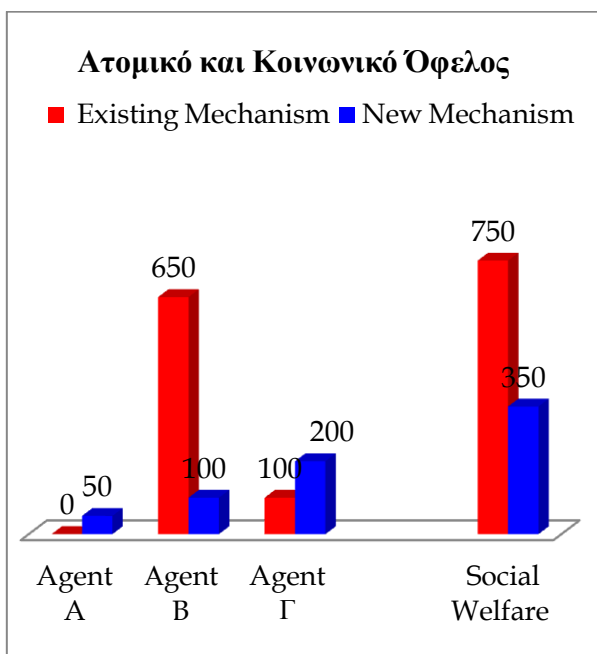


Σχήμα 7.9(α). Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος για τον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων A, B, Γ. Σενάριο 1

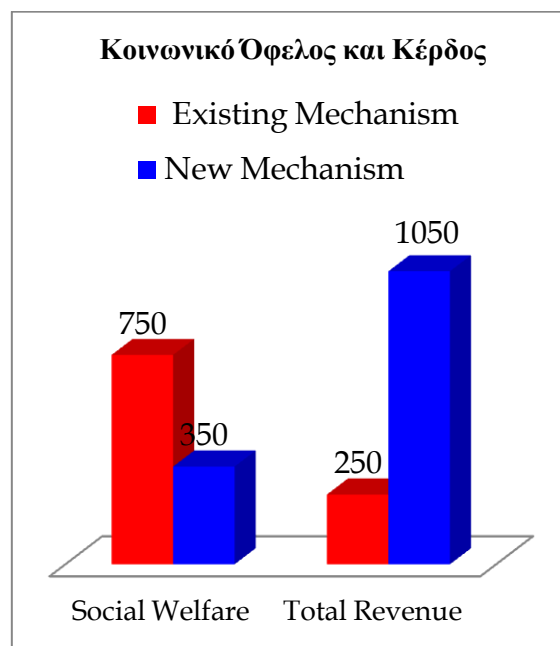
Στο Σχήμα 7.8(α), φαίνονται με κόκκινο χρώμα το ατομικό όφελος για κάθε πράκτορα και το κοινωνικό όφελος για τον υπάρχοντα μηχανισμό. Με μπλε χρώμα φαίνονται τα ατομικά οφέλη και το κοινωνικό όφελος στο νέο μηχανισμό. Παρατηρείται ότι για τους πράκτορες A και Γ το ατομικό όφελος αυξάνεται. Μάλιστα ο A στη πρώτη δημοπρασία δεν είχε κερδίσει κάτι λόγω της ανεπιθύμητης συμπεριφοράς του B. Ο B αντιθέτως είναι αυτός που έχει τη μεγάλη πτώση στο ατομικό όφελος από τον υπάρχοντα στο νέο μηχανισμό. Υπενθυμίζεται πως για να πετύχει τόσο υψηλό ατομικό όφελος στον υπάρχοντα μηχανισμό είχε εφαρμόσει στρατηγική sniping. Φαίνεται επίσης ότι στο νέο μηχανισμό η κατανομή του κοινωνικού οφέλους κατανέμεται πιο ισορροπημένα ανάμεσα στους πράκτορες.

Στο Σχήμα 7.9 (α) φαίνεται και η σημαντικά μεγάλη διαφορά στο κέρδος ανάμεσα στους δύο μηχανισμούς. Το γεγονός ότι ο $Proxy_B$ συμπεριφέρεται τίμια και συμμετέχει στο παιχνίδι από την αρχή ανταγωνιζόμενος τον $Proxy_A$ οδηγεί σε αύξηση του κέρδους από τον αριθμό 5 (Σχήμα 7.7 (α)). Επίσης, το γεγονός ότι ο $Proxy_A$ αποχωρώντας από το παιχνίδι στον αριθμό 5, έχει χρόνο να ανταγωνιστεί με τον $Proxy_\Gamma$ στον αριθμό 1, επίσης αυξάνει το κέρδος.

Στα Σχήμα 7.7.8 (β) και 7.9 (β) φαίνονται τα ατομικά οφέλη, το κοινωνικό όφελος και το κέρδος του Σεναρίου 2 για το νέο μηχανισμό συγκριτικά με αυτά του υπάρχοντος μηχανισμού για τους πράκτορες Α, Β, Γ. Εξάγονται παρατηρήσεις και συμπεράσματα ανάλογα με αυτά του Σεναρίου 1.



Σχήμα 7.8 (β). Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Α, Β, Γ. Σενάριο 2.



Σχήμα 7.9 (β). Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος για τον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Α, Β, Γ Σενάριο 2

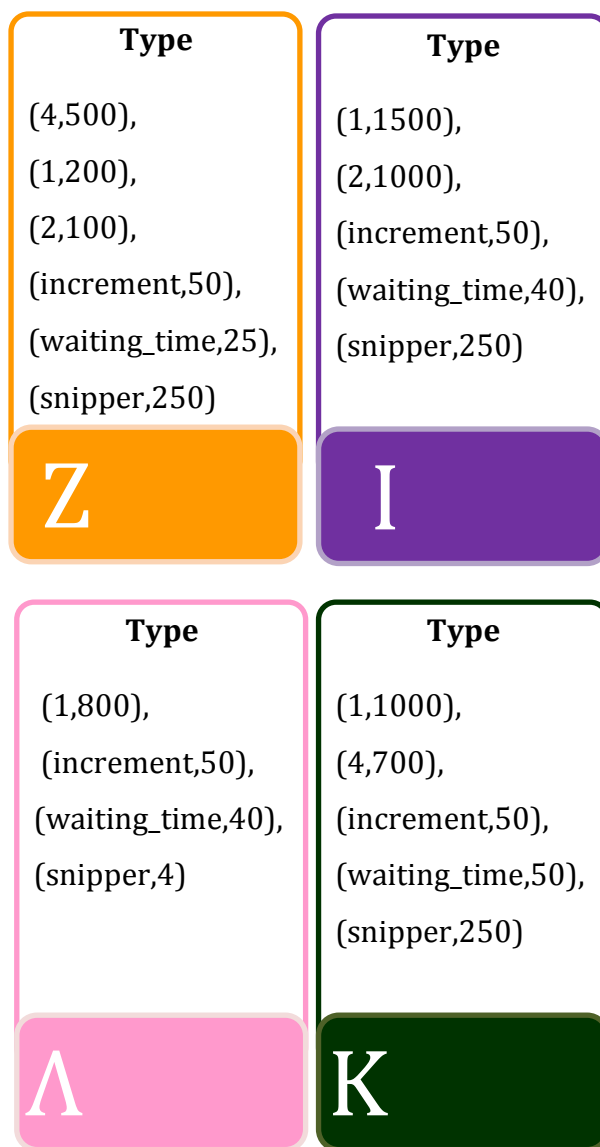
Συμπέρασμα 1.1: Υπάρχουν σύνολα πρακτόρων για τα οποία ο νέος άμεσος μηχανισμός δίνει μεγαλύτερο κέρδος αλλά χαμηλότερο κοινωνικό όφελος από ότι ο υπάρχων μηχανισμός ΤΟΜ. Ωστόσο το άθροισμα του κέρδους και του κοινωνικού οφέλους είναι μεγαλύτερο στο νέο μηχανισμό.

Συμπέρασμα 1.2: Στο νέο μηχανισμό ο τελικός νικητής για ένα αριθμό πληρώνει ποσό ίσο με τη δεύτερη χαμηλότερη προτίμηση (ή τη δεύτερη χαμηλότερη προτίμηση αυξημένη κατά 50).

Παρατήρηση: Το κοινωνικό όφελος παρατηρείται μειωμένο στο νέο μηχανισμό. Ωστόσο φαίνεται να υπάρχει μια πιο ισορροπημένη κατανομή του στα ατομικά οφέλη των πρακτόρων.

7.1.2 Πείραμα 2

Στο πείραμα συμμετείχαν οι πράκτορες Z, I, K, και Λ και οι τύποι τους παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.10.

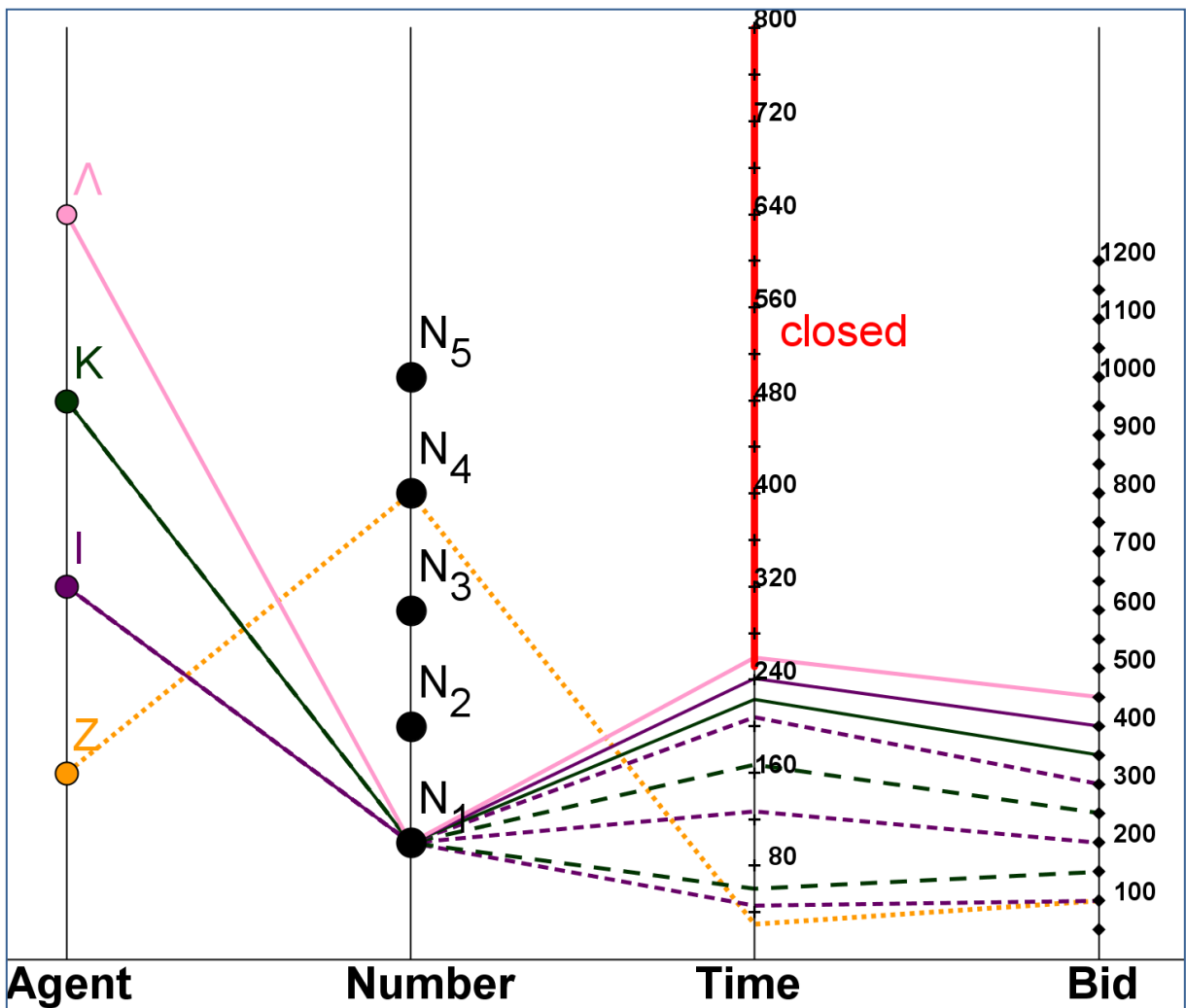


Σχήμα 7.10. Οι τύποι των πρακτόρων Z, I, Λ, K

Κατά τη συμμετοχή τους στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού TOM και την αλληλεπίδραση τόσο μεταξύ τους όσο και με τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, οι πράκτορες Z, I, K και Λ προέβηκαν στις ενέργειες που καταγράφονται στον Πίνακα 7.4.

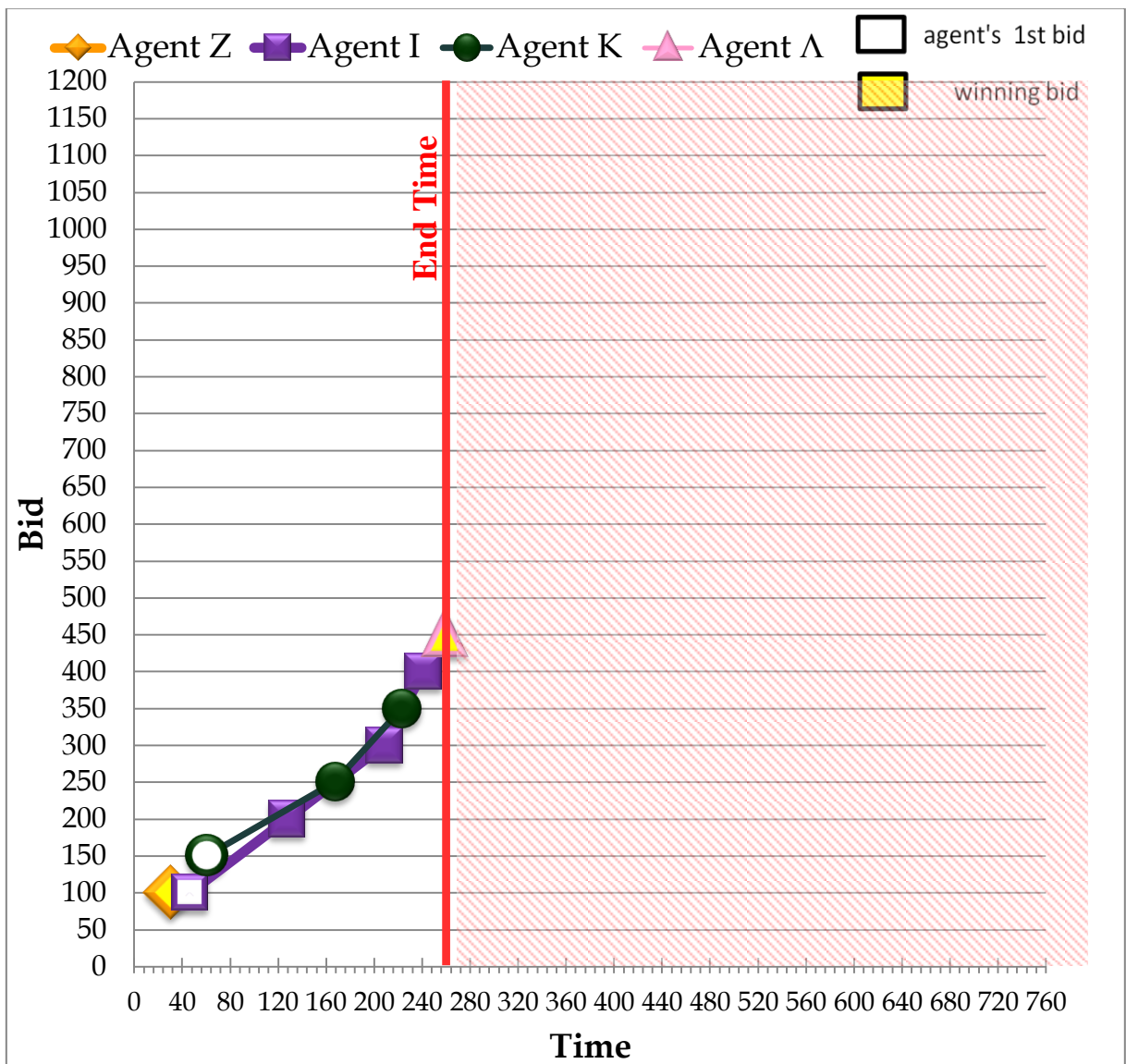
Action	Time	Number	Bids			
			Agent Z	Agent I	Agent K	Agent Λ
1	30	4	100			
2	46	1		100		
3	60	1			150	
4	127	1		200		
5	167	1			250	
6	208	1		300		
7	223	1			350	
8	241	1		400		
9	259	1				450

Πίνακας 7.4. Καταγραφή ενεργειών των πρακτόρων Z, I, K, Λ στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.



Σχήμα 7.11. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των πρακτόρων Z, I, K, Λ στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

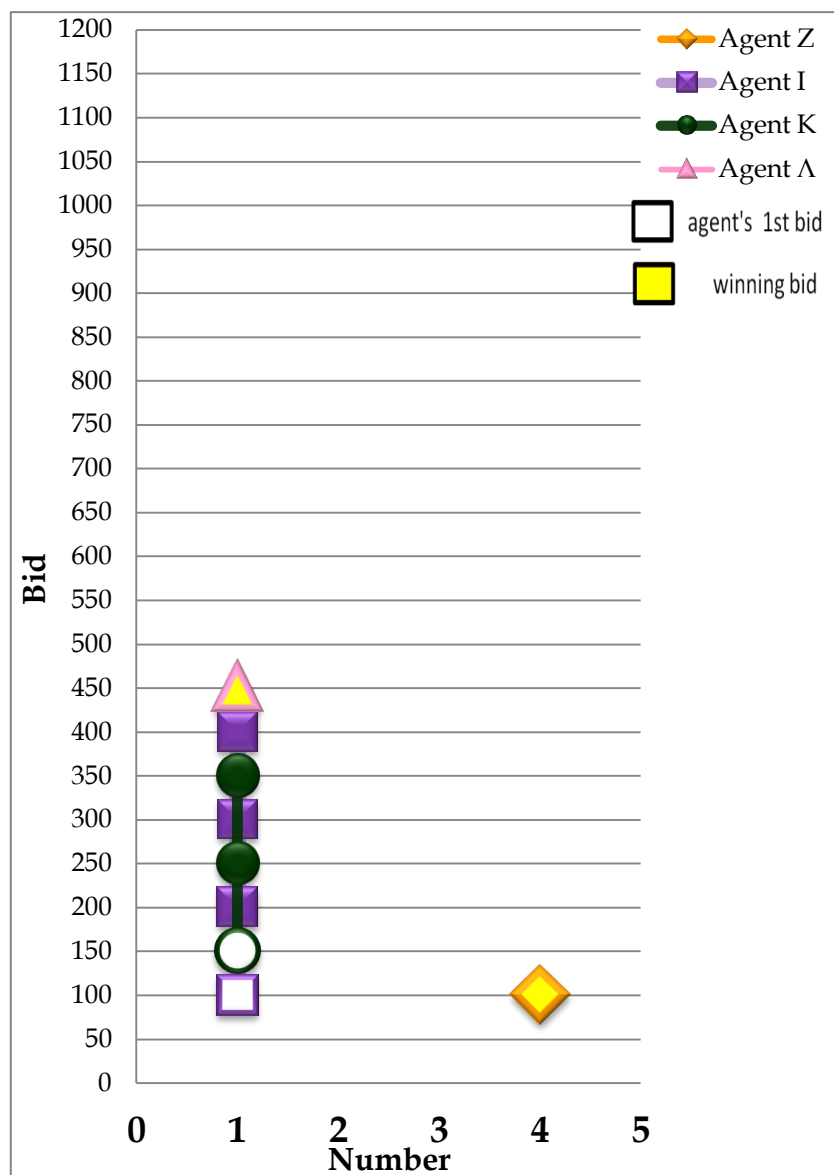
Φαίνεται από τις γραφικές παραστάσεις ότι ο πράκτορας Z πλειοδοτεί πρώτος στον αριθμό 4. Πράγματι, ο πράκτορας Z δρα κάθε 25 δευτερόλεπτα ($T_w=25$) για αυτό και στο Σχήμα 7.11 η ενέργεια του σημειώνεται με διακεκομμένες γραμμές. Ακολούθως οι πράκτορες I και K που έχουν πρώτο στις προτιμήσεις τους τον αριθμό 1, πλειοδοτούν εναλλάξ σε αυτό. Ο I με waiting time = 40 δρα πιο τακτικά από τον K (waiting_time = 50) (όπως φαίνεται και στην πυκνότητα των γραμμών του) επομένως υποβάλλει πρώτος προσφορά. Μέχρι τη χρονική στιγμή 241 ο I είναι ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης για €400. Αμέσως πριν τη λήξη των δημοπρασιών, ο πράκτορας Λ δρα για πρώτη και τελευταία φορά στο περιβάλλον πλειοδοτώντας στον αριθμό 1 για €450.



Σχήμα 7.12. Οι προσφορές των πρακτόρων Z, I, K, Λ σε σχέση με το χρόνο στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Στον τύπο του Λ πράγματι φαίνεται ότι έχει τυπική συμπεριφορά ενός παίκτη sniper. Έχει μόνο ένα αριθμό στις προτιμήσεις του (αριθμός 1) και ενδιαφέρεται να κτυπήσει μόνο αυτόν. Αν οι προσφορές των άλλων πρακτόρων, I και K στον αριθμό 1 είχαν ξεπεράσει την προσωπική του εκτίμηση τότε ο Λ δεν θα είχε άλλη επιλογή για προσφορά.

Στο Σχήμα 7.11 παρατηρούμε ότι οι γραμμές - ενέργειες των πρακτόρων πυκνώνουν τα τελευταία δευτερόλεπτα αφού βρίσκονται σε ζώνη επιτάχυνσης (για αυτό το λόγο οι γραμμές δεν είναι διακεκομμένες), δεν περιμένουν δηλαδή καθόλου μέχρι να εκτελέσουν κάποια άλλη ενέργεια. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι υπάρχουν κάποιες μικρές καθυστερήσεις, περίπου 10 δευτερολέπτων, γιατί τόσο παίρνει και στον προσομοιωτή να ενημερώσει τους πράκτορες για τις αλλαγές στην κατάσταση του περιβάλλοντος.



Σχήμα 7.13. Οι προσφορές των πρακτόρων Z, I, K, Λ σε κάθε αριθμό στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Παρατηρούμε από την γραφική παράσταση Σχήμα 7.13 ότι ο αριθμός 1 διατίθεται στο Λ για €100 και ο αριθμός 4 στο Ζ για €450. Οι πράκτορες Ι και Κ δεν κερδίζουν κανένα αριθμό, αφού δεν είχαν χρόνο να αντιδράσουν στη μια και μοναδική προσφορά του Λ με τη λήξη των δημοπρασιών. Επομένως το συνολικό κέρδος στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM από τους πράκτορες Ζ, Ι, Κ, Λ είναι

$$EMR_{[Z, I, K, \Lambda]} = 450 + 0 + 0 + 100 = 450.$$

Το κοινωνικό όφελος (Social Welfare- SW) για τους πράκτορες Ζ, Ι, Κ, Λ αθροίζουμε το ατομικό όφελος κάθε πράκτορα. Επομένως, για τους πράκτορες Ζ, Ι, Κ, Λ από τη συμμετοχή τους στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM έχουμε :

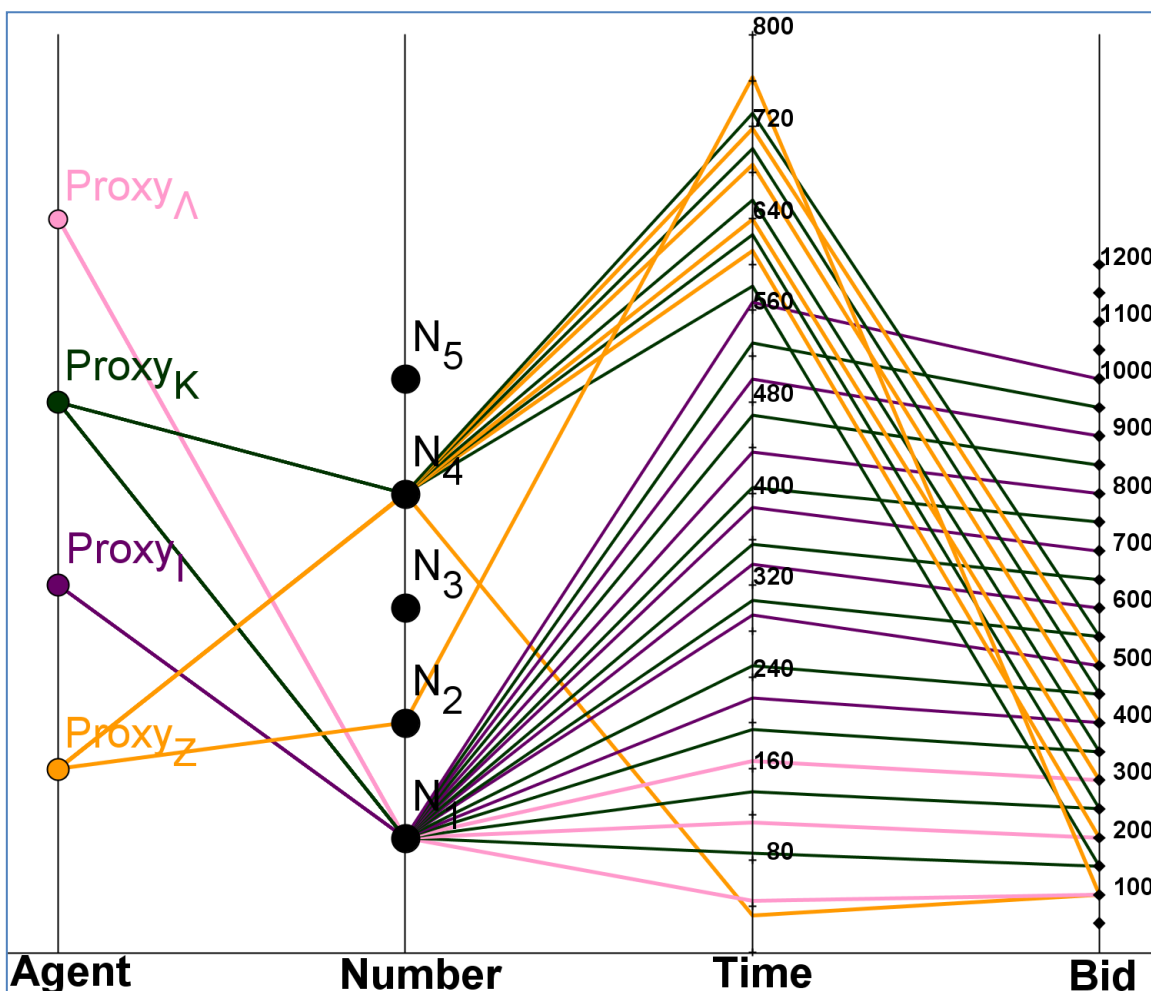
$$EMSW_{[Z, I, K, \Lambda]} = W_Z + W_I + W_K + W_\Lambda = (500 - 100) + 0 + 0 + (450 - 450) = 400.$$

Action	Time(s)	Number	Bids			
			Proxy Z	Proxy I	Proxy K	Proxy Λ
1	32	4	100			
2	45	1				100
3	86	1			150	
4	113	1				200
5	140	1			250	
6	167	1				300
7	194	1			350	
8	222	1		400		
9	250	1			450	
10	294	1		500		
11	307	1			550	
12	338	1		600		
13	356	1			650	
14	388	1		700		
15	405	1			750	
16	436	1		800		
17	468	1			850	
18	500	1		900		
19	531	1			950	
20	567	1		1000		
21	581	4			150	
22	612	4	200			
23	626	4			250	
24	639	4	300			
25	656	4			350	
26	687	4	400			
27	701	4			450	
28	718	4	500			
29	732	4			550	
30	763	2	100			

Πίνακας 7.5. Καταγραφή ενεργειών των proxy πρακτόρων Ζ, Ι, Κ, Λ στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Στη δεύτερη φάση (β) του πειράματος οι πράκτορες Z, I, K, Λ εισήλθαν στον νέο εξωτερικό άμεσο μηχανισμό, υπέβαλαν τις προτιμήσεις τους και ακολούθως ανέμεναν για την ανακοίνωση των αποτελεσμάτων. Ο εξωτερικός άμεσος μηχανισμός για να κάνει την ανάθεση, έτρεξε τον νέο εσωτερικό μηχανισμό με τους proxy πράκτορες Proxy_Z, Proxy_I, Proxy_K, Proxy_Λ οι οποίοι έπαιξαν για λογαριασμό των Z, I, K, Λ αντίστοιχα.

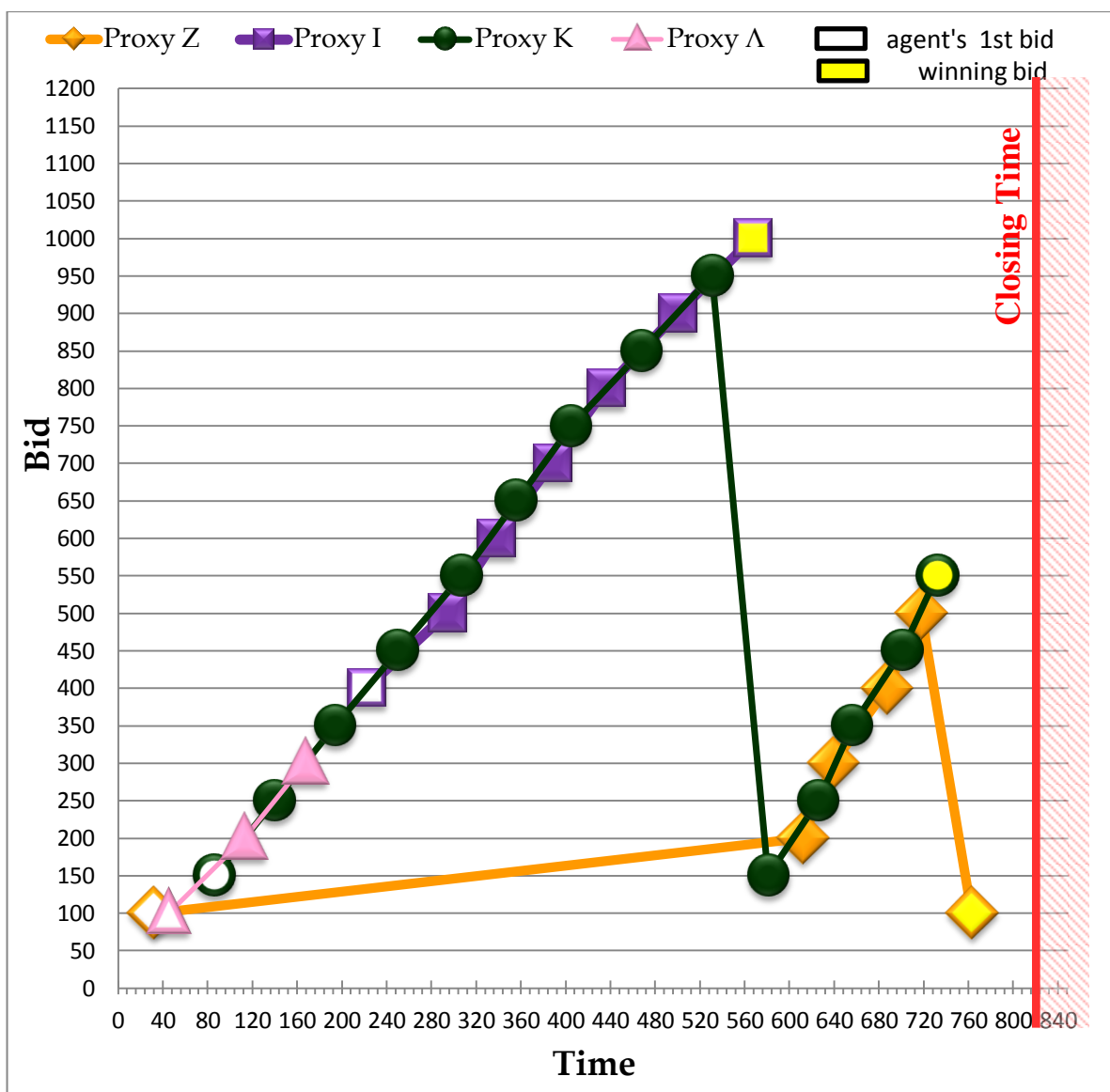
Στον Πίνακα 7.5 καταγράφονται οι ενέργειες που συγκεντρώθηκαν από την επεξεργασία του ιστορικού των ενεργειών των εσωτερικών proxy πρακτόρων.



Σχήμα 7.14. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων Z, I, K, Λ στον νέο εσωτερικό μηχανισμό

Από τα δεδομένα του πίνακα κατασκευάστηκε το Σχήμα 7.14. Φαίνεται ότι πλειοδοτεί αρχικά ο Proxy_Z στον αριθμό 4 και παραμένει μέχρι την χρονική στιγμή 581 ο επιτυχών πλειοδότης. Παρατηρούμε επίσης ότι ο Proxy_Λ συμμετέχει από πολύ νωρίς στις δημοπρασίες υποβάλλοντας προσφορές στον αριθμό 1. Αποχωρεί από το «παιχνίδι» όταν οι προσφορές ξεπεράσουν τα €450 για τον αριθμό 1, αφού ο εξωτερικός πράκτορας Λ που εκπροσωπεί δεν έχει δεύτερο αριθμό στις

προτιμήσεις του (Σχήμα 7.10). Οι Proxy_I και Proxy_K συνεχίζουν να πλειοδοτούν εναλλάξ (με βήμα αύξησης τα αύξησης τα €50) στον αριθμό 1 μέχρι η προσφορά του Proxy_I να φτάσει τα €1000 και να τον καταστήσει επιτυχών πλειοδότη. Ο Proxy_K, αφού σύμφωνα με τις προτιμήσεις του εξωτερικού πράκτορα K δεν μπορεί να αυξήσει άλλο την προσφορά στον αριθμό 1, αρχίζει τη χρονική στιγμή 581 να παίζει για τον αριθμό 4 ανταγωνιζόμενος τώρα τον Proxy_Z, τον οποίο εκτοπίζει τη χρονική στιγμή 732 με προσφορά €550. Ο Proxy_Z χαμένος από το παιχνίδι για τον αριθμό 4, προσπαθεί για τον αριθμό 1 που είναι η δεύτερή του προτίμηση και ενημερώνεται ότι οι προσφορές ήδη ξεπέρασαν την προσωπική του εκτίμηση και έτσι υποβάλλει προσφορά για την τρίτη προτίμησή του, τον αριθμό 2 τη χρονική στιγμή 763.



Σχήμα 7.15. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Z, I, K, Λ σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Εφόσον, όλοι οι πράκτορες (εκτός από τον Proxy Λ που είχε δηλώσει μια μόνο προτίμηση) είναι επιτυχόντες πλειοδότες σε κάποιο αριθμό δεν εκτελούν άλλη ενέργεια επομένως οι δημοπρασίες στον εσωτερικό μηχανισμό κλείνουν περίπου 40 δευτερόλεπτα μετά την τελευταία επιτυχημένη υποβολή προσφοράς.

Από τα Σχήματα 7.14 και 7.15 παρατηρείται ότι οι εσωτερικοί proxy πράκτορες προβαίνουν σε περισσότερες ενέργειες από ότι οι εξωτερικοί πράκτορες στον υπάρχοντα μηχανισμό φτάνοντας έτσι και σε υψηλότερες προσφορές. Εκτελούν ενέργειες μέχρι και το 763^ο λεπτό. Ταυτόχρονα, διατίθενται περισσότεροι αριθμοί από ότι στον υπάρχοντα μηχανισμό.

Από το Σχήμα 7.16 υπολογίζεται το συνολικό κέρδος από το νέο μηχανισμό.

$$NMR_{[Z,I,K,\Lambda]} = 100 + 1000 + 550 + 0 = 1650.$$

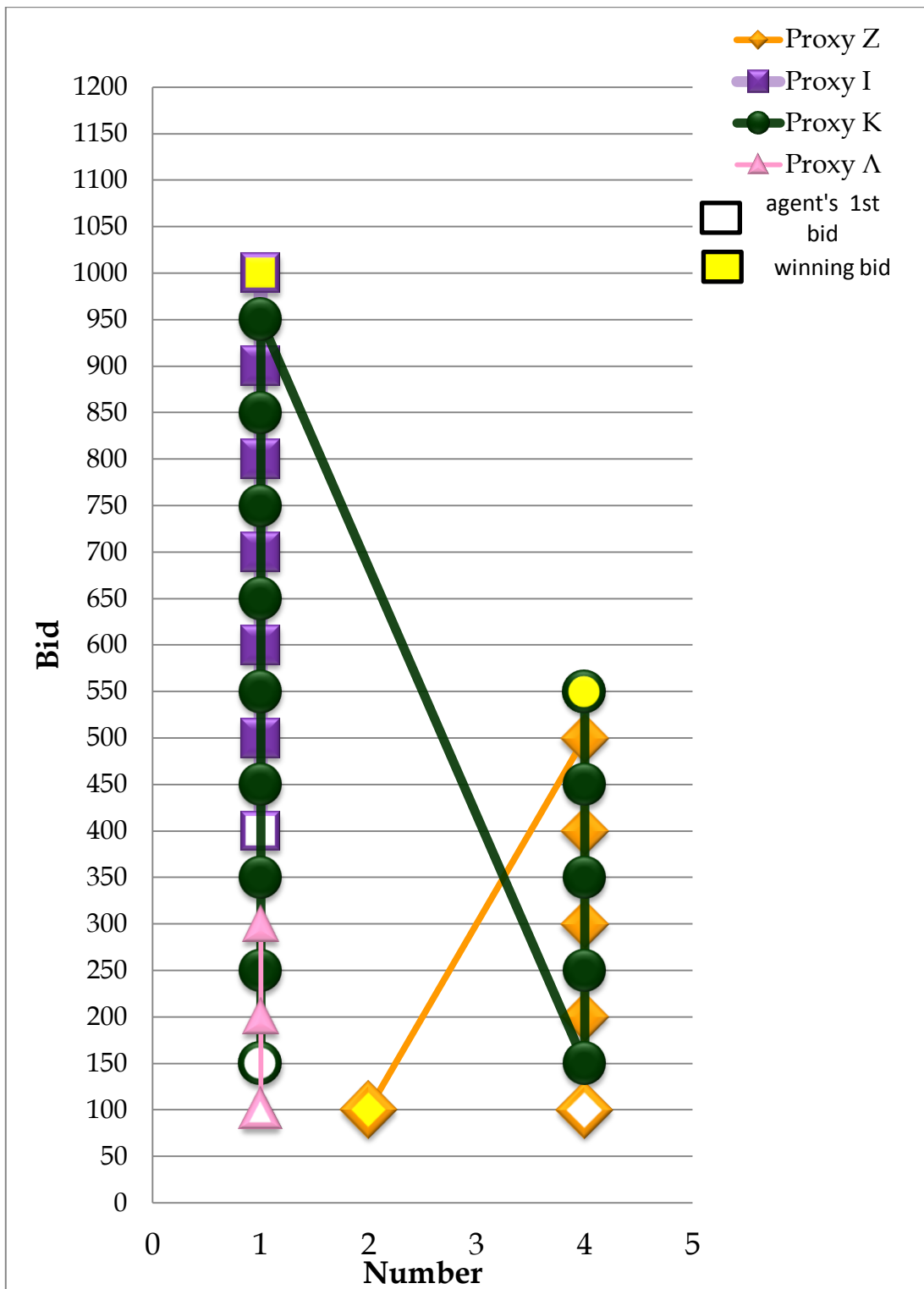
Φαίνεται επίσης από το Σχήμα 7.16 ότι ο Proxy Λ δεν έχει νικητήρια προσφορά. Αυτό οφείλεται στο ότι δεν έχει άλλη προτίμηση πέραν του αριθμού 1 στη λίστα των προτιμήσεών του. Σε αντίθετη περίπτωση θα μπορούσε να υποβάλει προσφορές σε άλλους αριθμούς και πιθανότατα να συνείσφερε κι αυτός σε περεταίρω αύξηση του κέρδους αλλά και του κοινωνικού οφέλους.

Το οικονομικό κέρδος καθώς και το κοινωνικό όφελος για τον καθένα από τους δύο μηχανισμούς, υπάρχοντα και νέο, παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.18.

Το Κοινωνικό Όφελος (NMSW) για τον νέο μηχανισμό είναι

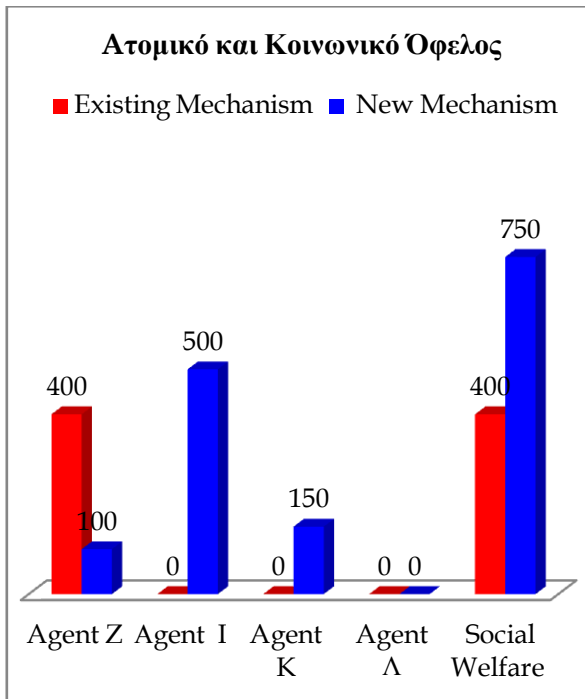
$$NMSW_{[Z,I,K,\Lambda]} = (200 - 100) + (1500 - 1000) + (700 - 550) + 0 = 750.$$

Στο Σχήμα 7.17 παρουσιάζονται το ατομικό και το κοινωνικό όφελος συγκριτικά στους δύο μηχανισμούς. Στον υπάρχοντα μηχανισμό παρατηρούμε ότι τα ατομικά οφέλη των πρακτόρων I, K και Λ είναι μηδέν (0) και μάλιστα με τους 2 πρώτους να μην κερδίζουν κανένα αριθμό. Ο Λ που έχει ατομικό όφελος 0 γιατί παίρνει τον αριθμό που επιθυμεί ακριβώς στην αξία της προσωπικής του εκτίμησης. Παρατηρούμε συγκρίνοντας τους δύο μηχανισμούς, ότι σε αυτό το πείραμα το κοινωνικό όφελος είναι μεγαλύτερο στο νέο μηχανισμό. Επίσης στο νέο μηχανισμό τα ατομικά οφέλη είναι πιο ισορροπημένα.

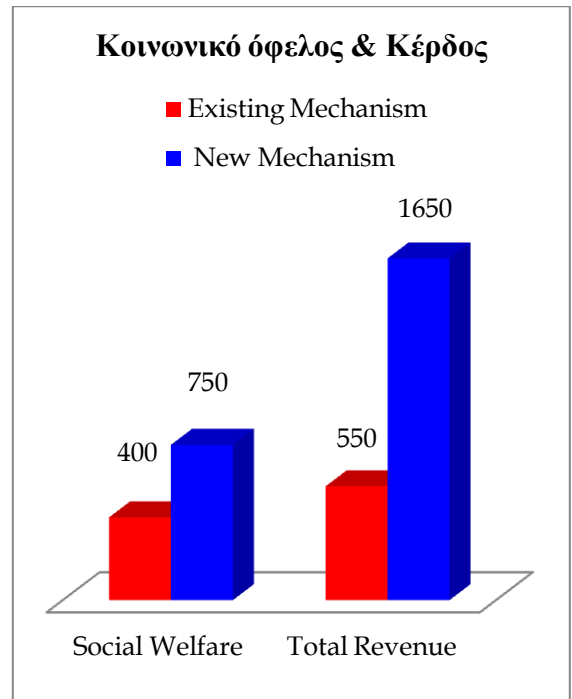


Σχήμα 7.16. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Z, I, K, Λ ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Συμπέρασμα 2: Υπάρχουν σύνολα πρακτόρων για τα οποία ο νέος μηχανισμός δίνει σημαντικά αυξημένο οικονομικό κέρδος και μεγαλύτερο κοινωνικό όφελος από τον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.



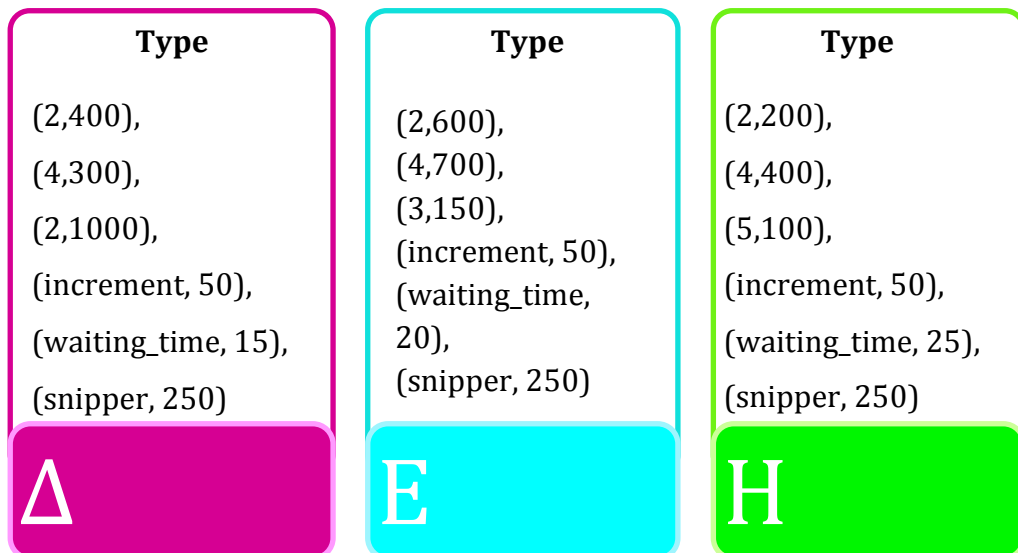
Σχήμα 7.17. Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Z, I, K, Λ.



Σχήμα 7.18. Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος για τον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Z, I, K, Λ.

7.1.3. Πείραμα 3

Στο πείραμα αυτό συμμετέχουν οι πράκτορες Δ, Ε και Η που παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.19. Παρατηρούμε από τον τύπο τους ότι έχουν και οι τρεις πρώτο στις προτιμήσεις τους τον αριθμό 2. Επίσης έχουν όλοι κάποιο χρόνο αναμονής T_w .



Σχήμα 7.19 Οι τύποι των πρακτόρων Δ, Ε, Η.

Μέσα από την συμμετοχή του συνόλου πρακτόρων [Δ, Ε, Η] στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, προέκυψαν οι ενέργειες που καταγράφονται στον Πίνακα 7.6.

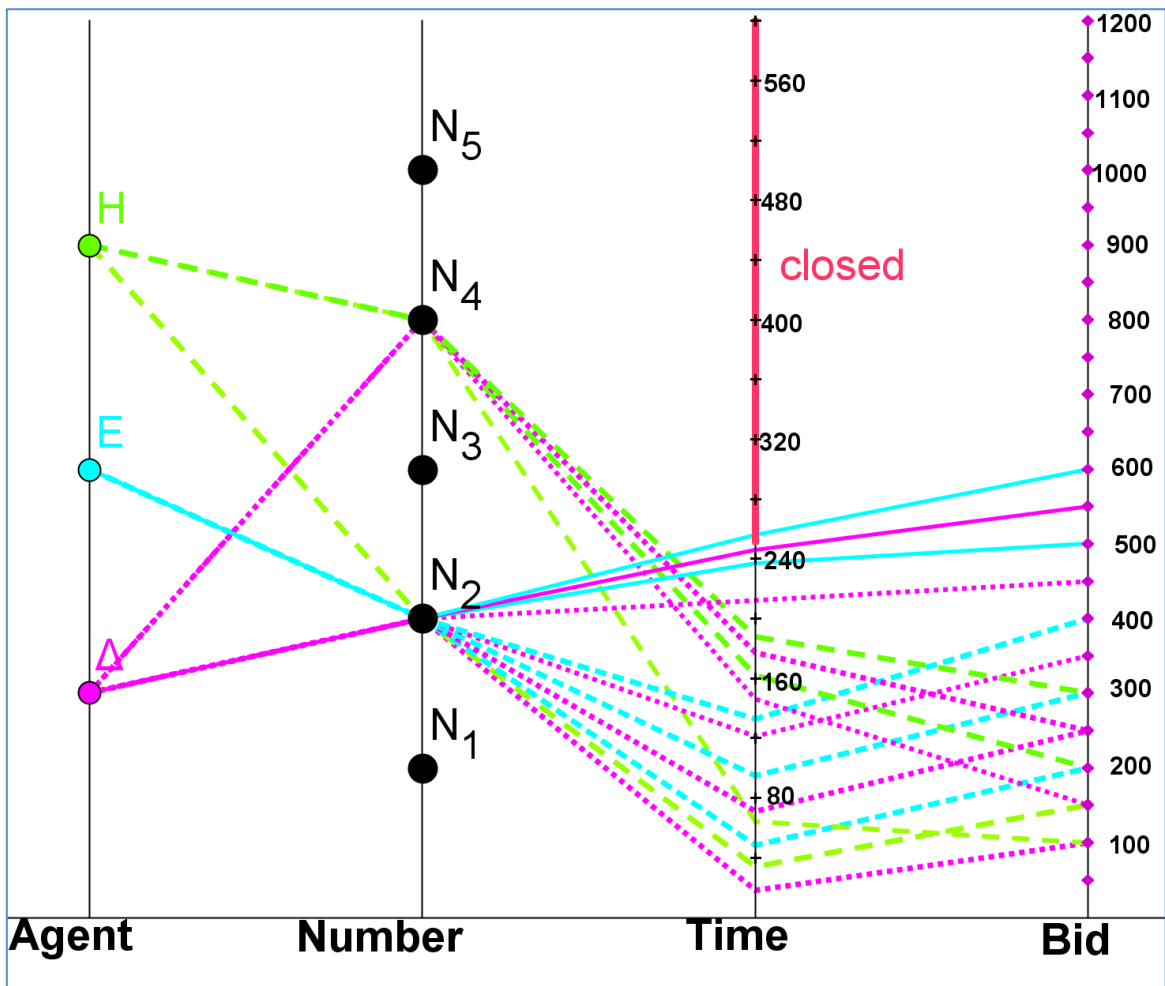
Action	Time(sec)	Number	Bids		
			Agent Δ	Agent Ε	Agent Η
1	18	2	100		
2	34	2			150
3	48	2		200	
4	64	4			100
5	71	2	250		
6	95	2		300	
7	121	2	350		
8	133	2		400	
9	146	4	150		
10	162	4			200
11	177	4	250		
12	188	4			300
13	212	2	450		
14	237	2		500	
15	246	2	550		
16	254			600	

Πίνακας 7.6. Καταγραφή των ενεργειών των πρακτόρων Δ, Ε, Η στον Υπάρχοντα Μηχανισμό

Στην σχηματική αναπαράσταση των ενεργειών (Σχήμα 7.20) φαίνεται ότι την πρώτη προσφορά στον αριθμό 2 για €100 υποβάλλει ο Δ, γεγονός προβλεπόμενο αφού έχει τον μικρότερο χρόνο αναμονής. Ενδιαφέρεται στο 15^ο δευτερόλεπτο να ελέγξει τι συμβαίνει στο περιβάλλον και να δράσει, οπότε στέλνει πρώτος την υποβολή προσφοράς στο 18^ο δευτερόλεπτο.

Μελετώντας το ιστορικό των ενεργειών φάνηκε πως ο Ε, που εισήλθε το 23^ο δευτερόλεπτο, είχε ζητήσει και αυτός να υποβάλει προσφορά για €100 στον αριθμό 2 το 26^ο δευτερόλεπτο, που ασφαλώς δεν έγινε αποδεκτή (γι' αυτό και δεν εμφανίζεται στο Πίνακα 7.6). Αυτό σημαίνει πιθανότατα ότι η αλλαγή στην κατάσταση του περιβάλλοντος επήλθε (δηλαδή η ενέργεια που ζήτησε να εκτελέσει ο Δ είχε γίνει αποδεκτή), μετά που και ο Ε ζήτησε να υποβάλει τη δική του προσφορά.

Επομένως, παρόλο που η 2η ενέργεια που αναμενόταν να εκτελεστεί από τον Ε που έχει χρόνο αναμονής $T_w = 20$, εκτελείται από τον Η ($T_w = 25$), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.20. Συγκεκριμένα, ο πράκτορας Η ενδιαφέρεται να λάβει δράση στο περιβάλλον για πρώτη φορά το 26^ο δευτερόλεπτο και έτσι υποβάλλει προσφορά στον αριθμό 2 για €150 στο 34^ο δευτερόλεπτο.



Σχήμα 7.20. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των πρακτόρων Δ, Ε, Η στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

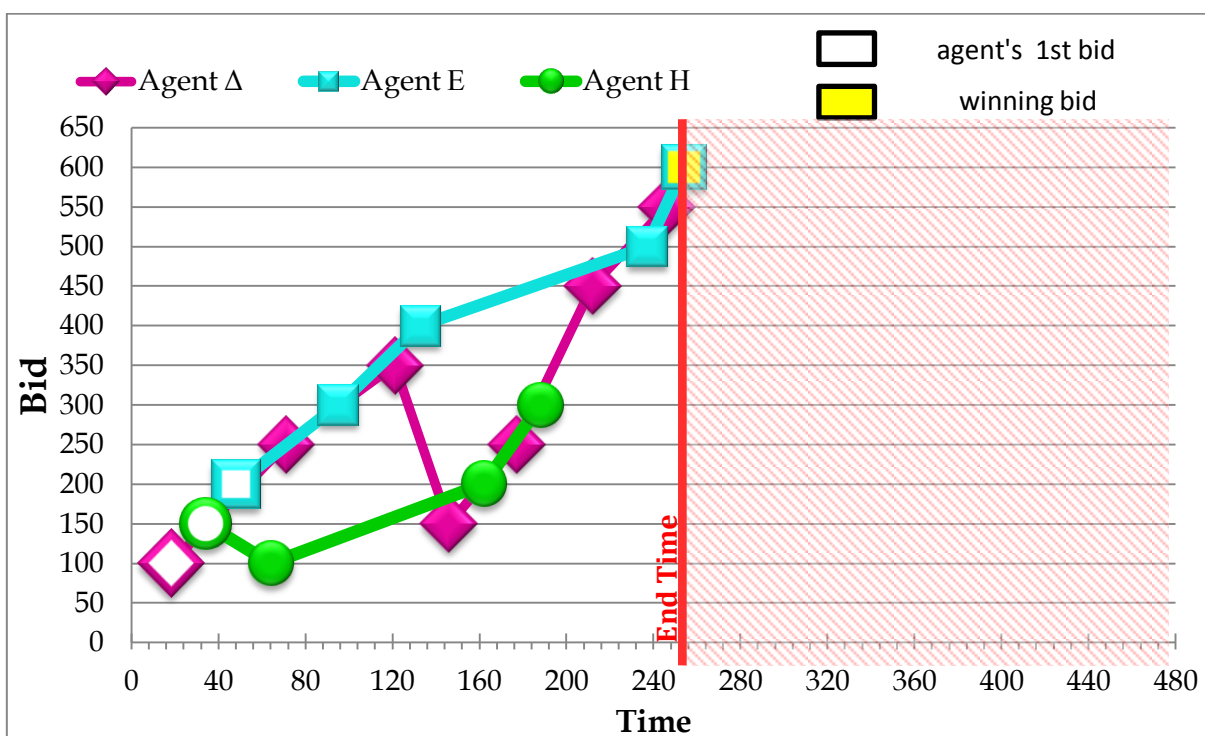
Παρενθετικά, σημειώνεται εδώ ότι κάποιες επιπλέον καθυστερήσεις οφείλονται στο ότι ο κάθε εξωτερικός πράκτορας, όπως φαίνεται και στη διαδικασία λήψης απόφασης για την `raise_bid` (Number,Bid) στο Κεφάλαιο 6 (Σχήμα 6.2) πριν ενημερωθεί για το State περιμένει (sleep) χρόνο τυχαίο αναμονής T . Ο T επιλέγεται τυχαία ανάμεσα από τους χρόνους $[1s, 2s, 3s]$ με πιθανότητες 0.3, 0.3 και 0.4 αντίστοιχα. Για αυτό το λόγο ο χρόνος αναμονής για τους πράκτορες αυξάνεται περίπου κατά τυχαίο T κάθε φορά. Ο χρόνος αναμονής T συμπεριλήφθηκε για να σπάζει όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως τυχόν ισοπαλίες ανάμεσα στις προτιμήσεις των πρακτόρων. Ο χρόνος T ωστόσο λειτουργεί κάποτε θετικά και κάποτε αρνητικά για τους πράκτορες.

Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά το πείραμα ο Δ είχε ενδιαφερθεί να δράσει το 32^ο δευτερόλεπτο αλλά δεν προχώρησε σε ενέργεια γιατί ενημερώθηκε ότι ήταν ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης τη συγκεκριμένη στιγμή. Δεν είχε προλάβει δηλαδή και πάλι να ενημερωθεί για το γεγονός υποβολής μεγαλύτερης προσφοράς από τη δική του για κάποια δευτερόλεπτα. Μπορούμε να

παραλληλίσουμε τον πράκτορα Δ με ένα φυσικό πλειοδότη στις δημοπρασίες TOM στον πραγματικό κόσμο που έχει αποφασίσει να επισκέπτεται τον ιστοχώρο του TOM κάθε 3 ώρες. Είναι πιθανόν, κάποια στιγμή, να ελέγξει την προσφορά του, να βεβαιωθεί ότι είναι ακόμα ο επιτυχών πλειοδότης και να εγκαταλείψει τον ιστοχώρο, ενώ εν αγνοία του την ίδια στιγμή, κάποιος άλλος πλειοδότης υποβάλλει υψηλότερη προσφορά για την οποία θα ενημερωθεί με την επόμενη του επίσκεψη στον ιστοχώρο.

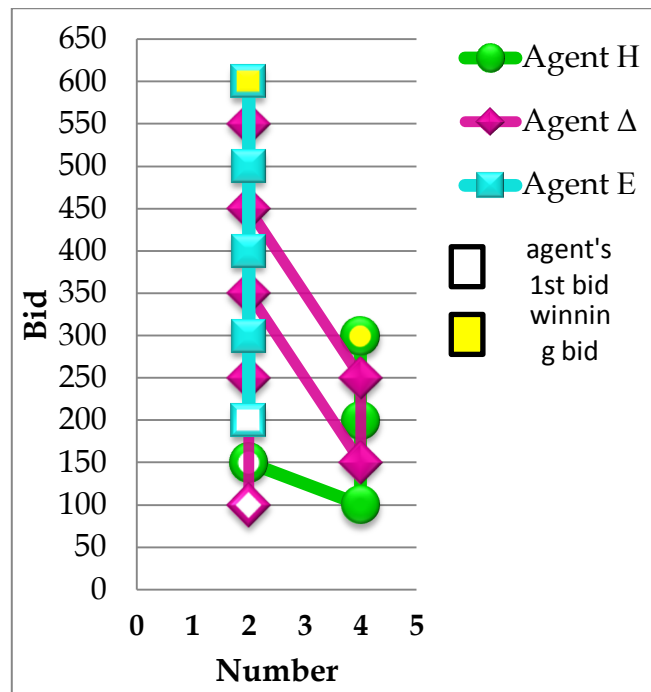
Η επόμενη «επίσκεψη» στο περιβάλλον γίνεται το 45^ο δευτερόλεπτο από τον Ε ο οποίος το 48^ο δευτερόλεπτο υποβάλλει προσφορά επιτυχώς στον αριθμό 2 για €200. (Ο Δ είχε εισέλθει και αυτός στο 47^ο λεπτό και ζήτησε να υποβάλει προσφορά €200 το 56^ο δευτερόλεπτο ανεπιτυχώς).

Το 54^ο δευτερόλεπτο αναλαμβάνει δράση ο Η. Παρατηρεί ότι δεν μπορεί να αυξήσει άλλο την προσφορά για τον αριθμό 2 που είναι η πρώτη του προτίμηση και έτσι υποβάλλει επιτυχώς προσφορά €100 στον αριθμό 4 την χρονική στιγμή 63.



Σχήμα 7.21. Οι προσφορές των πρακτόρων Δ, Ε, Η σε σχέση με το χρόνο στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Την 5^η ενέργεια εκτελεί, όπως αναμένεται επιτυχώς ο Δ υποβάλλοντας προσφορά στον αριθμό 2 για €250 στο 71^ο δευτερόλεπτο. Οι πράκτορες Ε και Δ συνεχίζουν το μεταξύ τους παιχνίδι για τον αριθμό 2, ενώ ο Η κάθε φορά που ενδιαφέρεται να λάβει δράση ενημερώνεται ότι είναι ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης για τον αριθμό 4. Όλα αυτά συμβαίνουν μέχρι φυσικά η προσφορά του Ε να φτάσει τα €400 για τον αριθμό 2 οπότε και ο Δ όταν έρθει η ώρα για να δράσει μπαίνει στο παιχνίδι για τον αριθμό 4.



Σχήμα 7.22. Οι προσφορές των πρακτόρων Δ, Ε, Η σε κάθε αριθμό στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Αφού ο Δ ανταλλάξει κάποιες προσφορές με τον Η στον αριθμό 4 εκτοπίζεται και από αυτό το παιχνίδι μόλις ο Η υποβάλει προσφορά για €300. Παρόλα αυτά δεν σταματά εδώ η δράση του αφού στη λίστα με τις προτιμήσεις του εμφανίζεται τρίτος στη σειρά πάλι ο αριθμός 2, έτσι επιστρέφει πίσω στο παιχνίδι με τον Ε μέχρι να κλείσουν οι δημοπρασίες.

Φαίνεται από τις γραφικές παραστάσεις στα Σχήματα 7.20 και 7.21 ότι οι τελευταίες υποβολές γίνονται σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα μεταξύ τους, αφού οι πράκτορες βρίσκονται στις ζώνη επιτάχυνσής τους. Η ζώνη επιτάχυνσης για τον Δ ξεκινά το 235^ο (250 - 15) δευτερόλεπτο ενώ για τον Ε ξεκινά το 240^ο (250 - 20) δευτερόλεπτο. Την τελευταία προσφορά προλαβαίνει να την υποβάλει ο Ε για € 600.

Η τελική ανάθεση των αριθμών στον Υπάρχοντα Μηχανισμό φαίνεται εύκολα από το Σχήμα 7.22. Ο αριθμός 2 διατίθεται στον για €600 και ο 4 στον Η για €300. Ο πράκτορας Δ δεν κερδίζει κάποιο αριθμό.

Επομένως από τη συμμετοχή των πρακτόρων Δ, Ε και Η στον υπάρχοντα μηχανισμό έχουμε:

α) Κέρδος: $EMR_{[\Delta, E, H]} = 0 + 600 + 300 = 900$

β) Κοινωνικό Όφελος: $EMSW_{[\Delta, E, H]} = 0 + (600 - 600) + (400 - 300) = 100$

Όπως και στα προηγούμενα πειράματα, οι ίδιοι εξωτερικοί πράκτορες Δ, Ε, και Η εισήλθαν στο περιβάλλον του νέου άμεσου μηχανισμού, υπέβαλαν τις προτιμήσεις τους και περίμεναν μέχρι να τους ανακοινωθούν τα αποτελέσματα. Ο εξωτερικός μηχανισμός έτρεξε εσωτερικά ένα έμμεσο μηχανισμό με τους proxy πράκτορες Proxy_Δ, Proxy_Ε, και Proxy_Η να παίζουν για λογαριασμό των Δ, Ε, Η με σκοπό να κάνει την ανάθεση των αριθμών στους εξωτερικούς πράκτορες με βάση τις προτιμήσεις τους.

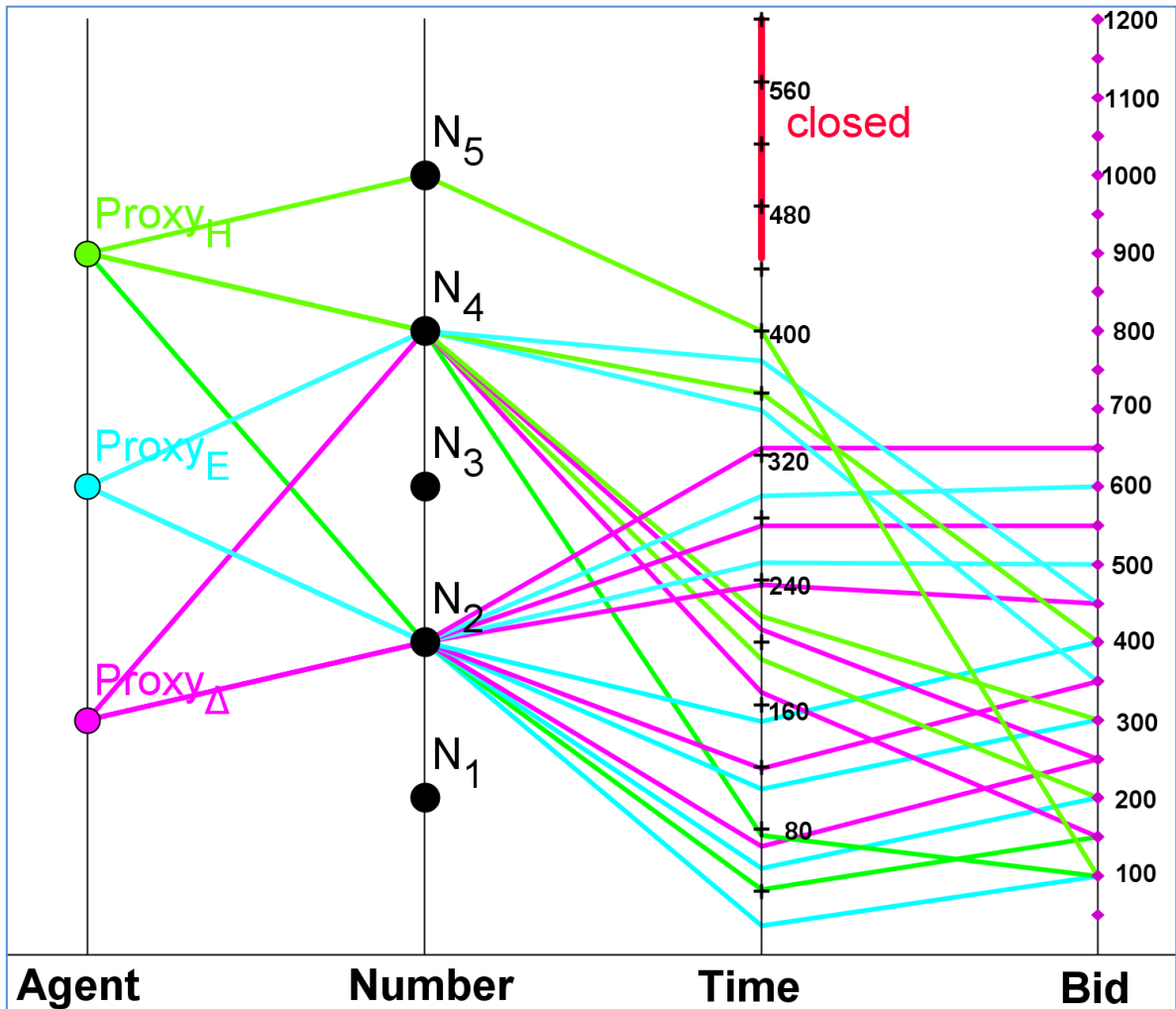
Στον Πίνακα 7.7 παρουσιάζονται οι ενέργειες που εκτελούν επιτυχώς οι Proxy_Δ, Proxy_Ε και Proxy_Η πράκτορες στον νέο εσωτερικό μηχανισμό όπως έχουν καταγραφεί στο αρχείο history.db του προσομοιωτή. Με βάση τον πίνακα, αναπαραστάθηκαν οι ενέργειες σαν γραμμές στο Σχήμα 7.23.

Action	Time(sec)	Number	Bids		
			Proxy Δ	Proxy Ε	Proxy Η
1	18	2		100	
2	41	2			150
3	55	2		200	
4	69	2	250		
5	76	4			100
6	106	2		300	
7	119	2	350		
8	149	2		400	
9	168	4	150		
10	189	4			200
11	208	4	250		
12	217	4			300
13	237	2	450		
14	251	2		500	
15	275	2	550		
16	294	2		600	
17	325	2	650		
18	349	4		350	
19	360	4			400
20	381	4		450	
21	400	5			100

Πίνακας 7.7. Καταγραφή ενεργειών των πρακτόρων Δ, Ε, Η στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Παρατηρούμε από το Σχήμα 7.23 ότι αρχίζουν τις υποβολές προσφορών για τον αριθμό 5 οι πράκτορες Proxy_Ε και Proxy_Η σε αντίθεση με τον υπάρχοντα μηχανισμό στον οποίο ξεκινά πάντοτε ο εξωτερικός πράκτορας Α. Αυτό συμβαίνει αφού οι εσωτερικοί proxy πράκτορες δεν λαμβάνουν υπόψη στη διαδικασία λήψης απόφασης για την raise_bid στον εσωτερικό

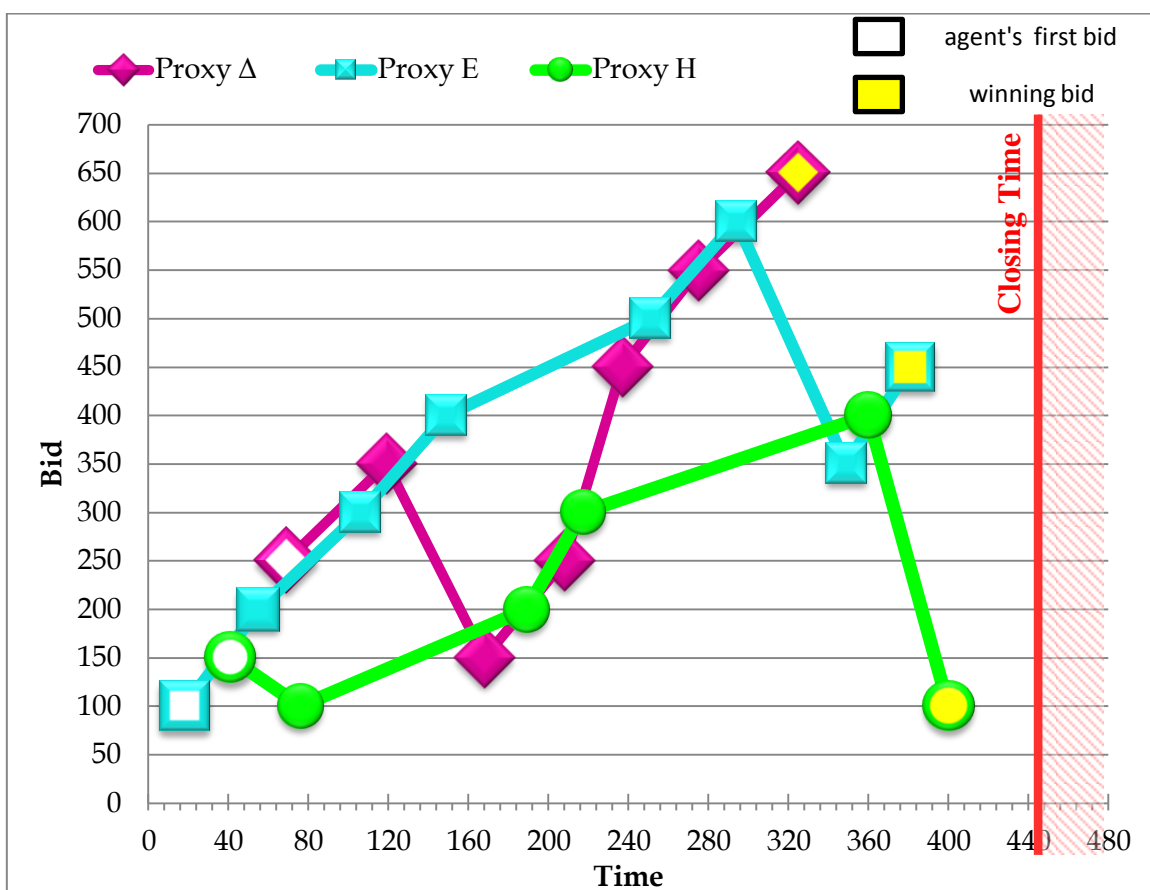
μηχανισμό τον χρόνος αναμονής των εξωτερικών πρακτόρων. Ωστόσο, φαίνεται παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις (Σχήματα 7.23 και 7.24) ότι το παιχνίδι ανάμεσα στους Proxy_Δ, Proxy_Ε και Proxy_Η μέχρι το 300^ο περίπου δευτερόλεπτο έχει τη μορφή που έχει και το παιχνίδι ανάμεσα στους εξωτερικούς πράκτορες στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM ακριβώς την ώρα που κλείνουν οι δημοπρασίες (Σχήματα 7.20 και 7.21).



Σχήμα 7.23. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων Δ, Ε και Η στον νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Σε αντίθεση όμως με τον υπάρχοντα μηχανισμό, ο νέος μηχανισμός με κυλιόμενο χρόνο λήξης επιτρέπει στους εσωτερικούς proxy agents να υποβάλουν ψηλότερες προσφορές. Για παράδειγμα ο Proxy_Δ έχει την ευκαιρία να αυξήσει την προσφορά στον αριθμό 2 στα €650 εκτοπίζοντας τον Proxy_Ε από την διεκδίκηση του αριθμού 2. Ο Proxy_Ε δεν μένει όμως χαμένος, γιατί έχει χρόνο να περάσει πιο βαθιά στη λίστα με τις προτιμήσεις του (δηλαδή τις προτιμήσεις που υπέβαλε ο εξωτερικός πράκτορας τον οποίο εκπροσωπεί) και έτσι υποβάλλει προσφορά

στον αριθμό 4 για €350. Ο Proxy_H αφού ενημερώνεται αυξάνει και αυτός την προσφορά για τον αριθμό 4 στα €400 για να χάσει έπειτα τελειωτικά τον αριθμό 4 από τον Proxy_E που υποβάλλει νέα προσφορά για €450. Ακολούθως ο Proxy_H υποβάλλει προσφορά στον αριθμό 5 για €100 την χρονική στιγμή 400. Εφόσον και οι τρεις proxy πράκτορες είναι εν δυνάμει επιτυχόντες πλειοδότες σε κάποιο αριθμό δεν έχουν δικαίωμα να υποβάλουν άλλη προσφορά και έτσι οι δημοπρασίες στον εσωτερικό μηχανισμό κλείνουν με το πέρασ 40 δευτερολέπτων όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.24.

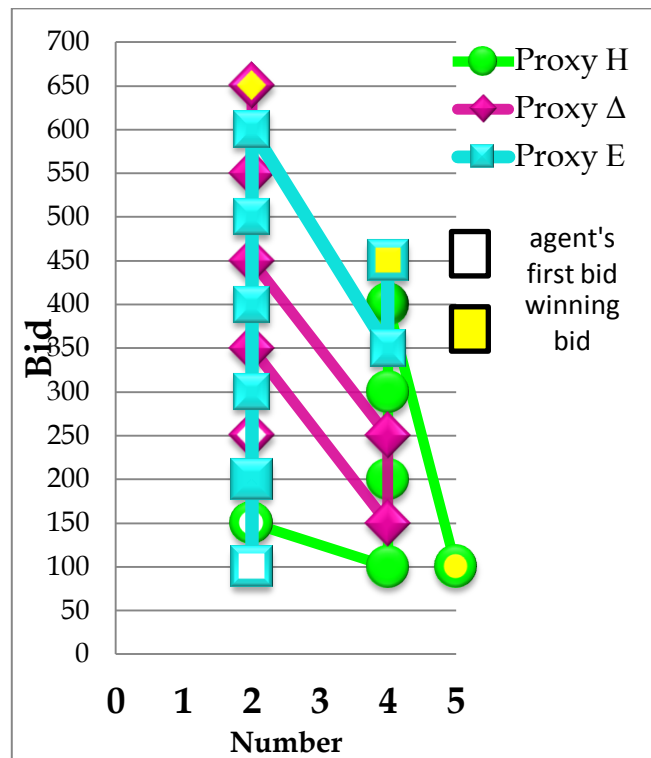


Σχήμα 7.24. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Δ, Ε και Η σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

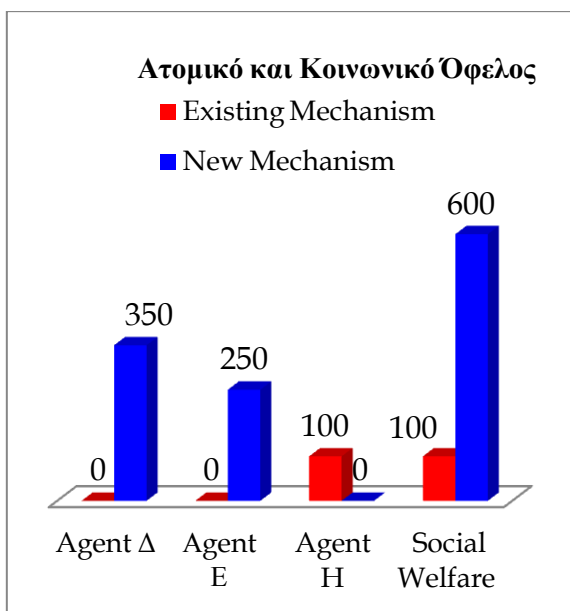
Στο Σχήμα 7.25 φαίνονται τόσο οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πρακτόρων και το παιχνίδι που κάνουν σε κάθε αριθμό αλλά και η ανάθεση των αριθμών που γίνεται και ανακοινώνεται έπειτα στον εξωτερικό άμεσο μηχανισμό. Προκύπτει ότι το κέρδος $NMR_{[\Delta, E, H]}$ για τον νέο εσωτερικό μηχανισμό είναι ίσο με 1100. Το κοινωνικό όφελος είναι

$$NMSW_{[\Delta, E, H]} = (1000 - 650) + (700 - 450) + (100 - 100) = 600$$

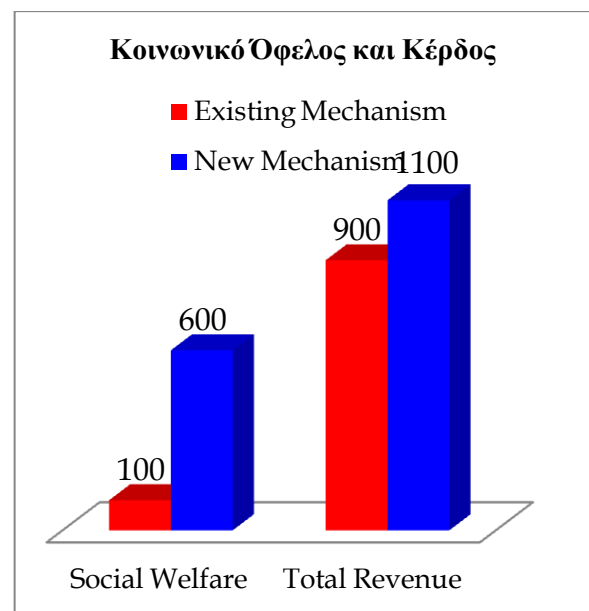
Συγκριτικά το κοινωνικό όφελος και το κέρδος από το σύνολο [Δ, Ε, Η] πρακτόρων για το νέο και τον υπάρχοντα μηχανισμό φαίνονται στο Σχήμα 7.27. Παρατηρούμε ότι και οι δύο μετρικές αυξάνονται στο νέο μηχανισμό. Ιδιαίτερη αύξηση φαίνεται να παρουσιάζει το κοινωνικό όφελος.



Σχήμα 7.25. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Δ, Ε και Η ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.



Σχήμα 7.26. Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Δ, Ε, Η.

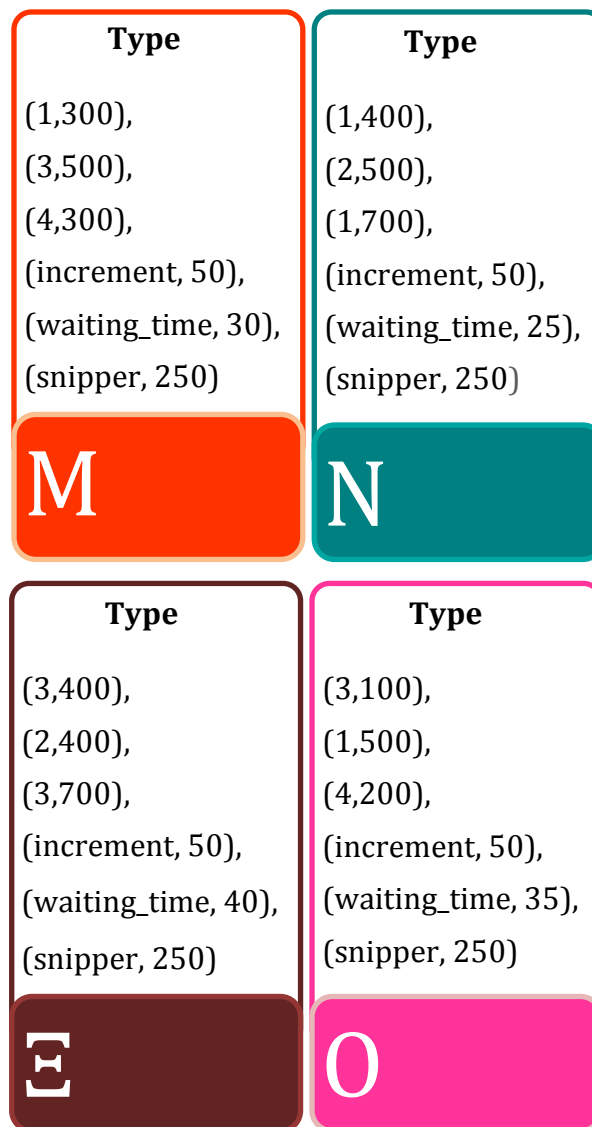


Σχήμα 7.27. Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Δ, Ε, Η.

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος επιβεβαιώνουν το Συμπερασμα 2. Ότι δηλαδή, υπάρχουν σύνολα πρακτόρων για τα οποία και το κέρδος αλλά και το κοινωνικό όφελος παρουσιάζονται αυξημένα σημαντικά στον νέο άμεσο μηχανισμό από ότι στον υπάρχοντα TOM.

7.1.4 Πείραμα 4

Στο πείραμα αυτό συμμετέχουν οι τέσσερις πράκτορες του Σχήματος 7.28. Παρατηρούμε από τους τύπους τους ότι έχουν όλοι κάποιο χρόνο αναμονής. Επίσης οι M και N έχουν πρώτη προτίμηση τον αριθμό 1, ενώ οι Ξ και Ο τον αριθμό 3.

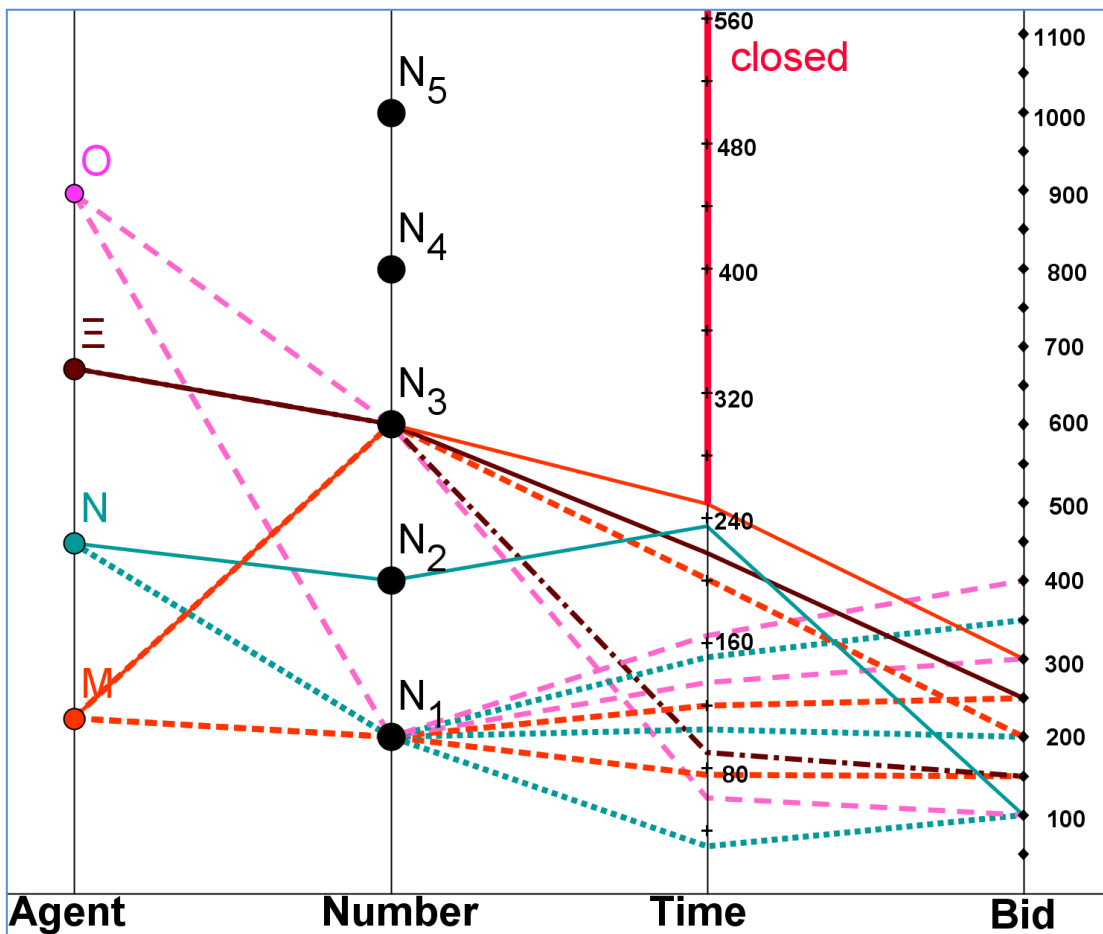


Σχήμα 7.28. Οι τύποι των πρακτόρων M, N, Ξ, O.

Στην πρώτη φάση του πειράματος το σύνολο πρακτόρων Μ, Ν, Ξ και Ο συμμετέχει στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού ΤΟΜ. Οι ενέργειες που εκτελούν επιτυχώς παρουσιάζονται σχηματικά στο Σχήμα 7.29 με βάση τα δεδομένα του Πίνακα 7.8.

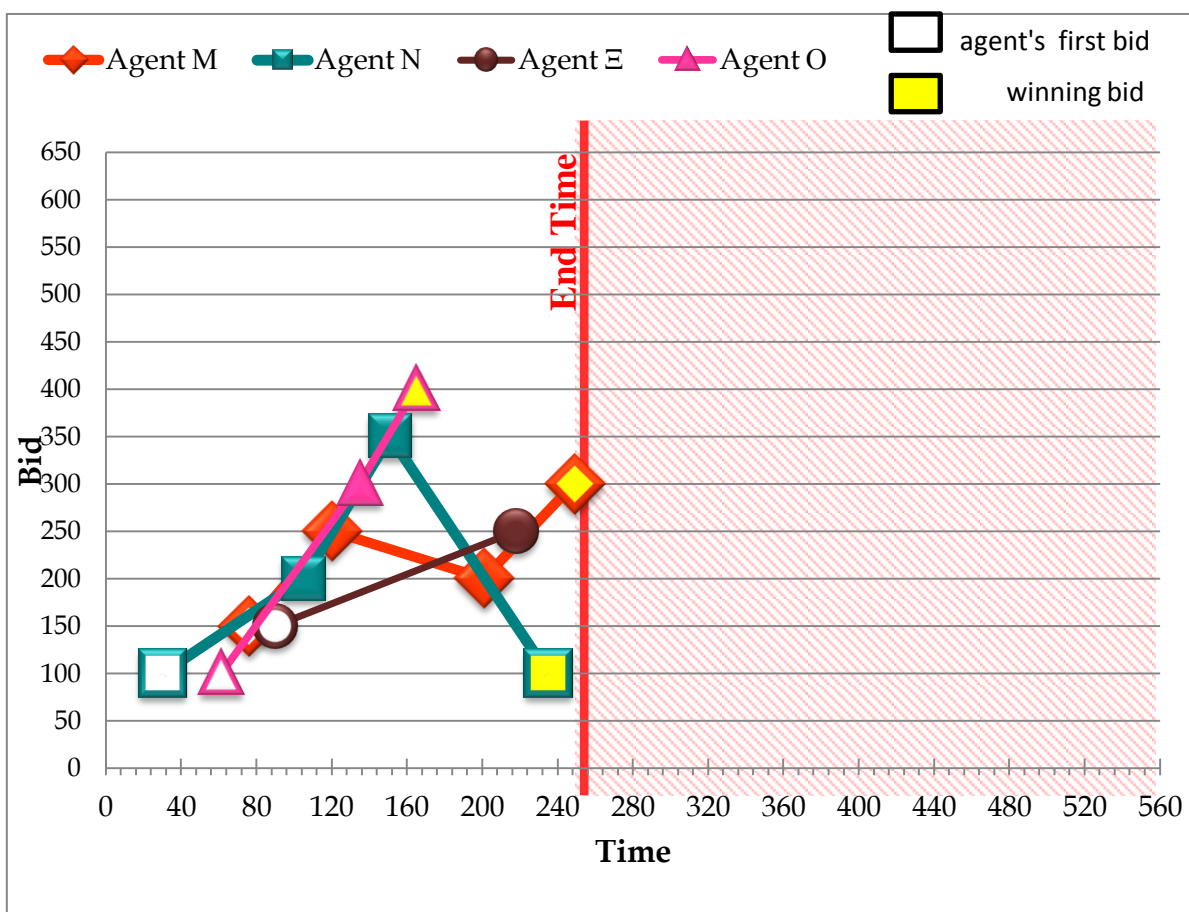
Action	Time(s)	Number	Bids			
			Agent M	Agent N	Agent Ξ	Agent O
1	30	1		100		
2	61	3				100
3	76	1	150			
4	90	3			150	
5	105	1		200		
6	120	1	250			
7	135	1				300
8	151	1		350		
9	165	1				400
10	201	3	200			
11	218	3			250	
12	235	2		100		
13	249	3	300			

Πίνακας 7.8. Καταγραφή ενεργειών των πρακτόρων Μ, Ν, Ξ, Ο στον υπάρχοντα μηχανισμό ΤΟΜ.

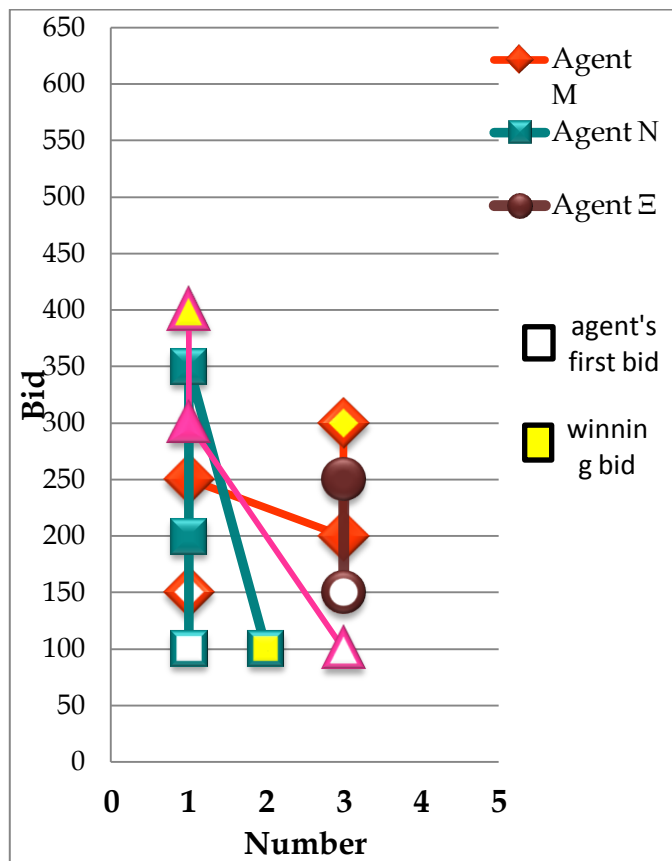


Σχήμα 7.29. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των πρακτόρων Μ, Ν, Ξ και Ο στον υπάρχοντα μηχανισμό.

Για την διεκδίκηση του αριθμού 1, όπως φαίνεται στα Σχήμα 7.29 και Σχήμα 7.31, εμπλέκονται οι Μ και Ν. Παράλληλα οι Ξ και Ο παίζουν το δικό τους παιχνίδι διεκδικώντας τον αριθμό 3. Μόλις ο Ο παραιτηθεί από το παιχνίδι για τον 3, αφού δεν μπορεί να διαθέσει προσφορά πέραν των €100, προστίθεται και αυτός στους διεκδικητές του αριθμού 1. Έτσι ο Ξ μένει για κάποιο διάστημα άπραγος αφού είναι επιτυχών πλειοδότης στον αριθμό 3. Στο παιχνίδι για τον αριθμό 1 συνεχίζουν οι υπόλοιποι τρεις πράκτορες, με πρώτο να αποχωρεί τον πράκτορα Μ. Οι Ν και Ο συνεχίζουν να ανταγωνίζονται για τον αριθμό 1 με τον Ο να εκτοπίζει και τον Ν υποβάλλοντας προσφορά €400, μένοντας έτσι μοναδικός διεκδικητής. Στο μεταξύ ο Μ αποχωρώντας από το παιχνίδι για τον 1 αυξάνει την προσφορά στον αριθμό 3 και αναγκάζει έτσι τον Ξ να υποβάλει νέα προσφορά μετά από αρκετό διάστημα αδράνειας. Παράλληλα και ο Ν υποβάλλει προσφορά στον αριθμό 2. Προς το τέλος της δημοπρασίας ο Μ υποβάλλει την τελευταία προσφορά στον αριθμό 3. Στο Σχήμα 7.31 φαίνεται εύκολα από ποιο αριθμό ξεκινά ο κάθε πράκτορας την προσφορά του και σε ποιον αριθμό καταλήγει.



Σχήμα 7.30. Οι προσφορές των πρακτόρων Μ, Ν, Ξ, Ο σε σχέση με το χρόνο στον υπάρχοντα μηχανισμό ΤΟΜ.



Σχήμα 7.31. Οι προσφορές των πρακτόρων M, N, Ξ, O σε κάθε αριθμό στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Από το Σχήμα 7.30 φαίνεται ότι ο πράκτορας Ξ με τη λήξη των δημοπρασιών δεν είναι επιτυχών πλειοδότης σε καμιά δημοπρασία, κάτι που δεν θα συνέβαινε αν ο χρόνος λήξης των δημοπρασιών δεν ήταν προκαθορισμένος. Με βάση την τελική ανάθεση των αριθμών στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM το κέρδος $EMR_{[M,N,\Xi,O]}$ υπολογίζεται ίσο με 800. Το κοινωνικό όφελος $EMSW_{[M,N,\Xi,O]}$ ισούται με το άθροισμα του ατομικού οφέλους για τον κάθε πράκτορα ως εξής:

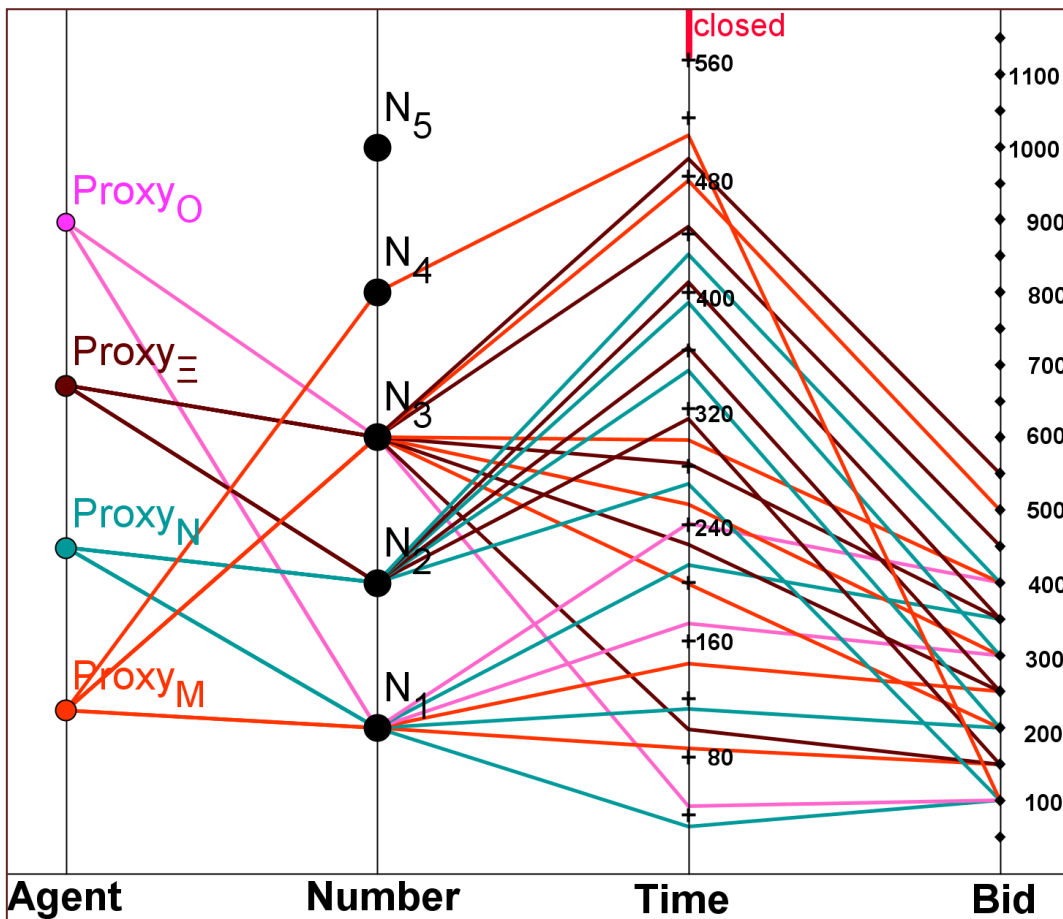
$$EMSW_{[M,N,\Xi,O]} = (500 - 300) + (500 - 100) + 0 + (500 - 400) = 700$$

Για την σύγκριση της αποδοτικότητας των δύο μηχανισμών, το ίδιο σύνολο πρακτόρων, εισήλθε στον νέο εξωτερικό μηχανισμό και ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία με τα προηγούμενα πειράματα. Στον Πίνακα 7.9 και στο Σχήμα 32 φαίνονται οι ενέργειες που εκτέλεσαν οι Proxy_M, Proxy_N, Proxy_Ξ και Proxy_Ο για λογαριασμό των M, N, Ξ και Ο εξωτερικών πρακτόρων αντίστοιχα.

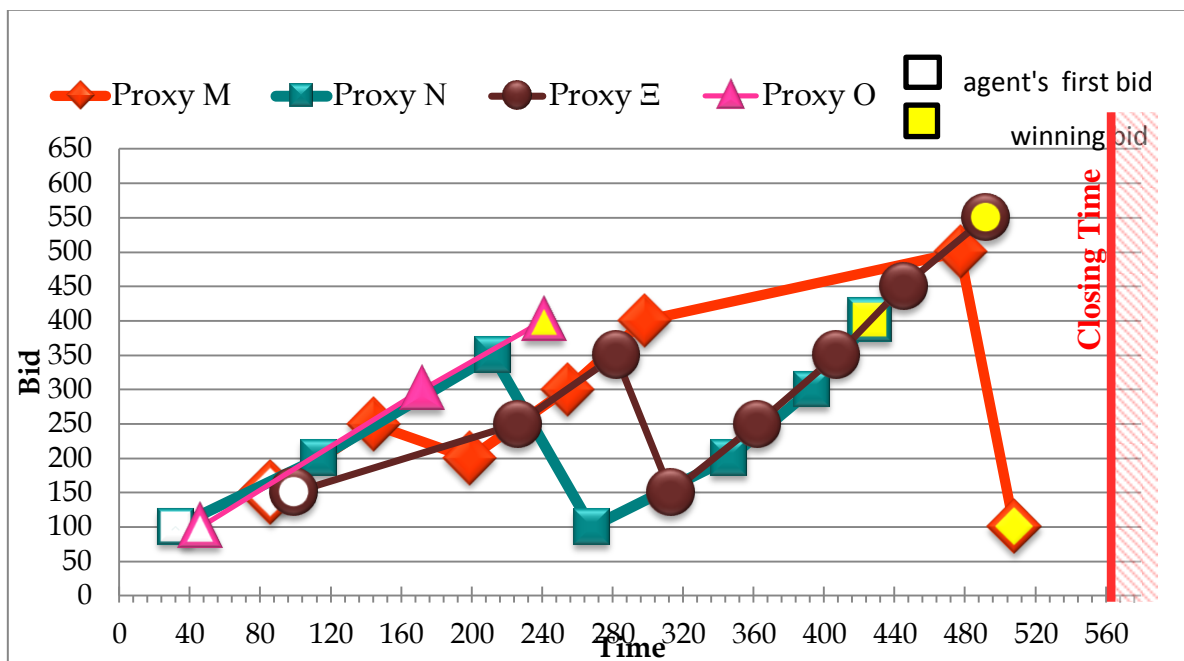
Action	Time	Number	Bids			
			Proxy M	Proxy N	Proxy Ξ	Proxy O
1	32	1		100		
2	46	3				100
3	86	1	150			
4	99	3			150	
5	113	1		200		
6	144	1	250			
7	172	1				300
8	199	3	200			
9	212	1		350		
10	226	3			250	
11	241	1				400
12	254	3	300			
13	268	2		100		
14	282	3			350	
15	298	3	400			
16	313	2			150	
17	346	2		200		
18	362	2			250	
19	393	2		300		
20	407	2			350	
21	426	2		400		
22	445	3			450	
23	477	3	500			
24	492	3			550	
25	508	4	100			

Πίνακας 7. 9. Καταγραφή ενεργειών των proxy πρακτόρων M, N, Ξ, O στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Παρατηρούμε από το Σχήμα 7.32 ότι εκτελούνται στο νέο εσωτερικό μηχανισμό πολύ περισσότερες ενέργειες και αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους εσωτερικούς proxy πράκτορες από αυτές που εκτελέστηκαν στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM (Σχήμα 7.29). Αυτές οι αλληλεπιδράσεις και οι συχνές μετακινήσεις από τον ένα αριθμό στον άλλο από τους πράκτορες φαίνονται πιο καθαρά στο Σχήμα 7.34. Παρατηρείται συνεχώς μια ανταλλαγή ανάμεσα στα ζεύγη αντιπάλων.

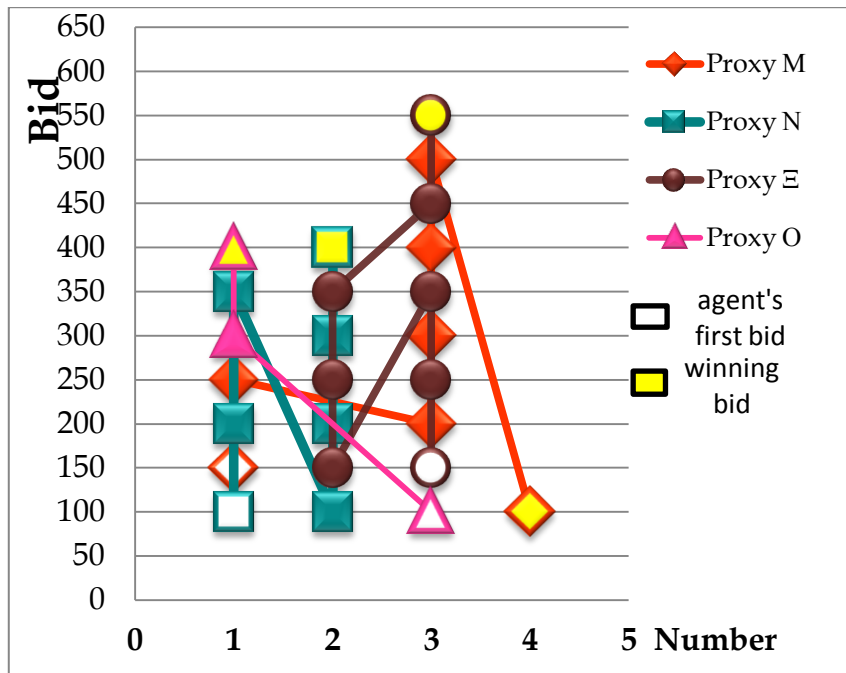


Σχήμα 7.32. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων M, N, E, O στον νέο εσωτερικό μηχανισμό.

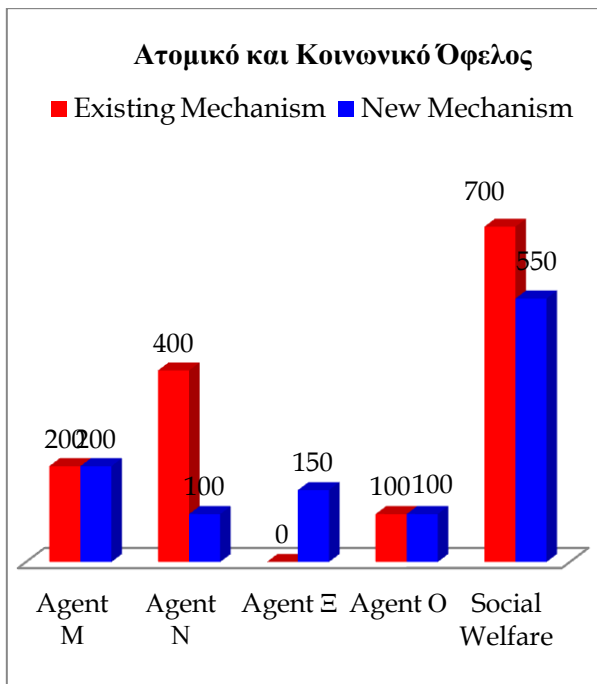


Σχήμα 7.33. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων M, N, E, O σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

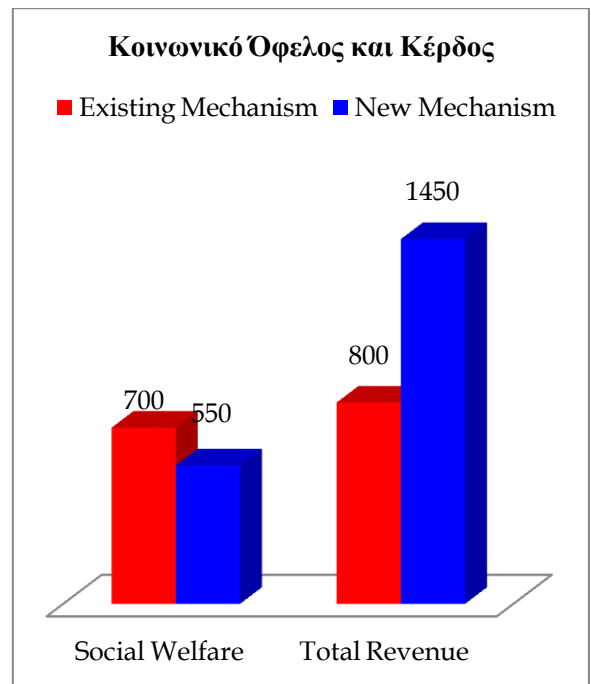
Παρατηρούμε συγκρίνοντας τα Σχήμα 7.33(για το νέο εσωτερικό μηχανισμό) και Σχήμα 7.30 (για τον υπάρχοντα μηχανισμό) ότι για να προσπελαστούν οι λίστες των προτιμήσεων των πρακτόρων M, N, H, O από τους proxy πράκτορες στον εσωτερικό μηχανισμό του νέου μηχανισμού, ούτως ώστε σε όλους να ανατεθεί κάποιος αριθμός χρειάζεται σχεδόν διπλάσιος χρόνος από τον καθορισμένο χρόνο λήξης του υπάρχοντος μηχανισμού TOM. Όσο τους παρέχεται αυτός ο χρόνος, το κέρδος του μηχανισμού αυξάνεται.



Σχήμα 7.34. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων M, N, Ξ, O ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.



Σχήμα 7.35. Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων M, N, Ξ, O.



Σχήμα 7.36. Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος για τον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων A, B, Γ. Σενάριο 1

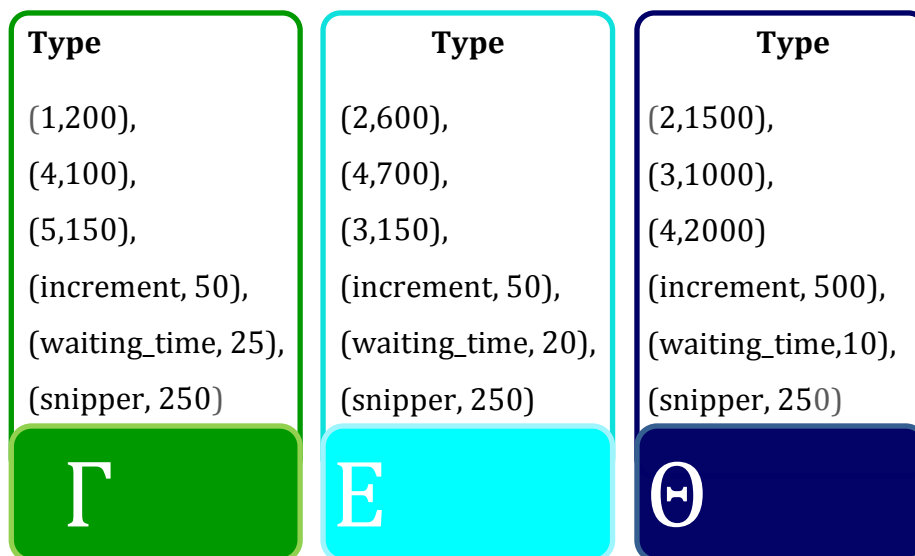
Το κέρδος $NMR_{[M,N,\Xi,0]}$ για τον νέο μηχανισμό είναι ίσο με 1450. Το κοινωνικό όφελος είναι $NMSW_{[M,N,\Xi,0]} = (300-100) + (500-100) + (700-550) = 550$.

Παρατηρούμε στο Σχήμα 7.36 ότι το κοινωνικό όφελος παρόλο που παρουσιάζει μείωση στο νέο μηχανισμό φαίνεται να βρίσκεται κατανομημένο πιο ισορροπημένα στον κάθε πράκτορα. Αυτό είναι κάτι που παρατηρήθηκε και Πείραμα 1 (7.1.1) και χρειάζεται να διερευνηθεί Επίσης, όλοι οι πράκτορες κερδίζουν κάποιο αριθμό.

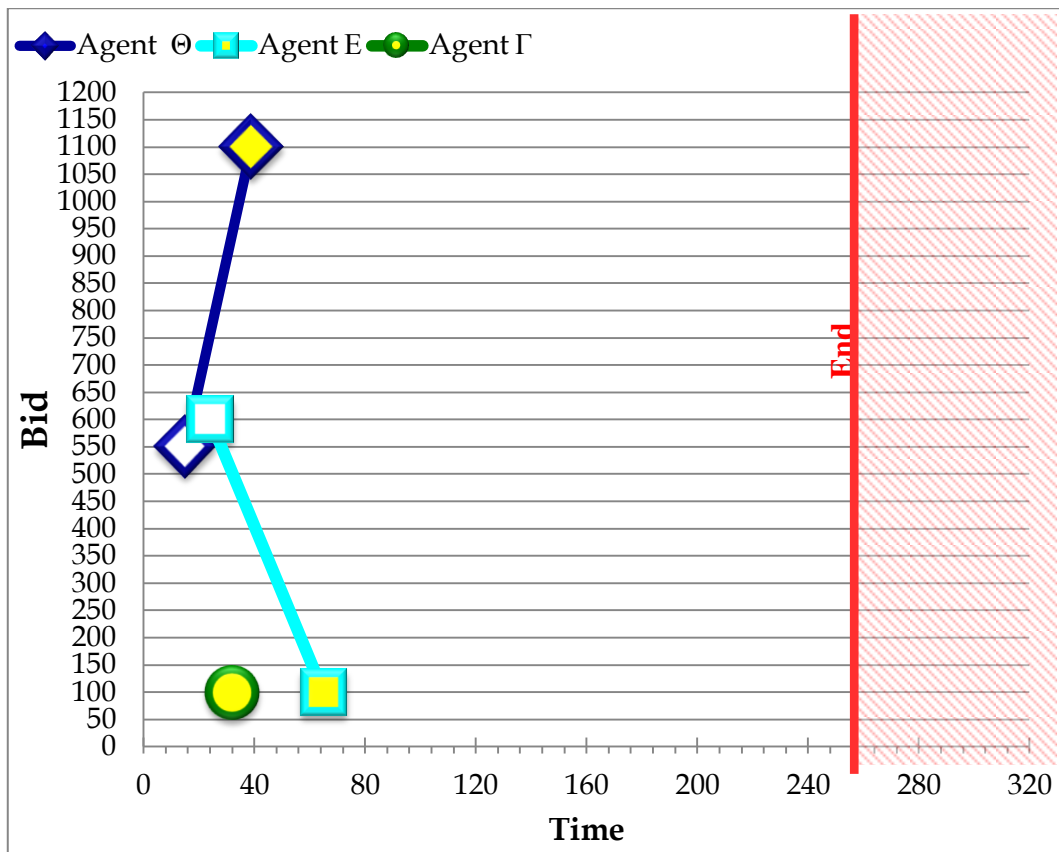
Η αύξηση στο οικονομικό κέρδος είναι πολύ μεγαλύτερη από τη μείωση στο κοινωνικό όφελος. Με το πείραμα αυτό επιβεβαιώνεται το Συμπέρασμα 1.1, ότι δηλαδή υπάρχουν σύνολα πρακτόρων με συγκεκριμένους τύπους για τα οποία ο νέος μηχανισμός αποφέρει μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος αλλά μειωμένο κοινωνικό όφελος.

7.1.5 Πείραμα 5

Σε αυτό το πείραμα συμμετέχουν οι πράκτορες Γ, Ε και Θ (Σχήμα 7.37). Αξίζει να παρατηρήσουμε ότι ο Θ έχει σταθερό βήμα αύξησης ($I = 500$) τιμή πολύ μεγαλύτερη από το ελάχιστο βήμα αύξησης που χρειάζεται κάποιος στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.



Σχήμα 7.37. Οι τύποι των πρακτόρων Γ, Ε, Θ



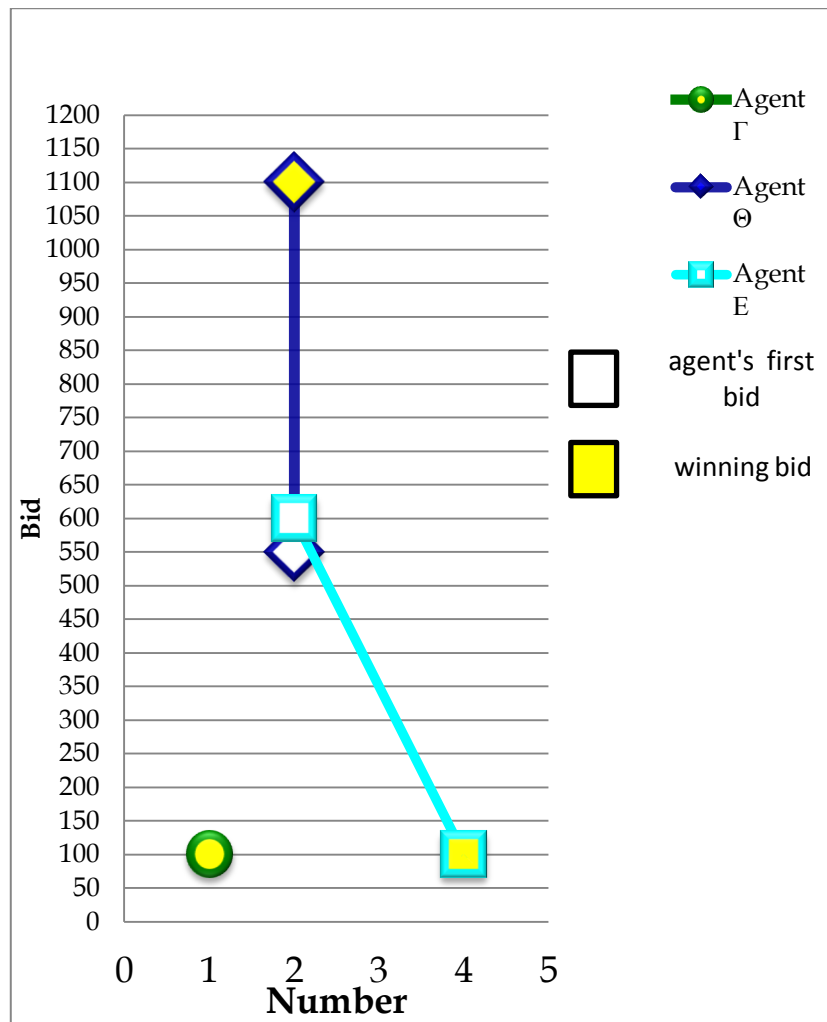
Σχήμα 7.39. Οι προσφορές των πρακτόρων Γ, Ε, Θ σε σχέση με το χρόνο στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM.

Από τα Σχήμα 7.39 αι Σχήμα 7.40 φαίνεται η απότομη αύξηση της προσφοράς (jump bid) που πραγματοποιείται κάθε φορά από τον Θ. Παρατηρούμε ότι εφόσον δεν υποβάλλει κανένας άλλος πράκτορας προσφορά στον αριθμό 2, ο Θ θα μπορούσε να κερδίσει τον αριθμό 2 με πολύ χαμηλότερο ποσό, εκείνο της δεύτερης χαμηλότερης τιμής, δηλαδή της προτίμησης του (E) αυξημένο κατά το ελάχιστο βήμα αύξησης που χρειάζεται κάποιος για να κερδίσει μια δημοπρασία TOM (€50), δηλαδή με €650.

Το κέρδος και το κοινωνικό όφελος από τη συμμετοχή του συνόλου Γ, Ε, Θ στο περιβάλλον του υπάρχοντος μηχανισμού TOM δίνονται πιο κάτω.

$$EMR_{[\Gamma, E, \Theta]} = 100 + 100 + 1100 = 1300$$

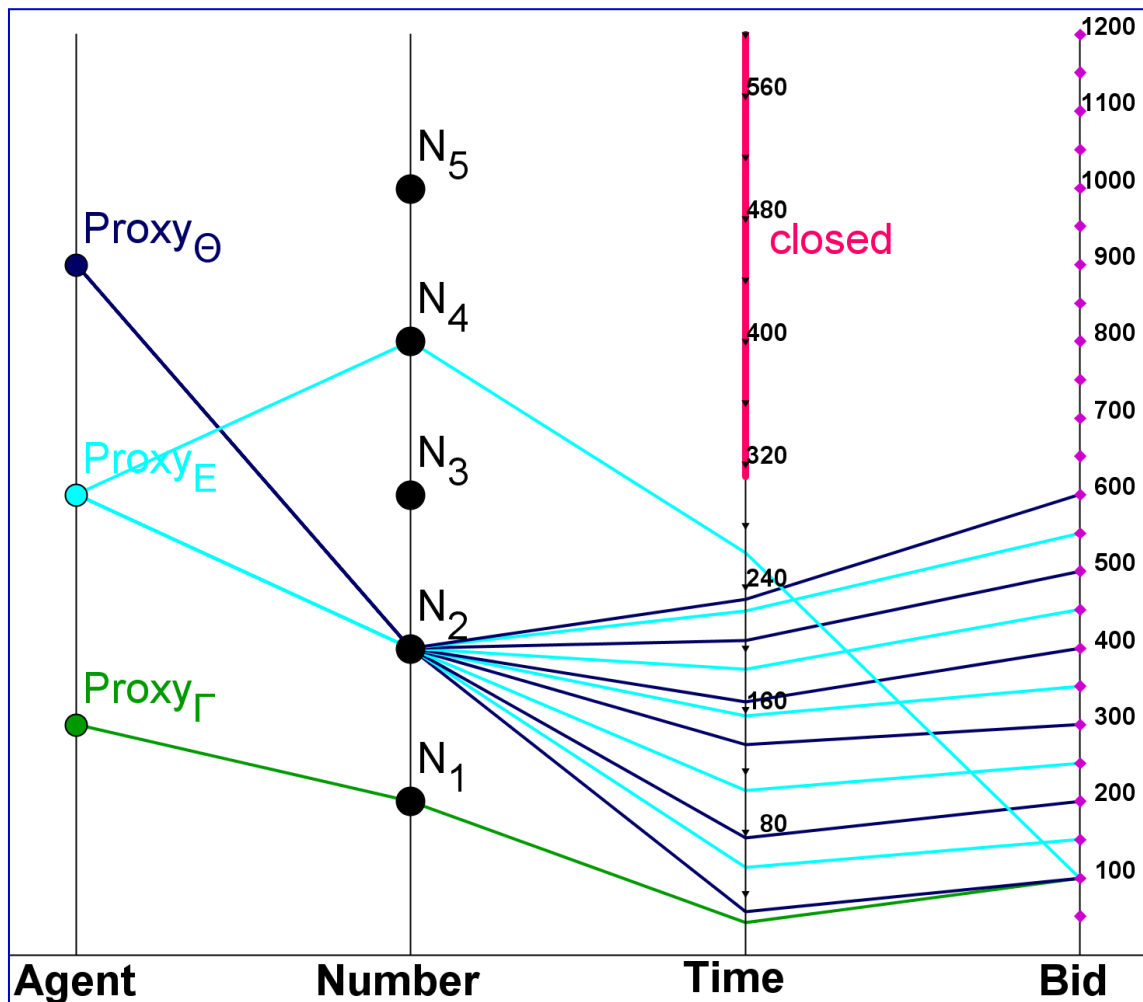
$$EMSW_{[\Gamma, E, \Theta]} = (200 - 100) + (1500 - 1100) + (700 - 100) = 1100.$$



Σχήμα 7.40. Οι προσφορές των πρακτόρων Γ, Ε, Θ σε κάθε αριθμό στον υπάρχοντα μηχανισμό TOM

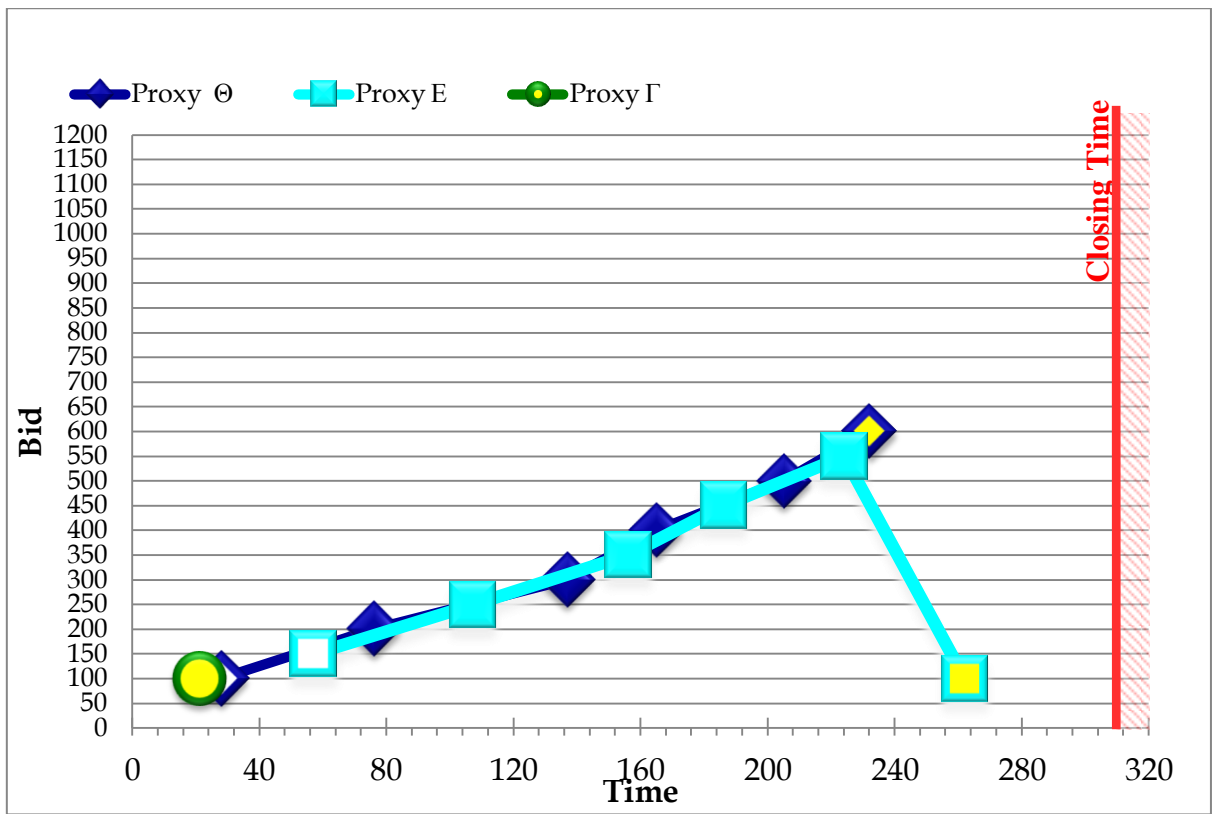
Το Σχήμα 7.41 δείχνει τις ενέργειες που πραγματοποιούν οι proxy πράκτορες $Proxy_{\Gamma}$, $Proxy_E$ και $Proxy_{\Theta}$ στον εσωτερικό μηχανισμό ανάθεσης του νέου μηχανισμού για λογαριασμό των εξωτερικών πρακτόρων Γ, Ε και Θ αντίστοιχα. Παρατηρούμε στο πείραμα ότι υποβάλλει πρώτος ο πράκτορας Θ την προσφορά στο 2 αφού ο νέος μηχανισμός δεν λαμβάνει υπόψη του τους χρόνους αναμονής στον τύπο ενός πράκτορα. Ο νέος μηχανισμός δηλαδή επιλέγει τυχαία ποιος θα ξεκινήσει πρώτος. Αυτό το έχουμε δει και στα σενάρια 1 και 2 του Πειράματος 1.

Υποβάλλοντας εναλλάξ προσφορές αυξημένες κατά το σταθερό ελάχιστο βήμα αύξησης που απαιτείται, οι Θ και Ε συνεχίζουν το παιχνίδι στον αριθμό 2, μέχρι ο Θ να υποβάλει προσφορά ίση με την προσωπική εκτίμηση του Ε για τον αριθμό (€600) και εκτοπίζοντάς τον από το παιχνίδι. Έτσι ο Ε υποβάλλει προσφορά στην επόμενη του προτίμηση. Ο Γ στο μεταξύ είχε υποβάλει κι αυτός προσφορά στον αριθμό 1.

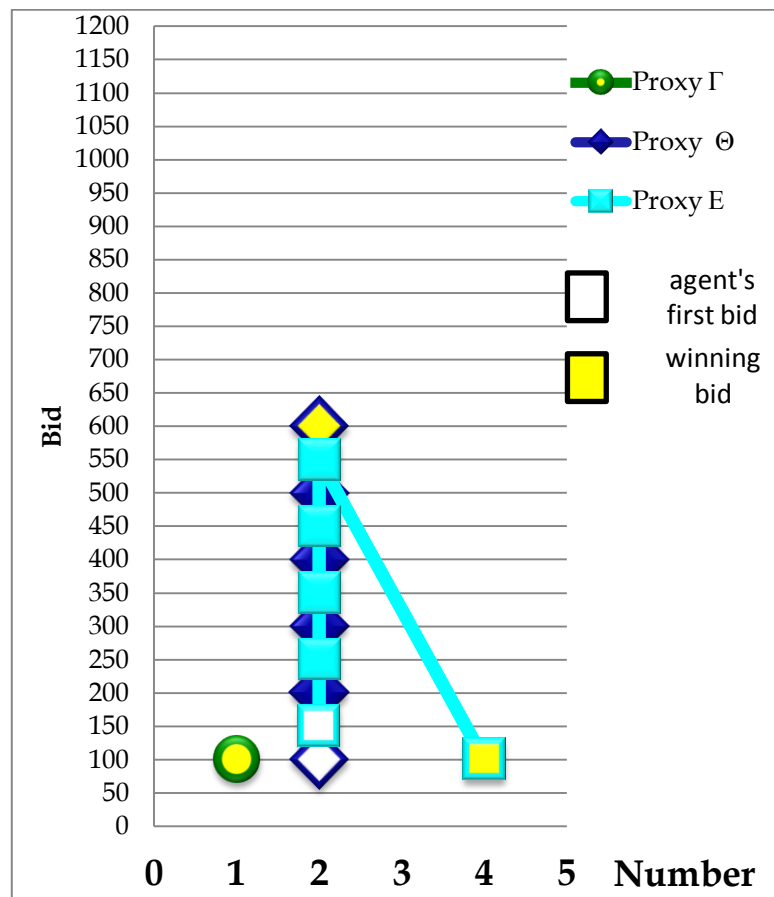


Σχήμα 7.41. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων Γ, Ε, και Θ στον νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Φαίνεται ότι ο νέος άμεσος μηχανισμός εφαρμόζει τεχνική παρόμοια με αυτή του proxy bidding (αυτόματη προσφορά) που αναφέρθηκε στη βιβλιογραφία. Δηλαδή, αφού οι εξωτερικοί πράκτορες υποβάλουν τις ιδιωτικές τους προτιμήσεις στον άμεσο μηχανισμό, ο άμεσος μηχανισμός δεν λαμβάνει υπόψη του αμέσως την εκτίμηση της αξίας που έχει ένας πράκτορας για ένα αριθμό, αλλά παίρνει ακριβώς όσο ποσό χρειάζεται για να τον καταστήσει εκείνη τη στιγμή νικητή. Το proxy bidding δηλαδή, επιτυγχάνεται με τους proxy πράκτορες στον εσωτερικό μηχανισμό.



Σχήμα 7.42. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Γ, Ε, Θ σε σχέση με το χρόνο στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.



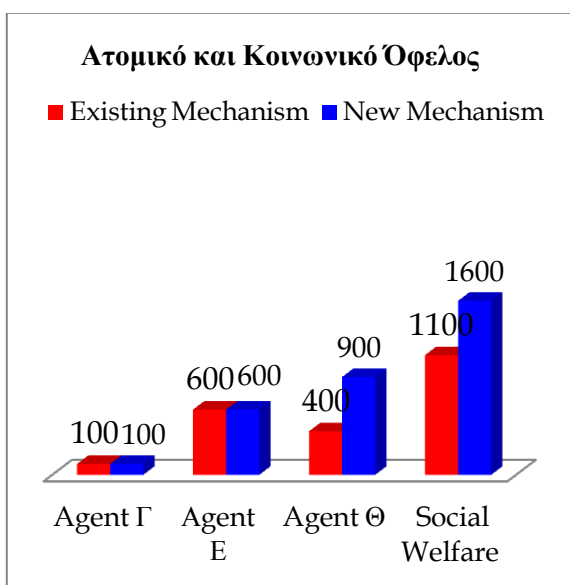
Σχήμα 7.43. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων Γ, Ε, και Θ ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που φαίνονται από το Σχήμα 7.43 υπολογίζουμε το κέρδος από τη συμμετοχή των Γ, Ε, Θ στο νέο μηχανισμό:

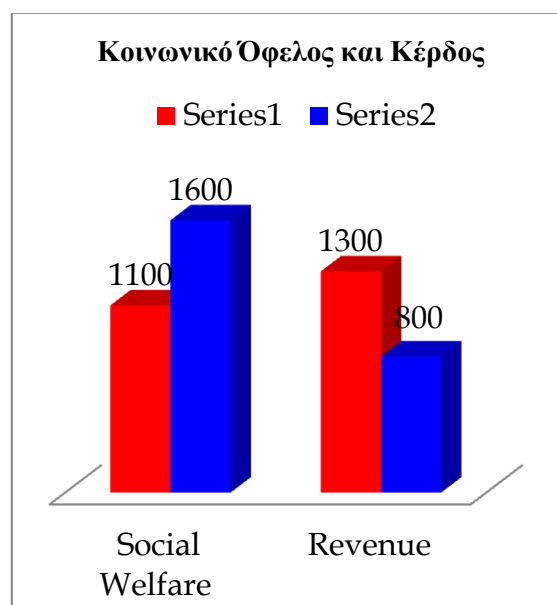
$$NMR_{[\Gamma, E, \Theta]} = 100 + 100 + 600 = 800$$

Βάσει των προσωπικών εκτιμήσεων (Σχήμα 7.37) των πρακτόρων Γ, Ε, και Θ για την αξία των αριθμών που τους έχουν τελικά ανατεθεί και του ποσού στο οποίο τους έχει ανατεθεί (Σχήμα 7.43) υπολογίζουμε τα ατομικά οφέλη και έπειτα το κοινωνικό όφελος που δίνει ο νέος μηχανισμός:

$$NMSW_{[\Gamma, E, \Theta]} = (200-100) + (700-100) + (1500- 600) = 1600$$



Σχήμα 7.44 Ατομικό και Κοινωνικό Όφελος στον Υπάρχοντα και το Νέο Μηχανισμό για το σύνολο των πρακτόρων Γ,Ε,Θ.



Σχήμα 7.45 Κοινωνικό Όφελος και κέρδος στους δύο μηχανισμούς για το σύνολο των πρακτόρων Γ,Ε,Θ.

Τα αποτελέσματα για τους δύο μηχανισμούς από τη συμμετοχή των πρακτόρων Γ, Ε και Θ φαίνονται και στα Σχήματα 7.44 και 7.45.

Συμπέρασμα 3: Υπάρχουν σύνολα πρακτόρων για τα οποία ο νέος μηχανισμός δίνει μικρότερο οικονομικό κέρδος αλλά μεγαλύτερο κοινωνικό όφελος.

7.1.6 Γενικά Συμπεράσματα

Τα πειράματα έδειξαν ότι για 4 από τα 5 στιγμιότυπα εισόδου (σύνολα πρακτόρων) υπήρξε σημαντική αύξηση των εσόδων που δίνει από την ανάθεση ο νέος άμεσος μηχανισμός δημοπρασιών σε σχέση με αυτά που δίνει ο υπάρχον μηχανισμός δημοπρασιών TOM. Το μοναδικό σύνολο πρακτόρων που είχε αποτέλεσμα την μείωση του κέρδους ήταν το σύνολο που περιείχε τον πράκτορα με τα μεγάλα βήματα αύξησης προσφοράς στον υπάρχον μηχανισμό δημοπρασιών TOM. Το τόσο μεγάλο βήμα αύξησης προσφοράς (500) από τον πράκτορα θ για δύο συνεχόμενες φορές θεωρούμε ότι δεν συμβαίνει στην πραγματικότητα αφού, ακόμα και πλειοδότες που χρησιμοποιούν στρατηγικές signaling κάνουν μια υψηλή προσφορά στην αρχή αλλά μετά συνεχίζουν με πιο μικρά βήματα αύξησης. Θα ήταν ενδιαφέρον, να υλοποιηθούν στο μέλλον και πράκτορες – πλειοδότες με τυχαία βήματα αύξησης της προσφοράς για να δούμε την επίδραση που θα έχει αυτό τους το χαρακτηριστικό στο κέρδος και στο κοινωνικό όφελος.

Το κοινωνικό όφελος στα πειράματα 2 και 3 παρουσίασε ταυτόχρονη αύξηση με το κέρδος στον νέο μηχανισμό. Στο πείραμα 5 παρουσίασε επίσης σημαντική αύξηση η οποία όμως οφείλεται και πάλι στην ακραία συμπεριφορά που παρουσίασε ο πράκτορας θ στον υπάρχον μηχανισμό. Στο Πείραμα 4 παρουσίασε στον νέο μηχανισμό σχετική μείωση, ενώ στο πείραμα 1 παρουσίασε σημαντική μείωση. Παρατηρείται ωστόσο ότι στα πειράματα που παρουσιάστηκε μείωση του κοινωνικού οφέλους αυτό κατανέμεται ισορροπημένα ανάμεσα στους πράκτορες.

Παρατηρήθηκε επίσης μέσα από τα πειράματα ότι ο κάθε νικητής πληρώνει ποσό ίσο με την δεύτερη ψηλότερη τιμή προτίμησης των αντιπάλων που έπαιζαν την δεδομένη στιγμή. Αυτό ίσως σχετίζεται με το γεγονός ότι η εσωτερική ανάθεση γίνεται με ένα μηχανισμό που προσομοιάζει στην αγγλική δημοπρασία ενώ ο άμεσος μηχανισμός μοιάζει με την κλειστού τύπου δημοπρασία δεύτερης τιμής (Κεφάλαιο 2) που σύμφωνα και με το Θεώρημα Ισοδυναμίας Κέρδους δίνουν το ίδιο αποτέλεσμα όταν οι παίκτες είναι ουδέτεροι στον κίνδυνο.

7.2 Έλεγχος λύσεων που δίνει ο μηχανισμός ανάθεσης του νέου μηχανισμού

Σε κάποια από τα πειράματα που περιγράφηκαν πιο πάνω (π.χ. Πείραμα 1), είχε παρατηρηθεί όπως ήταν αναμενόμενο ότι ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης του νέου μηχανισμού έδινε ποικίλες λύσεις ανάλογα με τη σειρά με την οποία οι πράκτορες υπέβαλλαν προσφορές. Ωστόσο στα πειράματα αυτά δεν φάνηκαν ιδιαίτερες διαφορές ανάμεσα στο οικονομικό κέρδος ή το κοινωνικό όφελος ανάμεσα στην κάθε λύση. Η παρατήρηση αυτή ίσως αποδίδεται στο γεγονός ότι για κάθε πείραμα ανάμεσα στους παίκτες που αντάλλαζαν μεταξύ τους προσφορές στον ίδιο αριθμό υπήρχε ξεκάθαρη η υπεροχή μιας προσωπικής εκτίμησης του ενός έναντι των υπολοίπων, με άλλα λόγια δεν υπήρχαν ισοπαλίες ανάμεσα στις προσωπικές τους εκτιμήσεις.

Η πιο πάνω παρατήρηση και ερμηνεία, οδήγησε στην ανάγκη να μελετηθούν και οι λύσεις που δίνει ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης του νέου άμεσου μηχανισμού TOM σε σύνολα πρακτόρων όπως αυτό του Σχήματος 7.46.

Type	Type	Type	Type
(5,700), (1,300), (5,1000), (increment, 50), (waiting_time, 20), (snipper, 250)	(1,300), (3,500), (4,300), (increment, 50), (waiting_time, 30), (snipper, 250)	(1,300), (5,800), (2,200), (increment, 50), (waiting_time, 10), (snipper, 250)	(3,100), (4,200), (2,100), (increment, 50), (waiting_time, 10), (snipper, 250)
A	M	Π	P

Σχήμα 7.46 Οι τύποι των πρακτόρων A, M, Π, P

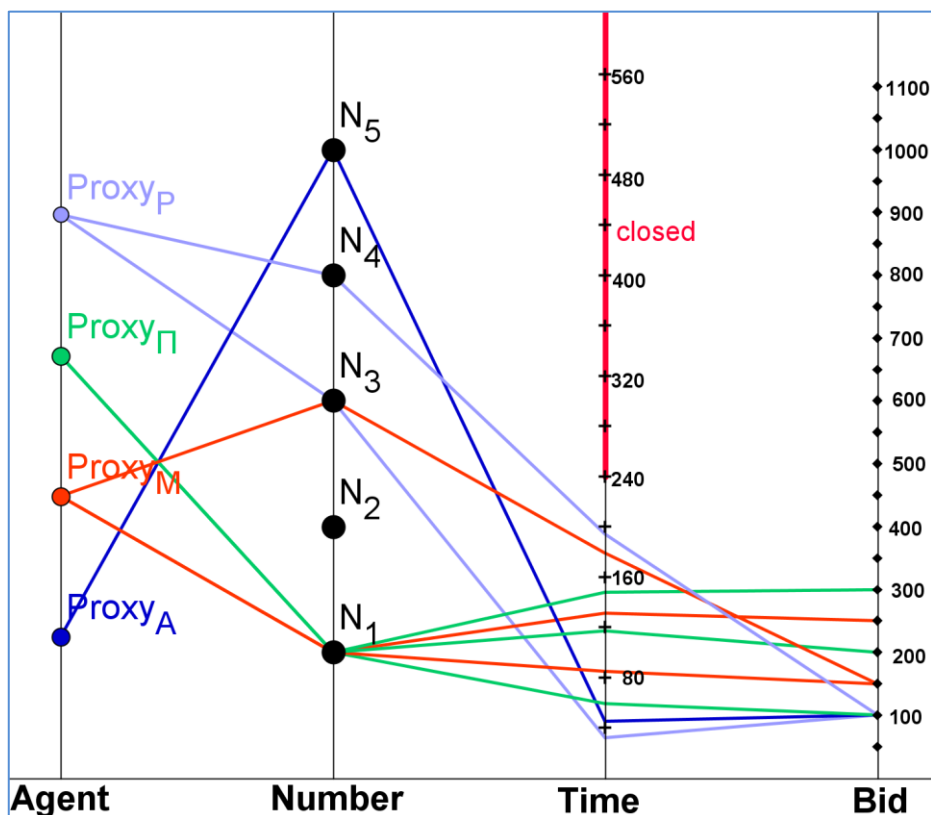
Παρατηρείται ότι οι πράκτορες M και Π έχουν και την ίδια οι δύο πρώτη προτίμηση τον (1,300). Το γεγονός ότι η κοινή προτίμηση εμφανίζεται πρώτη στη λίστα των προτιμήσεών τους εξασφαλίζει ότι θα αναμετρηθούν μεταξύ τους υποβάλλοντας προσφορές στον αριθμό 1 και η

έκβαση της μεταξύ τους αναμέτρησης (που εξαρτάται από την τυχαία επιλογή του ποιος θα ξεκινήσει τις προσφορές, εφόσον το βήμα αύξησης είναι σταθερό) αναμένεται να επηρεάσει και την τελική έκβαση των αποτελεσμάτων όλων των δημοπρασιών.

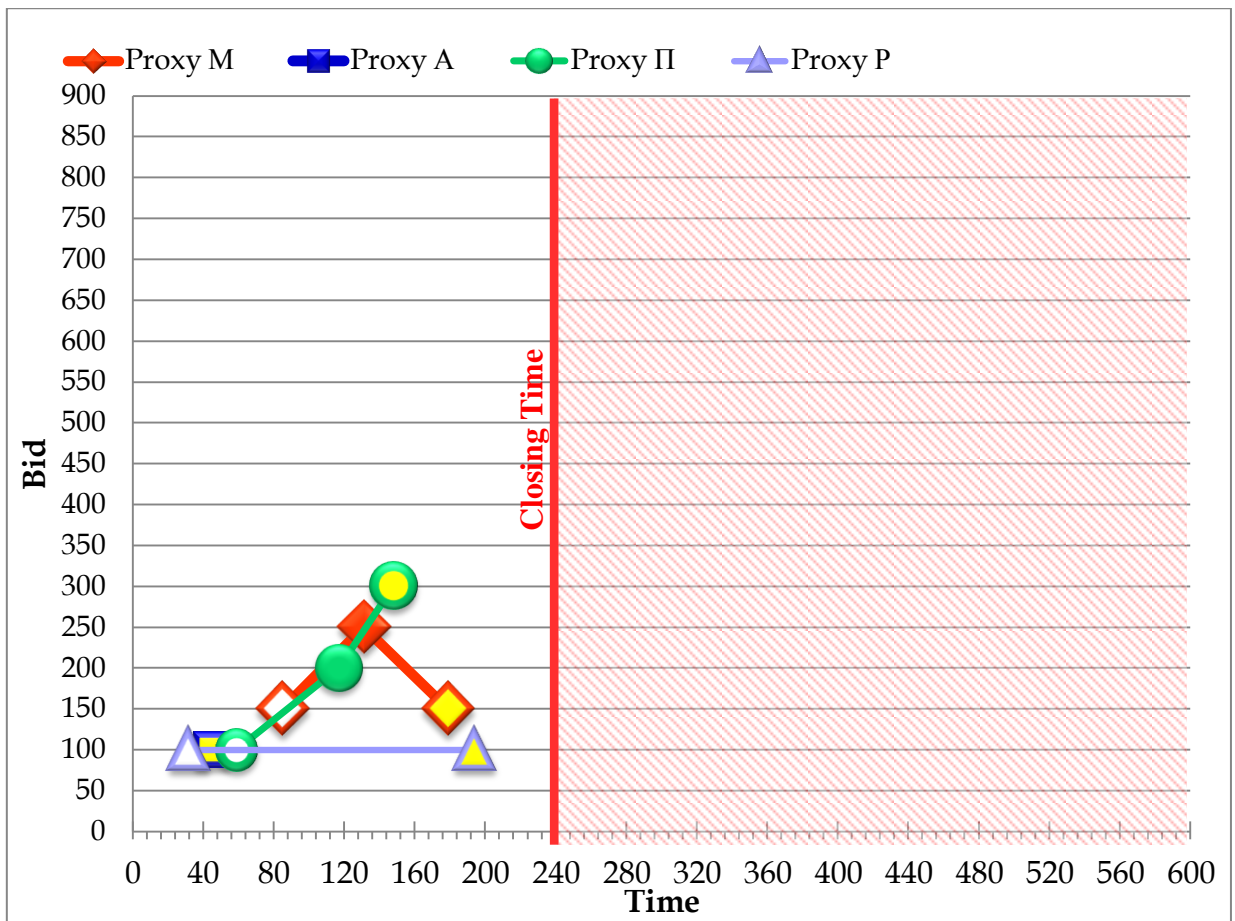
Πράγματι έτρεξαν αρκετές προσομοιώσεις του πειράματος που επιβεβαίωσαν ότι ο μηχανισμός για το σύνολο των Α,Μ,Π,Ρ πρακτόρων δίνει δύο διαφορετικές λύσεις (ανάθεσεις) στο πρόβλημα της ανάθεσης των αριθμών.

Ανάθεση 1

Οι ενέργειες των πρακτόρων από την πρώτη λύση φαίνονται σχηματικά στο Σχήμα 7. 47.



Σχήμα 7.47. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων Α, Μ, Π και Ρ στον νέο εσωτερικό μηχανισμό. Ανάθεση 1

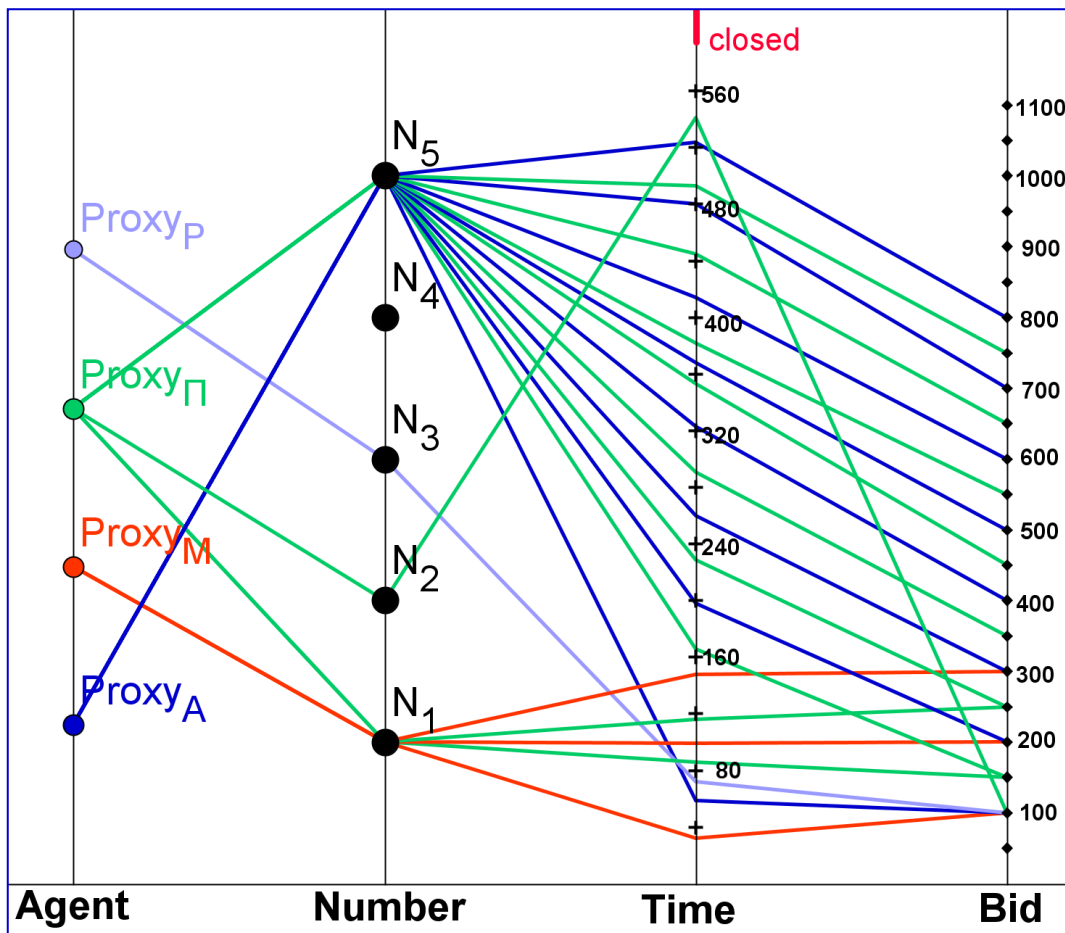


Σχήμα 7.48. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, M, Π, P σε σχέση με το χρόνο στον νέο εσωτερικό μηχανισμό. Ανάθεση 1.

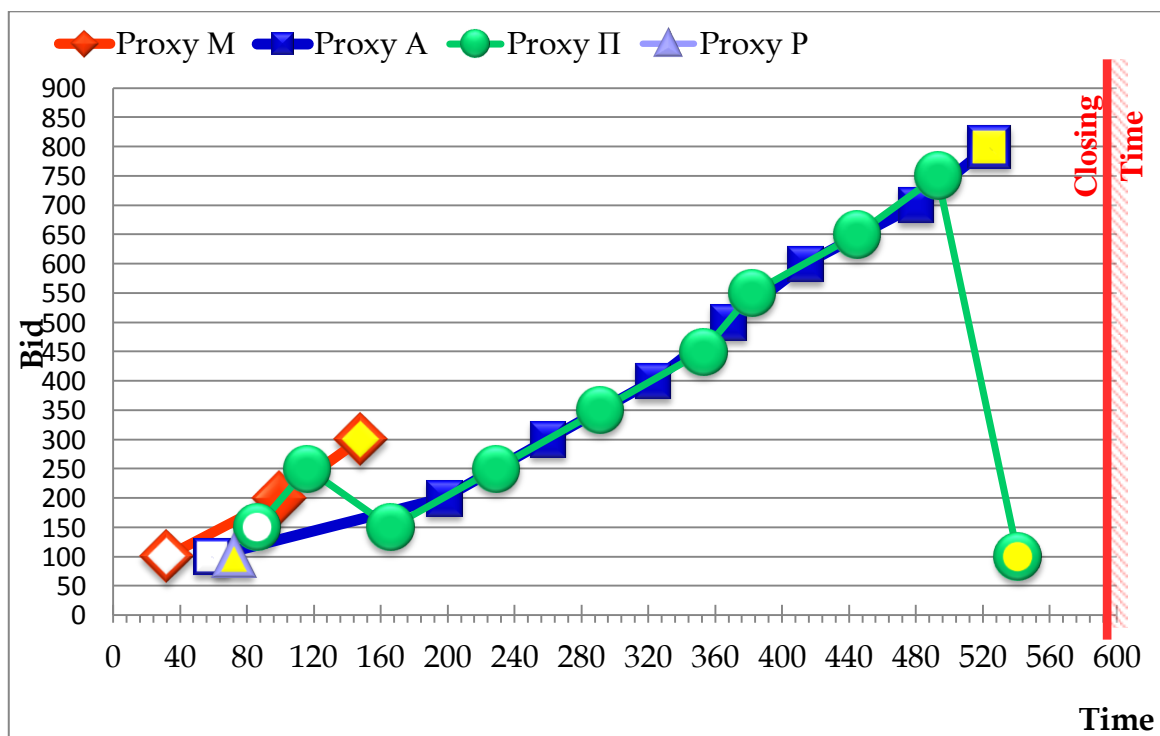
Παρατηρούμε από τα Σχήματα 7.47 και 7.49 ότι την αναμέτρηση για τον αριθμό 1 ξεκινά πρώτος ο ProxyΠ και συνεχίζει ο ProxyM. Ο ProxyΠ φτάνει κάποια στιγμή πρώτος σε προσφορά ίση με την προσωπική τους ίση κοινή εκτίμηση και εκτοπίζει έτσι τον ProxyM. Ο ProxyM υποβάλλει προσφορά για τη δεύτερή του προτίμηση, στον αριθμό 3 για €150 τον οποίο μέχρι εκείνη τη στιγμή επιτυχών πλειοδότης ήταν ο ProxyP.

Ανάθεση 2

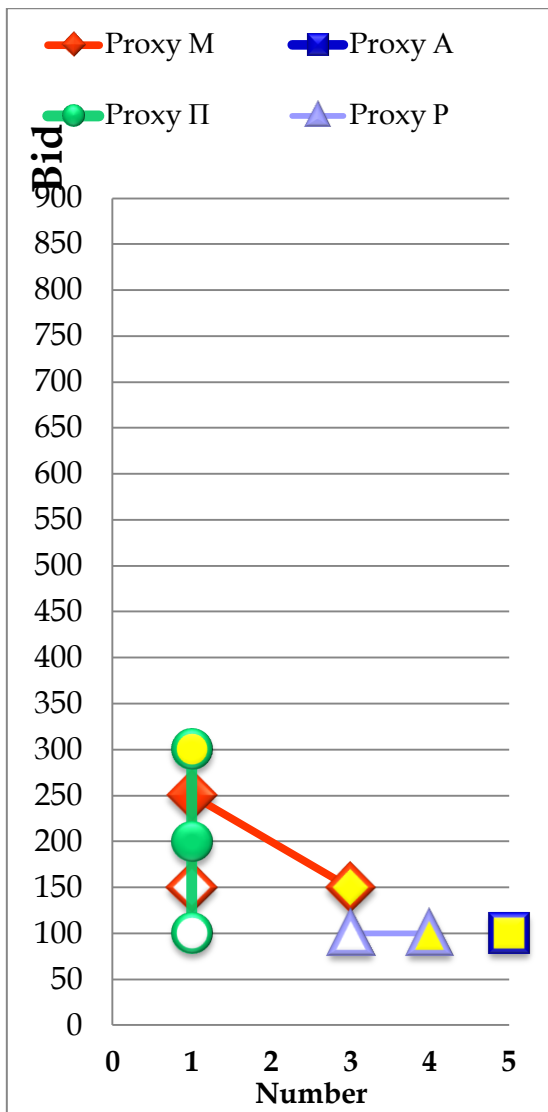
Στην περίπτωση αυτή, για την αναμέτρηση για τον αριθμό 1 ξεκινά ο ProxyM και ακολουθεί ο ProxyΠ. Επομένως από την αναμέτρηση εκτοπίζεται πρώτος ο ProxyM. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σενάριο, να πάρει έπειτα διαφορετική πλοκή, η οποία παρουσιάζεται στα Σχήματα 7.49 και 7.50. Τα αποτελέσματα των δύο αναθέσεων φαίνονται στα Σχήματα 7.51 και 7.52.



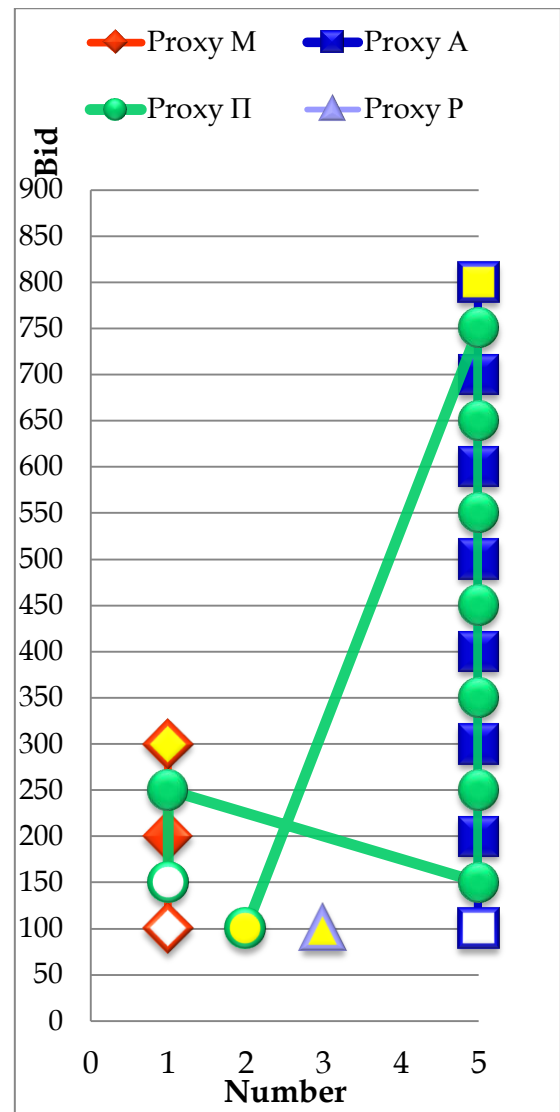
Σχήμα 7.49. Σχηματική αναπαράσταση ενεργειών των proxy πρακτόρων A, M, Π, P στον νέο εσωτερικό μηχανισμό. Ανάθεση 2.



Σχήμα 7.50. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, M, Π, P σε σχέση με το χρόνο στον νέο εσωτερικό μηχανισμό. Ανάθεση 2.



Σχήμα 7.51. Ανάθεση 1. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, M, Π, P σε κάθε αριθμό στον νέο εσωτερικό μηχανισμό.

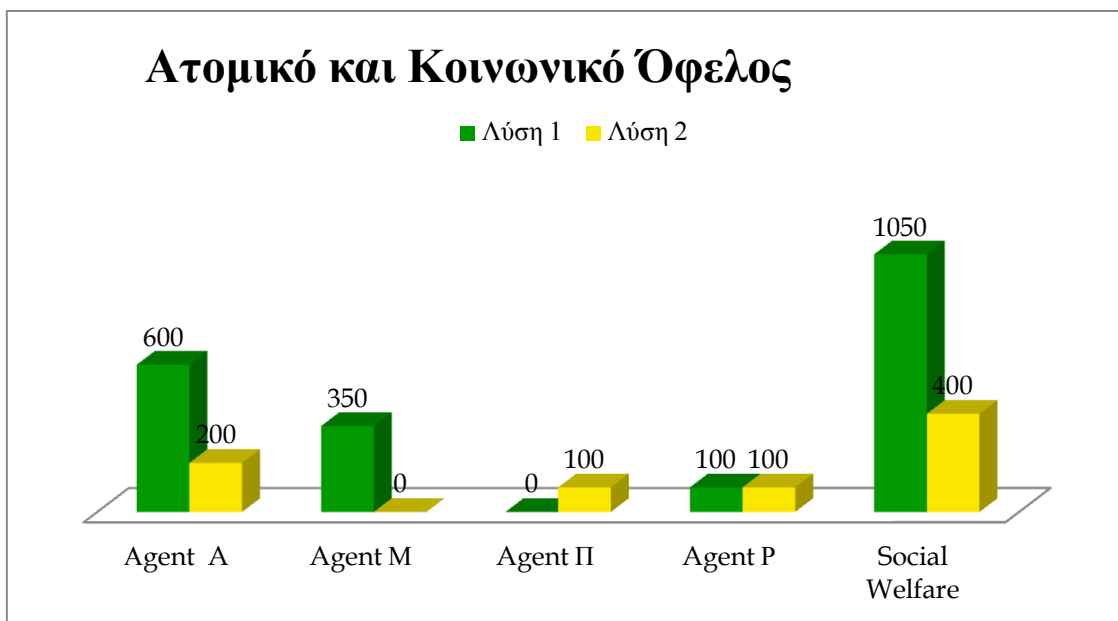


Σχήμα 7.52. Ανάθεση 2. Οι προσφορές των proxy πρακτόρων A, M, Π, P ανά αριθμό στο νέο εσωτερικό μηχανισμό.

	Ανάθεση 1	Ανάθεση 2
$NMR_{[A, M, \Pi, P]}$	$100+150+300+100 = 650$	$800 + 300 + 100 + 100 = 1300$
$NMSW_{[A, M, \Pi, P]}$	$(700-100) + (500-150) + (300-300) + (200-100) = 1050$	$(1000 - 800) + (300 - 300) + (200-100) + (200 - 100) = 400$

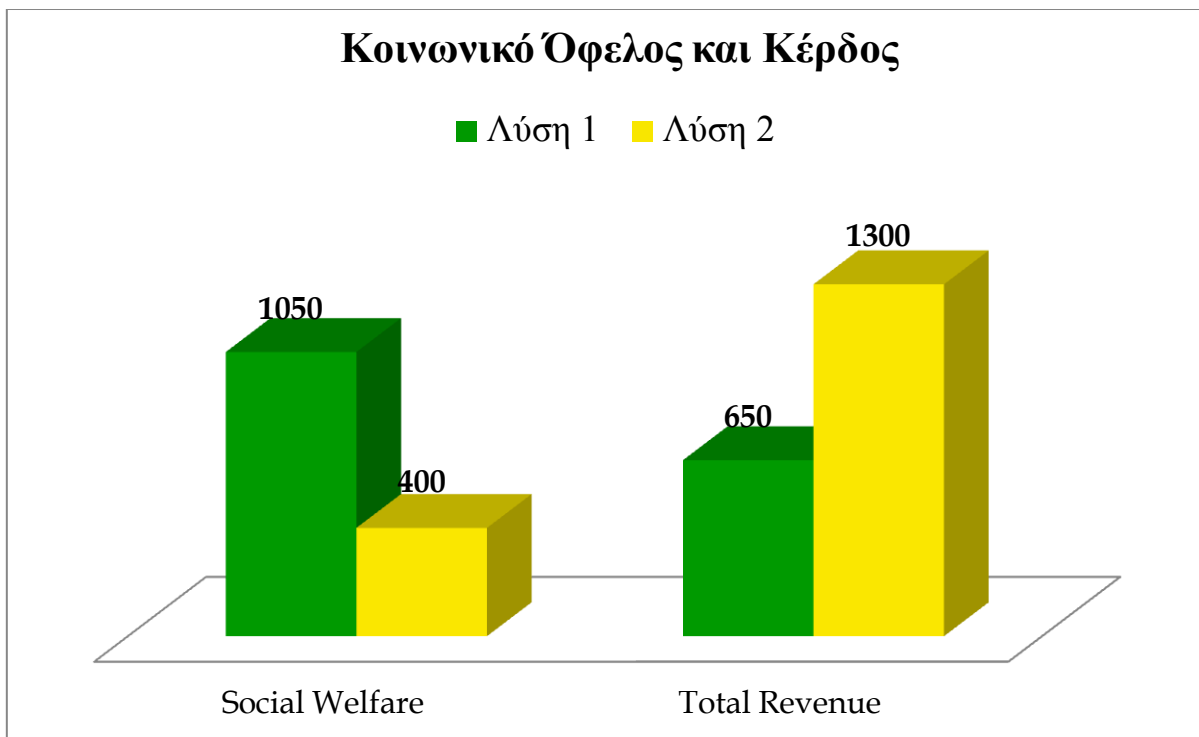
Πίνακας 7.10. Κέρδος και κοινωνικό όφελος για κάθε μια από τις δύο λύσεις ανάθεσης που δίνει ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης για τους ProxyA, ProxyM, ProxyΠ, ProxyP πράκτορες.

Για κάθε λύση ανάθεσης που δίνει ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης τα αποτελέσματα (κέρδος, κοινωνικό όφελος) υπολογίζονται στον Πίνακα 7.10.



Σχήμα 7.53 Ατομικό και κοινωνικό όφελος στις δύο λύσεις ανάθεσης του νέου μηχανισμού.

Παρατηρούμε ότι η πρώτη λύση δίνει μεγαλύτερο κοινωνικό όφελος από ότι η δεύτερη. Παρατηρούμε όμως ότι η δεύτερη λύση αν και η τιμή του κοινωνικού οφέλους είναι πιο χαμηλή, και πάλι είναι πιο ισορροπημένα κατανομημένο ανάμεσα στους πράκτορες.



Σχήμα 7.54 Κοινωνικό Όφελος και Κέρδος για τους δύο μηχανισμούς.

Στον Πίνακα 7.10 και από το Σχήμα 7.54 φαίνονται οι σημαντικές διαφορές όσον αφορά στο οικονομικό κέρδος και το κοινωνικό όφελος που δίνουν οι δύο λύσεις ανάθεσης.

Παρατηρήσαμε, λοιπόν, ότι η ανάθεση των αντικειμένων στο νέο μηχανισμό δεν γίνεται πάντοτε με τον ίδιο τρόπο, αφού ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης που υλοποιήθηκε επιτρέπει την τυχαία επιλογή από ένα σύνολο πιθανών αποφάσεων που αφορούν συγκεκριμένα στην σειρά με την οποία καλούνται οι proxy πράκτορες να υποβάλουν προσφορές. Ο εσωτερικός αυτός μηχανισμός που χρησιμοποιείται από τον εξωτερικό μηχανισμό για να «υπολογίσει» την ανάθεση μπορεί να παραλληλιστεί με ένα προσεγγιστικό αλγόριθμο που δίνει κάποια λύση (σε πολυωνυμικό χρόνο) αλλά όχι απαραίτητα τη βέλτιστη.

Κεφάλαιο 8

Επίλογος

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αρχικά μια αξιολόγηση της εξειδικευμένης γλώσσας που χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση αλλά και του περιβάλλοντος εκτέλεσης της. Ακολούθως παρατίθενται παρατηρήσεις και συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί σχετικά με την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου άμεσου μηχανισμού δημοπρασιών. Τέλος, γίνονται εισηγήσεις για μελλοντικές επεκτάσεις της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

8.1. Αξιολόγηση γλώσσας μοντελοποίησης και προσομοιωτή

Πρώτιστος στόχος την μεταπτυχιακής αυτής διατριβής ήταν να μοντελοποιηθούν σε μια εξειδικευμένη προγραμματιστική γλώσσα [30] δύο μηχανισμοί δημοπρασιών: ο υπάρχων μηχανισμός δημοπρασιών του Τμήματος Οδικών Μεταφορών και ένας νέος άμεσος μηχανισμός.

Για την επίτευξη του στόχου αυτού μελετήθηκε σε βάθος το συντακτικό της γλώσσας των Michael et al. [30] καθώς και οι λειτουργίες του προγράμματος εκτέλεσής της (προσομοιωτή).

Τα εργαλεία της γλώσσας, που έχουν περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάστηκαν επαρκή για την πλήρη απεικόνιση των πτυχών τόσο του μηχανισμού του Τμήματος Οδικών Μεταφορών Οαλλά και του νέου προτεινόμενου μηχανισμού με σαφήνεια. Πιο συγκεκριμένα η γλώσσα έδωσε τη δυνατότητα για τον ορισμό των οντοτήτων που βρίσκονται μέσα στους δύο μηχανισμούς (π.χ. δημοπρασίες) και των χαρακτηριστικών τους. Περιέγραψε επίσης με αυστηρότητα τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις που έχουν οι πλειοδότες σε κάθε μηχανισμό.

Ουσιαστικός αποδείχτηκε ο ρόλος των δύο εργαλείων *primitive action* και *transaction* (Κεφάλαιο 3, Πίνακας 3.1) στην μοντελοποίηση των ενεργειών που επιτρέπεται να εκτελέσουν οι διάφοροι χρήστες - είτε οι πλειοδότες είτε ο δημοπράτης (TOM) στους δύο μηχανισμούς (π.χ. υποβολή προσφοράς). Το πρώτο γλωσσικό εργαλείο βοήθησε στο να καθοριστούν με ακρίβεια α) οι συνθήκες που απαιτούνται για την εκτέλεσή των ενεργειών των χρηστών (π.χ. για την υποβολή προσφοράς απαιτείται το ελάχιστο βήμα αύξησης της προσφοράς ίσο με €50, η μη κατοχή υψηλότερης προσφοράς σε άλλο αριθμό, η εντός χρονικών ορίων υποβολή προσφοράς) και β) ο τρόπος με τον οποίο οι ενέργειες αυτές επιδρούν στα χαρακτηριστικά των οντοτήτων των μηχανισμών (π.χ. με την υποβολή προσφοράς αλλάζει ο τρέχων επιτυχών πλειοδότης μιας δημοπρασίας και το ποσό της υψηλότερης προσφοράς). Το δεύτερο εργαλείο κατέστησε εφικτή και την απεικόνιση πιο σύνθετων ενεργειών μέσα από τις οποίες διαβιβάζονται δικαιώματα από ένα χρήστη σε άλλο, αναλαμβάνονται υποχρεώσεις από τους χρήστες, ελέγχεται η ικανοποίησή τους και ορίζονται ποινές σε περίπτωση παραβίασής τους (*αξίωμα της δέσμευσης*). Παράδειγμα τέτοιας σύνθετης ενέργειας είναι το άνοιγμα μιας δημοπρασίας. Με την εκτέλεση αυτής της ενέργειας, ο δημοπράτης αυτομάτως δίνει το δικαίωμα στους πλειοδότες να υποβάλουν προσφορές και αναλαμβάνει την υποχρέωση να την τερματίσει σε ορισμένο χρόνο.

Χρήσιμο επίσης εργαλείο κρίνεται το *variable* (Πίνακας 3.1) αφού βοήθησε στη διάκριση των διαφορετικών ειδών πρακτόρων (όπως πράκτορες – μεσολαβητές και πράκτορες - πλειοδότες) και στη συγκέντρωση των τελικών αποτελεσμάτων των μηχανισμών. Ταυτόχρονα, η παραχώρηση ή η στέρηση του δικαιώματος πρόσβασης σε συγκεκριμένες ιδιότητες αντικειμένων (*αξίωμα ορατότητας*) βοήθησε στην γρήγορη αντιμετώπιση αρκετών θεμάτων

που απασχόλησαν, όπως για παράδειγμα τη διατήρηση της ανωνυμίας των κατόχων της υψηλότερης προσφοράς.

Τελευταίο εργαλείο, αλλά όχι λιγότερης σημασίας, αναφέρεται εδώ το *where* (*conditional effect*) που έδωσε απεριόριστες δυνατότητες αφού σε κάθε συνθήκη μέσα στη λίστα *where* μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε κατηγορημα σε Prolog. Ωστόσο, το γεγονός ότι δεν χρειάστηκε παρά μόνο σε ελάχιστες εξαιρέσεις η υλοποίηση νέων κατηγορημάτων προσθέτει στο επιχείρημα για την επάρκεια και την καταλληλότητα της γλώσσας για την μοντελοποίηση οικονομικών περιβαλλόντων.

Όσον αφορά στον προσομοιωτή που συνοδεύει τη γλώσσα, αυτός εγκαταστάθηκε με ευκολία αφού συνοδευόταν από σαφείς οδηγίες εγκατάστασης. Μέτα από πειραματισμό και την εκτεταμένη αλληλεπίδραση μαζί του έγιναν κατανοητές οι λειτουργίες των διαφόρων μονάδων του (*modules*). Σημαντικό πλεονέκτημά του προσομοιωτή αποδείχτηκε η δυνατότητα που παρέχει σε ανθρώπινους χρήστες και όχι μόνο σε πράκτορες λογισμικού να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Αυτή η δυνατότητα επέτρεψε τόσο τους συχνούς έλεγχους του κώδικα κατά τη φάση της κωδικοποίησης της περιγραφής (*domain*) των δύο μηχανισμών αλλά και τον εντοπισμό των βασικών αδυναμιών του υπάρχοντος μηχανισμού. Επιπρόσθετα, στα πλεονεκτήματα κατατάσσεται και η καταγραφή των ενεργειών των χρηστών κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη κατά τη φάση των πειραμάτων, τόσο στη συλλογή δεδομένων όσο και στην ανάλυση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ωστόσο, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι η μεγάλη απαίτηση μνήμης από τον προσομοιωτή ανάγκασε σε παραχωρήσεις ως προς το μέγεθος των στιγμιότυπων εισόδων των πειραμάτων (μικρός αριθμός πρακτόρων -πλειοδοτών, μικρός αριθμός αντικειμένων/αριθμών). Φυσικά αυτό δεν αποτελεί κατ' ανάγκη πρόβλημα του προσομοιωτή καθώς θα μπορούσαν να εξευρεθούν λύσεις, όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση των διάφορων μονάδων του (*modules*) σε διαφορετικές μηχανές/υπολογιστές που θα επικοινωνούσαν μέσω του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή. Αυτό είναι κάτι που αξίζει να γίνει σε μελλοντικό στάδιο.

8.2 Ο προτεινόμενος μηχανισμός δημοπρασιών

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έπειτα από μελέτη βιβλιογραφίας σχετικής τόσο με τη θεωρία των δημοπρασιών όσο και με το ευρύτερο πεδίο της σχεδίασης μηχανισμών έγινε προσπάθεια για τη βελτίωση του υπάρχοντος μηχανισμού δημοπρασιών TOM. Πράγματι, οι πειραματικές διεργασίες και οι προσομοιώσεις έχουν αποδείξει ότι ο νέος άμεσος μηχανισμός δημοπρασιών που προτείνεται, βασισμένος στην αρχή της αποκάλυψης (*revelation principle*) επιλύει τα προβλήματα που παρουσιάζει ο υφιστάμενος μηχανισμός.

Δεν επιτρέπει ανεπιθύμητες συμπεριφορές/στρατηγικές από μέρους των πλειοδοτών, όπως η εφαρμογή sniping, αφού κυρίαρχη στρατηγική είναι η υποβολή (άρα και η αποκάλυψη) των πραγματικών τους προτιμήσεων. Στο νέο εσωτερικό μηχανισμό με τον οποίο γίνεται η ανάθεση ο κυλιόμενος χρόνος λήξης εξασφαλίζει ότι ο κάθε πλειοδότης κερδίζει κάτι στο τέλος της δημοπρασίας (εκτός από τις ακραίες περιπτώσεις που ο πλειοδότης έχει ελάχιστες προτιμήσεις στη λίστα με τις προτιμήσεις του). Επίσης φάνηκε ότι ο νέος μηχανισμός δημοπρασιών επιφέρει σημαντικά αυξημένο οικονομικό κέρδος από ότι ο υπάρχων μηχανισμός, πέραν της ακραίας περίπτωσης (Κεφάλαιο 7.1.5) που ο πράκτορας κάνει πολύ μεγάλα βήματα αύξησης προσφοράς στον υπάρχοντα μηχανισμό, κάτι που σπάνια παρατηρείται στους φυσικούς πλειοδότες. Όσον αφορά το κοινωνικό όφελος που αποφέρει ο νέος μηχανισμός αυτό φάνηκε να αυξάνεται σημαντικά σε κάποιες περιπτώσεις και σε άλλες να μειώνεται. Ωστόσο, στις περιπτώσεις μείωσής του φάνηκε να κατανέμεται ισορροπημένα σε κάθε πράκτορα σε αντίθεση με την κατανομή που γίνεται στον υπάρχοντα μηχανισμό. Αυτό, σε συνδυασμό και με άλλες παρατηρήσεις, οδηγεί στην ανάγκη για αναζήτηση στο μέλλον και άλλων μετρικών (όπως η τυπική απόκλιση) για εξέταση του κοινωνικού οφέλους. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι ένα αντικείμενο που διατίθεται, παραχωρείται στον νικητή στην τιμή της δεύτερης χαμηλότερης προτίμησης ή στη τιμή της δεύτερης προτίμησης αυξημένης κατά €50 (ελάχιστο βήμα αύξησης).

Διαφάνηκε επίσης από το πείραμα που περιγράφεται στο Κεφ. 7.2 ότι ο εσωτερικός μηχανισμός ανάθεσης που χρησιμοποιεί ο νέος μηχανισμός δημοπρασιών είναι πιθανόν να δώσει διαφορετικές λύσεις εξαιτίας του ότι σπάζει τυχαία τις ισοπαλίες ανάμεσα στους πλειοδότες. Εδώ προκύπτει και το ερώτημα αν υπάρχει κάποιος αλγόριθμος ανάθεσης που να δίνει τη με βεβαιότητα τη βέλτιστη λύση, δηλαδή την ανάθεση των αριθμών στους πλειοδότες με το μέγιστο δυνατό κέρδος (ή το μέγιστο δυνατό κοινωνικό όφελος) χωρίς να χρειάζεται να βρει

όλες τις πιθανές λύσεις. Εκ πρώτης όψεως φαίνεται να μην υπάρχει τέτοιος αλγόριθμος, και όλα αυτά ακόμη κι όταν γνωρίζουμε εκ των προτέρων τις λίστες με τις προτιμήσεις (τύπους) των πρακτόρων.

8.3 Εισηγήσεις για μελλοντικές επεκτάσεις

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση έδειξε ότι πιθανόν να μην υπάρχουν παρόμοιες ερευνητικές προσπάθειες σχετικές με δημοπρασίες κλειστού φακέλου πολλών αντικειμένων όπου α) η προσφορά του πλειοδότη (λίστα με τις προτιμήσεις του) εκφράζεται με αποκλειστικό Η' (XOR), δηλαδή ένας πλειοδότης μπορεί να είναι επιτυχών πλειοδότης σε μόνο αντικείμενο από αυτά που περιέχονται στη λίστα με τις προτιμήσεις του και β) η σειρά των αντικειμένων στη λίστα των προτιμήσεων δηλώνει και προτεραιότητα στις προτιμήσεις για τα αντικείμενα. Αυτό καθιστά την αρχική πειραματική προσπάθεια που έγινε σε αυτή τη μεταπτυχιακή διατριβή ως καινοτομία σε αυτό το ερευνητικό πεδίο και καλό θα ήταν να συνεχιστεί. Από αυτή την άποψη, θα ήταν καλό η έρευνα να επεκταθεί και σε θεωρητικό επίπεδο, ώστε να διερευνηθεί η ύπαρξη αλγορίθμου για την εύρεση βέλτιστης λύσης στο πρόβλημα μεγιστοποίησης του κέρδους (ή και του κοινωνικού οφέλους) κατά την ανάθεση στο νέο άμεσο μηχανισμό σε σενάρια ισοπαλίας των πλειοδοτών, αφού υποθέτουμε ότι το πρόβλημα πιθανό να είναι NP-complete.

Όπως αποδείχτηκε με το πέρας της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής η γλώσσα και το περιβάλλον εκτέλεσης της [30] είναι ιδιαίτερα χρήσιμα εργαλεία στον έλεγχο των κανόνων που διέπουν οικονομικά περιβάλλοντα. Θα ήταν ενδιαφέρον να ανοίξει ο δρόμος για μια πιο στενή συνεργασία με το Τμήμα Οδικών Μεταφορών, να μας δοθούν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τον τρόπο που λειτουργούν οι πλειοδότες έτσι ώστε να γίνει πιο συστηματικός έλεγχος των κανόνων του μηχανισμού δημοπρασιών που εφαρμόζει. Επίσης με τα εργαλεία αυτά (γλώσσα και προσομοιωτή) θα μπορούσε να γίνει έλεγχος της λειτουργίας παρόμοιων οικονομικών περιβαλλόντων τα οποία σίγουρα θα έχουν κάτι να επωφεληθούν από αυτό.

Τέλος, ο προσομοιωτής και η καλή του λειτουργία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι μπορεί με κατάλληλη αξιοποίηση να αποτελέσει χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο. Αν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί μια διεπαφή πιο προσιτή στους χρήστες, θα αποτελέσει έναυσμα για ενασχόληση και εξοικείωση φοιτητών και μαθητών (ακόμη και μεγάλων τάξεων του Δημοτικού) τόσο με

θέματα αναπαράστασης γνώσης και συλλογισμού αλλά και με συστήματα πολλαπλών πρακτόρων βάζοντάς τους από νωρίς στον υπέροχο αυτό κόσμο της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Βιβλιογραφία

- [01] Abrache J., Crainic T.G., Gendreau M., Rekik, M., "Combinatorial Auctions," *Annals of Operations Research*, 153(1), 131-164, 2007
- [02] Adam, M. T. P., Kramer, J., Jahnig, C., Seifert, S., and Weinhardt, C. Understanding auction fever: A framework for emotional bidding, *Electronic Markets*, Online First, DOI: 10.1007/s12525-011-0068-9, pp. 1-11, 2011.
- [03] Ariely, D., Ockenfels, A. & Roth, A. An Experimental Analysis of Ending Rules in Internet Auctions, *RAND Journal of Economics*. 36(4), 890-907, 2005.
- [04] Bajari, P. & Hortacsu, A. The Winner's Curse, Reserve Prices and Endogenous Entry: Empirical Insights from eBay Auctions. *RAND Journal of Economics*, 34, Summer 2003, 329-355, 2003.
- [05] Bajari, P. & Hortacsu, A. The winner's curse, reserve prices, and endogenous entry: empirical insights from ebay auctions, *RAND Journal of Economics*, 34(2), 329-355, 2003.
- [06] Barbaro, S., Bracht, B., Shilling, Squeezing, Sniping: Explaining Late Bidding in Online Second-Price Auctions (2006), *working paper*, University of Mainz. Available online at <http://www.staff.uni-mainz.de/barbaro/BarbaroBracht.pdf> Retrieved on 30/8/2012
- [07] Cramton, P. Spectrum Auctions. *In Handbook of Telecommunications Economics*, Martin Cave, Sumit Majumdar, and Ingo Vogelsang, eds., Amsterdam: Elsevier Science B.V., Chapter 14, 605-639, 2002.
- [08] Cramton, P., Shoham, Y., & Steinberg, R. (2006). *Combinatorial auctions*. MIT Press: Cambridge.
- [09] Ehrhart, K, Ott, M. & Abele, S. (2008). *Auction Fever: Theory and Experimental Evidence*. Sonderforschungsbereich 504 Publications 08-27, Sonderforschungsbereich 504, University of Mannheim.

- [10] Fudenberg, D., Tirole, J. (1991). *Game Theory*. Cambridge : M.I.T. Press, c1991 π35
- [11] Hargreaves Heap, S. & Varoufakis, Y. (1995). *Game theory : a critical introduction*. London: Routledge.
- [12] Garfinkel, S. and Spafford G. (1997). *Web Security & Commerce*. Sebastopol: O'Reilly.
- [13] Garratt, R. J., Troger, T. & Zheng, C. Collusion via Resale. *Econometrica*, 77(4), 1095–1136, 2009.
- [14] Guttman, R., Moukas, A., Maes, P. Agent-mediated Electronic Commerce: A survey. *Knowledge Engineering Review*, 13(2), 147–159, 1998.
- [15] He, M., Jennings, N.R., Leung, H. On Agent-mediated Electronic Commerce. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 15(4), 985–1003, 2003.
- [16] Heyman, J.E., Orhun, Y. & Ariely, D. Auction fever: The effect of opponents and quasi-endowment on product valuations. *Journal of Interactive Marketing*, 18 (4), 7-21, 2004.
- [17] J. M. Bradshaw. An Introduction to Software Agents. In: Software Agents, J. M. Bradshaw, Ed., 3--46, Cabridge, MA: AAAI Press/ The MIT Press, 1997.
- [18] John G. Riley and William F. Samuelson (1981). Optimal Auctions. *The American Economic Review*, 71(3), 381-392.
- [19] Klemperer, P. (2003). *Auctions: Theory and Practice*, Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- [20] Klemperer, P. Auction Theory: A Guide to the Literature. *Journal of Economic Surveys*, 13 (3), 227-286, 1999.
- [21] Klemperer, P. What Really Matters in Auction Design. *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), 169-189, 2002.

- [22] Koutkias, V. G., Chouvarda, I. & Maglaveras, N. A Multiagent System Enhancing Home-Care Health Services for Chronic Disease management. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 9(4), 528--537, 2005.
- [23] Krishna, V. (2002). Auction Theory. San Francisco: Academic Press.
- [24] Ku, G., Malhotra, D. & Murnighan, J.K. Towards a competitive arousal model of decision-making: A study of auction fever in live and Internet auctions. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96 (2), 89-103, 2005.
- [25] Liu, J. & Sycara, K. Distributed problem solving through coordination in a society of agents. *In Proceedings of the 13th International Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, 1994.
- [26] M. Wellman et al. Designing the Market Game for a Trading Agent Competition. *IEEE Internet Computing*, 5(2), 56--64, 2001.
- [27] Malmendier, U. & Lee, Y.H. The bidder's curse. *American Economy Review*, 101(2), 749-787, 2011.
- [28] Marshall, R. C. & Marx, L.M. The Vulnerability of Auctions to Bidder Collusion. *The Quarterly Journal of Economics*, 124(2), 883-910, 2009.
- [29] McAfee, R. P., & McMillan, J. Auctions and Bidding. *Journal of Economic Literature*, 25(2), 699-738, 1987.
- [30] Michael, L., Parkes, D.C., Pfeffer, A. Specifying and Monitoring Economic Environments Using Rights and Obligations. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 20(1), 158-197, 2010.
- [31] Milgrom, P. Auctions and Bidding: A Primer. *The Journal of Economic Perspectives*, 3, 3-22, 1989.
- [32] Myerson, R. B. Optimal Auction Design. *Mathematics of Operations Research*, 6(1), 58-73, 1981.

- [33] Ockenfels, A. & Roth, A. Late and multiple bidding in second price Internet auctions: Theory and evidence concerning different rules for ending an auction, *Games and Economic Behavior*, 55(2), 297-320, 2006.
- [34] Osborne, M. (2004). An introduction to Game Theory, Oxford University Press.
- [35] Osborne, M. , Rubinstein, A. (1994). A course in game theory. Cambridge: MIT Press.
- [36] P. Bajari, J., Yeo Auction Design and Tacit Collusion in FCC Spectrum Auctions. *Working Paper*. Available at <http://www.nber.org/papers/w14441.pdf> Retrieved on 30/8/2012
- [37] Rogers, A., David, E. & Jennings, N.R. The effects of proxy bidding and minimum bid increments within eBay auctions. *ACM Transactions on the Web*, 1(2), article 2, 2007.
- [38] Roth, A. & Ockenfels, A. Last-Minute Bidding and the Rules for Ending Second-Price Auctions: Evidence from eBay and Amazon Auctions on the Internet, *American Economic Review*, 92(4), 1093–1103, 2002
- [39] Russell, S. & Norvig, P. (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [40] S., Brusco, G. ,Lopomo. Collusion via Signaling in Simultaneous Ascending Bid Auctions with Heterogeneous Objects, with and without Complementarities. *The Review of Economic Studies*, 69(2), 407-463, 2002.
- [41] Schwind, M. Dynamic Pricing and Automated Resource Allocation for Information Services, *In: Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 589*, Springer, 2007.
- [42] Shoham, Y. & Leyton-Brown, K. (2009) *Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*. Cambridge University Press. Available online at <http://www.masfoundations.org/mas.pdf> Retrieved on 30/8/2012.
- [43] Toulis P., Kehagias, D. & Mitkas, P.A. Mertacor: A Successful Autonomous Trading Agent, *in Proc. of the 5th International Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems (AAMAS 2006)*, Hakodate, Japan, May 8-12, 2006.

- [44] Trevathan, J., & Read, W. A Simple Shill Bidding Agent. *In: 4th International Conference on Information Technology - New Generations*, 933–937, 2007.
- [45] Van den Bos, W., Li, J., Lau, T., Maskin, E., Cohen, J. D., Montague, P. R. & McClure, S.M. The value of victory: Social origins of the winner's curse in common value auctions. *Judgment and Decision Making*, 3(7), 483-492, 2008.
- [46] Vickrey, W. Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders. *Journal of Finance*, 16(8), 8-37, 1961.
- [47] Whinston, A.B., Wang, W., Hidvegi, Z. Shill-Proof Fee (SPF) Schedule: the Sunscreen against Seller Self-Collusion in Online English Auctions, *working paper*, 2004.
- [48] Wolf, J. R., Arkes, H. R. & Muhanna, W. A., Is Overbidding in Online Auctions the Result of a Pseudo-Endowment Effect, (November 3, 2005). Available at <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.735464>
- [49] Wooldridge, M. Intelligent Agents. *In: G. Weiss, Ed., Multiagent Systems- A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, Chap. 1, 27-77, MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
- [50] Xie. X.F & Liu, J. Multiagent Optimization System for Solving the Traveling Salesman Problem (TSP). *IEEE Transactions On Systems, Man and Cybernetics*, 39(2), 2009.
- [51] Zeithammer, R. & Adams, C. The Sealed-Bid Abstraction in Online Auctions. *Marketing Science*, 29(6),964-987. 2010.

Παράρτημα Α

Στοιχεία για ανάλυση προδιαγραφών υπάρχοντος μηχανισμού ΤΟΜ

Στο παράρτημα αυτό παρατίθενται τα στοιχεία που συλλέχτηκαν για την ανάλυση των προδιαγραφών του μηχανισμού ηλεκτρονικών δημοπρασιών ΤΟΜ. Συγκεκριμένα παρατίθενται οι επίσημοι κανονισμοί που αφορούν στους όρους και στο τρόπο πώλησης των αριθμών εγγραφής οχημάτων στο κοινό, όπως περιγράφονται στο άρθρο Αριθμός 73 των «Περί Μηχανοκίνητων και Τροχαίας Κινήσεως Κανονισμού του 1984 μέχρι 2008» όπως δόθηκαν από τον Ανώτερο Λειτουργό του ΤΟΜ. Επίσης παρατίθενται και κάποιες οθόνες του ιστότοπου του ΤΟΜ.

A.1 Όροι πώλησης διακριτικών σημείων οχημάτων στο κοινό – Μέρος 1

172

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

(Όροι και τρόπος πώλησης διακριτικών σημείων ταυτότητας οχήματος στο κοινό)

Μέρος 1

(Όροι πώλησης διακριτικών σημείων ταυτότητας οχήματος στο κοινό)

1. Η πώληση θα γίνεται με τη διαδικασία πλειοδοτήσης μέσω ηλεκτρονικού διαδικτυακού συστήματος του Τμήματος Οδικών Μεταφορών του Υπουργείου Συγκοινωνιών και Έργων, που στο εξής θα αναφέρεται ως «ΤΟΜ», σύμφωνα με τον τρόπο που καθορίζεται στο Μέρος 2 του παρόντος Παραρτήματος.
2. Η πώληση αφορά το δικαίωμα για επιλογή ενός από τους προσφερόμενους αριθμούς των προσφερόμενων γραμματοσειρών (στο εξής αναφερόμενο ως «δικαίωμα επιλογής»), για συγκεκριμένο όχημα που χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο αριθμό πλαισίου.
3. Οι προσφερόμενοι αριθμοί καθορίζονται ως οι αριθμοί από το ένα (1) μέχρι το εννιακόσια ενενήντα εννιά (999) κάθε προσφερόμενης γραμματοσειράς, με εξαίρεση τους αριθμούς δεκατρία (13), εξήντα εννιά (69) και εξακάσια εξήντα έξι (666).
4. Οι προσφερόμενες γραμματοσειρές είναι αυτές που θα εμφανίζονται ως προσφερόμενες στο ηλεκτρονικό διαδικτυακό σύστημα του ΤΟΜ για την καθορισμένη περίοδο που θα εμφανίζεται στο σύστημα για την κάθε γραμματοσειρά.
5. Το δικαίωμα επιλογής ασκείται για όχημα που δεν είναι εγγεγραμμένο στο μητρώο του Εφόρου Μηχανοκινήτων Οχημάτων.
6. Το δικαίωμα επιλογής ασκείται από πρόσωπο που δύναται να καταστεί νόμιμος εγγεγραμμένος ιδιοκτήτης οχήματος σύμφωνα με τον περί Μηχανοκινήτων Οχημάτων και Τροχαίας Κινήσεως Νόμο του 1972, όπως αυτός τροποποιείται ή αντικαθίσταται και τους Κανονισμούς που εκδίδονται δυνάμει του.
7. Το δικαίωμα επιλογής ασκείται από πρόσωπο που είναι εγγεγραμμένο στο ηλεκτρονικό διαδικτυακό σύστημα του ΤΟΜ, σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο Μέρος 2 του παρόντος Παραρτήματος.
8. Πλειοδότηση ή οποιαδήποτε άλλη καταχώρηση που γίνεται μετά από είσοδο στο ηλεκτρονικό διαδικτυακό σύστημα του ΤΟΜ με τη χρήση του κωδικού χρήστη και του κωδικού πρόσβασης που είναι απαραίτητα για την είσοδο προσώπου στο εν λόγω σύστημα θεωρείται ότι γίνεται από και καθιστά υπεύθυνο το πρόσωπο του οποίου τα στοιχεία έχουν καταχωριστεί και συνδέονται με το συγκεκριμένο κωδικό χρήστη και κωδικό πρόσβασης.
9. Πλειοδότηση γίνεται με τη χρήση πιστωτικής κάρτας ή άλλης ανάλογης μεθόδου που θα γίνεται αποδεκτή από το ηλεκτρονικό διαδικτυακό σύστημα του ΤΟΜ. Το μεγαλύτερο ποσό πλειοδότησης για κάθε συγκεκριμένο αριθμό κάθε προσφερόμενης γραμματοσειράς κατακρατείται από την πιστωτική κάρτα της οποίας τα στοιχεία υποβλήθηκαν διαδικτυακά, μέχρι τη λήξη της περιόδου πλειοδοσίας για τη συγκεκριμένη προσφερόμενη γραμματοσειρά, οπότε και χρεώνεται η πιστωτική κάρτα με το ποσό μέγιστης πλειοδότησης.
10. Πρόσωπο το οποίο πλειοδότησε για το δικαίωμα επιλογής ενός αριθμού δεσμεύεται από την προσφορά του.
11. Το δικαίωμα επιλογής που αγοράζεται είναι προσωπικό, συνδεδεμένο με τον αριθμό ταυτότητας του φυσικού προσώπου ή τον αριθμό εγγραφής του νομικού προσώπου που το αγόρασε και δεν μεταβιβάζεται, εκτός αν επισυμβεί θάνατος του φυσικού προσώπου που αγόρασε το δικαίωμα επιλογής οπότε αυτό μεταβιβάζεται στους νόμιμους κληρονόμους του και μπορεί μόνο να ασκηθεί για το συγκεκριμένο όχημα που χαρακτηρίζεται από το συγκεκριμένο αριθμό πλαισίου για το οποίο αγοράστηκε το δικαίωμα επιλογής.
12. Το πρόσωπο που αγοράζει το δικαίωμα επιλογής έχει δικαίωμα να το ασκήσει εντός τεσσάρων μηνών από την ημερομηνία αγοράς του δικαιώματος. Νοείται ότι ο Έφορος δύναται κατά περίπτωση και όταν κρίνει τούτο δικαιολογημένο, να παρατείνει την πιο πάνω ημερομηνία για εύλογο κατά την κρίση του διάστημα, αιτιολογώντας την απόφαση του για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.
13. Οποιοδήποτε ποσό που καταβάλλεται για την αγορά του δικαιώματος επιλογής δεν επιστρέφεται ακόμα και αν το πρόσωπο που αγόρασε το δικαίωμα επιλογής δεν το ασκήσει.
14. Το ελάχιστο ποσό ανοίγματος της πλειοδότησης για οποιονδήποτε από τους προσφερόμενους αριθμούς είναι τα πενήντα Ευρώ (€50,00). Το ελάχιστο ποσό για κάθε επόμενη πλειοδότηση για κάθε προσφερόμενο αριθμό είναι τα πενήντα Ευρώ (€50,00). Το ποσό πλειοδότησης δεν θα έχει υποδιαιρέσεις του Ευρώ. Σε περίπτωση που ουδείς πλειοδοτήσει το ελάχιστο ποσό επόμενης πλειοδότησης για ένα από τους προσφερόμενους αριθμούς και το μέγιστο ποσό πλειοδότησης δεν φτάσει τα εκατό Ευρώ (€100,00), ο αριθμός παραμένει στη διάθεση του Εφόρου και παραχωρείται από αυτόν δωρεάν με τυχαία σειρά σύμφωνα με τη συνήθη διαδικασία παραχώρησης διακριτικών σημείων ταυτότητας σε οχήματα.
15. Το πρόσωπο που συμμετέχει στη διαδικασία πλειοδότησης για την αγορά δικαιώματος δηλώνει ηλεκτρονικά ότι έχει διαβάσει, κατανοήσει και αποδεχτεί τους όρους και τον τρόπο που γίνεται η πώληση.

Α.2 Όροι πώλησης διακριτικών σημείων οχημάτων στο κοινό – Μέρος 2

173

Μέρος 2

(Τρόπος πώλησης διακριτικών σημείων ταυτότητας οχήματος στο κοινό)

1. Η εγγραφή στο ηλεκτρονικό διαδικτυακό σύστημα του TOM γίνεται αφού καταχωριστούν τα ακόλουθα στοιχεία στην καθορισμένη για το σκοπό αυτό από το TOM ιστοσελίδα:
 - (α) Όνομα
 - (β) Επίθετο
 - (γ) Αριθμός ταυτότητας / αριθμός νομικού προσώπου και τύπος ταυτότητας
 - (δ) Ημερομηνία γεννήσεως
 - (ε) Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
 - (στ) Ένας κωδικός πρόσβασης, ο οποίος θα καταχωριστεί δύο φορές για σκοπούς επιβεβαίωσης
 - (ζ) Μία ερώτηση από τις προσφερόμενες από το σύστημα και την απάντησή της, για σκοπούς ανάκτησης κωδικού πρόσβασης του εγγεγραμμένου προσώπου σε περίπτωση που το πρόσωπο αυτό χρειαστεί να ανακτήσει κωδικό πρόσβασης.
2. Μετά την εγγραφή, αποστέλλεται με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο στη διεύθυνση που αναφέρεται στην παράγραφο 1(ε) του παρόντος Μέρους, ένας κωδικός χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης που καταχωρίστηκε με βάση την παράγραφο 1(στ) του παρόντος Μέρους, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την είσοδο στο διαδικτυακό σύστημα του TOM.
3. Πρόσωπα που ενεγράφησαν στο διαδικτυακό σύστημα του TOM πριν την θέση σε ισχύ του παρόντος Διατάγματος θεωρούνται ότι είναι εγγεγραμμένα για τους σκοπούς του Διατάγματος αυτού.
4. Για να καταστεί δυνατή οποιαδήποτε πλειοδότηση το πρόσωπο που συμμετέχει στη διαδικασία δηλώνει ηλεκτρονικά ότι έχει διαβάσει, κατανοήσει και αποδεχτεί τους όρους και τον τρόπο που γίνεται η πώληση.
5. Στη συνέχεια καταχωρίζεται ο αριθμός πλαισίου του μη εγγεγραμμένου στο μητρώο του Εφόρου οχήματος για το οποίο θα γίνει πλειοδότηση για το δικαίωμα επιλογής. Ο αριθμός πρέπει να είναι ακριβής και να καταχωριστεί ορθά.
6. Στη συνέχεια επιλέγεται μία από τις προσφερόμενες γραμματοσειρές και εισάγεται ο αριθμός για τον οποίο υπάρχει πρόθεση να υποβληθεί προσφορά πλειοδότησης για το δικαίωμα επιλογής.
7. Στη συνέχεια καταχωρίζεται η προσφορά πλειοδότησης και, αφού γίνει επιβεβαίωση των καταχωρημένων στοιχείων, η προσφορά υποβάλλεται από τον πλειοδότη.
8. Αφού διενεργηθεί η διαδικασία υποβολής των στοιχείων της πιστωτικής κάρτας που θα χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς της πλειοδότησης, επιβεβαιωθεί η ύπαρξη των απαραίτητων πιστώσεων και δεσμευτεί το ποσόν πλειοδότησης, ο πλειοδότης καθίσταται ο εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότης μέχρι τη λήξη της περιόδου πλειοδοσίας για τον συγκεκριμένο αριθμό της συγκεκριμένης προσφερόμενης γραμματοσειράς ή μέχρι να υποβληθεί και γίνει αποδεκτή μεγαλύτερη προσφορά για τον ίδιο αριθμό από άλλο πρόσωπο. Ενδύω υποβληθεί και γίνει αποδεκτή μεγαλύτερη προσφορά για ένα αριθμό δεν είναι δυνατόν να πλειοδοτεί για πλειοδότης αποτελεί τον εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότη για ένα αριθμό δεν είναι δυνατόν να πλειοδοτεί για άλλο προσφερόμενο αριθμό για τον ίδιο αριθμό πλαισίου του οχήματος για το οποίο υπέβαλε προσφορά που τον καθιστά ως τον εν δυνάμει επιτυχών πλειοδότη.
9. Με τη λήξη της περιόδου πλειοδοσίας για κάθε προσφερόμενη γραμματοσειρά ο πλειοδότης με τη μεγαλύτερη προσφορά για κάθε προσφερόμενο αριθμό καθίσταται ο επιτυχών πλειοδότης για το δικαίωμα επιλογής του αριθμού για τον οποίο υπέβαλε τη μεγαλύτερη προσφορά, σπτόταν και χρεώνεται η πιστωτική κάρτα που αναφέρεται στην παράγραφο 8 του παρόντος Μέρους με το ποσό μέγιστης πλειοδότησης.
10. Κάθε ενδιαφερόμενος πλειοδότης είναι δυνατόν, με την είσοδο του στο διαδικτυακό σύστημα του TOM με τη χρήση των κωδικών που αναφέρονται στην παράγραφο 2 του παρόντος Μέρους, να παρατηρεί τις προσφορές που έχει υποβάλει ο ίδιος και την τρέχουσα μέγιστη προσφορά πλειοδότησης για κάθε προσφερόμενο αριθμό κάθε προσφερόμενης γραμματοσειράς που υποβλήθηκαν από άλλους, χωρίς να μπορεί να παρατηρεί τα στοιχεία του προσώπου που υπέβαλε την τρέχουσα μέγιστη προσφορά πλειοδότησης ή οποιαδήποτε άλλη προσφορά πλειοδότησης εκτός από τις προσφορές που υπέβαλε ο ίδιος.

Έγινε στις 30 Ιανουαρίου 2009

Νίκος Νικολαΐδης
Υπουργός Συγκοινωνιών και Έργων

A.3 Οθόνες Ιστότοπου Δημοπρασιών ΤΟΜ

Οθόνη 1: Επιλογή Αριθμού

ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Πλειστηριασμός Αριθμού Εγγραφής Οχήματος

Ο αριθμός πλαισίου για τον οποίο θα υποβάλετε προσφορά είναι [redacted]
Η γραμματοσειρά είναι [redacted]

13:39:21 PM

Παρακαλώ εισάγετε αριθμό για τον οποίο θα υποβάλετε προσφορά

Σημείωση: Καταχωρήστε αριθμό από 1 μέχρι 999. Οι αριθμοί 13 , 69, 666 δεν πλειοδοτούνται

ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Οθόνη 2: Επιλογή Ποσού Προσφοράς

ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Πλειστηριασμός Αριθμού Εγγραφής Οχήματος

Ο αριθμός εγγραφής για τον οποίο επιθυμείτε να υποβάλετε προσφορά είναι [redacted] 001

13:42:31 PM

Η τρέχουσα τιμή για το [redacted] 001 είναι:	€50
Η υποβολή προσφορών λήγει:	ΚΥΡΙΑΚΗ 2012, 12:00:00 το μεσημέρι
Ελάχιστη τιμή για την οποία μπορείτε να υποβάλετε προσφορά είναι:	€100

Παρακαλώ καταχωρήστε την προσφορά σας €
(π.χ 250)

Οθόνη 3: Υποβολή Προσφοράς - Επιβεβαίωση

Πλειστηριασμός Αριθμού Εγγραφής Οχήματος

Ο αριθμός πλαισίου για τον οποίο θα υποβάλετε προσφορά είναι [REDACTED]
Ο αριθμός εγγραφής για τον οποίο επιθυμείτε να υποβάλετε προσφορά είναι **001**

13:44:46 PM

Η τρέχουσα τιμή για το **001** είναι: **€50**

Η υποβολή προσφορών λήγει: **ΚΥΡΙΑΚΗ 2012,12:00:00 π.μ**

Η προσφορά σας είναι €200

[Πίσω](#) [Υποβολή Προσφοράς](#)

Οθόνη 4: Όλες οι προσφορές

ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

[001-100](#) [101-200](#) [201-300](#) [301-400](#) [401-500](#) [501-600](#) [601-700](#) [701-800](#) [801-900](#) [901-999](#)

Αριθμός Εγγραφής	Αριθμός Προσφορών	Τρέχουσα Τιμή Προσφοράς
001	0	€50
002	1	€100
003	0	€50
004	0	€50
005	0	€50
006	0	€50
007	0	€50
008	0	€50
009	1	€100
010	0	€50
011	1	€100

Οθόνη 5: Οι προσφορές μου

ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Οι Προσφορές μου

Αρ. Πλαισίου	Αριθμός Εγγραφής	Ποσό	Κατάσταση	Υποβλήθηκε	Λήξη Προσφοράς	
		€100		08/05/2012	12/05/2012 12:00	

Υποβλήθηκε μεγαλύτερη προσφορά από τη δική σας

Στο παρόν στάδιο έχετε υποβάλει τη μεγαλύτερη προσφορά

[Πίσω](#)

ΤΜΗΜΑ ΟΔΙΚΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ