



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη συστήματος προσδιορισμού εμπιστοσύνης για
ευφυείς πράκτορες λογισμικού βασιζόμενο στη θεωρία της
ασαφούς λογικής**

Μαρία Ι. Καλουδά

Επιβλέποντες: Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

Κωνσταντίνος Κολομβάτσος, Υποψήφιος Διδάκτωρ ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη συστήματος προσδιορισμού εμπιστοσύνης για ευφυείς πράκτορες
λογισμικού βασιζόμενο στη θεωρία της ασαφούς λογικής

Μαρία Ι. Καλουδά

A.M. : 1115200400014

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ
Κωνσταντίνος Κολομβάτσος, Υποψήφιος Διδάκτωρ ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ηλεκτρονικές αγορές μπορούν να προσφέρουν μεγάλη ευκολία και εξοικονόμηση πόρων ιδιαίτερα αν συνδυαστούν με ευφυείς πράκτορες και φυσικά αν εξασφαλιστεί ένα ασφαλές περιβάλλον συναλλαγών. Σε αυτή την πτυχιακή εργασία δημιουργήθηκε ένα σύστημα υπολογισμού της αξιοπιστίας στα πλαίσια μιας ηλεκτρονικής αγοράς που απαρτίζεται από χρήστες και πωλητές οι οποίοι αντιπροσωπεύονται από ευφυείς πράκτορες. Μελετήθηκαν οι υπάρχουσες τεχνικές και δημιουργήθηκε μια νέα τεχνική που συνδυάζει με μια ιεραρχική μορφή υπάρχουσες τεχνικές καθώς επίσης και διαφορετικά μεγέθη έκφρασης και υπολογισμού της εμπιστοσύνης μεταξύ των οντοτήτων του συστήματος.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Πληροφοριακά Συστήματα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ασαφής λογική, ευφυείς πράκτορες λογισμικού, ηλεκτρονικές αγορές, εμπιστοσύνη

Στην οικογένειά μου

Ευχαριστώ τον επίκουρο καθηγητή κ. Ευστάθιο Χατζηευθυμιάδη και τον υποψήφιο διδάκτορα Κώστα Κολομβάτσο για την πολύτιμη βοήθειά τους και το ενδιαφέρον τους. Καθώς επίσης όλους όσους με στήριξαν κατά την διάρκεια της προσπάθειας μου για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
Εισαγωγή	11
1.1 Στόχοι.....	11
1.2 Γενική περιγραφή.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	15
Ασαφής Λογική	15
2.1 Εισαγωγή	15
2.2 Γενική Περιγραφή.....	15
2.2 Πλεονεκτήματα.....	16
2.3 Συναρτήσεις Συμμετοχής - Ασαφή σύνολα	18
2.4 Κανόνες ασαφούς λογικής	23
2.5 Ασαφής εξαγωγή συμπερασμάτων	25
2.6 Επίλογος.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	28
Ηλεκτρονικές αγορές προϊόντων	28
3.1 Γενική περιγραφή.....	28
3.2 Ευφυείς πράκτορες λογισμικού	29
3.3 Οντότητες που συμμετέχουν σε ηλεκτρονικές αγορές.....	32
3.4 Επίλογος.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	35
Εμπιστοσύνη και υπόληψη	35
4.1 Γενική περιγραφή.....	35
4.2 Εμπιστοσύνη - αξιοπιστία	36
4.3 Φήμη – Υπόληψη (reputation).....	39
4.4 Προσδιορισμός εμπιστοσύνης και υπόληψης - προϋπάρχουσα γνώση.....	43
4.5 Επίλογος.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	58

Σύστημα προσδιορισμού εμπιστοσύνης για ευφυείς πράκτορες.....	58
5.1 Εισαγωγή	58
5.1 Περιγραφή συστήματος.....	59
5.2 Αποτελέσματα	75
Μελλοντική εργασία	82
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	83

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Συναρτήσεις συμμετοχής.....	19
Σχήμα 2: Παράδειγμα τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής (x ; 20, 50, 80).	20
Σχήμα 3: Παράδειγμα τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής (x ; 20, 40, 60, 80).....	20
Σχήμα 4: Παράδειγμα καμπανοειδής συνάρτησης συμμετοχής (x ; 20, 4, 50).....	21
Σχήμα 5: Γραφική παράσταση Gaussian κατανομής.....	22
Σχήμα 6: Παράδειγμα σιγμοειδής συνάρτησης συμμετοχής (x ; 0.4, 50).	22
Σχήμα 7: Βήματα διαδικασιών που ακολουθούνται από τα ασαφή συστήματα.	24
Σχήμα 8: Συνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής.	25
Σχήμα 9: Διακριτές συναρτήσεις συμμετοχής.	25
Σχήμα 10: Αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος.	26
Σχήμα 11: Ο βασικός πράκτορας κατά Russell και Norvig.	30
Σχήμα 12: Ο βασικός πράκτορας κατά Mayes.....	30
Σχήμα 13: Ο βασικός πράκτορας κατά Hayes-Roth.	30
Σχήμα 14: Ο βασικός πράκτορας κατά Coen με τη συμβολή της διαδραστικότητας.....	31
Σχήμα 15: Στάδια διεξαγωγής μιας συναλλαγής από την πλευρά του αγοραστή.	33
Σχήμα 16: Δομή των Centralised Reputation Systems.....	42
Σχήμα 17: Δομή των Distributed Reputation Systems.....	43
Σχήμα 18: Ιεραρχικό Bayesian Μοντέλο εμπιστοσύνης (HABIT).....	45
Σχήμα 19: Μοντέλο Bayesian network.....	47
Σχήμα 20: Αντλώντας εμπιστοσύνη από παράλληλες μεταβατικές αλυσίδες.	49
Σχήμα 21: Διαδικασία επίσκεψης FCM.....	51
Σχήμα 22: Σύστημα ReGreT.....	56
Σχήμα 23: Γραφική παράσταση του χρονικού βάρους για $dmax = 80$	63
Σχήμα 24: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «ποιότητα» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.....	65
Σχήμα 25: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «αποστολή» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.....	65
Σχήμα 26: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «επικοινωνία» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.....	66
Σχήμα 27: Συναρτήσεις συμμετοχής για το τελικό παράγοντα εμπιστοσύνης.	66
Σχήμα 28: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «ποιότητα» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.....	68

Σχήμα 29: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «επικοινωνία» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.....	68
Σχήμα 30: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «αποστολή» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.....	69
Σχήμα 31: Συναρτήσεις συμμετοχής για την τελική προσωπική εμπιστοσύνη.....	69
Σχήμα 32: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «πλήθος αξιολογήσεων» στον υπολογισμό του βάρους.....	71
Σχήμα 33: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «πλήθος παρελθόντων συναλλαγών» στον υπολογισμό του βάρους.....	71
Σχήμα 34: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «κοινωνική – προσωπική εμπιστοσύνη» στον υπολογισμό του βάρους.....	72
Σχήμα 35: Συναρτήσεις συμμετοχής για το τελικό ws	72
Σχήμα 36:Συνολικό σχήμα του συστήματος προσδιορισμού του βαθμού εμπιστοσύνης.....	74

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού της κοινωνικής εμπιστοσύνης.	66
Πίνακας 2: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού της προσωπικής εμπιστοσύνης.	70
Πίνακας 3: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού του social weight. ..	73
Πίνακας 4: Φήμη χρηστών.....	75
Πίνακας 5: Παλαιότερη εμπειρία με χρήστες.....	76
Πίνακας 6: Δεδομένα αξιολογήσεων πωλητών.....	76
Πίνακας 7: Προσωπικό ιστορικό για το σενάριο 1.....	77
Πίνακας 8: Αποτελέσματα συστήματος για $dmax = 20$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.8)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.8, 1]$. ..	77
Πίνακας 9: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $dmax = 10$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.8)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.8, 1]$	78
Πίνακας 10: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $dmax = 20$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.5)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.5, 1]$	78
Πίνακας 11: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $dmax = 10$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.5)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.5, 1]$	79
Πίνακας 12: Αποτελέσματα συστήματος και experts	80

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί τα αποτελέσματα των ερευνητικών μου δραστηριοτήτων στα πλαίσια της πτυχιακής μου εργασίας για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αθηνών. Ήταν ένα δύσκολο εγχείρημα το οποίο δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς την αμέριστη συμπαράσταση των κυρίων Κολομβάτσου Κ. και Χατζηευθυμιάδη Ε. Ευχαριστώ πολύ επίσης όλους όσους με στήριξαν ψυχολογικά στο διάστημα ολοκλήρωσης της εργασίας αυτής. Αξίζει να γίνει μια μικρή αναφορά στην οικογένεια μου που με στήριξε τις μέρες που έχανα το κουράγιο και την δύναμη μου. Σας ευχαριστώ όλους από καρδιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Στόχοι

Στη σημερινή εποχή του διαδικτύου οι ηλεκτρονικές συναλλαγές είναι πολύ διαδεδομένες ανάμεσα στους χρήστες. Ο βαθμός εισχώρησης των υπολογιστών και του διαδικτύου στην καθημερινή μας ζωή έχουν αλλάξει τα δεδομένα του παραδοσιακού εμπορίου. Ένα μεγάλο ποσοστό του πλήθους των συναλλαγών πραγματοποιούνται πλέον σε εικονικές ηλεκτρονικές αγορές. Οι αγορές αυτές έχουν πολύ μεγάλες δυνατότητες και προσφέρουν ευκολίες στους χρήστες. Καταρχήν είναι διαθέσιμες στον χρήστη κάθε μέρα ολόκληρο το 24ωρο επίσης ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα που προσδίδει στην παντοδυναμία τους είναι ότι η συναλλαγή ολοκληρώνεται από την οθόνη του υπολογιστή μηδενίζοντας τις αποστάσεις. Είναι τρίτο σημαντικό προτέρημα είναι η δυνατότητα τους να καταρρίπτουν τα σύνορα προσφέροντας μια πληθώρα από προϊόντα τα οποία είναι συγκεντρωμένα σε ένα σημείο και προσφέρουν στους χρήστες την δυνατότητα συγκρίσεων διαφόρων χαρακτηριστικών.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη χρήση μιας ηλεκτρονικής αγοράς για μια συναλλαγή είναι η διαχείριση της πληροφορίας. Ο όγκος της πληροφορίας (για παράδειγμα το πλήθος των προϊόντων και των πωλητών) δεν είναι εύκολα διαχειρίσιμος από κάποιον άνθρωπο δεδομένου ότι σκοπός του είναι να βρει αυτό ακριβώς που ψάχνει σε μικρό χρονικό διάστημα και με την καλύτερη σχέση ποιότητας τιμής. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνουν τμήματα λογισμικού που ονομάζονται ευφυείς πράκτορες και αντιπροσωπεύουν ένα χρήστη κατά την διάρκεια μιας συναλλαγής. Οι πράκτορες λογισμικού διαχωρίζονται ανάλογα με το σκοπό για τον οποίο έχουν φτιαχτεί, όπως για παράδειγμα οι πράκτορες εύρεσης αποτελεσμάτων αναζήτησης σύμφωνα με τα κριτήρια του ιδιοκτήτη τους και πράκτορες εύρεσης της πιο έμπιστης οντότητας μέσα σε ένα σύστημα.

Οι ηλεκτρονικές αγορές λόγω της μεγάλης και ταχύτατης εξάπλωσής τους καθώς επίσης και της φύσης τους, δεδομένου ότι έχουν να κάνουν με χρηματικές συναλλαγές, θα πρέπει να μεριμνούν για το παράγοντα εμπιστοσύνη. Οι οντότητες που συμμετέχουν στο σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να κρίνουν το πόσο έμπιστος και αξιόπιστος είναι

ένας πωλητής χωρίς ιδιαίτερο ρίσκο. Αν υπάρχει ένας τέτοιος μηχανισμός τότε οι χρήστες θα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το μέγιστο των δυνατοτήτων που τους προσφέρει μια ηλεκτρονική αγορά.

Στη πραγματικότητα αυτή την στιγμή υπάρχουν ελάχιστες πρακτικές μέθοδοι για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται στα μέλη μιας ηλεκτρονικής αγοράς. Ο όρος «αξιόπιστος χρήστης» βασίζεται κυρίως στην υπόληψη του χρήστη αλλά και στο αποτέλεσμα των συναλλαγών του με τον συγκεκριμένο χρήστη ο οποίος επιθυμεί να αγοράσει. Ο υπολογισμός της αξιοπιστίας δυσκολεύει τον χρήστη στην διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή μιας αξιόπιστης οντότητας με σκοπό την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής με το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Τα συστήματα αξιοπιστίας αποσκοπούν στην επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος δίνοντας στους χρήστες του συστήματος ηλεκτρονικής αγοράς ελεύθερη πρόσβαση σε πληροφορίες που έχουν σχέση με την αξιοπιστία των μελών. Τα συστήματα φήμης περιέχουν διαδικασίες απεικόνισης της πληροφορίας που αφορά την αξιοπιστία. Τις περισσότερες φορές τα συστήματα αυτά επιτρέπουν σε κάθε οντότητα να βαθμολογεί κάποια άλλη μετά την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής μαζί της. Από την άλλη πλευρά, η βασική ιδέα στα συστήματα εμπιστοσύνης είναι η διερεύνηση των σχέσεων των χρηστών με σκοπό να εξαχθούν αποτελέσματα για την αξιοπιστία συγκεκριμένων κόμβων. Τα αποτελέσματα αυτών των συστημάτων είναι διάφορα μεγέθη εμπιστοσύνης τα οποία καθορίζουν κατά πόσο είναι ασφαλής κάποιος χρήστης να συνδιαλλάσσετε με κάποιον άλλο χρήστη ακόμα και για το αν μπορεί να τον εμπιστευτεί.

Είναι γεγονός ότι σε όλες τις ηλεκτρονικές αγορές οι χρήστες μπορούν να συνδιαλέγονται μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν μηνύματα και απόψεις. Αυτό είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρονικών αγορών το οποίο σε συνδυασμό με την δυνατότητα διατήρησης προσωπικού ιστορικού συνδιαλλαγής με άλλες οντότητες, παρέχουν αρκετή πληροφορία για να εξάγουμε αποτελέσματα σχετικά με την αξιοπιστία ενός χρήστη. Υλοποιήσαμε λοιπόν ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει τα δυο αυτά χαρακτηριστικά και να εξάγει όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία από τις συναλλαγές για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας ενός χρήστη. Με αυτό τον τρόπο, παρέχεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα που μπορεί να εξάγει αποτελέσματα σχετικά με την αξιοπιστία των χρηστών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά και αντικειμενικότητα.

1.2 Γενική περιγραφή

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, υλοποιήθηκε ένα σύστημα προσδιορισμού της εμπιστοσύνης για ευφείς πράκτορες λογισμικού. Είναι βασισμένο στη θεωρία της ασαφούς λογικής και χωρίζεται σε τρία υποσυστήματα τα οποία είναι δομημένα σε μια ιεραρχική αρχιτεκτονική. Στο πρώτο υποσύστημα, και στάδιο υπολογισμού της αξιοπιστίας, το σύστημα υπολογίζει την εμπιστοσύνη προς μια οντότητα-πωλητή βασιζόμενο στην φήμη της και στην παρατήρηση όλων των συναλλαγών που πραγματοποιούνται εντός του υποσυστήματος. Το αποτέλεσμα του πρώτου αυτού υποσυστήματος ονομάζεται κοινωνική εμπιστοσύνη γιατί βασίζει τους υπολογισμούς του στις συναλλαγές που πραγματοποιούνται μέσω της κοινότητας. Το δεύτερο υποσύστημα έχει σαν στόχο να υπολογίσει την αξιοπιστία βασιζόμενο αποκλειστικά στην προσωπική εμπειρία που έχει ο χρήστης με τον εκάστοτε πωλητή, οι εμπειρίες αυτές βασίζονται στο ιστορικό που κρατάει κάθε χρήστης. Το αποτέλεσμα αυτού του σταδίου προσδιορίζει την προσωπική εμπιστοσύνη. Τέλος, στο τρίτο υποσύστημα γίνεται ο συνδυασμός των δυο προηγούμενων υπολογισμών με αποτέλεσμα την εξαγωγή του βάρους, με το οποίο κάθε ένας από τους υπολογισμούς των προηγούμενων σταδίων συμμετέχει σε ένα τελικό βαθμό εμπιστοσύνης προς των πωλητή. Σε κάθε υποσύστημα υπάρχει ένας μηχανισμός ο οποίος βασίζεται στην ασαφή λογική ο οποίος προσδιορίζει και τον αντίστοιχο βαθμό εμπιστοσύνης με τους ανάλογους κανόνες, ενώ το τελευταίο υποσύστημα προσδιορίζει τα βάρη με τα οποία θα συμμετέχουν αντίστοιχα η κοινωνική και προσωπική εμπιστοσύνη στο συνολικό βαθμό εμπιστοσύνης προς την οντότητα-πωλητή. Είναι προφανές ότι ο πωλητής με τον μεγαλύτερο βαθμό εμπιστοσύνης είναι ο πιο έμπειρος.

Κατά την διαδικασία υπολογισμού των διαφορετικών ειδών εμπιστοσύνης εμπλέκονται διάφορες συνιστώσες όπως για παράδειγμα μηχανισμοί αξιολόγησης κάθε οντότητας μετά το πέρας της συναλλαγής, οι οποίοι εξασφαλίζουν τον παράγοντα υπολογισμού της κοινωνικής εμπιστοσύνης. Επιπλέον σε ένα τέτοιο περιβάλλον ηλεκτρονικής αγοράς συμμετέχουν μηχανισμοί επικοινωνίας μεταξύ των οντοτήτων καθώς και του συστήματος οι οποίοι υλοποιούν πρωτόκολλα επικοινωνίας για την αλληλεπίδραση των χρηστών. Τέλος, βασικό δομικό κομμάτι ενός τέτοιου συστήματος είναι μηχανισμοί φύλαξης της πληροφορίας με τρόπους οι οποίοι διευκολύνουν την μετέπειτα αναζήτηση της από τους χρήστες. Η συγκεκριμένη μελέτη ασχολείται αποκλειστικά με τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης εντός ενός συστήματος

ηλεκτρονικών αγορών προσφέροντας στους χρήστες την δυνατότητα να χειριστούν αποδοτικά τις πληροφορίες που τους παρέχονται. Πραγματοποιείται μια εκτενής έρευνα πάνω σε τεχνικές που υπάρχουν για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας οντοτήτων μέσα σε ηλεκτρονικές αγορές αλλά και ηλεκτρονικές κοινότητες. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η δομή του συστήματος που υλοποιήθηκε με τα πλεονεκτήματα του σε σχέση με τις υπάρχουσες τεχνικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ασαφής Λογική

2.1 Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιεί την ασαφή λογική σαν κύρια μαθηματική προσέγγιση για να προσομοιώσει την διαδικασία που ακολουθεί ο ανθρώπινος τρόπος σκέψης στη διαδικασία λήψης μιας απόφασης. Η ασαφής λογική είναι το ιδανικότερο μοντέλο περιγραφής ενός αρκετά πολύπλοκου μοντέλου εμπιστοσύνης σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικών αγορών που προσεγγίζει την επιλογή του τελικού χρήστη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το μαθηματικό μοντέλο με τα πλεονεκτήματα του που μας οδήγησαν στην επιλογή του.

2.2 Γενική Περιγραφή

Η ασαφής λογική είναι μια μορφή πλειότιμης λογικής (many-valued logic) όπου αφορά την αναπαράσταση της ανακριβούς (imprecise) ή αδιευκρίνιστης (ambiguous) γνώσης. Σε αντίθεση με την κλασσική δυαδική λογική χρησιμοποιεί την έννοια του βαθμού συμμετοχής / αλήθειας (degrees of membership / truth) που ποικίλει σε τιμές στο από την πλήρη αλήθεια στο ολοκληρωτικό ψέμα και όχι τον κάθετο διαχωρισμό αλήθεια-ψεύδος [1].

Η ασαφής λογική (fuzzy logic) επινοήθηκε από τον Lotfi Zadeh επιστήμονα και μηχανικό συστημάτων στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Το μεγαλύτερο πρόβλημα των συστημάτων ήταν η συνεχώς αυξανόμενη πολυπλοκότητά τους που προέρχεται από την λάθος αναπαράσταση των μεταβλητών τους καθώς επίσης και τον υπολογισμό τους σε οριακές συνθήκες. Ο Zadeh πίστευε πως η ασαφής λογική είναι μια ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα της πολυπλοκότητας των συστημάτων που ακολουθεί την λεγόμενη αρχή του ασυμβίβαστου: «Καθώς η πολυπλοκότητα ενός συστήματος αυξάνει, η ικανότητα μας να προβαίνουμε σε ακριβείς και σημαντικές δηλώσεις για τη συμπεριφορά του μειώνεται μέχρι που να φθάσουμε σε ένα όριο πέρα του οποίου η ακρίβεια και η σημαντικότητα καθίστανται σχεδόν αμοιβαίως αποκλειόμενα χαρακτηριστικά» [2] (προφανής απόρροια της αρχής απροσδιοριστίας του Heisenberg).

Παρά την μεγάλη καχυποψία της εποχής, η εμφάνιση των ασαφών συστημάτων οδήγησε στη συνειδητοποίηση των πολλών πλεονεκτημάτων τους σε σχέση με τις κλασσικές μεθόδους. Πολλές διαδικασίες όπως για παράδειγμα στα συστήματα διοίκησης τηλεπικοινωνιών και επιχειρήσεων δεν είναι γραμμικές και άρα είναι ιδιαίτερα δύσκολο να μοντελοποιηθούν με κλασσικό μαθηματικό τρόπο. Επίσης ο όρος σταθερότητα ενός συστήματος τις περισσότερες φορές δεν μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά και συστηματικά και καταλήγει να είναι σύσταση και όχι απαίτηση. Ιδιαίτερη βελτίωση παρέχει η ασαφής λογική σε συστήματα τα οποία διακρίνονται από κάποια χαρακτηριστικά: μοντελοποιούνται ιδιαίτερα δύσκολα, μπορούν να ελεγχθούν από ειδικούς εμπειρογνώμονες, βασίζονται στην ανθρώπινη παρατήρηση για την δημιουργία ενός συνόλου κανόνων και τέλος έχουν ασυνεχή και ανακριβή δεδομένα που αλλάζουν συνεχώς. Τέλος είναι προφανές ότι συστήματα όπως αυτά που αφορούν κοινωνικές και οικονομικές επιστήμες τα οποία είναι από την φύση τους ασαφή είναι τα ιδανικότερα για την χρήση της ασαφούς λογικής και την μοντελοποίηση προβλημάτων.

Τα ασαφή συστήματα μπορούν να λειτουργούν σε περιβάλλον ασάφειας και αβεβαιότητας και δίνουν αποτελέσματα που πλησιάζουν την ανθρώπινη λογική γι αυτό και σήμερα χρησιμοποιούνται σε εκτιμήσεις, στη λήψη αποφάσεων αλλά και σε μηχανικά συστήματα αυτομάτου ελέγχου όπως συστήματα ελέγχου κλιματισμού, αεροσκαφών, έξυπνα σπίτια όπως επίσης συστήματα ελέγχου διαφόρων βιομηχανικών διαδικασιών.

2.2 Πλεονεκτήματα

Μερικά από τα πλεονεκτήματα της χρήσης του ασαφούς μοντέλου σε συστήματα λήψης αποφάσεων και έμπειρα συστήματα είναι τα ακόλουθα:

- *Ικανότητα μοντελοποίησης ιδιαίτερα πολύπλοκων προβλημάτων*

Τα ασαφή συστήματα προσφέρουν γενικευμένες προσεγγίσεις και είναι κατάλληλα για την επίλυση δύσκολων και πολύπλοκων προβλημάτων για τα οποία οι κλασσικές μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων καταναλώνουν απαγορευτικές ποσότητες υπολογιστικής δύναμης. Η ικανότητα των ασαφών συστημάτων να εξηγούν την συλλογιστική τους με ένα σύνολο κανόνων πάνω στα ελάχιστα γνωστά χαρακτηριστικά των εισόδων του συστήματος, τα καθιστούν ιδανικά στην χρήση τους σε αυτές τις περιπτώσεις.

- *Βελτιωμένη γνωστική μοντελοποίηση*

Για τους μηχανικούς γνώσης ένα σημαντικό πλεονέκτημα των ασαφών συστημάτων είναι η ικανότητα άμεσης κωδικοποίησης της γνώσης με τρόπο παρόμοιο με εκείνον που οι ίδιοι οι ειδικοί χρησιμοποιούν για την διαδικασία της απόφασης. Η ικανότητα τους να μοντελοποιούν άμεσα την ανακριβή πληροφορία, επιτρέπει στα ασαφή συστήματα να μειώσουν την γνωστική ασυμφωνία κατά την διάρκεια της μοντελοποίησης. Ο τρόπος με τον οποίο σκέφτεται ένας ειδικός για την λύση του προβλήματος είναι πολύ κοντά στον τρόπο με τον οποίο αναπαρίσταται αυτή η λύση από τον υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία απόκτησης της γνώσης είναι ευκολότερη, περισσότερο αξιόπιστη και λιγότερο επιρρεπής σε σφάλματα και διφορούμενες έννοιες που δεν αναπαρίστανται. Η διαδικασία επικύρωσης του μοντέλου ενδυναμώνεται, καθώς οι κανόνες είναι κατανοητοί από τον ειδικό.

- *Ικανότητα μοντελοποίησης συστημάτων που εμπλέκουν πολλούς ειδικούς*

Στην βιβλιογραφία που αφορά έμπειρα συστήματα, σχεδόν πάντα υπάρχει η ρητή υπόθεση ότι εμπλέκεται ένας μόνο ειδικός ή ότι όλοι οι ειδικοί ενός τομέα συμφωνούν. Στην πραγματικότητα όμως δεν συμβαίνει ποτέ αυτό, οι ειδικοί σε ένα τομέα μπορεί να διαφωνούν ριζικά. Αυτές οι διαφωνίες είναι περισσότερο εμφανής σε μοντέλα όπως τα οικονομικά, μοντέλα στρατηγικής και πολεμικών επιχειρήσεων καθώς επίσης και μοντέλα σχετικά με κυβερνητικά κοινωνικά προγράμματα. Τα ασαφή συστήματα είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν πολλούς συνεργαζόμενους αλλά και αντικρουόμενους ειδικούς.

- *Μειωμένη πολυπλοκότητα μοντέλου*

Τα ασαφή συστήματα απαιτούν ένα μικρότερο σύνολο κανόνων από τα παραδοσιακά συστήματα και αυτοί οι κανόνες βρίσκονται πιο κοντά στο τρόπο που εκφράζονται σε φυσική γλώσσα. Το γεγονός αυτό έχει δυο επιπλέον πλεονεκτήματα για τους μηχανικούς συντήρησης μοντέλων. Πρώτον το μοντέλο μπορεί να τροποποιηθεί με τα λιγότερα πιθανά λάθη και δεύτερον η σχετική απλότητα ενός ασαφούς μοντέλου επιτρέπει τον εύκολο εντοπισμό και διόρθωση δομικών ή λογικών προβλημάτων. Αυτοί οι παράγοντες μειώνουν σημαντικά το MTTR (mean time to repair - μέσος χρόνος επιδιόρθωσης) [3].

- *Βελτιωμένος χειρισμός αβεβαιότητας και πιθανοτήτων*

Η αναπαράσταση της αβεβαιότητας από τα έμπειρα συστήματα και από τα συστήματα στήριξης είναι ένας τομέας συνεχούς διαμάχης. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα παραδοσιακά συστήματα είναι οι πιθανότητες Bayes και κάποια μορφή παραγόντων εμπιστοσύνης ή βεβαιότητας. Αν και η ασαφής λογική αναπαριστά την αβεβαιότητα και την ανακρίβεια ως ένα ενδογενές κομμάτι του μοντέλου, και οι δυο αυτές εναλλακτικές προσεγγίσεις βασίζονται στην ανάθεση τιμών αβεβαιότητας έξω από το μοντέλο αυτό καθεαυτό. Από αυτή την άποψη η ασαφής λογική προσφέρει μια καλύτερη, πιο συνεπή και πιο σωστά μαθηματικά θεμελιωμένη μέθοδο χειρισμού της αβεβαιότητας.

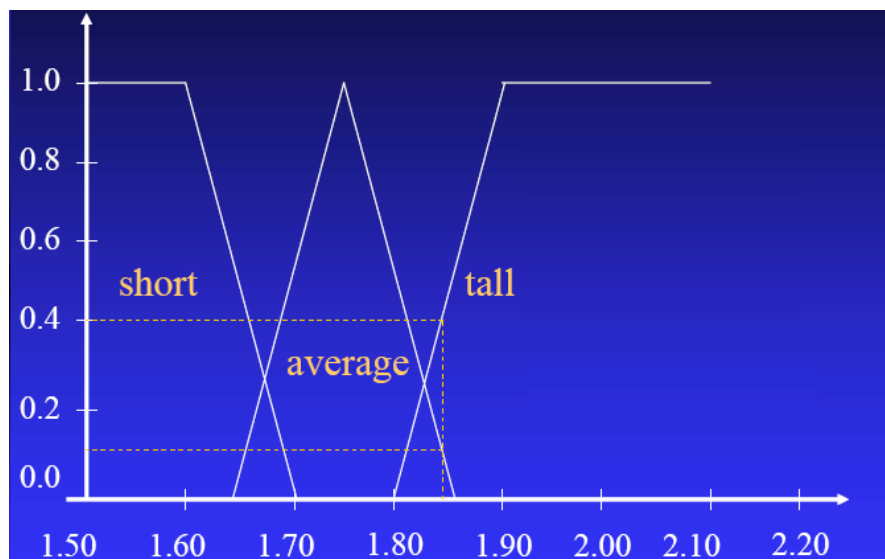
2.3 Συναρτήσεις Συμμετοχής - Ασαφή σύνολα

Η ασαφής λογική είναι ένας μετρητής της συμβατότητας μιας έννοιας με τα στιγμιότυπα αυτής. Περιγράφει τα χαρακτηριστικά της έννοιας, στα οποία και δίνει διαβαθμιζόμενες τιμές, ενώ αποδίδει ετικέτες με συγκεκριμένο σημασιολογικό περιεχόμενο σε κομμάτια αυτών των τιμών. Βασική έννοια στην ασαφή λογική είναι το ασαφές σύνολο (fuzzy set). Το ασαφές σύνολο είναι μια επέκταση του κλασσικού συνόλου (crisp). Έστω ένα ασαφές σύνολο A που περιέχει στοιχεία, όπως και όλα τα κλασσικά σύνολα. Κάθε στοιχείο του συνόλου A δεν ανήκει αποκλειστικά σε αυτό. Το ασαφές σύνολο ορίζεται μέσω μιας συνάρτησης συμμετοχής $\mu_A(x)$ που παριστάνει τον βαθμό στον οποίο το x είναι στοιχείο του A και ονομάζεται βαθμός συμμετοχής (degree of membership) ή βαθμός αλήθειας (degree of truth) ή απλά τιμή συμμετοχής (membership value). Ο βαθμός συμμετοχής ενός στοιχείου x στο A είναι ένας πραγματικός αριθμός με τιμή στο $[0, 1]$ που υπολογίζεται μέσα από την ακόλουθη συνάρτηση [4]:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{αν } x \text{ ολικά στο } A \\ 0 & \text{αν } x \text{ καθολου στο } A \\ (0,1) & \text{αν } x \text{ μερικώς στο } A \end{cases} \quad \mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \quad (2.1)$$

Ένα ασαφές σύνολο παριστάνει μια ασαφή ή λεκτική τιμή (fuzzy or linguistic value) π.χ. low (χαμηλός). Κατ' επέκταση οι μεταβλητές που παίρνουν ασαφείς τιμές λέγονται ασαφείς ή λεκτικές μεταβλητές (fuzzy or linguistic variables). Ως παράδειγμα ας πάρουμε την έννοια του ύψους των ανθρώπων. Έστω η ασαφής μεταβλητή "height".

Ορίζουμε τα 3 ασαφή σύνολα *short*, *average* και *tall* που είναι και οι ασαφείς τιμές που μπορεί να πάρει η μεταβλητή αυτή και απαντούν στην ερώτηση αντίστοιχα «σε ποιο βαθμό είναι το x ψηλό, κοντό και μέτριο;». Παρακάτω φαίνεται η γραφική παράσταση των συναρτήσεων συμμετοχής για τις τρεις ασαφείς τιμές που είναι και ασαφή σύνολα.



Σχήμα 1: Συναρτήσεις συμμετοχής.

Τα ασαφή σύνολα καλύπτουν το ένα το άλλο σε κάποιες περιοχές τιμών. Η ένωση όλων αυτών των συνόλων μας δίνει το «σύμπαν». Το ύψος ενός ατόμου αποτελεί στοιχείο που ανήκει και στα τρία σύνολα (*short*, *average*, *tall*) αλλά με διαφορετικό βαθμό. Το άθροισμα των βαθμών θα μας κάνει πάντα 1.

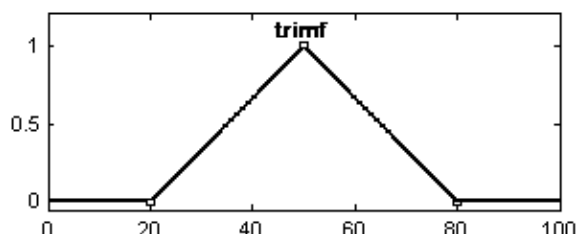
Μπορεί η γραφική παράσταση μιας συνάρτησης συμμετοχής να πάρει οποιαδήποτε μορφή, αρκεί:

- Οι τιμές της να βρίσκονται στο διάστημα $[0, 1]$.
- Ο βαθμός συμμετοχής ενός σημείου σε ένα σύνολο να είναι μοναδικός.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συναρτήσεων συμμετοχής που αναπαριστούν τα ασαφή σύνολα όπως είναι η τριγωνική μορφή (*triangular mf*), η τραπεζοειδής (*trapezoidal mf*), η καμπανοειδής (*generalize bell mf* ή *gbell mf*), η Γκαουσιανή (*gaussian mf*), η μορφή *s* (*s mf*), η μορφή *pi* (*pi mf*), η μορφή *z* (*z mf*), η σιγμοειδή (*sigmoidal mf*) ή ακόμα και μια συγκεκριμένη μαθηματική τιμή. Για παράδειγμα, η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής (*triangular mf*) χαρακτηρίζεται από τις τρεις παραμέτρους (a , b , c), που είναι και οι κορυφές του τριγώνου, ως εξής:

$$\text{triangle}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (2.2)$$

Και μορφή:



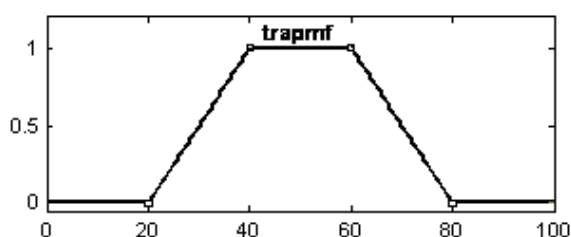
Σχήμα 2: Παράδειγμα τριγωνικής συνάρτησης συμμετοχής (x; 20, 50, 80).

Σημείωση: Το σύστημα της συγκεκριμένης μελέτης χρησιμοποιεί τέτοιες συναρτήσεις κυρίως γιατί στην τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής παίζει ρόλο η εύκολη και απλή απεικόνιση εκτιμήσεων τριών σημείων (μικρή, μεσαία, μεγάλη πιθανότητα). Μεταξύ των ακραίων τιμών και της αναμενόμενης, οι υπόλοιπες τιμές αποτελούν ενδιάμεσες καταστάσεις που υποδεικνύουν την απόκλιση από τις εκτιμήσεις, πάντα όμως, μέσα στο εύρος τιμών που ορίζονται από τα τρία σημεία.

Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής (trapezoidal mf) χαρακτηρίζεται από τις τέσσερις παραμέτρους {a, b, c, d}, ως εξής:

$$\text{trapezoid}(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right) \quad (2.3)$$

Και μορφή:



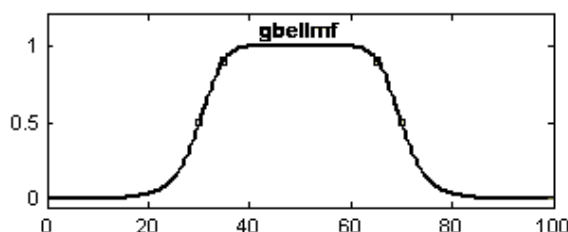
Σχήμα 3: Παράδειγμα τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής (x; 20, 40, 60, 80).

Στην τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής, η πιθανότητα εμφάνισης απεικονίζεται στη βάση της εκτίμησης δυο διαστημάτων, εκείνου που ορίζει το εύρος του συνόλου των ενδεχομένων (μεγάλη πλευρά τραπεζίου) και εκείνου που ορίζει το εύρος των πλέον αναμενόμενων ενδεχομένων (μικρή πλευρά τραπεζίου). Οι υπόλοιπες πλευρές, όπως και στην τριγωνική συνάρτηση, αποτελούν ενδιάμεσες καταστάσεις που υποδεικνύουν την απόκλιση από τις εκτιμήσεις.

- Η καμπανοειδής συνάρτηση συμμετοχής (generalize bell mf ή gbell mf) χαρακτηρίζεται από τις τρεις παραμέτρους {a, b, c} με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$bell(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}} \quad (2.4)$$

Και μορφή:

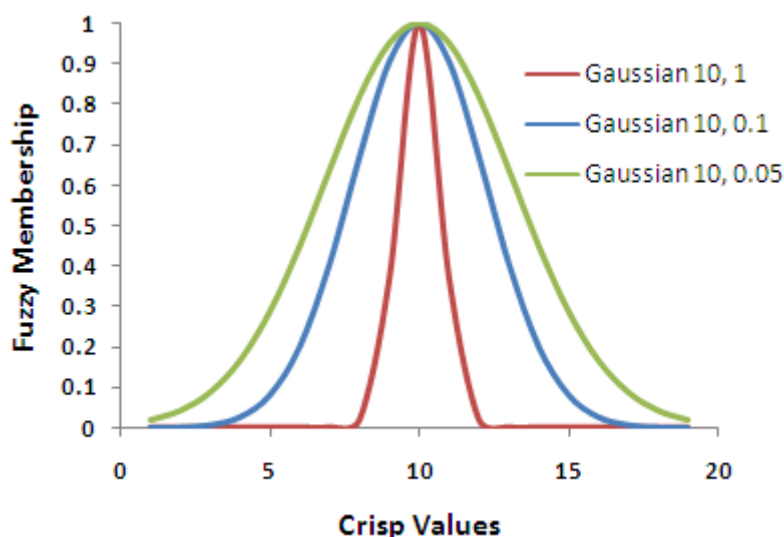


Σχήμα 4: Παράδειγμα καμπανοειδής συνάρτησης συμμετοχής (x; 20, 4, 50).

- Η Gaussian συνάρτηση συμμετοχής που μετατρέπει τις αρχικές τιμές σε κανονική κατανομή και χαρακτηρίζεται από τις δύο παραμέτρους (c, b), όπου το c καθορίζει το πλάτος της συνάρτησης συμμετοχής και το b αναπαριστά το κέντρο της:

$$f(x) = a \cdot e^{-\frac{(x-b)^2}{c}} \quad (2.5)$$

και έχει σχηματικά τη μορφή:

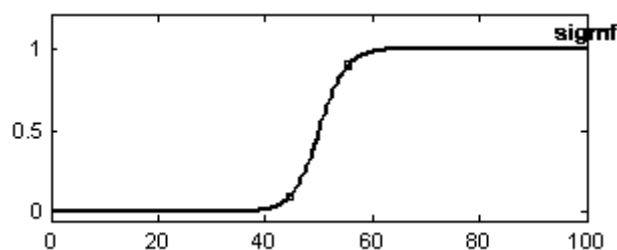


Σχήμα 5: Γραφική παράσταση Gaussian κατανομής.

- Η σιγμοειδή συνάρτηση συμμετοχής (sigmoidal mf) χαρακτηρίζεται από τις δύο παραμέτρους (α , c) ως εξής (τύπος 2.6):

$$\text{sigmoid}(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}} \quad (2.6)$$

Με μορφή:



Σχήμα 6: Παράδειγμα σιγμοειδής συνάρτησης συμμετοχής (x ; 0.4, 50).

Η απόδοση της συνάρτησης συμμετοχής αποτελεί μια υποκειμενική διαδικασία η οποία αντικατοπτρίζει τη γνώση ενός ή περισσότερων ειδικών, μπορεί δε να υποβοηθηθεί από διάφορες μεθόδους όπως: η μέθοδος του μέσου όρου, η μέθοδος της απόστασης, η μέθοδος της διαίσθησης, η μέθοδος της ψήφου, η μέθοδος της σχετικής προτίμησης και η δελφική μέθοδος.

2.4 Κανόνες ασαφούς λογικής

Η δυναμική συμπεριφορά των ασαφών συστημάτων χαρακτηρίζεται και ολοκληρώνεται μέσω ενός συνόλου από ασαφείς κανόνες. Αυτοί κανόνες αντιπροσωπεύουν την μεταγλώττιση της γνώσης και της εμπειρίας του ειδικού (expert) στον συγκεκριμένο τομέα σε λεκτικούς κανόνες. Οι κανόνες αυτοί συνδέουν την είσοδο με την έξοδο (τα αποτελέσματα). Ασαφής κανόνας (fuzzy rule) είναι μια πρόταση της μορφής

IF x is A THEN y is B

Όπου x, y ασαφείς μεταβλητές και A, B ασαφείς τιμές. Ουσιαστικά, συνδέουν τις λεκτικές τιμές κάθε μεταβλητής - κριτηρίου (π.χ. απόσταση από αρχαιολογικούς χώρους) με το υποσύνολο του λεκτικού συμβολισμού (χαμηλή ή υψηλή καταλληλότητα), αποδίδοντας τη βεβαιότητα καθορισμού του κανόνα. Το ποσοστό βεβαιότητας αναφέρεται στο πόσο σημαντικός είναι ο κάθε κανόνας για την εκπλήρωσή του, καθώς επίσης αναφέρεται και στη σχετική σημαντικότητα των επιμέρους λογικών προτάσεων από τις οποίες αποτελείται. Το ποσοστό βεβαιότητας του κάθε κανόνα, καθορίζεται επίσης από ειδικούς με γενικές γνώσεις στο συγκεκριμένο πεδίο. Για παράδειγμα:

IF height is tall THEN weight is heavy

Η πρόταση χωρίζεται ως εξής:

- Το κομμάτι "IF" του κανόνα λέγεται τμήμα υπόθεσης (antecedent ή premise part) το οποίο είναι μια έκφραση ασαφούς λογικής που ορίζει το βαθμό με τον οποίο θα εφαρμοστεί ο κανόνας.
- "THEN" τμήμα απόφασης ή συμπεράσματος (consequent part) το οποίο θέτει μια συνάρτηση συμμετοχής σε κάθε μια από τις μεταβλητές εξόδου.

Μπορεί στο τμήμα της υπόθεσης να κάνουμε χρήση των τελεστών AND, OR για να παράγουμε πιο σύνθετους κανόνες. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να κάνουμε μια μέση έκπτωση σε ανήλικους ή φοιτητές τότε ένας κανόνας θα ήταν:

IF age is teenager OR job is student THEN discount is middle

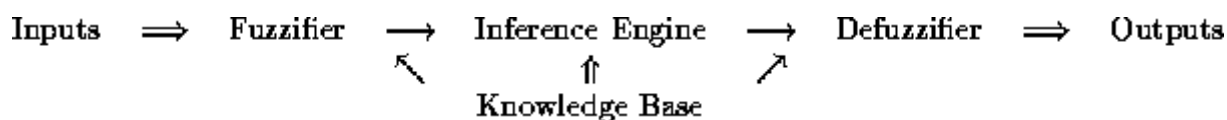
Παρατηρούμε πως οι ασαφείς κανόνες μοιάζουν πολύ με τον ανθρώπινο τρόπο σκέψης. Πολλές φορές για να λάβουμε μια απόφαση λέμε «αν ισχύει αυτό, τότε...». Η ίδια φόρμουλα υπάρχει και εδώ και μπορεί να εφαρμοστεί σε υπολογιστικά συστήματα.

Οι ασαφείς κανόνες δέχονται τιμές για τις ασαφείς μεταβλητές στην είσοδο και βγάζουν αποτελέσματα. Οι τιμές αυτές δεν χρειάζεται να είναι ακριβείς ή διακριτές. Η ύπαρξη των ασαφών συνόλων μέσα στους κανόνες μας επιτρέπει να δίνουμε ένα εύρος τιμών μεταξύ του αληθές/ψευδές και να βγάζουμε πάλι αποτελέσματα. Οι ασαφείς κανόνες είναι υποθετικές προτάσεις και αποτελούν απαραίτητα δομικά στοιχεία συστημάτων εξαγωγής συμπερασμάτων. Για να γίνει αυτό κατανοητό αρκεί να ερμηνευτούν τα στοιχεία του παραπάνω κανόνα:

- A, B είναι τα ασαφή σύνολα τα οποία συνδυάζονται μεταξύ τους,
- x είναι η τιμή μιας μεταβλητής εισόδου η οποία παίρνει ένα βαθμό συμμετοχής στο ασαφές σύνολο A (διαδικασία του fuzzification),
- y είναι η έξοδος του συστήματος που εξάγεται από μηχανισμό συμπεράσματος (inference engine) σε ασαφή μορφή και δηλώνει την απόφαση του κανόνα.

Το ασαφές συμπέρασμα μετά από-ασαφοποιείται με τον μηχανισμό του *defuzzification* ώστε στο τέλος να προκύψει μία σαφής τιμή. Σε περίπτωση περισσότερων της μίας εισόδου $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ οι κανόνες έχουν την εξής μορφή: *If x_1 is A_1 and x_2 is A_2 and... x_n is A_n then y is B .* Ομοίως μπορούν να υπάρχουν περισσότερες από μια εξόδους.

Ακολουθεί ένα γενικό σχήμα που παρουσιάζει την σειρά των βημάτων στη διαδικασία που ακολουθείται από ένα ασαφές σύστημα:

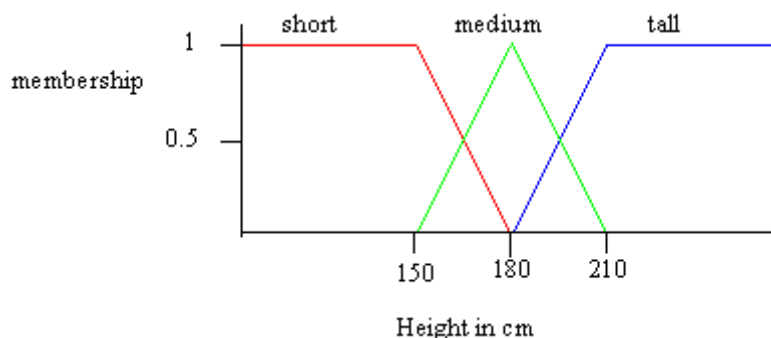


Σχήμα 7: Βήματα διαδικασιών που ακολουθούνται από τα ασαφή συστήματα.

Υπάρχουν δυο διαφορετικά είδη κανόνων ασαφούς λογικής οι οποίοι επηρεάζουν και τον τρόπο που γίνεται η εξαγωγή των αποτελεσμάτων

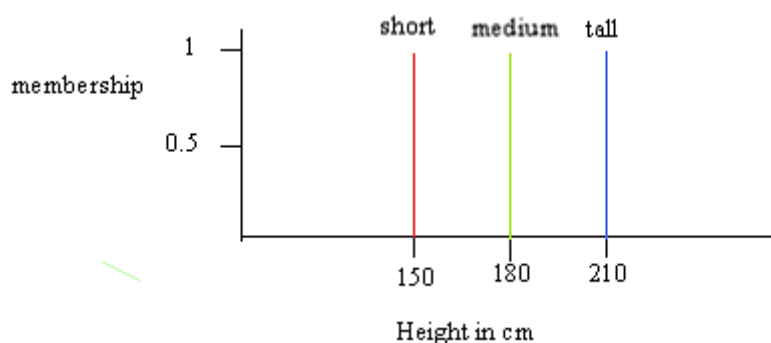
- Κανόνες Mamdani [5]: Οι κανόνες που εμπίπτουν σε αυτή την κατηγορία είναι της μορφής *If x is A then y is B* όπου B (δηλαδή το consequent part) είναι ένα ασαφές συνεχές σύνολο. Για παράδειγμα στην εικόνα που ακολουθεί (Σχήμα 8) θεωρούμε την ασαφή μεταβλητή height που παίρνει ως τιμές τα ασαφή σύνολα “short”, “medium”, “tall” με συναρτήσεις συμμετοχής αυτές που απεικονίζονται

στο Σχήμα 8.. Με αυτό τον τρόπο κάθε χρήστης ανάλογα με το ύψος του, ανήκει και στα τρία ασαφή σύνολα με διαφορετικό βαθμό συμμετοχής.



Σχήμα 8: Συνεχείς συναρτήσεις συμμετοχής.

- Κανόνες Takagi-Sugeno [6]: Αυτοί οι κανόνες έχουν διαφορετική μορφή ως εξής: If x is A then y is C $c \in R$ (το σύνολο των πραγματικών αριθμών). Η έξοδος δηλαδή είναι διακριτή και έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 9: Διακριτές συναρτήσεις συμμετοχής

Η διαφορά, ανάμεσα στα δύο μοντέλα, έγκειται στο ότι στο consequent part των fuzzy rules τύπου Takagi-Sugeno έχουμε διακριτές συναρτήσεις. Το θετικό με την μέθοδο Takagi-Sugeno είναι ότι το στάδιο του defuzzification γίνεται με λιγότερες πράξεις. Παρόλα αυτά, η μέθοδος Mamdani πλεονεκτεί στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων που δίνει.

2.5 Ασαφής εξαγωγή συμπερασμάτων

Τα ασαφή συστήματα για να φτάσουν σε συμπεράσματα ακολουθούν μια διαδικασία 5 βημάτων όπως ακολουθεί:

- Βήμα 1 (fuzzification)

Διαδικασία που ακολουθείται για την μετατροπή των απλών τιμών (crisp) σε ασαφείς τιμές. Πρέπει λοιπόν να περάσουμε τις εισόδους από τις αντίστοιχες

συναρτήσεις συμμετοχής των κανόνων έτσι ώστε να αποφασιστεί σε ποιο ασαφές σύνολο ανήκουν.

- Βήμα 2 (rule evaluation)

Σε περίπτωση χρήσης σύνθετων κανόνων, για τον AND τελεστή αντιστοιχεί η πράξη minimum και για τον τελεστή OR η πράξη maximum. Με βάση τις πράξεις αυτές, ο κάθε ένας κανόνας θα έχει τελικά μια τιμή.

- Βήμα 3 (rule aggregation)

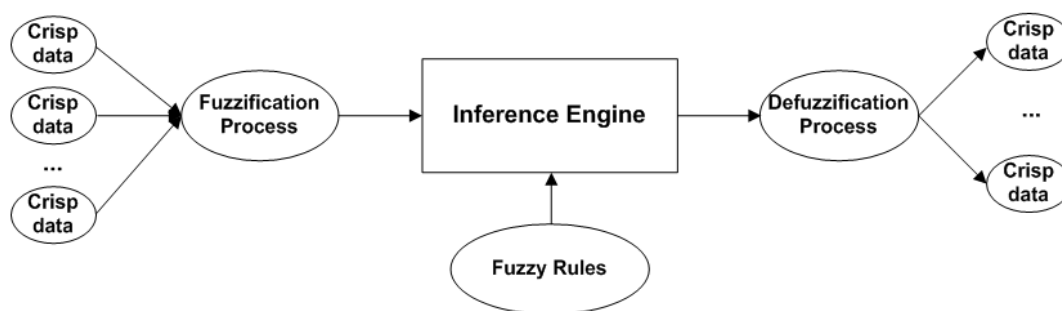
Εφαρμόζουμε το 2^ο βήμα σε όλους τους κανόνες και συναθροίζουμε το αποτέλεσμα.

- Βήμα 4 (defuzzification)

Από το αποτέλεσμα της συναθροίσης πάμε να βγάλουμε μια τιμή για την μεταβλητή εξόδου. Για αυτή την διαδικασία χρησιμοποιούνται μια πληθώρα από μεθόδους η πιο συνηθισμένη από τις οποίες είναι ο υπολογισμός του κέντρου (Center-of-Gravity (COG)) σε αυτή την περίπτωση η τιμή εξόδου υπολογίζεται ως εξής: Έστω n είσοδοι $u_i \in U_i \ i = 1, \dots, n$ και m έξοδοι $y_i \in U_i \ i = 1, \dots, m$ τότε η έξοδος υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{output} = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_j(u_i) \cdot u_i}{\sum_{i=1}^N \mu_j(u_i)} \quad (2.7)$$

Στο Σχήμα 10 μπορούμε να δούμε την γενική αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος.



Σχήμα 10: Αρχιτεκτονική ενός ασαφούς συστήματος.

2.6 Επίλογος

Η ασαφής λογική είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στη περιγραφή και εκτέλεση του τρόπου σκέψης ενός ειδικού (expert). Είναι ιδιαίτερα κατάλληλο μαθηματικό εργαλείο για την χρήση της σε ασταθή περιβάλλοντα με πολλά

δεδομένα μιας και προσεγγίζει με ιδιαίτερο τρόπο την ανθρώπινη σκέψη και γνώση. Επίσης είναι ιδιαίτερα ευπροσάρμοστη και επιδέχεται τροποποιήσεις με αποτέλεσμα να προσεγγίζει καλύτερα τις συνθήκες και τους περιορισμούς του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ηλεκτρονικές αγορές προϊόντων

3.1 Γενική περιγραφή

Στο πρόσφατο παρελθόν οι συναλλαγές, οι αγορές των καταναλωτών και αντίστοιχα οι πωλήσεις των εμπόρων γίνονταν με καθαρά συμβατικά μέσα. Οι καταναλωτές προκειμένου να αγοράσουν αυτό που επιθυμούσαν ή να δεχτούν μία υπηρεσία έπρεπε να μεταβούν στην έδρα του προμηθευτή των αγαθών ή των υπηρεσιών. Στην εποχή της παγκοσμιοποίησης και του γρήγορου φτηνού διαδικτύου ο τρόπος διεξαγωγής των συναλλαγών έχει αλλάξει ριζικά, πλέον ακμάζει το ηλεκτρονικό εμπόριο. Ως ηλεκτρονικό εμπόριο ορίζεται το σύνολο των εμπορικών συναλλαγών και η διατήρηση εμπορικών σχέσεων που πραγματοποιούνται μέσω τηλεπικοινωνιακών δικτύων [7]. Μια βασική έκφανση του ηλεκτρονικού εμπορίου είναι οι ηλεκτρονικές αγορές. Οι ηλεκτρονικές αγορές (Electronic Marketplace – EM) είναι εικονικά περιβάλλοντα στα οποία οι οντότητες που συμμετέχουν μπορούν να είναι γεωγραφικά απομακρυσμένες και δεν γνωρίζονται αρχικά αλλά είναι σε θέση να συνεργαστούν για να επιτύχουν τους σκοπούς που εξυπηρετούν συγκεκριμένους σκοπούς [8]. Οι σκοποί αυτοί αναφέρονται στην αγορά – πώληση προϊόντων αλλά και πληροφοριών.

Οι χρήστες χρειάζονται ένα αυτοματοποιημένο τρόπο για την εύρεση των προϊόντων που τους ενδιαφέρουν καθώς επίσης και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Για αυτή την λύση του συγκεκριμένου προβλήματος ιδανικοί είναι οι έξυπνοι πράκτορες λογισμικού. Οι πράκτορες αυτοί είναι σε θέση να λειτουργούν αυτόνομα σύμφωνα με τους στόχους που έχουν θέσει οι ιδιοκτήτες τους. Μπορούν να αναλάβουν την ευθύνη να αναζητήσουν προϊόντα αλλά και να κρίνουν τα αποτελέσματα σε συγκεκριμένες ηλεκτρονικές αγορές με την ελάχιστη παρέμβαση των χρηστών. Το πιο σημαντικό είναι ότι όχι μόνο τα αποτελέσματα ταιριάζουν περισσότερο στις προτιμήσεις των χρηστών αλλά είναι σε θέση και να υπολογίσουν ποια αγορά θα είναι η πιο συμφέρουσα με το μικρότερο ρίσκο. Τέλος είναι σε θέση να μαθαίνουν και να προσαρμόζονται στις ανάγκες των ιδιοκτητών τους [9]. Στην συγκεκριμένη εργασία θα μελετήσουμε την αλληλεπίδραση πωλητή – αγοραστή που αντιπροσωπεύονται από

πράκτορες λογισμικού. Ιδιαίτερα μελετούνται πράκτορες που ειδικεύονται στην αξιολόγηση των πωλητών ως προς την αξιοπιστία με αυτοματοποιημένο τρόπο.

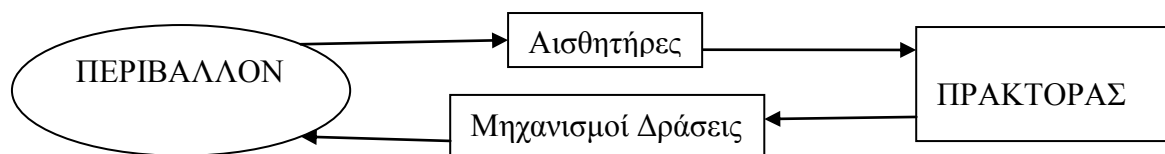
3.2 Ευφυείς πράκτορες λογισμικού

Στον ορισμό της έννοιας «ευφυής πράκτορας» η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έχει καταλήξει ότι το σημαντικότερο ρόλο παίζει η έννοια της αυτονομίας του. Έτσι ένας γενικότερος ορισμός που θα μπορούσε να δοθεί είναι σύμφωνα με τους Wooldridge και Jennings: «Ένας πράκτορας είναι ένα υπολογιστικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο σε κάποιο περιβάλλον και έχει την ικανότητα αυτόνομης δράσης στο περιβάλλον προκειμένου να ανταποκριθεί στους σκοπούς σχεδίασης του» [9].

Ως αυτονομία ορίζουμε την ικανότητα του πράκτορα να δρα χωρίς την επέμβαση ανθρώπων ή άλλων συστημάτων, ή αλλιώς η ικανότητα του πράκτορα να γνωρίζει και να ελέγχει τόσο την εσωτερική του κατάσταση όσο και την συμπεριφορά του. Επίσης ο πράκτορας δεν έχει απόλυτο έλεγχο του περιβάλλοντος του. Στην καλύτερη περίπτωση θα έχει μερικό έλεγχο, δηλαδή θα το επηρεάζει. Αυτό σημαίνει ότι η ίδια κίνηση όταν εκτελεστεί δεύτερη φορά στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες υπάρχει περίπτωση να έχει εντελώς διαφορετικό αποτέλεσμα και όχι κατά ανάγκη το επιθυμητό. Με άλλα λόγια οι πράκτορες δεδομένου ότι τα περιβάλλοντα που λειτουργούν δεν είναι ντετερμινιστικά, οφείλουν να είναι προετοιμασμένοι για την πιθανότητα της αποτυχίας σε μια αποστολή τους.

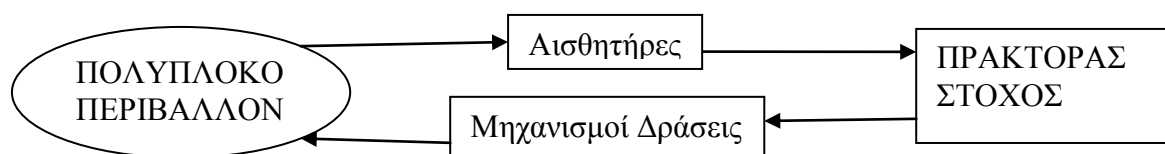
Ανάλογα με τις εργασίες που επιτελούν υπάρχουν διαφορετικά είδη πρακτόρων που ορίζονται με διαφορετικό τρόπο. Ακολουθεί διάκριση των ευφυών πρακτόρων βάσει του ορισμού τους:

- Russell και Norvig: «Πράκτορας είναι οτιδήποτε μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων και να αντιδράσει πάνω στο περιβάλλον μέσω μηχανισμών δράσης». [11]



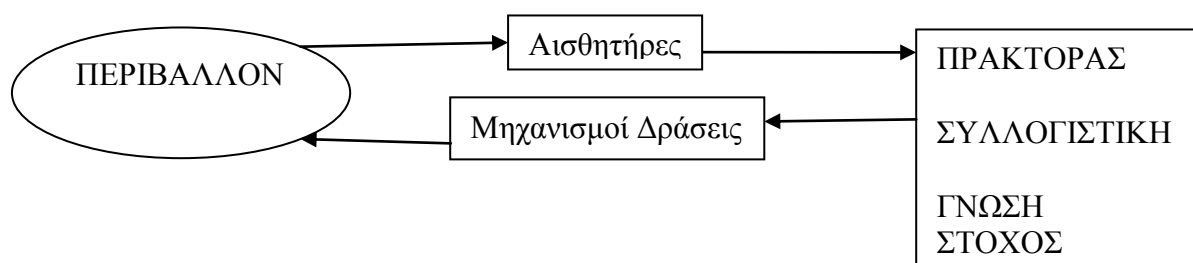
Σχήμα 11: Ο βασικός πράκτορας κατά Russell και Norvig.

- Mayes: «Οι πράκτορες είναι υπολογιστικά συστήματα που δρουν σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον, αντιλαμβάνονται και δρουν αυτόνομα πάνω σε αυτό πετυχαίνοντας έτσι ένα σύνολο από στόχους για τους οποίους έχουν κατασκευαστεί».



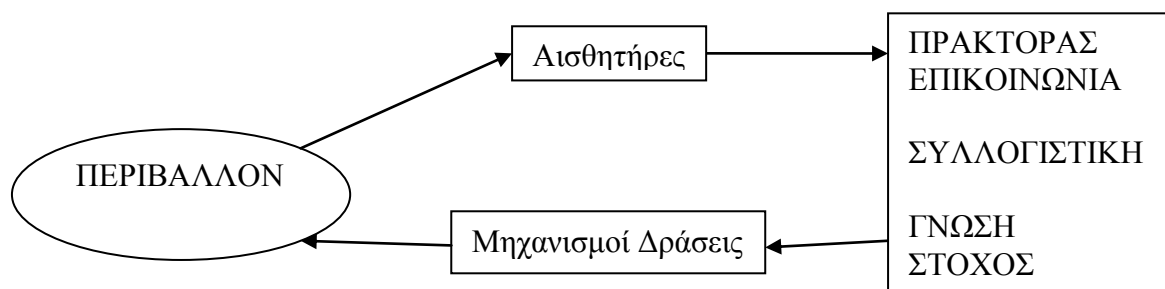
Σχήμα 12: Ο βασικός πράκτορας κατά Mayes.

- Hayes-Roth: «Οι ευφυείς πράκτορες κάνουν συνεχώς τις εξής 3 λειτουργίες: (α) αντιλαμβάνονται τις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος, (β) δρουν πάνω στο περιβάλλον ώστε να το αλλάξουν και (γ) συλλογίζονται ώστε να ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται, να λύσουν προβλήματα, να συμπεράνουν και να καθορίσουν την δράση τους» [12].



Σχήμα 13: Ο βασικός πράκτορας κατά Hayes-Roth.

- Τέλος ο Coen δίνει έμφαση στη διαδραστικότητα: «Λογισμικοί πράκτορες είναι προγράμματα που διενεργούν διάλογο, διαπραγματεύονται και συντονίζουν την ροή πληροφοριών» [13].



Σχήμα 14: Ο βασικός πράκτορας κατά Coen με τη συμβολή της διαδραστικότητας.

Ένας ευφυής πράκτορας προκειμένου να δικαιολογήσει την προέλευση του ονόματος του έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Αντιπροσώπηση (representation):** Ένας πράκτορας εκτελεί εργασίες για χάρη κάποιου χρήστη ή άλλου πράκτορα και για τις οποίες έχει πάρει εξουσιοδότηση από αυτόν.
- **Κοινωνικότητα (sociability):** Ένας πράκτορας πρέπει να είναι ικανός να επικοινωνήσει με έναν χρήστη ή άλλον πράκτορα ώστε να πάρει τις εντολές του και να τον ενημερώσει για την κατάσταση κάποιας εργασίας, μέσω μίας διεπαφής (για τον χρήστη) ή γλώσσας επικοινωνίας μεταξύ πρακτόρων.
- **Αυτονομία (autonomy):** Ένας πράκτορας λειτουργεί χωρίς άμεση παρέμβαση από τη μεριά του χρήστη.
- **Παρακολούθηση (monitoring):** Ένας πράκτορας πρέπει να μπορεί να παρακολουθεί το περιβάλλον στο οποίο ενεργεί, ώστε να έχει την δυνατότητα να δρα αυτόνομα.
- **Ενεργητικότητα - Αντιδραστικότητα (actuation):** Ένας πράκτορας πρέπει να μπορεί να επιδρά στο περιβάλλον του εκτελώντας μία ενέργεια πάνω σε αυτό.
- **Προνοητικότητα (proactiveness):** Η δυνατότητα ενός πράκτορα, να δημιουργεί συμπεράσματα και να προσπαθεί να εκπληρώνει τους στόχους του, παίρνοντας από μόνος του πρωτοβουλίες.
- **Ευφυΐα (intelligence):** Ο πράκτορας πρέπει να μπορεί να ερμηνεύει τα γεγονότα ώστε να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις και να εκτελέσει τις κατάλληλες πράξεις.

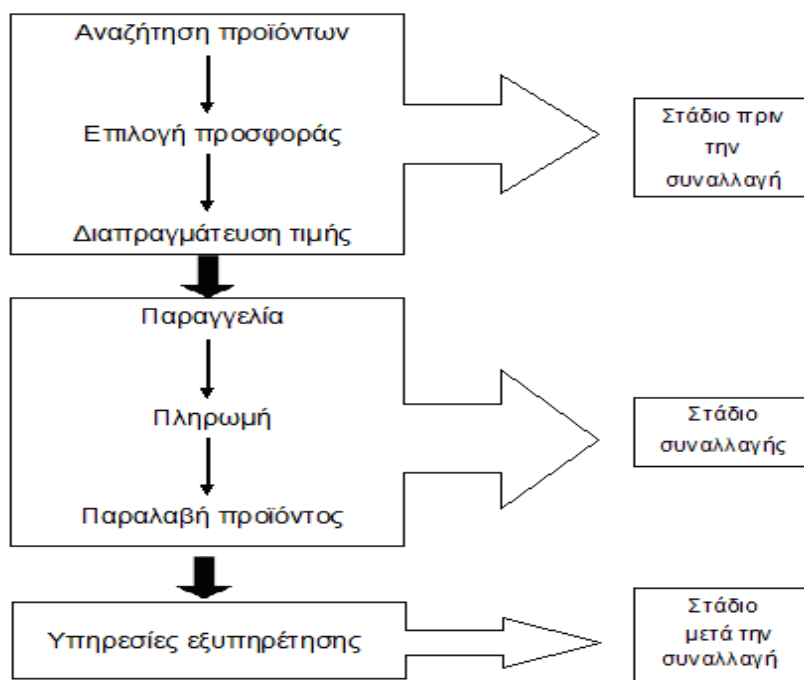
3.3 Οντότητες που συμμετέχουν σε ηλεκτρονικές αγορές

Στις ηλεκτρονικές αγορές υπάρχουν πολλές οντότητες σε διάφορους ρόλους που πραγματοποιούν διάφορες διεργασίες εκ μέρους των ιδιοκτητών τους. Οι καθορισμένοι ρόλοι που μπορούμε να ξεχωρίσουμε είναι:

- **Οι αγοραστές ή πελάτες ή καταναλωτές:** Οι αγοραστές είναι χρήστες του συστήματος οι οποίοι ψάχνουν διάφορα προϊόντα ή πληροφορίες σύμφωνα με κάποια κριτήρια και τις περισσότερες φορές αντιπροσωπεύονται από κάποιο ευφυή πράκτορα που φροντίζει για την ποιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας. Κάθε αγοραστής έχει διαφορετικά κριτήρια για τα αποτελέσματα τις αναζήτησης [15]. Οι πράκτορες πρέπει να είναι καλοσχεδιασμένοι έτσι ώστε να προσαρμόζεται στα κριτήρια του ιδιοκτήτη τους και να μπορούν να εγγυηθούν τα καλύτερα αποτελέσματα της έρευνας τους. Από αυτό το σημείο και πέρα οι οντότητες αυτές θα ονομάζονται απλά χρήστες του συστήματος.
- **Οι πωλητές ή πάροχοι:** Οι πωλητές είναι οντότητες που έχουν στην ιδιοκτησία τους κάποιο προϊόν ή πληροφορία το οποίο μπορεί να ενδιαφέρει κάποιους αγοραστές. Οι πωλητές έχουν κάποιο κόστος παραγωγής και σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις δεν έχουν την δυνατότητα να πουλήσουν τα προϊόντα κάτω από αυτή την τιμή. Με αυτό τον τρόπο το κόστος καθορίζει και την χαμηλότερη τιμή ενός προϊόντος.
- **Οι ενδιάμεσες οντότητες:** Οι ενδιάμεσες οντότητες σε μια ηλεκτρονική αγορά προϊόντων έχουν σαν στόχο να διευκολύνουν την επικοινωνία και γενικά την αλληλεπίδραση μεταξύ των αγοραστών και των πωλητών [16]. Οι ενδιάμεσες οντότητες είναι συνήθως ευφυείς πράκτορες και χωρίζονται σε δυο τύπους. Πρώτον υπάρχουν ενδιάμεσες οντότητες που βρίσκουν τον ιδανικότερο πωλητή που το προφίλ του είναι πιο κοντά στις ανάγκες του αγοραστή (matchmakers). Από την άλλη πλευρά ο άλλος τύπος αναφέρεται σε πράκτορες οι οποίοι αναλαμβάνουν την ευθύνη της εύρεσης του προϊόντος που αντανακλά τα κριτήρια του αγοραστή (brokers). Τέλος υπάρχουν οι ενδιάμεσοι πράκτορες που εξυπηρετούν τους πωλητές για την καλύτερη επιλογή υποψήφιων αγοραστών (blackboard). Συνήθως υπάρχει ένα μικρό κόστος χρήσης τέτοιων ενδιάμεσων οντοτήτων.

Σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικών αγορών η χρήση ευφυών πρακτόρων λογισμικού είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη. Μπορούν πλέον τόσο οι αγοραστές όσο και οι πωλητές,

που αποτελούν φυσικά πρόσωπα, να αφήνουν ένα πράκτορα να συμμετέχει σε μια αγοραπωλησία και να τους εκπροσωπεί. Οι συναλλαγές αυτοματοποιούνται χωρίς την συμμετοχή ή την επίβλεψη ενός φυσικού προσώπου. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 14) βλέπουμε ένα διάγραμμα που παρουσιάζει τα στάδια που περνά ένας αγοραστής όταν κάνει μια συναλλαγή σε ηλεκτρονική αγορά. Είναι σαφές ότι όλες οι επιμέρους ενέργειες μπορούν να εκτελεστούν πλήρως από ένα έξυπνο πράκτορα ειδικευμένο κάθε φορά για το αντίστοιχο στάδιο.



Σχήμα 15: Στάδια διεξαγωγής μιας συναλλαγής από την πλευρά του αγοραστή.

Θεωρούμε πως ο αγοραστής έχει κατασκευάσει έναν έξυπνο πράκτορα για να αναλάβει αυτός να κάνει μια αγορά. Επικεντρωνόμαστε στο στάδιο πριν την συναλλαγή. Στο στάδιο αυτό ο χρήστης δίνει στον πράκτορα τη γνώση για το ποιες είναι οι ανάγκες του. Ο πράκτορας περιηγείται αυτόνομα μέσα στο διαδίκτυο και αναζητά προϊόντα με συγκεκριμένες προδιαγραφές. Επιλέγει ανάμεσα σε αυτά εκείνο που ικανοποιεί τις επιθυμίες του και στη συνέχεια διαπραγματεύεται την τιμή με τον πωλητή. Τα επόμενα στάδια της αγοραπωλησίας μπορούν να υλοποιηθούν από τον ίδιο πράκτορα, η εξέταση τους όμως δεν είναι αναγκαία για το δικό μας σενάριο. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας εξετάζονται αποκλειστικά πράκτορες που μπορούν να αποφασίσουν για το πιο έμπιστο μέσα από ένα σύνολο πωλητών σύμφωνα με τα κριτήρια εμπιστοσύνης του ιδιοκτήτη του.

Οι έξυπνοι πράκτορες μπορούν να εκπροσωπήσουν και να αντικαταστήσουν πλήρως έναν χρήστη λαμβάνοντας μόνο υπόψη πληροφορίες ανατροφοδότησης και αξιολόγησης του αποτελέσματος. Πολλές φορές είναι πιο αποδοτικοί, μιας και έχουν την δυνατότητα:

- Να κάνουν εκτενή αναζήτηση μέσα στο web και να βρουν έτσι καλύτερες προσφορές.
- Να επικοινωνούν εύκολα με άλλους πράκτορες.
- Να συναλλάσσονται με πολλές πλευρές ταυτόχρονα.
- Να ανιχνεύσουν επιθέσεις από κακόβουλους πράκτορες.
- Να παρέχουν ασφάλεια και προστασία ευαίσθητων δεδομένων.
- Να αξιολογούν όλες τις πληροφορίες και να διαχειρίζονται με συστηματικό τρόπο μεγάλο όγκο δεδομένων.

Είναι προφανές πως οι ίδιες οι προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του πράκτορα τους καθιστούν ιδανικούς για ενέργειες μέσα σε περιβάλλοντα ηλεκτρονικών αγορών. Το Web αποτελεί φυσικό χώρο γι' αυτούς και οι προδιαγραφές τους είναι κατάλληλες για να εξυπηρετούν τους στόχους τόσο των αγοραστών όσο και των πωλητών.

3.4 Επίλογος

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφηκαν οι ηλεκτρονικές αγορές καθώς επίσης και οι οντότητες και οι κανόνες που τις διέπουν. Τα περιβάλλοντα αυτά ανοίγουν νέους δρόμους στο τρόπο που γίνονται οι συναλλαγές, δημιουργούν όμως προβλήματα αξιοπιστίας τα οποία πρέπει να λυθούν έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η εμπιστοσύνη του χρήστη στο σύστημα. Επίσης εγείρονται θέματα που αφορούν την διαχείριση της πληροφορίας από τον χρήστη. Οι ηλεκτρονικές έχουν πολλές δυνατότητες και πρέπει να βρεθεί λύση σε αυτά τα προβλήματα έτσι ώστε να δώσουν το μέγιστο των δυνατοτήτων τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Εμπιστοσύνη και υπόληψη

4.1 Γενική περιγραφή

Όπως φαίνεται από το προηγούμενο κεφάλαιο οι ευφυείς πράκτορες επιτρέπουν στους χρήστες να διαχειριστούν τις πληροφορίες που υπάρχουν σε ένα σύστημα ηλεκτρονικών αγορών με ένα πιο αποδοτικό και αυτοματοποιημένο τρόπο. Οι χρήστες είναι πλέον σε θέση να ολοκληρώσουν ιδιαίτερα πολύπλοκες ενέργειες – που πιθανώς να μην είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν από μόνοι τους - απλά και μόνο αναθέτοντας εργασίες σε εξειδικευμένους πράκτορες. Παρόλα αυτά η επιτυχία καθορίζεται άμεσα από το βαθμό της ασφάλειας που μπορεί να παρέχει ένας πράκτορας.

Είναι γεγονός ότι οι ηλεκτρονικές αγορές προϊόντων δεν είναι δυνατόν να εξαντλήσουν τις δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν στους χρήστες και ο κύριος λόγος για αυτό είναι ότι οι χρήστες είναι ιδιαίτερα καχύποπτοι στο να εμπιστευτούν τις διαδικτυακές συναλλαγές. Έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλά μοντέλα εμπιστοσύνης αλλά τα περισσότερα από αυτά είναι ιδιαίτερα υποκειμενικά χωρίς να λαμβάνουν υπ' όψιν την ασάφεια και την πολυπλοκότητα που διέπει τα συγκεκριμένα συστήματα, καθώς επίσης και τις προσωπικές επιθυμίες των πελατών. Οι Han και Noh διαπίστωσαν ένα μεγάλο αριθμό από διάφορους παράγοντες που προκαλούν την ανασφάλεια των χρηστών και κάνουν ασταθή τα συστήματα ηλεκτρονικών αγορών. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν χαμηλό επίπεδο ασφάλειας των δεδομένων των χρηστών, δυσαρεστημένους χρήστες από μη συμφέρουσες αγορές, απροθυμία των χρηστών να καταχωρήσουν προσωπικά τους στοιχεία και τέλος μια μεγάλη έλλειψη εμπιστοσύνης στην τεχνολογία. Από αυτά τα αποτελέσματα είναι φανερό ότι οι χρήστες δεν εμπιστεύονται τις δικτυακές αγορές [17].

Δεδομένης της έλλειψης των προσωπικών αλληλεπιδράσεων η αύξηση της εμπιστοσύνης των χρηστών σε τέτοια συστήματα ηλεκτρονικών αγορών είναι σίγουρο ότι θα φέρει την διάδοση τους αλλά και πολύ περισσότερο την επιτυχία τους. Επομένως η σημαντική ανάπτυξη πολύ-πρακτορικών συστημάτων (MAS) στο Σημασιολογικό Ιστό (Semantic Web) έχει καταστήσει αναγκαία την ανάπτυξη

μηχανισμών εμπιστοσύνης (trust) που θα διέπουν τις συναλλαγές μεταξύ των ευφυών πρακτόρων.

Ακολουθεί μια ανάλυση των όρων που χρησιμοποιούνται καθώς επίσης και μια εκτενής έρευνα της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για την ασφάλεια και την εμπιστοσύνη σε πολύ-πρακτορικά συστήματα.

4.2 Εμπιστοσύνη - αξιοπιστία

Η βασικότερη έννοια για την έκφραση της ασφάλειας ενός συστήματος είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης. Ως εμπιστοσύνη μπορεί να οριστεί η σχέση που υπάρχει μεταξύ δυο μερών, το ένα μέρος εκφράζει την οντότητα που έχει την δυνατότητα να κάνει υποθέσεις και να παίρνει αποφάσεις βασιζόμενη σε διάφορες πληροφορίες και σε παλαιότερες εμπειρίες (trustor) – από αυτό το σημείο και πέρα θα αναφέρεται στο κείμενο ως trustor – και το δεύτερο μέρος αναφέρεται σε οποιαδήποτε οντότητα, οργανισμό ή χρήστη ο οποίος εκπέμπει την εμπιστοσύνη (trustee) [18] – από αυτό το σημείο και πέρα θα αναφέρεται στο κείμενο ως trustee. Η σχέση εμπιστοσύνης έχει ένα συγκεκριμένο πεδίο στο οποίο αναφέρεται (scope) καθώς επίσης και ένα συγκεκριμένο σκοπό.

Υπάρχει η έννοια της αμοιβαίας εμπιστοσύνης και αναφέρεται στην περίπτωση που και οι δυο πλευρές εμπιστεύονται ο ένας τον άλλον για το συγκεκριμένο πάντα πεδίο. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο είναι αρκετά δύσκολο να υπάρξει πρακτικά όταν και οι δυο πλευρές είναι σκεπτόμενοι χρήστες. Η εμπιστοσύνη επηρεάζει άμεσα την συμπεριφορά και τις κινήσεις του trustor αλλά επίσης μπορεί να επηρεάσει τον trustee και άλλα στοιχεία του περιβάλλοντος, για παράδειγμα με την τόνωση της αμοιβαίας εμπιστοσύνης.

Στην βιβλιογραφία συναντάται ο όρος «εμπιστοσύνη (trust)» με μια ποικιλία νοημάτων. Είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε την εμπιστοσύνη στη δυνατότητα κάποιου να προτείνει κάποιον άλλο η οποία ονομάζεται referral trust και στη πραγματική εμπιστοσύνη γνωστή ως functional trust. Παρόλα αυτά δυο είναι οι κύριες ερμηνείες:

- Το trust θεωρείται ένας τρόπος αντίληψης και μέτρησης της αξιοπιστίας για κάποιον ή για κάτι (reliability trust).

Αυτό το είδος εμπιστοσύνης μπορεί να ερμηνευτεί σαν την αξιοπιστία κάποιου ανεξάρτητα από οποιαδήποτε πραγματική δέσμευση και ο ορισμός του Gambetta [19] παρέχει ένα παράδειγμα για το πώς αυτό μπορεί να διατυπωθεί: «Η εμπιστοσύνη (trust) είναι η υποκειμενική πιθανότητα με την οποία ένα άτομο A περιμένει ότι ένα άλλο άτομο B θα ολοκληρώσει μια συγκεκριμένη ενέργεια από την οποία εξαρτάται το συμφέρον του». Έτσι η εμπιστοσύνη ορίζεται πρωτίστως ως την εκτίμηση του trustor για την αξιοπιστία του trustee (εκφρασμένη για παράδειγμα σε πιθανότητα) στο πλαίσιο της εξάρτησης από τον trustee. Παρόλα αυτά η εμπιστοσύνη είναι πιο πολύπλοκη από τον ορισμό του Gambetta. Για παράδειγμα οι Falcone και Castelfranchi [19] υπογραμμίζουν ότι το να έχει ένα άτομο υψηλή εμπιστοσύνη (reliability trust) σε μια άλλη οντότητα δεν είναι απαραίτητα αρκετό για να αποφασίσει αν θα μπει σε μια σχέση εξάρτησης από αυτό το άτομο. Χαρακτηριστικά γράφουν: «Για παράδειγμα είναι δυνατόν το ποσό της βλάβης στην περίπτωση αποτυχίας να είναι τόσο καίριο που ακόμα και αν η πιθανότητα της αποτυχίας είναι υπερβολικά χαμηλή, να σε κάνουν να απορρίψεις μια πιθανή συνεργασία. Με άλλα λόγια ο κίνδυνος φαίνεται να κάνει τους χρήστες απρόθυμους στο ρίσκο».

- Ο όρος «εμπιστοσύνη» ερμηνεύεται σαν απόφαση για συμμετοχή σε μια κατάσταση και αλληλεπίδραση (εμπιστοσύνη απόφασης (decision trust)).

Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό η εμπιστοσύνη ερμηνεύεται ως ο βαθμός με τον οποίο ένας χρήστης είναι πρόθυμος να εξαρτηθεί από κάτι ή κάποιον σε μια δεδομένη κατάσταση με ένα αίσθημα σχετικής ασφάλειας, ακόμη και αν οι αρνητικές συνέπειες είναι πιθανές. Άρα το trust είναι η πρόθεση του χρήστη να στηριχθεί σε κάποιον και ειδικά περιλαμβάνει την έννοια της εξάρτησης του από τον trustee και την αξιοπιστία του. Σε αυτό τον ορισμό του trust έμμεσα περιλαμβάνονται στοιχεία που αφορούν την εκάστοτε κατάσταση όπως οι περιβαλλοντικοί παράγοντες (μηχανισμοί ασφάλειας του συστήματος, συμβόλαια κτλ) καθώς και η συμπεριφορά στον κίνδυνο (απροθυμία στην ανάληψη κινδύνου).

Για να παρουσιάσουμε με καλύτερο τρόπο την διαφορά μεταξύ του reliability και του decision trust ας θεωρήσουμε το εξής παράδειγμα: ας θεωρήσουμε μια άσκηση φωτιάς που ζητείται από τους μαθητές να αποδράσουν από το παράθυρο του τρίτου ορόφου του σχολικού κτιρίου, χρησιμοποιώντας ένα σκοινί το οποίο φαίνεται αρκετά παλιό και μοιάζει να είναι σε κατάσταση φθοράς. Σε αυτήν την περίπτωση οι μαθητές θα αξιολογήσουν την περίπτωση το σκοινί να μην μπορέσει να τους κρατήσει ενώ

προσπαθούν να αποδράσουν. Ένα άτομο το οποίο αξιολογεί ότι το σκοινί μπορεί να κοπεί θα έδειχνε δυσπιστία και δεν θα το χρησιμοποιούσε τελικά. Φανταστείτε τώρα την περίπτωση που το ίδιο άτομο είναι εγκλωβισμένο στην φωτιά και επομένως η μόνη του ελπίδα είναι να αποδράσει από τον τρίτο όροφο χρησιμοποιώντας αυτό το παλιό σκοινί. Σε αυτήν λοιπόν την περίπτωση είναι σχεδόν σίγουρο ότι το άτομο αυτό θα εμπιστευόταν το σκοινί ακόμα και αν πίστευε ότι μπορεί να κοπεί. Αυτή η διαφορά στο trust decision είναι απολύτως λογική γιατί η πιθανότητα τραυματισμού ή θανάτου από το σκοινί είναι πολύ μικρότερη από το την πιθανότητα θανάτου λόγω της φωτιάς. Παρόλο που το reliability trust στο σκοινί είναι το ίδιο και στις δυο περιπτώσεις, το decision trust αλλάζει εξαρτώμενο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και από τις τιμές του ρίσκου.

Και οι δυο έννοιες εμπιστοσύνης (reliability και decision trust) αντικατοπτρίζουν μια θετική πεποίθηση για κάτι από το οποίο εξαρτάται το συμφέρον του trustor. Το reliability trust μετρά τον διακριτό ή συνεχή βαθμό αξιοπιστίας αντίθετα με το decision trust που μετρά με βάση ένα δυαδικό τρόπο απόφασης. Ενώ τα περισσότερα μοντέλα εμπιστοσύνης υποθέτουν reliability trust, το decision trust μπορεί επίσης να μοντελοποιηθεί και να εφαρμοστεί. Τα συστήματα που βασίζονται σε decision trust θεωρούνται δυαδικά συστήματα απόφασης.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η δυσκολία της σύλληψης της έννοιας της εμπιστοσύνης με ουσιαστικό τρόπο σε θεωρητικά μοντέλα, οδήγησε κάποιους επιστήμονες στο να την απορρίψουν ως υπολογίσιμη έννοια. Η πιο έντονη έκφραση αυτής της ιδέας έγινε από τον οικονομολόγο Williamson [20], ο οποίος υποστήριξε ότι η έννοια της εμπιστοσύνης πρέπει να αποφεύγεται στην μοντελοποίηση οικονομικών συναλλαγών γιατί δεν προσθέτει τίποτε νέο σε σχέση με τις καλά μοντελοποιημένες έννοιες της αξιοπιστίας και ρίσκου. Η προσωπική εμπιστοσύνη (personal trust) είναι ο μόνος τύπος εμπιστοσύνης ο οποίος έχει νόημα στην περιγραφή των συναλλαγών, σύμφωνα με τον Williamson. Υποστηρίζει ότι η προσωπική εμπιστοσύνη εφαρμόζεται σε συναισθηματικές και προσωπικές αλληλεπιδράσεις, όπως οι σχέσεις αγάπης, όπου η αμοιβαία απόδοση δεν παρακολουθείται πάντα και όπου οι αστοχίες συγχωρούνται χωρίς να επιβάλλονται κυρώσεις. Υπό αυτή την έννοια, τα παραδοσιακά υπολογιστικά μοντέλα θα είναι ανεπαρκή, π.χ. λόγω των ανεπαρκών δεδομένων και της ανεπαρκούς επιβολής κυρώσεων, αλλά και επειδή θα είναι επιζήμιο για τις σχέσεις, αν τα εμπλεκόμενα μέρη εμπλακούν σε μια υπολογιστική προσέγγιση. Υπάρχουν μη υπολογιστικά μοντέλα για την εμπιστοσύνη που μπορεί να έχουν νόημα για τη μελέτη

των σχέσεων αυτών, σύμφωνα με Williamson, η ανάπτυξη τους όμως θα πρέπει να γίνει εντός των τομέων της κοινωνιολογίας και της ψυχολογίας, χωρίς στην οικονομία.

Σχολιάζοντας την άποψη του Williamson για μοντελοποίηση της εμπιστοσύνης καθίσταται σημαντικό να κρίνουμε το σκοπό και τα πλεονεκτήματα της ίδιας της μοντελοποίησης της. Μπορεί η μοντελοποίηση της εμπιστοσύνης να προσθέσει κάτι νέο και τα πολύτιμο για την τεχνολογία του Internet και την οικονομία; Η απάντηση, κατά τη γνώμη μας, είναι σίγουρα ναι. Η αξία της μοντελοποίησης της εμπιστοσύνης έγκειται σε αρχιτεκτονικές και μηχανισμούς για τη συλλογή σχετικών πληροφοριών, για την αποτελεσματική, αξιόπιστη και ασφαλή επεξεργασία, για τη διανομή των αποτελεσμάτων και των βαθμολογιών που αφορούν την εμπιστοσύνη και την φήμη της κάθε οντότητας, έτσι ώστε κάθε χρήστης να μπορεί να λαμβάνει υπόψη του τις συγκεκριμένες πληροφορίες κατά την πλοήγηση του στο διαδίκτυο και την ολοκλήρωση συναλλαγών. Τα οικονομικά μοντέλα που αφορούν την ανάληψη ρίσκου και την λήψη αποφάσεων είναι αφηρημένα και δεν εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να χτιστούν δίκτυα εμπιστοσύνης και συστήματα υπόληψης, ενώ επιπροσθέτως μπορεί να περιλαμβάνουν ειδικές πτυχές της οικονομικής μοντελοποίησης όπου κρίνεται απαραίτητο.

Μπορεί να σημειωθεί ότι τα παραδοσιακά συστήματα εμπιστοσύνης και υπόληψης μέσω της παρατήρησης που έχουμε συνηθίσει στο φυσικό κόσμο, λείπουν από τα διαδικτυακά περιβάλλοντα αγορών, οπότε τα ηλεκτρονικά υποκατάστατα κρίνονται απαραίτητα. Επίσης η επικοινωνία και η ανταλλαγή πληροφοριών που σχετίζονται με την εμπιστοσύνη και την υπόληψη, είναι σχετικά δύσκολες διαδικασίες που συνήθως περιορίζονται σε τοπικές κοινότητες στο φυσικό κόσμο ενώ αντίθετα τα πληροφοριακά συστήματα συσχετιζόμενα με το διαδίκτυο μπορούν να λειτουργήσουν ως μοχλός στο σχεδιασμό εξαιρετικά αποδοτικών συστημάτων για την συλλογή, επεξεργασία και διανομή τέτοιας πληροφορίας σε ένα πολύ ευρύτερο παγκόσμιο χώρο.

4.3 Φήμη – Υπόληψη (reputation)

Η έννοια της υπόληψης (φήμης) είναι στενά συνδεδεμένη με εκείνη της αξιοπιστίας αλλά είναι σχεδόν προφανές ότι υπάρχει μια σαφής ειδοποιός διαφορά. Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας, τα καθοριστεί ο όρος υπόληψη σύμφωνα με το δικτυακό λεξικό Merriam-Webster [22]: «Υπόληψη ενός ατόμου είναι η συνολική

ποιότητα ή ο χαρακτήρας έτσι όπως φαίνεται και κρίνεται από τους ανθρώπους σε γενικές γραμμές». Ο συγκεκριμένος ορισμός συμβαδίζει με τις απόψεις των ερευνητών των κοινωνικών δικτύων (social networks) ότι η υπόληψη είναι ένα μέτρο των χρηστών που προέρχεται από το υποκείμενο κοινωνικό δίκτυο, η οποία όμως είναι ορατή σε όλα τα μέλη του δικτύου [23]. Η διαφορά μεταξύ της αξιοπιστίας και της υπόληψης φαίνεται από το ακόλουθες απολύτως φυσικές και ευλογοφανείς δηλώσεις:

- a) Σε εμπιστεύομαι εξαιτίας της καλής φήμης σου.
- b) Σε εμπιστεύομαι παρόλη την κακή φήμη σου.

Υποθέτοντας ότι οι δύο αυτές προτάσεις αφορούν το ίδιο πεδίο εμπιστοσύνης, η πρόταση (a) αντανακλά ότι το βασιζόμενος μέρος γνωρίζει την φήμη του trustee και βασίζεται σε αυτή. Η πρόταση (b) ότι ο trustor έχει κάποια ιδιωτική γνώση για τον trustee, για παράδειγμα μια παλαιότερη άμεση εμπειρία ή μια στενή σχέση, παράγοντες που υπερισχύουν έναντι οποιασδήποτε αρνητικής φήμης μπορεί να έχει κάποιος. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την άποψη ότι η εμπιστοσύνη είναι τελικά ένα προσωπικό και υποκειμενικό φαινόμενο το οποίο βασίζεται σε διάφορους παράγοντες ή στοιχεία κάποια από τα οποία έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα. Η προσωπική εμπειρία (personal experience) συνήθως έχει μεγαλύτερο βάρος για τον χρήστη από την φήμη ή άλλες συστάσεις από εμπειρίες άλλων (referrals) αλλά στην έλλειψη προσωπικής εμπειρίας η εμπιστοσύνη μπορεί να υπολογιστεί από συστάσεις άλλων χρηστών του συστήματος.

Η υπόληψη μπορεί να θεωρηθεί ως ένα συνολικό μέτρο της φερεγγυότητας (με την έννοια της αξιοπιστίας) βασιζόμενη σε συστάσεις ή βαθμολογίες από μέλη της κοινότητας. Με αυτό τον τρόπο το μέτρο της εμπιστοσύνης για κάθε χρήστη του συστήματος μπορεί να υπολογισθεί σε συνδυασμό των υπαρχόντων συστάσεων για το συγκεκριμένο άτομο και παλαιότερων προσωπικών εμπειριών. Προκειμένου να αποφευχθεί η εξάρτηση και οι βρόχοι είναι απαραίτητο οι συστάσεις να βασίζονται σε εμπειρίες πρώτου βαθμού μόνο.

Η υπόληψη μπορεί να χαρακτηρίζει μια ομάδα ή ένα άτομο. Η υπόληψη μιας ομάδας μπορεί για παράδειγμα να μοντελοποιηθεί σαν τον μέσο όρο των υπολήψεων όλων των μελών της ομάδας ή ως ο τρόπος με τον οποίο ολόκληρη η ομάδα γίνεται αντιληπτή από τις υπόλοιπες ομάδες της κοινότητας. Κάθε άτομο που ανήκει σε μια ομάδα κληρονομεί μια a priori υπόληψη βασιζόμενη στην υπόληψη της ομάδας [24].

Είναι σημαντικό σε αυτό το σημείο να σημειώσουμε ότι ο σχεδιασμός συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης πρέπει να εστιάσουν στα εξής στοιχεία:

- Τα συστήματα τα πρέπει σχεδιαστικά να παρέχουν κατάλληλα υποκατάστατα των παραδοσιακών μεθόδων αντίληψης της εμπιστοσύνης και της αξιοπιστίας στο φυσικό κόσμο, καθώς επίσης και μηχανισμούς εντοπισμού κατάλληλων στοιχείων και πληροφοριών για την εκτίμηση της τελικής τιμής της εμπιστοσύνης.
- Επίσης θα πρέπει να είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν η επιστήμη της Πληροφορικής και το διαδίκτυο, με σκοπό την δημιουργία ενός αποδοτικού συστήματος για την συλλογή χρήσιμων πληροφοριών που οδηγούν σε ένα μέτρο της εμπιστοσύνης σε κάθε χρήστη.

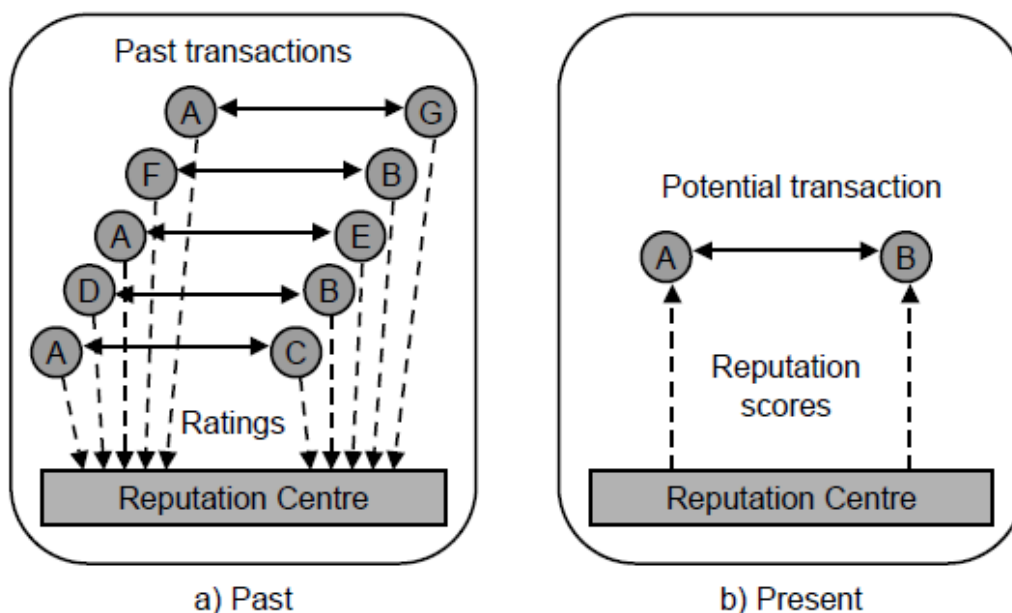
Αυτές οι απλές αρχές χρίζουν ιδιαίτερα αυστηρής έρευνας, ώστε να βρισκόμαστε σε θέση να απαντήσουμε σε ορισμένα θεμελιώδη ερωτήματα: Ποιες πληροφορίες είναι οι πλέον κατάλληλες για την εξαγωγή μέτρων της εμπιστοσύνης και της φήμης σε κάθε περίπτωση; Πώς μπορούν αυτές οι πληροφορίες να συλλέγονται; Ποιες είναι οι βασικές αρχές για τον σχεδιασμό αυτών των συστημάτων από θεωρητική και από χρηστική άποψη; Μπορούν να γίνουν ανθεκτικά στις επιθέσεις από άλλους πράκτορες; Τι βάρος θα δίνουν οι χρήστες σε αυτή την πληροφορία κατά τη διαδικασία λήψης των αποφάσεων τους; Τι ρόλο μπορούν να παίξουν αυτά τα συστήματα στο επιχειρηματικό μοντέλο των εμπορικών εταιριών; Είναι σε θέση αυτά τα συστήματα πραγματικά να βελτιώσουν την ποιότητα των online συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων; Αυτά είναι σημαντικά ζητήματα τα οποία χρειάζονται απαντήσεις και κατ' επέκταση ρεαλιστικές λύσεις, προκειμένου τα συστήματα ηλεκτρονικών αγορών να είναι σε θέση να αξιοποιήσουν στο μέγιστο τις δυνατότητές και προοπτικές.

Γενικότερα τα συστήματα reputation στη βιβλιογραφία χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

- ***Συστήματα που βασίζουν την λειτουργία τους σε μια κεντρική οντότητα (Centralised Reputation Systems).***

Στα συστήματα αυτά, οι πληροφορίες για την φήμη ενός μέλους του συστήματος συγκεντρώνονται σαν βαθμολογίες από τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας τα οποία έχουν άμεσες εμπειρίες με αυτόν. Όλες οι βαθμολογίες συγκεντρώνονται σε μια κεντρική αρχή, η οποία με την σειρά της εξάγει τους τελικούς βαθμούς για κάθε συμμετέχοντα και τους ανακοινώνει σε όλη την κοινότητα. Κάθε μέλος μπορεί να χρησιμοποιήσει τις συγκεκριμένες πληροφορίες στην απόφαση του αν θα προχωρήσει σε μια αγορά ή όχι. Η ιδέα είναι ότι οι συναλλαγές με αξιόπιστους συμμετέχοντες είναι πιθανότερο να οδηγήσουν σε καλύτερα αποτελέσματα από συναλλαγές με κακόφημα

μέλη. Το Σχήμα 22 κάτω δείχνει ένα τυπικό τέτοιο σύστημα όπου τα A και B υποδηλώνουν τις δύο οντότητες οι οποίες έχουν παρελθόντες συναλλαγές και συναλλάσσονται στο παρόν.



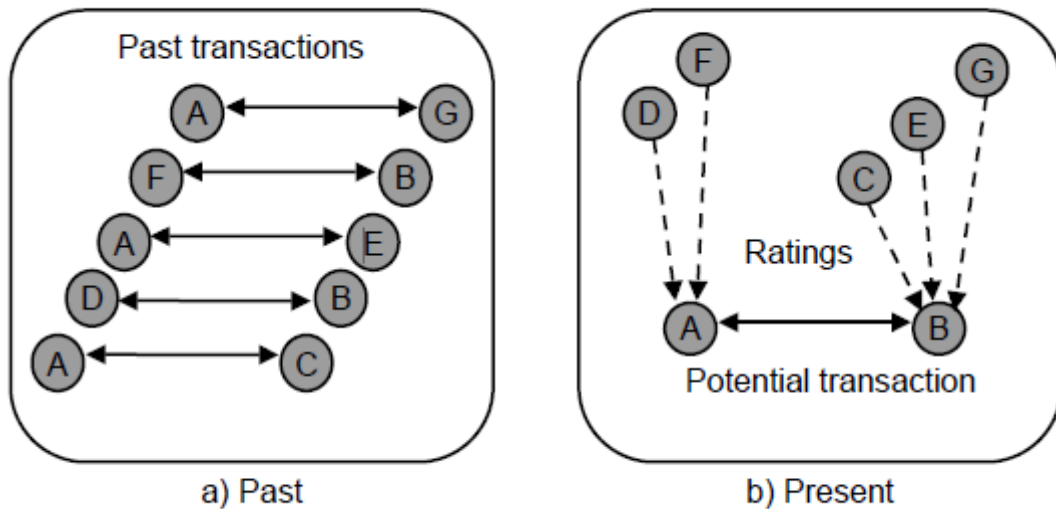
Σχήμα 16: Δομή των Centralised Reputation Systems.

Μετά από κάθε συναλλαγή οι πράκτορες παρέχουν τις βαθμολογίες για την επίδοση του καθενός κατά την διάρκεια της συναλλαγής. Η κεντρική αρχή συλλέγει τις βαθμολογίες από τους διάφορους πράκτορες και συνεχώς ενημερώνει τον γενικό πίνακα βαθμολογιών. Για αυτή την λειτουργία απαιτείται ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας με την κεντρική αρχή καθώς επίσης και ένας μηχανισμός υπολογισμού των βαθμολογιών για κάθε οντότητα.

- **Κατανεμημένα συστήματα υπολογισμού φήμης (Distributed Reputation Systems).**

Υπάρχουν περιβάλλοντα όπου εφαρμόζουν ένα κατανεμημένο σύστημα υπολογισμού της φήμης κάθε οντότητας χωρίς καμία κεντρική οντότητα η οποία συλλέγει υπολογίζει και διανέμει την βαθμολογία για κάθε μέλος του συστήματος. Αντιθέτως υπάρχουν κατανεμημένα συστήματα στα οποία μπορεί να παραδοθεί η βαθμολογία ή απλά να καταχωρηθεί η γνώμη κάποιου μέλους για κάποια εμπειρία του με άλλη ομάδα. Τα συστήματα αυτά παραδίδουν τις συγκεκριμένες πληροφορίες σε κάθε αίτημα από άλλες ομάδες. Κάποιος χρήστης ο οποίος χρειάζεται να εμπιστευτεί κάποιον άλλο πρέπει να αναζητήσει το κατάλληλο κατανεμημένο σύστημα ή να

προσπαθήσει να βρει βαθμολογίες από όσα περισσότερα μέλη της κοινότητας, τα οποία είχαν άμεση εμπειρία με τον συγκεκριμένο πωλητή, μπορεί.



Σχήμα 17: Δομή των Distributed Reputation Systems.

Για αυτή την μορφή διανομής πληροφοριών είναι απαραίτητα ένα κατανεμημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας με τα κατανεμημένα συστήματα καθώς επίσης ένας τρόπος υπολογισμού της φήμης κάθε οντότητας.

4.4 Προσδιορισμός εμπιστοσύνης και υπόληψης - προϋπάρχουσα γνώση

Στην τρέχουσα ενότητα θα περιγράψουμε τις κύριες διαφορές ανάμεσα στα συστήματα εμπιστοσύνης και τα συστήματα υπόληψης. Τα συστήματα εμπιστοσύνης παράγουν ένα αποτέλεσμα που αντανάκλα την άποψη ενός χρήστη για την αξιοπιστία μιας άλλης οντότητας, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα συστήματα υπόληψης παράγουν έναν αριθμό για την δημόσια φήμη μιας οντότητας, η οποία μάλιστα είναι ορατή στο σύνολο της κοινότητας. Επίσης, τα συστήματα εμπιστοσύνης λαμβάνουν σαν είσοδο μια υποκειμενική έκφραση της αξιοπιστίας από άλλες οντότητες στο ίδιο δίκτυο, ενώ συστήματα φήμης λαμβάνουν σαν είσοδο ειδικά αντικειμενικά γεγονότα. Μπορούν επίσης να υπάρξουν φυσικά συστήματα εμπιστοσύνης που ενσωματώνουν στοιχεία συστημάτων φήμης και αντίστροφα, έτσι ώστε δεν είναι πάντοτε σαφές σε ποια κατηγορία πρέπει να ταξινομηθεί ένα σύστημα. Στη συνέχεια ακολουθούν περιγραφές υπάρχοντων συστημάτων εμπιστοσύνης ταξινομημένα όσο είναι ξεκάθαρο με την κύρια

λογική που ακολουθούν. Ερμηνεύοντας το trust ως ένα μέτρο αξιοπιστίας επιτρέπονται μια ποικιλία διακριτών, συνεχών και ομαλοποιημένων (normalized) μετρικών. Αυτή η ενότητα παρουσιάζει μια σύντομη επισκόπηση αυτών των προσεγγίσεων.

- **Διακριτά μοντέλα εμπιστοσύνης**

Οι άνθρωποι μπορούν να κατανοήσουν και να αξιολογήσουν καλύτερα τις επιδόσεις μέσω διακριτών προφορικών δηλώσεων. Ένα σύστημα που επιτρέπει στην εμπιστοσύνη να εκφραστεί στη μορφή μιας διακριτής δήλωσης του τύπου «συνήθως αξιόπιστος» παρέχει καλύτερη χρηστικότητα από ότι με την μορφή μιας τιμής πιθανότητας. Αυτό συμβαίνει γιατί η έννοια των διακριτών προφορικών δηλώσεων ενώ αντίθετα οι πιθανοτικές τιμές απαιτούν μεγαλύτερη γνωστική προσπάθεια για να κατανοηθούν. Κάποια συστήματα όπως αυτό που περιγράφεται στο [43] βασίζονται σε διακριτά μοντέλα εμπιστοσύνης. Οι διακριτές μαθηματικές μέθοδοι δεν προσφέρονται ιδιαίτερα για το συγκεκριμένο υπολογιστικό μοντέλο, αντίθετα διάφορες ευρεστικές μέθοδοι (heuristics) όπως τα look up tables.

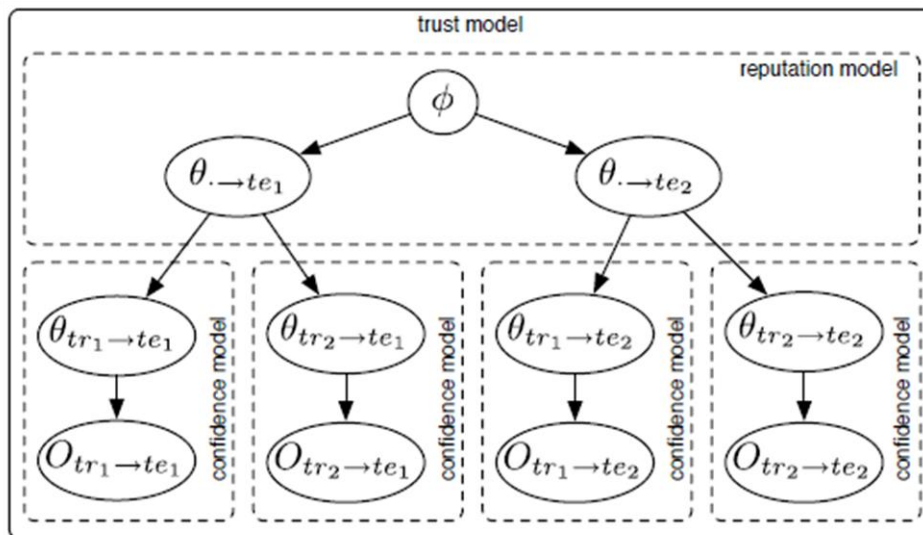
- **Πιθανοτικά μοντέλα εμπιστοσύνης**

Το πλεονέκτημα των πιθανοτικών μοντέλων είναι ότι υπάρχει μια ποικιλία από πιθανοτικές μεθόδους οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα μεγάλο αριθμό από συνδυασμούς μεθόδων είτε με χρήση απλού πιθανοτικού λογισμού ή με χρήση ιδιαίτερα πολύπλοκων στατιστικών μεθόδων. Ακολουθούν μερικά από τα συστήματα και μελέτες που χρησιμοποιούν πιθανότητες και είναι βασιζόμενα σε Bayes λογική, beta συναρτήσεις κατανομής και τον αλγόριθμο Dempster-Shaffer:

- 1) Ιεραρχικό και Bayesian Μοντέλο εμπιστοσύνης (HABIT)

Σε αυτή την μελέτη [26] γίνεται εφαρμογή της Bayesian ανάλυσης - κυρίως Bayesian network για να αξιολογηθεί η συμπεριφορά των πρακτόρων χωρίς την χρήση τεχνικών βασιζόμενων στην εμπειρία (heuristics). Χρησιμοποιεί θεωρία αποφάσεων (decision theory) και οι λογικοί πράκτορες έχουν ως σκοπό να μεγιστοποιήσουν την αναμενόμενη χρησιμότητα (expected utility - EU) – μέγεθος το οποίο συσχετίζεται με τις προσδοκώμενα του χρήστη από τον πράκτορα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ένα

μοντέλο εμπιστοσύνης που υπολογίζει τον βαθμό εμπιστοσύνης αναπαριστώντας τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ της συμπεριφοράς και των παρατηρήσεων πολλών διαφορετικών πρακτόρων, και πολλά μοντέλα εμπιστοσύνης – ένα για κάθε ζευγάρι συναλλαγής, που παρουσιάζουν πως έχει γίνει αντιληπτή η συμπεριφορά του πράκτορα. Έτσι έχουμε μια ιεραρχική δομή 2 βαθμίδων που αποτελεί ένα Bayesian δίκτυο:



Σχήμα 18: Ιεραρχικό Bayesian Μοντέλο εμπιστοσύνης (HABIT).

Για παράδειγμα υποθέτουμε ότι t_e (υποψήφιος έμπιστος) είναι μια μηχανή αναζήτησης από την οποία ο t_r (ψάχνει τον έμπιστο ου πράκτορα) ζητάει κάποια πληροφορία τότε θεωρούμε $O_{t_r \rightarrow t_e}$ είναι ένας πραγματικός αριθμός ο οποίος καθορίζεται από τον χρόνο που χρειάστηκε η μηχανή αναζήτησης για να απαντήσει στο αίτημα. Αν υπάρχουν πολλαπλά αίτημα τότε θεωρείται ότι το $O_{t_r \rightarrow t_e}$ ακολουθεί gaussian κατανομή τότε λοιπόν το $\theta_{t_r \rightarrow t_e}$ περιλαμβάνει τον μέσο όρο μ και διακύμανση σ^2 της κατανομής. Ανάλογα με το πρόβλημα φυσικά για τον υπολογισμό της συνολικής κατανομής μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλές μεταβλητές gaussian κατανομής (και όχι μόνο ο χρόνος όπως στο παράδειγμα). Δυστυχώς, ένας πράκτορας είναι απίθανο να γνωρίζει τις πραγματικές τιμές αυτών των παραμέτρων στην πράξη, και έτσι πρέπει να βγάζει συμπέρασμα από τα διαθέσιμα στοιχεία. Από την Bayesian οπτική συμπεριφερόμαστε σε αυτές τις μεταβλητές σαν τυχαίες μεταβλητές μοντελοποιώντας την κατανομή τους βασιζόμενοι στις απόψεις και τις παρατηρήσεις του ου πράκτορα. Σε περίπτωση λοιπόν που ένας πράκτορας

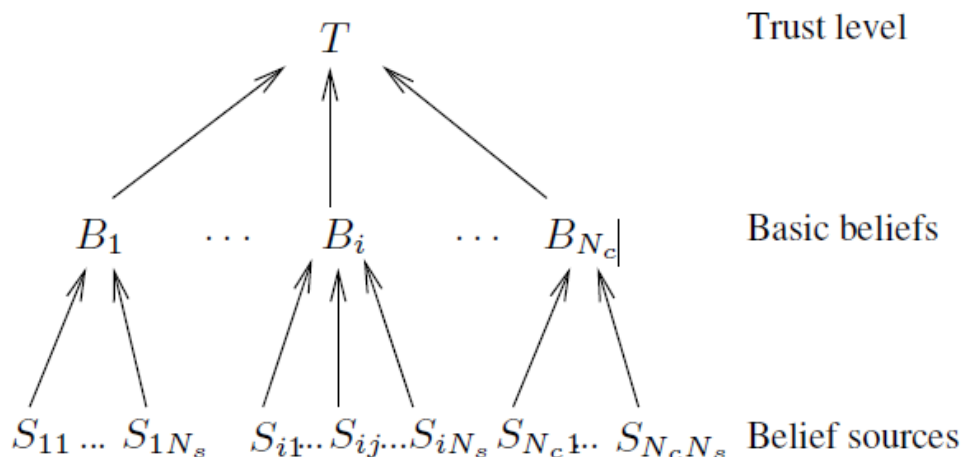
δεν έχει καθόλου πληροφορίες (δεν έχει επικοινωνήσει ξανά) με τον άλλο ου πράκτορα που θέλει να εμπιστευτεί μπορεί να κάνει κάποιες γενικεύσεις και να βγάλει κάποια συμπεράσματα για αυτόν χρησιμοποιώντας πληροφορίες που έχει συλλέξει από άλλους ομοειδής πράκτορες. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας το παραπάνω μοντέλο υπόληψης.

2) B-trust: Bayesian Μοντέλο Εμπιστοσύνης για Διάχυτο Υπολογισμό

Το μοντέλο που παρουσιάζεται στο [27] βασίζεται σε τρία είδη αξιολόγησης: 1) άμεση εμπιστοσύνη (direct trust): εμπιστοσύνη που αποκτάται από προηγούμενες εμπειρίες με κάποιον πράκτορα, 2) προτεινόμενη εμπιστοσύνη (recommended trust): προέρχεται από προτάσεις και εμπειρίες άλλων για κάποιον ου πράκτορα, 3) overall trust: συνδυασμός των δύο παραπάνω. Ο υπολογισμός του κάθε είδους εμπιστοσύνης γίνεται με βάση το Bayes' Theorem.

3) Δυναμικό Bayesian Μοντέλο εμπιστοσύνης

Στο [28] παρουσιάζεται ένα δυναμικό Bayesian μοντέλο εμπιστοσύνης βασιζόμενο στις δουλιές των Castelfranchi και Falcone χάριν στους οποίους μπορούμε να καθορίσουμε τον βαθμό εμπιστοσύνης ενός πράκτορα προς έναν άλλο. Σύμφωνα με τις απόψεις των Castelfranchi και Falcone η εμπιστοσύνη θεωρείται ως μια διανοητική κατάσταση και αποτελείται από πεπειθήσεις και έτσι η εμπιστοσύνη επηρεάζεται από εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες. Η ιδέα είναι ότι οι παράγοντες αυτοί έχουν διαφορετική επιρροή στο τελικό επίπεδο εμπιστοσύνης και δημιουργούν την ανάγκη για εντελώς διαφορετικές παρεμβατικές στρατηγικές. Οι εσωτερικοί και οι εξωτερικοί παράγοντες αναπαρίστανται με την χρήση Fuzzy Cognitive Maps [46]. Αυτοί οι παράγοντες αναλύονται σε σχετικές βασικές απόψεις κάθε μια από τις οποίες χωρίζεται σε 4 βασικές πηγές απόψεων: απευθείας εμπειρία, κατηγοριοποίηση, συλλογιστική ακολουθία και φήμη (direct experience, categorization, reasoning, reputation). Υποθέτουμε ότι κάθε μια από αυτές τις συνιστώσες είναι ανεξάρτητη. Ακολουθεί η απεικόνιση του φορμαλισμού:



Σχήμα 19: Μοντέλο Bayesian network.

Κάθε στοιχείο συσχετίζεται με μια πιθανότητα ικανοποίησης. Δηλαδή η $P(X)$ (συνολική τιμή του trust) υπολογίζεται με βάση τη κατανομή των τυχαίων μεταβλητών. Έτσι $P(T) = 1$ σημαίνει τυφλή εμπιστοσύνη και $P(T) = 0$ σημαίνει καθόλου εμπιστοσύνη. Η προσέγγιση αυτή προχωρεί σε διαχωρισμό του διαστήματος $[0,1]$ σε διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης. Το επίπεδο εμπιστοσύνης υπολογίζεται με Bayesian λογική (ξεκινώντας από την πηγή της γνώμης (belief source) καταλήγουμε στο συνολικό μέγεθος της εμπιστοσύνης). Οι επιρροή κάθε πηγής απόψεων απεικονίζεται με υπό συνθήκη πιθανότητες χάριν στις οποίες μπορεί να εκφραστεί το γεγονός ότι η άμεση εμπειρία είναι πιο σημαντική από την φήμη. Η μελέτη υποθέτει ότι στο ίδιο επίπεδο ιεραρχίας οι απόψεις και οι πηγές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους (κάτι το οποίο είναι πρακτικά αμφισβητήσιμο). Προτείνεται ένα δυναμικό μοντέλο επαναξιολόγησης του συνολικού του πράκτορα. Βασικοί του άξονες είναι ένα μέγεθος που λέγεται αδράνεια (inertia of trust and distrust) και ορίζεται ως η ταχύτητα με την οποία το trust μετατρέπεται σε distrust και η διάβρωση του trust (erosion of trust) εξαιτίας της έλλειψης νέων παρατηρήσεων. Αυτά τα μεγέθη επικεντρώνονται κυρίως στην άμεση εμπιστοσύνη - direct trust (άμεση επαφή μεταξύ των 2 οντοτήτων), η οποία και θεωρείται ως μια συνάρτηση των διαφόρων παρατηρήσεων. Το μοντέλο επαναξιολόγησης χωρίζεται σε 2 φάσεις: υπολογισμός της διάβρωσης και της αδράνειας βασιζόμενοι σε διάδοση της υπάρχουσας κατάστασης εμπιστοσύνης (πρόβλεψη) και μετά προτείνεται μια αναθεώρηση της εμπιστοσύνης από νέες παρατηρήσεις (διόρθωση).

Οι στατιστικές αυτές οπτικές με bayesian networks δεν λαμβάνουν υπόψη τους το προϊόν (θεωρούν ότι όλοι οι πράκτορες έχουν την ίδια συμπεριφορά για διαφορετικά προϊόντα) και θεωρεί ότι η συμπεριφορά είναι στατιστικά περιγράψιμη και ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη μαθηματική κατανομή.

4) Το Beta σύστημα φήμης

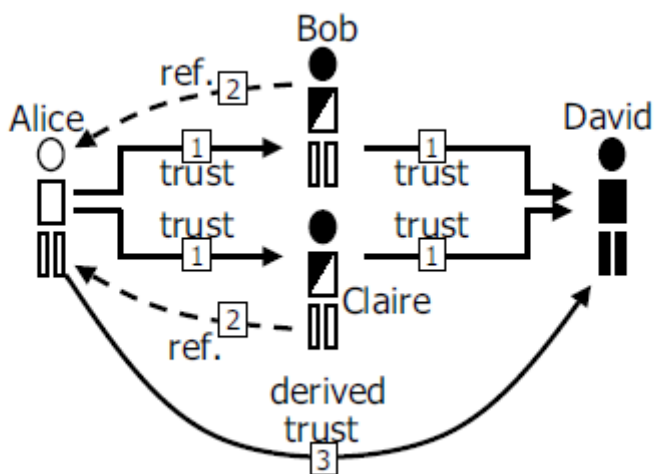
Το [29] βασίζεται στην beta συνάρτηση κατανομής η οποία συνήθως χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει πιθανοτικές κατανομές δυαδικών γεγονότων. Παρέχει ισχυρή μαθηματική βάση για να συνδυαστεί το θετικό – αρνητική ανατροφοδότηση (feedback) από τους άλλους πράκτορες με τη περιγραφή των βαθμολογιών αξιοπιστίας.

5) Πιθανοτικό μοντέλο κατανεμημένης διαχείρισης φήμης

Σε αυτή την μελέτη [45] γίνεται χρήση και εφαρμογή του αλγορίθμου Dempster-Shaffer. Θεωρείται ότι μπορούν να υπάρχουν διάφορες οπτικές (aspects) πάνω στις οποίες στηρίζει κάποιος πράκτορας την απόφαση του για εμπιστοσύνη. Για κάθε aspect αντλεί στοιχεία βασιζόμενος σε άμεση παρατήρηση από το δικό του ιστορικό και σε ένα σύστημα συλλογής απόψεων από τους υπόλοιπους πράκτορες με την μορφή συστάσεων και στο τέλος δημιουργείται μια αλυσίδα από συστάσεις που σου επιτρέπουν να επιβεβαιώσεις το ιστορικό της εμπιστοσύνης. Από αυτή την αλυσίδα με καθορισμένο μήκος δημιουργείται ένας κατευθυνόμενος γράφος (Trust Net) με κόμβους όλους τους πράκτορες και ακμές τα referrals. Οι πράκτορες που ενώνονται με ακμή με τον επιθυμητό πράκτορα είναι μάρτυρες (witnesses) και αποτελούν ένα ξεχωριστό σύνολο. Η εμπιστοσύνη υπολογίζεται μέσω του «Κανόνας συνδυασμού του Dempster» (Dempster's rule of combination) ως εξής: για κάθε μάρτυρα υπολογίζεται η αξιοπιστία του και στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος της βαθμολογίας των μαρτύρων με βάρος την αξιοπιστία του καθενός. Αυτή η τακτική μας απομακρύνει από τυχόν προβλήματα που υπάρχουν στην εύρεση πληθώρας μαρτύρων δεδομένου ότι στα social networks παρατηρείται το γεγονός να υπάρχουν λίγοι πρόθυμοι.

6) Θεωρία Γνώμης

Η θεωρία της γνώμης (belief theory) είναι μια μαθηματική θεωρία η οποία σχετίζεται με την πιθανοτική θεωρία αλλά το άθροισμα των πιθανοτήτων σε όλα τα πιθανά αποτελέσματα δεν αθροίζουν αναγκαστικά στο 1. Η υπόλοιπη πιθανότητα μπορεί να ερμηνευτεί ως αβεβαιότητα. Ο Jøsang [30] πρότεινε μια μετρική της εμπιστοσύνης που ονομάζεται opinion και συμβολίζεται με $\omega_x^A = (b, d, u, a)$ και εκφράζει την πίστη του A για την δήλωση x. Εδώ τα b,d και u αντιπροσωπεύουν την πίστη, την δυσπιστία και την αβεβαιότητα, αντίστοιχα όπου $b, d, u \in [0,1]$ και $b + d + u = 1$. Η παράμετρος $a \in [0,1]$ αντιπροσωπεύει το βασικό ποσοστό ελλείψει στοιχείων και χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της αναμενόμενης τιμής της πιθανότητας του opinion: $E(\omega_x^A) = b + au$ εννοώντας ότι το a καθορίζει πόση αβεβαιότητα συνεισφέρει στο $E(\omega_x^A)$. Όταν μια δήλωση x για παράδειγμα λέει «Ο David είναι ειλικρινής και αξιόπιστος», τότε η γνώμη (opinion) μπορεί να ερμηνευτεί ως εμπιστοσύνη αξιοπιστίας (reliability trust) στον David. Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι η Alice χρειάζεται να επισκευάσει το αμάξι της και ζητάει από τον Bob να της προτείνει έναν καλό μηχανικό αυτοκινήτων. Όταν ο Bob προτείνει τον David, η Alice θέλει μια δεύτερη γνώμη έτσι ζητάει από την Claire να της πει την γνώμη της για τον David. Αυτή η κατάσταση παρουσιάζεται στο σχήμα παρακάτω:



Σχήμα 20: Αντλώντας εμπιστοσύνη από παράλληλες μεταβατικές αλυσίδες.

Όταν η εμπιστοσύνη και οι συστάσεις εκφράζονται σαν γνώμες, κάθε μονοπάτι εμπιστοσύνης Alice→Bob→David και Alice→Claire →David μπορεί να υπολογιστεί με βάρος τον βαθμό εμπιστοσύνης της Alice στο Bob και στην Alice.

- Προσέγγιση μοντέλων trust με θεωρία Παιγνίων (Learning algorithms)

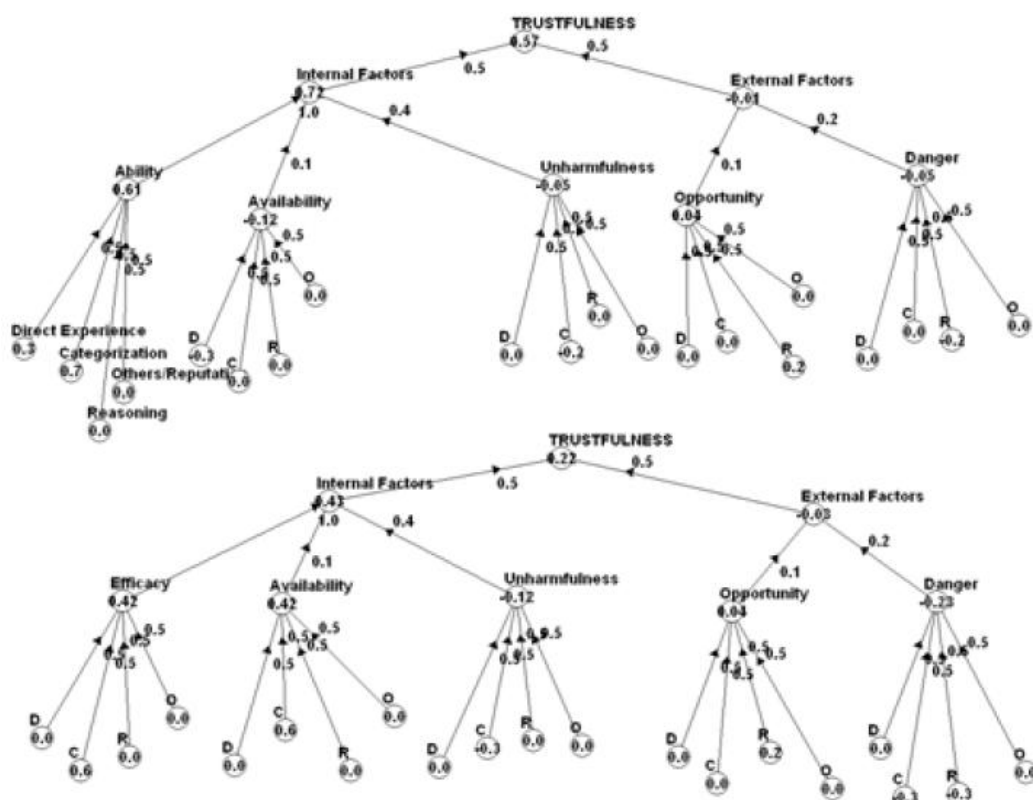
Στο [31] θεωρείται ότι μια διαδικασία διαπραγματεύσεων μεταξύ των πρακτόρων μπορεί να περιγραφεί σαν παιχνίδι μεταξύ όμοιων οντοτήτων που μπορεί να οδηγηθεί σε ισορροπία (equilibrium). Η στρατηγική αποφασίζεται με βάση τους κανόνες των παιχνιδιού αλλά και του στόχου του χρήστη. Αυτή η οπτική δεν έχει καθόλου κοινωνική προσέγγιση επίσης απαιτεί πολύ χρόνο και πολλές διαπραγματεύσεις (κατάλληλη για auctions).

- Προσέγγιση με Ασαφή Λογική (Fuzzy Logic)

1) Προσέγγιση με την τεχνική Fuzzy Cognitive Maps (FCM)

Η μελέτη [32] βασίζεται σε ένα socio-cognitive μοντέλο εμπιστοσύνης που χρησιμοποιεί Fuzzy Cognitive Maps (FCM). Ένα FCM είναι ένα προσθετικό fuzzy σύστημα με ανατροφοδότηση (feedback) το οποίο είναι πολύ καλό για την αναπαράσταση δυναμικών συστημάτων και σχέσεων αιτίας αποτελέσματος. Υπολογίζεται ένας βαθμός εμπιστοσύνης και όχι μια απλή πιθανότητα έτσι ώστε να μπορείς να αξιολογήσεις την εμπιστοσύνη με ένα συσχετιστικό τρόπο. Ο τελικός βαθμός εμπιστοσύνης υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη και παράγοντες όπως η εξαπάτηση από τρίτους, η δεδομένη κατάσταση και οι συνθήκες. Έχουμε 4 είδη πηγών εμπιστοσύνης (belief sources): άμεση εμπειρία (direct experience), κατηγοριοποίηση σε διάφορες ομάδες που επηρεάζουν την εμπιστοσύνη, reasoning (το ίδιο με το categorization αλλά περισσότερο γενικό) και η φήμη. Οι παράγοντες που εξετάζονται για την αξιοπιστία των belief sources φαίνονται στο παρακάτω παράδειγμα: Ας υποθέσουμε τη πηγή εμπιστοσύνης που αναφέρεται στη φήμη για τις ικανότητες ενός γιατρού. Συλλέγοντας πληροφορίες έχουμε τη άποψη του John που λέει: «Νομίζω ότι ο γιατρός είναι αρκετά καλός στη δουλειά του» από αυτό αξιολογούμε τα ακόλουθα: 1) το περιεχόμενο: αρκετά καλός 2) πως κρίνει ο John την δική του άποψη (νομίζω στη συγκεκριμένη περίπτωση αλλιώς θα μπορούσε να έλεγε είμαι σίγουρος/δεν είμαι σίγουρος/είμαι αρκετά σίγουρος, κ.ο.κ.) και τέλος 3) την γενική αξιοπιστία του John. Το μοντέλο θα πρέπει να είναι σε θέση να καταλήγει σε συμπέρασμα στην περίπτωση που οι συγκλίνουσες και οι αποκλίνουσες απόψεις είναι σχεδόν ίδιες. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται διάφορα heuristics για την τελική απόφαση, στη συγκεκριμένη όμως μελέτη χρησιμοποιείται μια threshold function. Κατά την υλοποίηση,

το FCM έχει κόμβους που αναπαριστούν τις αιτιώδεις έννοιες (belief sources, κ.ο.κ.) και ακμές που αναπαριστούν την αιτιώδη δύναμη του ενός κόμβου πάνω στον άλλο. Οι τιμές στις ακμές τοποθετούνται και ενημερώνονται μέχρι να σταθεροποιηθεί το σύστημα και να υπολογιστεί η γενική εμπιστοσύνη. Ένα FCM παρουσιάζεται παρακάτω. Οι τιμές στους κόμβους είναι στο διάστημα [-1,1] και αναφέρονται στο πόσο σίγουρος είναι κάποιος για αυτή την άποψη. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι παίρνουν τιμές από τους άλλους και έτσι σχεδιάζεται ο γράφος - υπάρχουν θετικές και αρνητικές τιμές κάτι που προσδιορίζει αν επηρεάζεται κατά κάποιο θετικό ή αρνητικό τρόπο το περιεχόμενο ενός άλλου κόμβου. Το FCM τρέχει μέχρι να φτάσει σε δεδομένη ισορροπία (equilibrium) όπου το προηγούμενο βήμα είναι ίδιο με το επόμενο.



Σχήμα 21: Διαδικασία επίσκεψης FCM.

2) Προσέγγιση με ασαφή λογική και διαφορετικά είδη εμπιστοσύνης

Στο [33] γίνεται χρήση των ασαφών συνόλων με συναρτήσεις συμμετοχής οι οποίες εκφράζουν το βαθμό στον οποίο μια ασαφής μεταβλητή είναι μέλος του ασαφούς συνόλου. Ο σχεδιαστής του συστήματος έχει την δυνατότητα να επιλέξει τους κανόνες στους οποίους υπόκειται η συνάρτηση μέλους αλλά και να εισάγει ανάλογα με το

περιβάλλον βαθμούς σημασίας. Εισάγονται νέες έννοιες εμπιστοσύνης: trust: θετική έννοια - αξιοπιστία ενός πράκτορα, distrust: αρνητική έννοια - η ολοκληρωτική και σίγουρη γνώση ότι ένας agent είναι αναξιόπιστος, untrust: θετική έννοια - ένας πράκτορας είναι έμπιστος αλλά όχι αρκετά για να συνεργαστούμε μαζί του, undistrust: αρνητική έννοια - το διάστημα μεταξύ του untrust και distrust όπου ένας πράκτορας είναι αναξιόπιστος αλλά όχι αρκετά για να χαρακτηριστεί distrusted. Τίθενται κάποιες μεταβλητές του προβλήματος όπως η επιτυχία, το κόστος και η ποιότητα με την δυνατότητα επέκτασης σε ότι είναι πραγματικά χρήσιμο για τη φύση του συστήματος. Σε κάθε διάσταση από αυτές υπολογίζεται ένας βαθμός προσωπικής εμπειρίας με τον αξιολογούμενο πράκτορα και τελικά βασιζόμενοι σε παλιότερες αλληλεπιδράσεις υπολογίζεται ο βαθμός εμπιστοσύνης για κάθε διάσταση. Υπάρχουν κάποιες τιμές κατωφλίου που ορίζονται από τον σχεδιαστή για τον ορισμό κάποιου ως trusted ή distrusted. Κατά την εκκίνηση του συστήματος (bootstrapping) δίνεται ίση δυνατότητα σε όλους τους πράκτορες να είναι ο καθένας από αυτούς να είναι ο επιλεγόμενος τυχαία έμπιστος. Υπάρχοντας αδιεξόδου (deadlock) (όλοι οι πράκτορες είναι trusted ή distrusted) υπάρχει η δυνατότητα reboot strapping, αξιολογώντας τους πράκτορες με τις πιο πρόσφατες για παράδειγμα συναλλαγές τους. Πειραματικά ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας NRC FuzzyJ Toolkit για την υλοποίηση του Fuzzy decision μηχανισμού και αποδείχθηκε ότι χρησιμοποιώντας και τις 4 διαστάσεις εμπιστοσύνης που προτείνονται υπάρχει μεγαλύτερος βαθμός επιτυχίας. Πιθανά προβλήματα αναφέρονται στη αξιολόγηση των συναρτήσεων συμμετοχής και των κανόνων που τίθενται από τον σχεδιαστή. Στη συγκεκριμένη προσέγγιση δεν υπάρχει καθόλου προσαρμογή του αλγορίθμου και ανατροφοδότηση ανάλογα με τα προβλήματα που προκύπτουν στα αποτελέσματα.

3) Προσέγγιση χρησιμοποιώντας την έννοια του χρόνου

Στο [34] εισάγεται η έννοια του χρόνου (timeslot) έτσι πλέον ως εμπιστοσύνη ορίζεται η πεποίθηση ενός πράκτορα (trusting agent) ότι κάποιος άλλος πράκτορας (trusted agent) θέλει και μπορεί να του δώσει την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσιών σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (timeslot). Προτείνεται ένας τρόπος με ανταλλαγή μηνυμάτων για να μάθει ο πράκτορας που ψάχνει να εμπιστευτεί κάποιον (trusting agent) από το υπόλοιπο δίκτυο για την αξιοπιστία κάποιου άλλου πράκτορα (trusted agent) σε παρελθόντες συναλλαγές με ορόσημο πάντα τη χρονοθυρίδα (timeslot) και

στην συνέχεια υπολογίζεται η τελική εμπιστοσύνη (Weighted Trustworthiness Value - WTV) όπου κάθε βαθμός εμπιστοσύνης (trust value) συμπεριλαμβάνεται στην εξαγωγή του αποτελέσματος με βάρος το δεδομένο timeslot. Στην συνέχεια το αποτέλεσμα περνάει από fuzzy engine και σύμφωνα με κάποιους κανόνες λαμβάνουμε αποτελέσματα.

- Προσέγγιση με θεωρία της επιχειρηματολογίας

Η θεωρία της επιχειρηματολογίας (argumentation theory), ή απλά επιχειρηματολογία είναι μια θεωρία που βασίζεται σε διάφορα επιστημονικά πεδία και μελετά το πώς ο ανθρώπινος νους μπορεί και φτάνει σε συμπεράσματα βασιζόμενος στη λογική σκέψη. Επίσης ασχολείται με τους κανόνες συμπερασμού και την λογική αλληλουχία σε πραγματικό και εικονικό κόσμο. Γενικότερα περιλαμβάνει συζήτηση, δημόσιο διάλογο και διαπραγματεύση για την εξεύρεση ενός αμοιβαίου συμβιβασμού με στόχο πάντα ο κάθε πράκτορας να πετύχει όσο το δυνατόν πιο συμφέρον αποτέλεσμα για αυτόν σε σχέση με τον αντίπαλό του [35].

- 1) Προσέγγιση συναλλαγής με επιχειρηματολογία

Στο [36] παρουσιάζεται το πρωτόκολλο Argumentation Based Negotiation (ABN) πάνω στο οποίο υπάρχουν πολλές παραλλαγές και ουσιαστικά είναι ένα σύστημα που υλοποιεί ένα αυτόματο σύστημα διαπραγματεύσεων για επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων. Είναι βασισμένο σε προτάσεις (proposals) που μεταφέρονται μεταξύ των πρακτόρων. Οι εκφράσεις αυτές είναι συγκεκριμένες και καταχωρημένες σε μια βάση δεδομένων. Παραδείγματα αυτών των εκφράσεων (οι οποίες αναφέρονται σαν locutions) είναι πρότεινε (propose), αποδέξου (accept), απέρριψε (reject) και κάνε προσφορά (offer). Οι συγκεκριμένες εκφράσεις λαμβάνουν ορίσματα ανάλογα με τον τύπο της έκφρασης. Ένα proposal πρέπει να έχει πάντα κάποιο αποτέλεσμα από τον άλλο agent το οποίο μπορεί να είναι αποδοχή (accept), απόρριψη (reject) ή κριτική (criticized) και μπορεί να επιφέρει μια έναρξη διαπραγματεύσεων. Όλοι οι πράκτορες ακολουθούν ένα πρωτόκολλο διαπραγματεύσεων το οποίο ακολουθεί διάφορους κανόνες εισόδου στις διαπραγματεύσεις, αποχώρησης από τις διαπραγματεύσεις, τερματισμού διαπραγματεύσεων, εγκυρότητας και απόρριψης της πρότασης (proposal).

Αυτό το πρωτόκολλο είναι επιρρεπής σε προβλήματα ατέρμονης επανάληψης των

ίδιων διαπραγματεύσεων δεδομένου ότι το πρόβλημα της εγγυημένης επιτυχίας έχει αποδειχτεί πραγματικά δυσεπίλυτο. Τέλος εφόσον το σύστημα και ο αλγόριθμος είναι ανοικτός και γνωστός σε όλους υπάρχει πάντα το ζήτημα του κακόβουλου λογισμικού (malicious software) το οποίο μπορεί να εκμεταλλευτεί τους πράκτορες με ψευδή στοιχεία. Τέλος ένα μεγάλο θετικό στοιχείο είναι ότι ένα τέτοιου είδους πρωτόκολλο εύκολα επεκτείνεται στο Web βασιζόμενο σε γλώσσες όπως η OWL (Ontology Web Language).

Οι προαναφερθείσες τεχνικές έχουν προβλήματα όσον αφορά στα εξής: Πρώτον βασίζονται σε διάφορα heuristics που υστερούν σε θεωρητική θεμελίωση πράγμα το οποίο κάνει δύσκολη την πρόβλεψη της συμπεριφοράς που παρουσιάζεται κάτω από διαφορετικές καταστάσεις ή ακόμα δυσκολεύει τον προσδιορισμό της καλύτερης (optimal) συμπεριφοράς. Δεύτερον είναι δυνατόν να κάνουν προβλέψεις για κάποιον πράκτορα που η συμπεριφορά του αναπαριστάται με ένα πολύ συγκεκριμένο τρόπο. Για παράδειγμα ορισμένα μοντέλα που αφορούν την εμπιστοσύνη απαιτούν η συμπεριφορά των πρακτόρων να αναπαριστάται από ένα μικρό διακριτό σύνολο από ετικέτες όπως {συνεργάζομαι, εξαπατώ} ή {καλός, μέτριος, κακός}. Τρίτον προβλέπουν την συμπεριφορά ενός πράκτορα βασισμένες σε προηγούμενες παρατηρήσεις του ίδιου agent. Γενικά αυτές οι παρατηρήσεις λαμβάνονται κατευθείαν από αυτόν που αναζητά τον έμπιστο πράκτορα (truster) ή μέσω παρατηρήσεων που γίνονται από τρίτους πράκτορες κάτι το οποίο είναι γνωστό ως trustee's reputation. Το πρόβλημα με αυτό είναι ότι ο truster μπορεί να αξιολογήσει έναν πράκτορα μόνο αν έχει πρόσβαση σε έναν ικανοποιητικό αριθμό από παρατηρήσεις της προηγούμενης συμπεριφοράς του. Όταν όμως κάποιος πράκτορας μπαίνει για πρώτη φορά στο σύστημα δεν υπάρχει τέτοια πληροφορία γιατί δεν έχει αλληλεπιδράσει με άλλον πράκτορα. Αυτό το πρόβλημα έντονο σε συστήματα ευάλωτα σε ξέπλυμα (whitewashing) σε περιπτώσεις που οι πράκτορες αλλάζουν ταυτότητα για να ξεφορτωθούν την «κακή» φήμη. Ακολουθούν διάφορες άλλες προσεγγίσεις που βασίζονται σε διάφορες λογικές επίσης περιγράφονται αναλυτικά το σύστημα ReGreT καθώς επίσης η διαδικτυακή αγορά e-bay που είναι δυο αντιπροσωπευτικά πραγματικά εφαρμοσμένα συστήματα εμπιστοσύνης σε ευφυείς πράκτορες.

1) Προσέγγιση με θεωρίες λογικής

Στη [42] μελέτη παρουσιάζεται το είδος λογικής BIT (logic of Belief Information acquisition Trust) η οποία είναι βασισμένη σε δοξαστική doxastic logic (επέκταση της

κλασσικής λογικής που ασχολείται με την αξιολόγηση των απόψεων – πεποιθήσεων [37]). Ορίζονται μια σειρά από αξιώματα και θεωρήματα βάσει των οποίων στη συνέχεια αποφασίζει κάποιος πράκτορας για τον άλλο αν μπορεί να τον εμπιστευτεί ή όχι. Οι πράκτορες είναι χωρισμένοι σε ομάδες και κάθε πράκτορας έχει τις δικές του απόψεις για τον άλλο βασιζόμενος στο ιστορικό του έτσι η συμπεριφορά κάποιου πράκτορα μέσα από την ομάδα επηρεάζει την άποψη των άλλων πρακτόρων για ολόκληρη την ομάδα.

2) Προσέγγιση βασιζόμενη στη μετα - πληροφορία

Στη [38] μελέτη ένας πράκτορας μπορεί να αναγνωρίζει την αυθεντικότητα ενός άλλου πράκτορα αναγνωρίζοντας και πιστεύοντας τη περιγραφική μετα-πληροφορία (metadata) η οποία είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιγραφεί / αλλοιωθεί από κάποιον άλλον απατεώνα -. Πρέπει να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο η μετα-πληροφορία είναι δομημένη και ανακοινώνεται στους άλλους χρήστες έτσι ώστε η πλαστοπροσωπία να είναι εξαιρετικά δύσκολη.

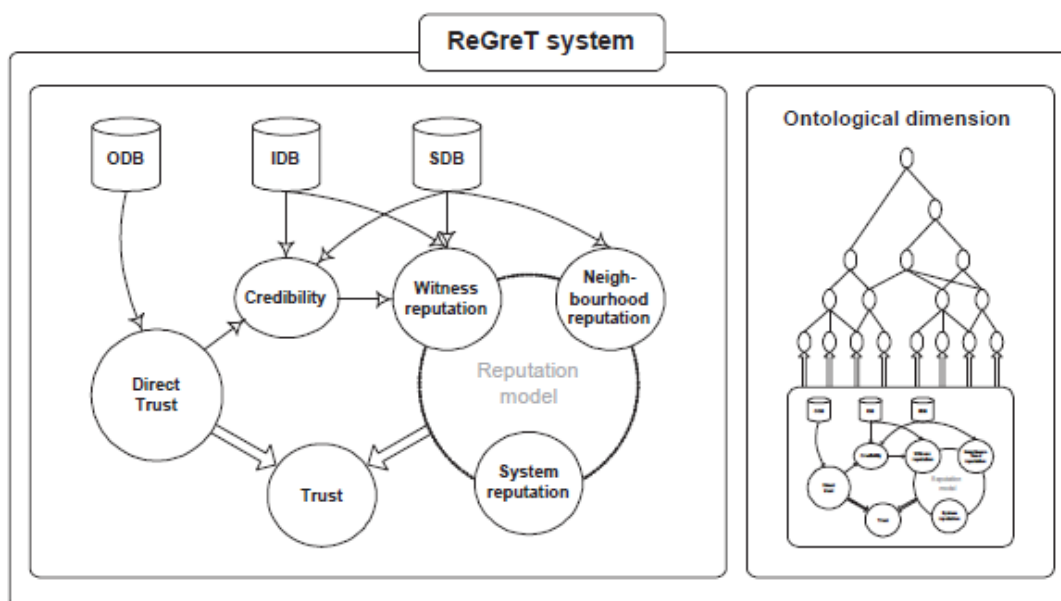
3) Προσέγγιση βασιζόμενη στο περιεχόμενο

Στη [43] μελέτη εισάγεται η έννοια του trust σε συσχετισμό με το περιεχόμενο (context) - κάτι που θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας. Μπορούν να δημιουργηθούν και σχέσεις μεταξύ των διαφόρων περιεχομένων, σχέσεις όπως είναι του τύπου (instance of) , είναι ένα (is a) κ.ο.κ. Σαν παράμετρος στην εύρεση του καλύτερου πράκτορα για την εξυπηρέτηση των συμφερόντων ενός άλλου πράκτορα το είδος των υπηρεσιών που προσφέρει καθώς επίσης και το περιεχόμενό τους παίζει σημαντικό ρόλο.

4) Σύστημα ReGreT

Στη μελέτη [39] παρουσιάζεται το σύστημα ReGreT είναι ένας μηχανισμός εμπιστοσύνης και φήμης το οποίο σκοπεύει να χρησιμοποιηθεί σαν ένα κομμάτι το οποίο επεκτείνει τις δυνατότητες ενός ευφυούς πράκτορα, προσθέτοντας του την δυνατότητα να υπολογίσει την εμπιστοσύνη, βελτιώνοντας την συμπεριφορά του σε μια διαδικτυακή αγορά. Η δομή του συστήματος ReGreT είναι βασισμένη σε αυτό που ονομάζουμε τρεις διαστάσεις της φήμης. Ένας πράκτορας χρησιμοποιεί μόνο την προσωπική διάσταση αν το άτομο που αντιπροσωπεύει θεωρεί μόνο την άμεση αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα μέλη της κοινωνίας ένα μέγεθος για να μπορέσει να αποφασίσει για την φήμη κάποιου άλλου πράκτορα. Αν για την εξαγωγή του συμπεράσματος χρησιμοποιεί επίσης πληροφορία που προέρχεται από άλλα μέλη του

συστήματος με τα οποία μπορεί να έχει κάποιες σχέσεις (παλαιότερες αλληλεπιδράσεις), τότε ο συγκεκριμένος πράκτορας χρησιμοποιεί την κοινωνική (social) διάσταση η οποία αναπαριστάται με γράφο που στον υπολογισμό λαμβάνει μέρος μόνο οι γειτονικοί κόμβοι. Η φήμη κάθε πράκτορα έχει μια χρονική διάσταση (η αξία της πέφτει με το πέρασμα του χρόνου). Τέλος, το σύστημα χρησιμοποιεί μια τρίτη διάσταση που σχετίζεται με τον τρόπο υπολογισμού της φήμης. Θεωρείται ότι η φήμη ενός ατόμου δεν είναι μια ενιαία και αφηρημένη έννοια αλλά μια ιδιαίτερα πολύπλοκη ιδέα. Για παράδειγμα, η φήμη ότι μια αεροπορική εταιρία είναι καλή συνοψίζει ότι η συγκεκριμένη εταιρία έχει καινούρια αυτοσυντηρημένα αεροπλάνα, ότι έχει την φήμη ότι δεν χάνει ποτέ τις αποσκευές των επιβατών της και την φήμη ότι έχει πολύ καλή εξυπηρέτηση και καλό φαγητό. Οι διαφορετικοί τύποι της φήμης και πως αυτοί συνδυάζονται μεταξύ τους για να επιτευχθούν νέοι τύποι είναι η βάση της τρίτης διάστασης, της οντολογικής διάστασης. Ακολουθεί ένα διάγραμμα που περιγράφει την γενικότερη φιλοσοφία και σχεδιασμό του συστήματος.



Σχήμα 22: Σύστημα ReGreT.

5) E-Bay

Κάποια από τα πιο πετυχημένα παραδείγματα διαδικτυακών συστημάτων εμπιστοσύνης με βάση το reputation των χρηστών είναι το eBay [41]. Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί με ανατροφοδότηση (feedback) και κρίση βάσει του αποτελέσματος μιας αλληλεπίδρασης. Τα συγκεκριμένα συστήματα επιτρέπουν στους συμμετέχοντες σε μια συναλλαγή να αξιολογήσουν ο ένας τον άλλον με τιμή +1 για θετικό σχολιασμό, 0 για ουδέτερο και -1 για αρνητικά. Μόνο οι κερδισμένοι πλειοδότες και πωλητές μπορούν

να δώσουν ανατροφοδότηση για τις ολοκληρωμένες αλληλεπιδράσεις τους. Η βαθμολόγηση ενός συμμετέχοντος στο eBay μετράει μόνο μια φορά στη βαθμολογία του άλλου συμμετέχοντα. Για παράδειγμα, αν ο συμμετέχων A δώσει 3 θετικούς πόντους σε έναν άλλο συμμετέχοντα B (για τρεις διαφορετικές συναλλαγές), η βαθμολογία του B αυξάνεται μόνο κατά ένα βαθμό. Παρόλα αυτά αν ο A δώσει δυο αρνητικούς και ένα θετικό πόντο στο B, η αρνητική βαθμολόγηση θα μετρήσει μόνο μια φορά όπως και η θετική. Η τελική τιμή της φήμης ενός συμμετέχοντα υπολογίζεται σαν το άθροισμα όλων των πόντων που έχει λάβει από την στιγμή που γράφτηκε στην αγορά. Κάθε συμμετέχων με τιμή φήμης -4 αναστέλλεται από τις λειτουργίες του eBay. Η προσέγγιση αυτή είναι γραμμική και έχει δυαδική λογική δηλαδή υπάρχει μόνο θετικό και αρνητική ανατροφοδότηση και συχνά αποτυγχάνει να αποτυπώσει αποτελεσματικά την συμπεριφορά των οντοτήτων που συμμετέχουν. Για παράδειγμα, ένας συμμετέχων που έχει 100 θετικούς πόντους θα έχει την ίδια βαθμολογία με κάποιον που έχει 300 θετικούς και 200 αρνητικούς πόντους.

4.5 Επίλογος

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αναπτύχθηκε αναλυτικά η έννοια της εμπιστοσύνης και της αξιοπιστίας που είναι οι δυο κυριότερες έννοιες οι οποίες χρησιμοποιούνται στο σύστημα μας. Στη συνέχεια αναλύονται όλες οι υπάρχουσες τεχνικές προσδιορισμού αυτών των εννοιών που υπάρχουν στη βιβλιογραφία αλλά είναι υλοποιημένες και στην πράξη. Αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μιας καθώς και μια μικρή περιγραφή τους με τα κύρια καινοτόμα στοιχεία που εισάγει η κάθε μια. Αυτό θα μας βοηθήσει παρακάτω στην σύγκριση του συστήματος μας με άλλα προϋπάρχοντα καθώς και στο τρόπο προσδιορισμού του συστήματος μας. Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα εμπιστοσύνης που αναπτύχθηκε σε αυτή την μελέτη, λεπτομερώς βασιζόμενο στις έννοιες και τις αρχές που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Σύστημα προσδιορισμού εμπιστοσύνης για ευφυείς πράκτορες

5.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά το σύστημα που υλοποιήθηκε στη συγκεκριμένη μελέτη καθώς και οι παράμετροι που το αφορούν. Το συγκεκριμένο σύστημα είναι καινοτόμο σε σχέση με αυτά που περιγράφονται στη βιβλιογραφία δεδομένου ότι συνδυάζει διάφορες από αυτές τις προσεγγίσεις της εμπιστοσύνης που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 4 και δημιουργεί μια ιεραρχία σαφών συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή της εμπιστοσύνης. Λαμβάνοντας υπόψη τα μειονεκτήματα και τις αδυναμίες του κάθε τρόπου προσδιορισμού της εμπιστοσύνης που υπάρχει στη βιβλιογραφία, υλοποιήθηκε ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει σε στάδια διάφορες προσεγγίσεις χρησιμοποιώντας όλη την παρεχόμενη πληροφορία από το σύστημα για να εξάγει αποτέλεσμα. Είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλευρο σύστημα το οποίο περιλαμβάνει δυο διαφορετικούς τύπους εμπιστοσύνης (προσωπική και κοινωνική) οι οποίοι συνδυάζονται τελικά σε ένα συνολικό αποτέλεσμα το οποίο εκφράζει την εμπιστοσύνη σε κάποιο πράκτορα. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη ο οποίος αντιπροσωπεύεται από κάποιο ευφυή πράκτορα στα πλαίσια μιας ηλεκτρονικής αγοράς, να προσδιορίσει την αξιοπιστία κάθε πωλητή με τον οποίο ενδέχεται να κάνει συναλλαγή. Η πληροφορία της αξιοπιστίας είναι ανοιχτή και παρεχόμενη σε όλους τους χρήστες του συστήματος οι οποίοι είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν πληροφορία. Ακολουθείται μια κεντροποιημένη αρχιτεκτονική όσο αναφορά την φύλαξη των δεδομένων σχολιασμού κάθε συναλλαγής. Το συγκεκριμένο σύστημα θα μπορούσε να λειτουργήσει σαν ένα βοηθητικό λογισμικό το οποίο θα ενσωματώνεται στο λογισμικό του ευφυή πράκτορα και θα υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας με το σύστημα της ηλεκτρονικής αγοράς έτσι ώστε να μπορεί να λάβει πληροφορίες προς επεξεργασία αλλά και να παραδώσει κριτικές για ολοκληρωμένες συναλλαγές. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάμεσα στη κεντρική αρχή φύλαξης των πληροφοριών και στους διάφορους πράκτορες είναι ιδιαίτερα χρήσιμο αλλά βρίσκεται εκτός των πλαισίων της συγκεκριμένης μελέτης. Τέλος είναι ιδιαίτερα εύκολα παραμετροποιήσιμο για να

μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί έτσι ώστε να ταιριάζει σε πολλά διαφορετικά συστήματα ηλεκτρονικών αγορών αλλά και σε διαφορετικές επιθυμίες χρηστών. Λόγω της ιδιαίτερης πολυπλοκότητας και ποσότητας των δεδομένων θεωρήθηκε απαραίτητη η χρήση της ασαφούς λογικής για την εξαγωγή των συμπερασμάτων για την εμπιστοσύνη βάσει διαφόρων παραγόντων που ενδιαφέρουν το χρήστη και θα μελετούσε αν αποφάσιζε ο ίδιος.

5.1 Περιγραφή συστήματος

Το σύστημα υποθέτει ένα περιβάλλον μιας ηλεκτρονικής αγοράς στο οποίο συμμετέχουν οντότητες δυο ειδών: οι *αγοραστές* (users) και οι *πωλητές* (sellers). Οι πωλητές προσφέρουν διάφορα προϊόντα ενώ οι αγοραστές ψάχνουν την καλύτερη τιμή αγοράς. Οι αγοραστές πριν την αγορά του προϊόντος υπολογίζουν τον βαθμό εμπιστοσύνης για κάθε πωλητή που προσφέρει το προϊόν που επιθυμούν και το λαμβάνουν υπόψη στη τελική τους απόφαση. Τελικός σκοπός τους είναι να επιλέξουν τον καλύτερο πωλητή όσο αναφορά την τιμή και την αξιοπιστία. Το σύστημα που υλοποιήθηκε είναι ένα σύστημα εμπιστοσύνης το οποίο βασίζεται στο προσωπικό ιστορικό συναλλαγών κάθε χρήστη καθώς επίσης και στα σχόλια που κάνει κάθε μέλος του συστήματος για τον πωλητή μετά από κάθε συναλλαγή. Επιπλέον υπολογίζεται ένας παράγοντας λάθους μεταξύ των δυο αυτών μεγεθών με αποτέλεσμα την αναπροσαρμογή του συστήματος στα τελικά βάρη που θα χρησιμοποιήσει για να καταλήξει σε μια τελική τιμή της εμπιστοσύνης.

Όπως κάθε σύστημα έτσι και αυτό έχει κάποιες παραδοχές και προαπαιτούμενα σχετικά με την λειτουργία του, οι οποίες όπως μπορούν να αντιμετωπισθούν με μια μελλοντική επέκταση του συστήματος ή και προσαρμογή του κάθε φορά στο περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί. Κάθε χρήστης του συστήματος έχει μια γενική φήμη η οποία υπολογίζεται από την συμπεριφορά του και τις συναλλαγές του εντός της κοινότητας. Ο υπολογισμός αυτού του μεγέθους δεν αποτελεί αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης δεδομένου ότι υπάρχουν αρκετά αποδοτικοί τρόποι στη βιβλιογραφία για τον υπολογισμό του όπως αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4. Υπάρχει μια κεντρική αρχή (Centralised Reputation System) η οποία κρατά στην βάση της όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν τον σχολιασμό κάθε συναλλαγής που πραγματοποιείται μέσα στην κοινότητα άλλα και πληροφορίες για τη φήμη κάθε χρήστη.

Επιπλέον κάθε χρήστης κρατά σε μια τοπική δική του τοπική βάση γνώσης

ολόκληρο το ιστορικό των συναλλαγών του καθώς επίσης και τον σχολιασμό του αποτελέσματος κάθε αλληλεπίδρασης. Υπάρχουν τρεις άξονες που καθορίζουν την αξιοπιστία κάθε πωλητή: η ποιότητα του προϊόντος που τελικά παρέλαβε ο χρήστης, η ταχύτητα με την οποία ο πωλητής ανταποκρινόταν στις ερωτήσεις κάθε χρήστη και τέλος η ποιότητα και ταχύτητα της αποστολής (communication, quality, shipping). Οι άξονες αυτοί είναι εύκολα επεκτάσιμοι σε ότι είναι εφαρμόσιμο και σημαντικό για κάθε σύστημα.

Από την άλλη πλευρά κάθε χρήστης τοπικά κρατά μια βάση γνώσης με το ιστορικό του. Το ιστορικό του χρήστη από δυο είδη στοιχείων: συναλλαγές που έχει κάνει στο παρελθόν συνοδευόμενες από τις παραμέτρους του περιβάλλοντος καθώς επίσης και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων και οι κατηγοριοποίηση όσο αναφορά την επικοινωνία, την ποιότητα και την ταχύτητα αποστολής, ένα δεύτερο στοιχείο είναι τα αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων με άλλους χρήστες του συστήματος στα πλαίσια της κοινότητας. Έτσι κάποιος με τον οποίο έχει αλληλεπιδράσει πολύ θεωρείται και πιο έμπιστος για εκείνον.

Μια αξιολόγηση του αποτελέσματος μιας συναλλαγής θεωρείται στοιχείο κοινωνικό αλλά και προσωπικό. Η αξιολόγηση μπορεί να είναι διαφορετική αν πρόκειται για προσωπική χρήση και διαφορετική αν είναι δίνεται στη κοινότητα. Επίσης η αξιολόγηση ενός προϊόντος για την κοινότητα δεν είναι απαραίτητη ενώ καταχωρείται πάντα στο προσωπικό ιστορικό. Η αξιολόγηση ενός αποτελέσματος (referral) είναι μια τριάδα από νούμερα στο διάστημα $[-1, 1]$ τα οποία εκφράζουν μια βαθμολογία του πωλητή σε κάθε έναν από τους τρεις παράγοντες: ποιότητα, αποστολή και επικοινωνία για παράδειγμα η τριάδα $(0.1, -0.5, 1)$ σημαίνει ότι το προϊόν που πούλησε ο πωλητής ήταν μέτριο όσο αναφορά την ποιότητα, κακό όσο αναφορά την αποστολή (άργησε υπερβολικά να φτάσει στο προορισμό του ή ήταν υπερβολικά τα έξοδα αποστολής) και ο πωλητής ήταν τέλειος όσο αναφορά την επικοινωνία (απαντούσε πολύ γρήγορα στα μηνύματα).

Έχει υλοποιηθεί ένα σύστημα εμπιστοσύνης με τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο υπολογίζεται η κοινωνική (social trust) πλευρά της εμπιστοσύνης που αφορά την κοινότητα εντός του συστήματος, το δεύτερο στάδιο αφορά την προσωπική εμπιστοσύνη (individual trust) και το ιστορικό που έχει κάθε χρήστης με τον συγκεκριμένο πωλητή και στο τρίτο στάδιο γίνεται μια εξισορρόπηση μεταξύ της κοινωνικής και της προσωπικής εμπιστοσύνης βασιζόμενοι στην διαφορά τους καθώς

επίσης και στον αριθμό των παρατηρήσεων έτσι ώστε να υπολογιστεί ένα βάρος για το καθένα σκέλος. Παρακάτω αναλύεται το κάθε στάδιο χωριστά καθώς και ο τελικός συνδυασμός τους.

Στάδιο 1: Κοινωνική εμπιστοσύνη (Social Trust)

Κάθε σύστημα ηλεκτρονικής αγοράς έχει μια πολύ σημαντική πλευρά που αφορά στην αλληλεπίδραση των χρηστών μέσω των πρακτόρων τους. Κάθε ηλεκτρονική αγορά λόγω ακριβώς αυτών των αλληλεπιδράσεων αποτελεί μια κοινότητα. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν να ληφθούν υπόψη μεγέθη που αφορούν στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών της κοινότητας. Σε αυτό το στάδιο υπολογίζεται αν υπάρχει η κοινωνική πλευρά της εμπιστοσύνης. Στα πλαίσια της κοινότητας, κάθε χρήστης που ολοκληρώνει μια συναλλαγή με κάποιον πωλητή υποχρεούται να βαθμολογήσει τον πωλητή ξεχωριστά σε κάθε παράγοντα (ποιότητα, επικοινωνία, αποστολή) με ένα αριθμό στο διάστημα $[-1, 1]$. Η αξιολόγηση αυτή αποθηκεύεται από το σύστημα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε ο κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση σε αυτή. Σε κάθε μια από αυτές τις αξιολογήσεις προσμετράτε ένας παράγοντας χρόνου που αναφέρεται στη χρονική στιγμή που έγινε την αξιολόγηση και άρα ολοκληρώνεται και η συναλλαγή. Όσο παλαιότερη είναι η αξιολόγηση τόσο λιγότερο συμμετέχει στο συνολικό βαθμό κοινωνικής εμπιστοσύνης, με αυτό τον τρόπο το σύστημα αποκτά την τάση να δίνει μεγαλύτερη σημασία στις πιο πρόσφατες αξιολογήσεις.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την κοινωνική εμπιστοσύνη είναι η φήμη του χρήστη ο οποίος κάνει την αξιολόγηση δεδομένου ότι για κάθε χρήστη έχει καταχωρηθεί στο σύστημα ένας αριθμός στο διάστημα $[0, 1]$ που αφορά στην αξιοπιστία του. Όσο ο αριθμός αυτός τείνει στο 1 (που σημαίνει ότι ο χρήστης έχει και καλύτερη φήμη) τόσο περισσότερο συνεισφέρει η συγκεκριμένη αξιολόγηση στο συνολικό βαθμό κοινωνικής εμπιστοσύνης. Τέλος, χρειάζεται ένα σύστημα το οποίο θα εξάγει κάποιο αποτέλεσμα από τις επιμέρους τιμές της αξιολόγησης για κάθε παράγοντα (quality, communication, shipping). Αυτό το ρόλο αναλαμβάνει ένα σύστημα ασαφούς λογικής, παραμετροποιημένο πάντα σύμφωνα με την γνώση του εμπειρογνώμονα (expert) και στην συγκεκριμένη περίπτωση σύμφωνα με τον κάτοχο του εκάστοτε πράκτορα. Ένα τέτοιο σύστημα είναι ιδανικό για αυτό το πρόβλημα γιατί έχει την δυνατότητα να λαμβάνει αποφάσεις και να προσαρμόζεται εύκολα σε ιδιαίτερα πολύπλοκα και πολυδιάστατα δεδομένα όπως αυτά μιας ηλεκτρονικής αγοράς. Αυτό το σύστημα

ασαφούς λογικής έχει σαν ασαφείς μεταβλητές τις επιμέρους τιμές της αξιολόγησης και σαν έξοδο μια τιμή που αναδεικνύει πόσο έμπιστος είναι ο συγκεκριμένος πωλητής κρινόμενος από την συγκεκριμένη αξιολόγηση. Η έξοδος αποτελεί τον συνδυασμό των τριών εισόδων σύμφωνα με τους ορισμένους από τον εμπειρογνώμονα κανόνες με αποτέλεσμα μια τιμή εμπιστοσύνης στο διάστημα [-1, 1]. Παρακάτω εξηγείται αναλυτικά η συνάρτηση υπολογισμού της κοινωνικής εμπιστοσύνης:

$$social\ trust\ s_i = t_s = \frac{\sum_{j=1}^n [T_j \cdot R \cdot F]}{n} \quad (5.1)$$

Όπου

$$T_j = \max\left(\left(1 - e^{\frac{d_j - d_{max}}{8}}\right), 0\right) \quad (5.2)$$

και

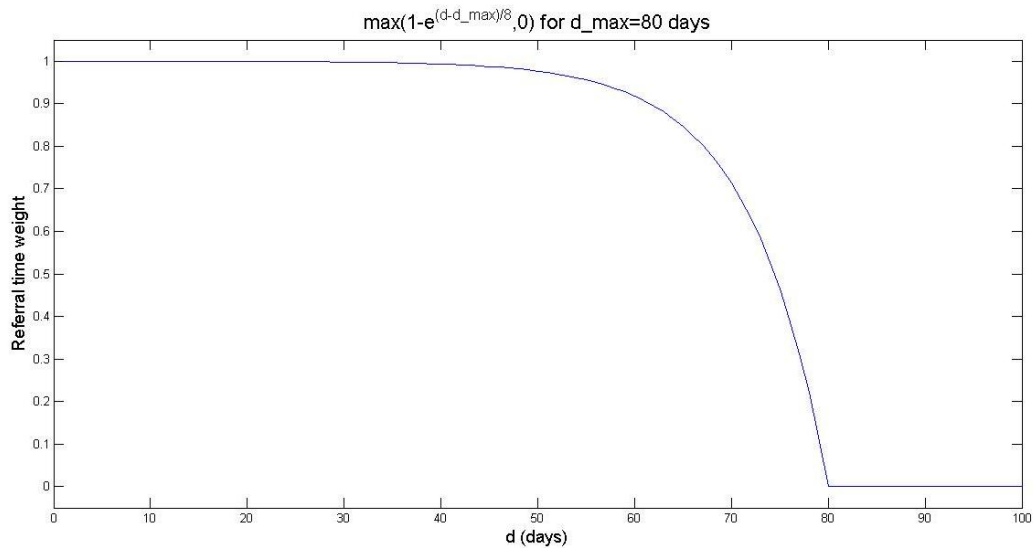
$$R = \left(\alpha \cdot e_m + (1 - \alpha) \cdot \frac{R_m}{\sum_{l=1}^E R_l}\right) \quad (5.3)$$

και τέλος

$$F = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k) \cdot u_k}{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k)} \quad (5.4)$$

Ο παραπάνω τύπος υπολογίζει το συνολικό βαθμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης για ένα συγκεκριμένο πωλητή s_i . Παρακάτω εξηγούνται τα μεγέθη που λαμβάνουν χώρα στον υπολογισμό του.

Έστω ότι για τον seller s_i υπάρχουν n αξιολογήσεις. Το d_j αναφέρεται στην διαφορά σε μέρες μεταξύ της ημέρας που έγινε η αξιολόγηση και της ημέρας που υπολογίζεται η εμπιστοσύνη. Το d_{max} είναι μια παράμετρος του συστήματος η οποία εκφράζει το μέγιστο όριο ημερών μετά από τις οποίες καμία αξιολόγηση δεν θα λαμβάνεται υπόψη. Έτσι ο όρος $T_j = \max\left(\left(1 - e^{-\frac{d_j - d_{max}}{\delta}}\right), 0\right)$ είναι προφανές ότι βρίσκεται στο διάστημα $[0,1]$ και εκφράζει με τι ποσοστό θα λάβει μέρος η j -οστή αξιολόγηση στο συνολικό υπολογισμό της τελικής αξιοπιστίας, ανάλογα με το πόσο πρόσφατη είναι. Το δ το οποίο τοποθετείται στον αριθμητή του e κάνει την συνάρτηση να μην φθίνει ιδιαίτερα απότομα αλλά με μια ομαλοποιημένη καμπύλη. Ακολουθεί μια γραφική παράσταση της συγκεκριμένης συνάρτησης από την οποία μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι για πρόσφατες αξιολογήσεις το ποσοστό συνεισφοράς είναι κοντά στο 1 ενώ όσο παλαιότερη είναι η αξιολόγηση (όσο δηλαδή αυξάνεται η διαφορά σε μέρες με το σήμερα) τόσο η συνάρτηση φθίνει προς το 0.

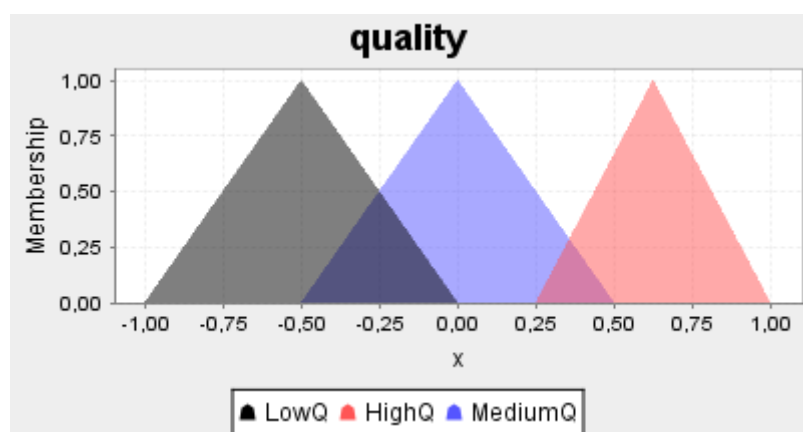


Σχήμα 23: Γραφική παράσταση του χρονικού βάρους για $d_{max} = 80$.

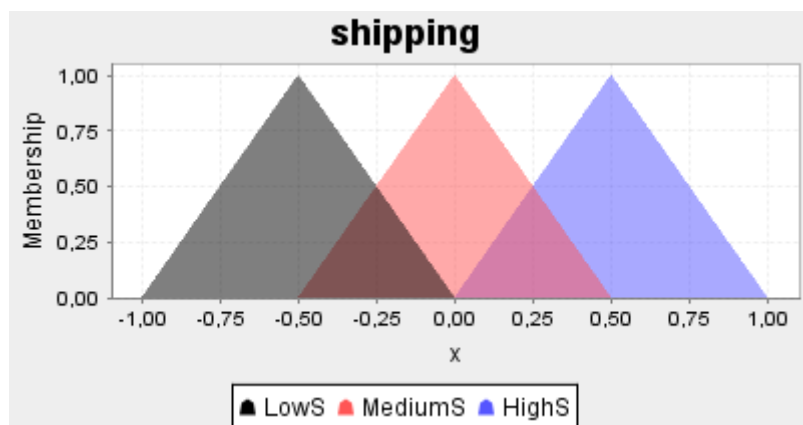
Ακολουθεί ο όρος R που αφορά τη φήμη του χρήστη που έκανε την αξιολόγηση καθώς επίσης και την προσωπική εμπειρία που μπορεί να είχε ο χρήστης που ενδιαφέρεται για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης με τον χρήστη που έκανε την αξιολόγηση. Ανάλογα με το γεγονός του αν αυτός ο χρήστης έχει κάποια φήμη εντός του συστήματος ή όχι συνεισφέρει διαφορετικά στο συνολικό βαθμό εμπιστοσύνης. Η μεταβλητή e_m είναι ένας αριθμός που ανήκει στο διάστημα $[0,1]$ και αναφέρεται σε κάποια προσωπική επαφή ή προηγούμενη αλληλεπίδραση που μπορεί να έχει ο

χρήστης που υπολογίζει την εμπιστοσύνη με το χρήστη που πραγματοποίησε τη συγκεκριμένη αξιολόγηση. Με αυτό τον τρόπο δίνεται σημασία σε προσωπικές εμπειρίες μεταξύ των ίδιων των χρηστών. Όσο το e_m τείνει προς το 1 τόσο μεγαλύτερη και καλύτερη είναι η άποψη του χρήστη προς εκείνον που πραγματοποιεί την αξιολόγηση. Το α αναφέρεται σε μια σταθερά που η τιμή της οποίας εξαρτάται από την τιμή της προσωπική εμπειρίας που έχει ο χρήστης με τον συγκεκριμένο άτομο που κάνει το referral. Για τα δεδομένα της συγκεκριμένης μελέτης το α είναι 0.4 όταν το e_m ανήκει στο διάστημα $[0.5, 0.8)$, ενώ το α είναι 0.6 όταν το e_m είναι στο $[0.8, 1]$. Ενώ το α είναι 0 όταν δεν έχουμε ή έχουμε μικρότερη του 0.5 προσωπική εμπειρία με αυτό το χρήστη. Αυτές οι τιμές επιβεβαιώθηκαν πειραματικά ως οι καλύτερες για τα δεδομένα του σεναρίου. Παρόλα αυτά είναι εύκολα προσαρμόσιμες σε νέα δεδομένα. Τέλος ο όρος $\frac{R_m}{\sum_{i=1}^E R_i}$ αναφέρεται στη φήμη του χρήστη που έκανε την συγκεκριμένη αξιολόγηση σε σχέση με το άθροισμα των τιμών της φήμης των χρηστών που έχουν κάνει έστω και μια αξιολόγηση για αυτό τον χρήστη (θεωρούμε ότι έχουμε E αριθμό ξεχωριστών χρηστών που έχουν κάνει αξιολογήσεις για τον συγκεκριμένο πωλητή). Ουσιαστικά αποτελεί ένα σταθμισμένο μέσο όρο της φήμης του χρήστη λαμβάνοντας πάντα υπόψη μόνο τους χρήστες που έκαναν κάποια αξιολόγηση στον τον πωλητή. Αυτός ο όρος είναι και εκείνος που υπερισχύει στην περίπτωση που ο χρήστης έχει 0 ή μικρότερη από 0.4 προσωπική εμπειρία με τον άλλο χρήστη. Ο τελευταίος όρος του αριθμητή F , αναφέρεται στο αποτέλεσμα του συστήματος ασαφούς λογικής συνδυάζοντας τις τιμές της αξιολόγησης για την ποιότητα, την επικοινωνία και την ταχύτητα αποστολής. Σε αυτό τον όρο το μ_m απεικονίζει την m-ιοστή συνάρτηση συμμετοχής ενώ το u_k απεικονίζει την k-ιοστή είσοδο. N είναι το πλήθος των εισόδων. Κατά το σχεδιασμό των κανόνων που ορίζουν το ασαφές σύστημα δίνουμε μεγαλύτερη σημασία στο παράγοντα ποιότητα δεδομένου ότι είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο σε πραγματικά συστήματα παίζει ιδιαίτερη σημασία για το χρήστη. Στο ασαφές αυτό σύστημα ορίσαμε τις τρεις μεταβλητές εισόδου (ποιότητα, επικοινωνία, αποστολή) και για κάθε μια από αυτές ορίστηκαν τρεις λεκτικές ασαφείς τιμές: Χαμηλό (Low), Μέτριο (Medium) και Υψηλό (High). Χρησιμοποιήθηκαν τριγωνικές συναρτήσεις συμμετοχής κυρίως γιατί όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3 στην τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής παίζει ρόλο η εύκολη και απλή απεικόνιση εκτιμήσεων τριών σημείων (μικρή, μεσαία, μεγάλη πιθανότητα). Η έξοδος είναι μια ασαφής μεταβλητή που παρουσιάζει το παράγοντα εμπιστοσύνης για το κοινωνικό κομμάτι της εμπιστοσύνης. Ονομάζεται παράγοντας εμπιστοσύνης (confidence factor) και παίρνει τιμές στο διάστημα $[-1, 1]$. Παρακάτω

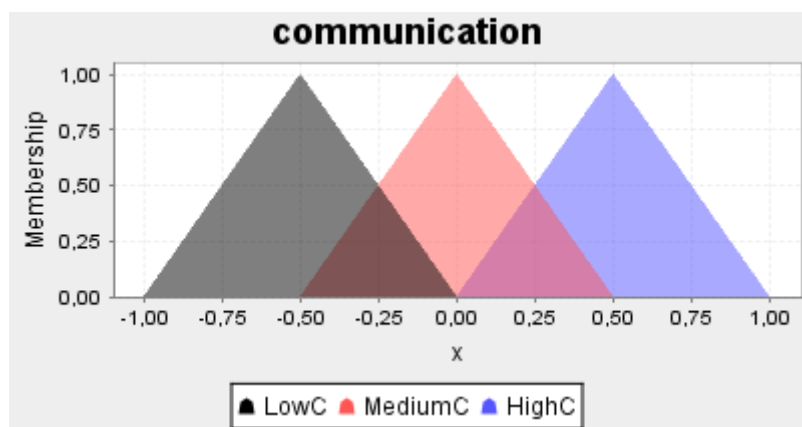
ακολουθεί μια γραφική απεικόνιση των membership functions καθώς επίσης και των βασικότερων κανόνων που ακολουθούνται στον υπολογισμό της τελικής εμπιστοσύνης (confidence factor).



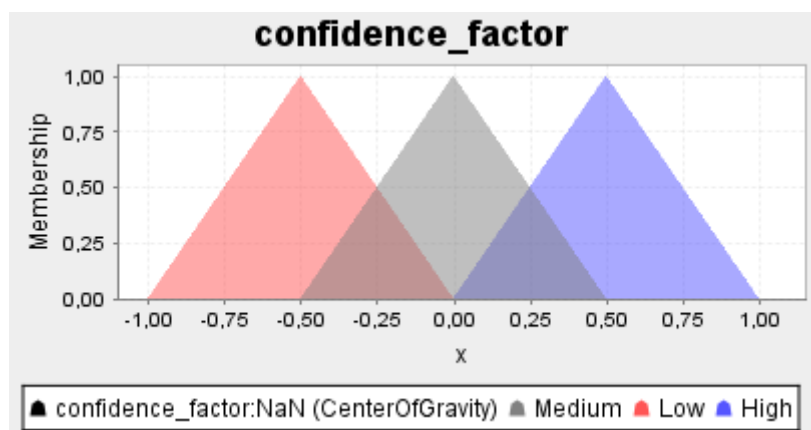
Σχήμα 24: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «ποιότητα» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 25: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «αποστολή» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 26: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «επικοινωνία» στον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 27: Συναρτήσεις συμμετοχής για το τελικό παράγοντα εμπιστοσύνης.

Πίνακας 1: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού της κοινωνικής εμπιστοσύνης.

Ποιότητα	Επικοινωνία	Αποστολή	Εμπιστοσύνη
Χαμηλή	Οτιδήποτε	Οτιδήποτε	Χαμηλή
Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή
Μέτρια	Χαμηλή ή Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Υψηλή

Στο τέλος του Σταδίου 1 διαιρούμε με το πλήθος των αξιολογήσεων (n) έτσι ώστε να κανονικοποιήσουμε το αποτέλεσμα στο διάστημα $[0, 1]$.

Στάδιο 2: Προσωπική εμπιστοσύνη (Individual Trust)

Στο συγκεκριμένο σύστημα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την προσωπική του εμπειρία και να την συνδυάσει με την γνώση που αποκτά από την υπόλοιπη κοινότητα. Κάθε χρήστης είναι σε θέση να φυλάσσει το ιστορικό των συναλλαγών του καθώς επίσης και των συνομιλιών του με άλλα μέλη του συστήματος. Ο υπολογισμός της προσωπικής εμπιστοσύνης (individual trust) ακολουθεί ανάλογο τρόπο με αυτόν της κοινωνικής εμπιστοσύνης (social trust). Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι λείπει ο παράγοντας βάρους που αφορά την προσωπική εμπειρία για την οντότητα που κάνει την αξιολόγηση. Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο αφού σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται το προσωπικό ιστορικό του χρήστη και τη βαθμολογία του για κάθε ένα από τους παράγοντες ποιότητα, επικοινωνία και αποστολή για κάθε παρελθούσα συναλλαγή. Αυτά αποτυπώνονται στον παρακάτω τύπο:

$$\text{individual trust } s_i = t_{in} = \frac{\sum_{j=1}^n [T_j \cdot F]}{n} \quad (5.5)$$

Όπου

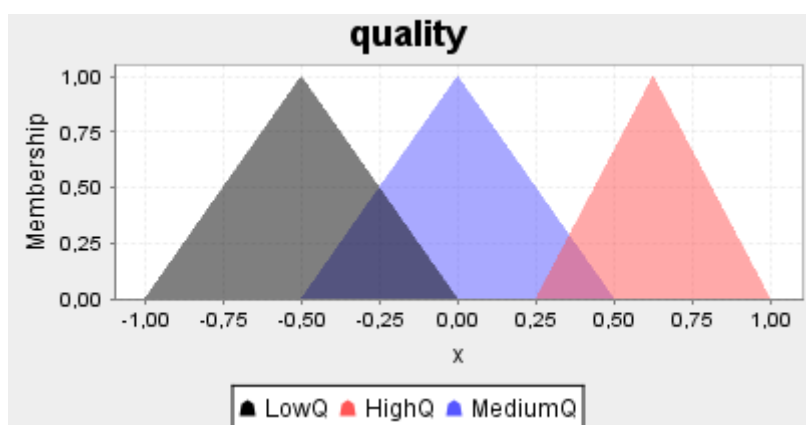
$$T_j = \max \left(\left(1 - e^{-\frac{d_j - d_{max}}{8}} \right), 0 \right) \quad (5.6)$$

Και

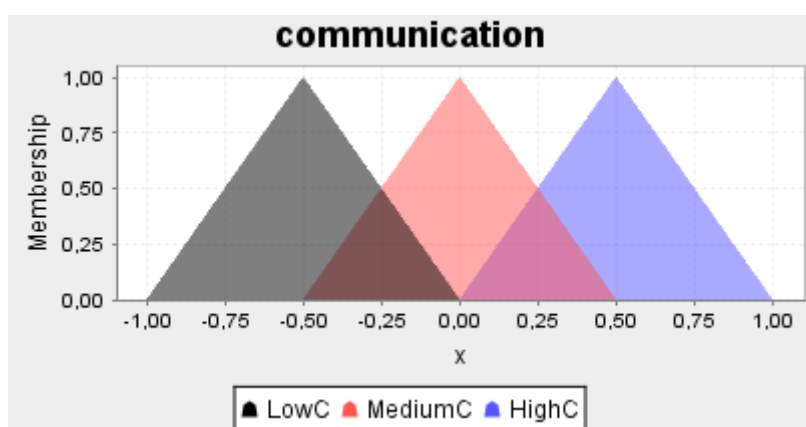
$$F = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k) \cdot u_k}{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k)} \quad (5.7)$$

Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο θεωρούμε ότι ο χρήστης έχει n παρελθούσες συναλλαγές με τον πωλητή s_i . Ακολουθεί ένας παράγοντας $\max \left(\left(1 - e^{-\frac{d_j - d_{max}}{8}} \right), 0 \right)$ όπου

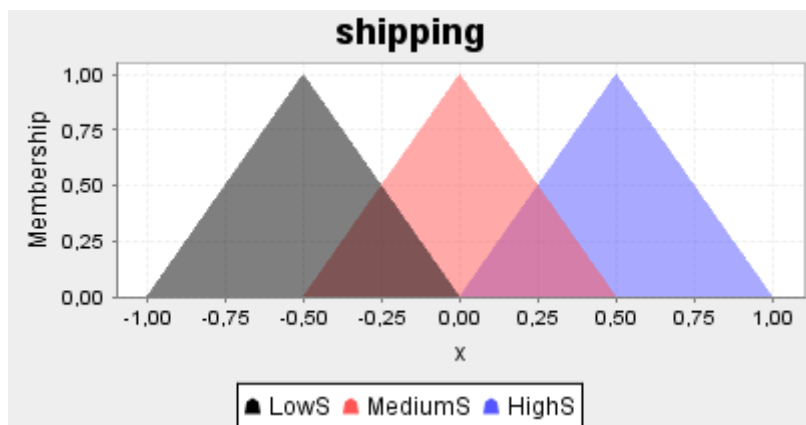
αντίστοιχα με τον υπολογισμό της κοινωνικής εμπιστοσύνης, καθορίζει ένα βάρος σε σχέση με το πόσο πρόσφατη είναι η συναλλαγή. Με αυτό τον τρόπο δίνεται μεγαλύτερο βάρος στις πιο πρόσφατες συναλλαγές. Ακολουθεί το αποτέλεσμα του ασαφούς συστήματος για κάθε συναλλαγή $\frac{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k) \cdot u_k}{\sum_{k=1}^N \mu_m(u_k)}$. Σαν είσοδος στο σύστημα ασαφούς λογικής δίνουμε τα σχόλια του χρήστη που υπολογίζει την εμπιστοσύνη για την συγκεκριμένη συναλλαγή. Το σύστημα ασαφούς λογικής που αφορά την προσωπική εμπιστοσύνη είναι πιο αυστηρά σχεδιασμένο δεδομένου ότι οι χρήστες τείνουν να έχουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις προσωπικές τους εμπειρίες. Ακολουθούν σχηματικά οι ασαφείς μεταβλητές του συστήματος υπολογισμού της προσωπικής εμπιστοσύνης καθώς επίσης και μερικοί ενδεικτικοί κανόνες συμπερασμού που χρησιμοποιήθηκαν.



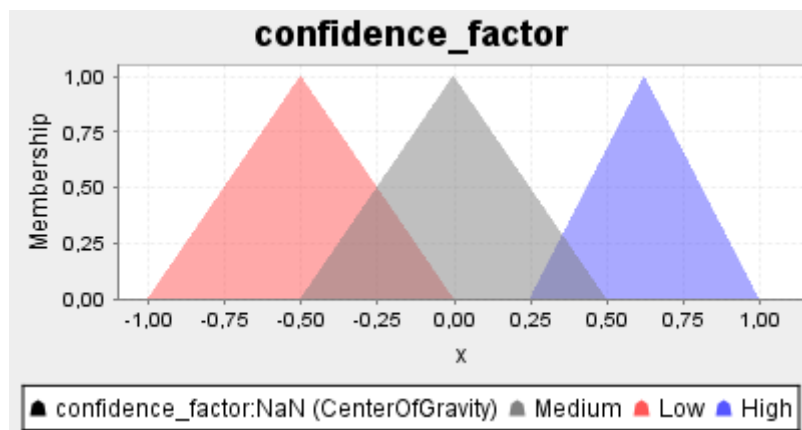
Σχήμα 28: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «ποιότητα» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 29: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «επικοινωνία» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 30: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «αποστολή» στον υπολογισμό της προσωπικής εμπιστοσύνης.



Σχήμα 31: Συναρτήσεις συμμετοχής για την τελική προσωπική εμπιστοσύνη.

Πίνακας 2: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού της προσωπικής εμπιστοσύνης.

Ποιότητα	Επικοινωνία	Αποστολή	Εμπιστοσύνη
Χαμηλή	Οτιδήποτε	Οτιδήποτε	Χαμηλή
Οτιδήποτε	Χαμηλή	Οτιδήποτε	Χαμηλή
Οτιδήποτε	Οτιδήποτε	Χαμηλή	Χαμηλή
Μέτρια	Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια
Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια
Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια ή Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια
Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή	Υψηλή

Στο τέλος του σταδίου 2 διαιρούμε με το πλήθος των παρελθόντων συναλλαγών (n) έτσι ώστε να κανονικοποιήσουμε το αποτέλεσμα στο διάστημα $[0, 1]$.

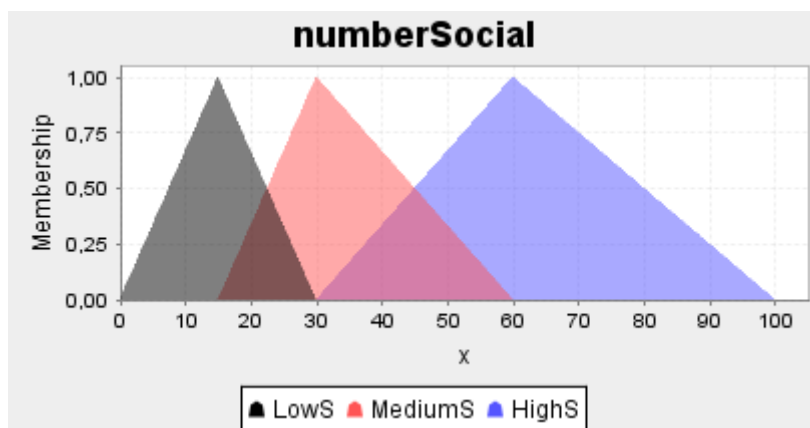
Στάδιο 3: Υπολογισμός βαρών για τον υπολογισμό του τελικού βαθμού εμπιστοσύνης

Μέχρι τώρα έχει υπολογιστεί μια ξεχωριστή τιμή για την κοινωνική εμπιστοσύνη και μια για την προσωπική εμπιστοσύνη. Αυτές οι τιμές πρέπει να συνδυαστούν έτσι ώστε να βρεθεί μια τελική τιμή του βαθμού εμπιστοσύνης για ένα συγκεκριμένο πωλητή. Για αυτό τον λόγο υπολογίζονται δυο βάρη σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

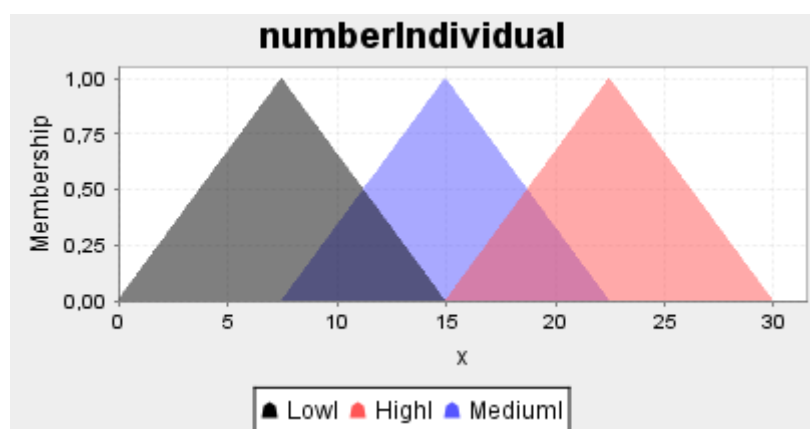
$$final\ trust\ s_i = w_s \cdot t_s + (1 - w_s) \cdot t_{in} \quad (5.8)$$

Όπου t_s είναι η τιμή της κοινωνικής εμπιστοσύνης για τον πωλητή i και t_{in} η τιμή της προσωπικής εμπιστοσύνης για τον ίδιο πωλητή. Το w_s προκύπτει από ένα τρίτο ασαφές σύστημα το οποίο λαμβάνει σαν μεταβλητές εισόδου τον συνολικό αριθμό των αξιολογήσεων και το συνολικό αριθμό των παρελθόντων συναλλαγών για τον συγκεκριμένο πωλητή καθώς επίσης μια τιμή λάθους (error). Ως τιμή λάθους ορίζεται σαν την διαφορά της κοινωνικής από την προσωπική εμπιστοσύνη ($t_s - t_i$) και είναι μια τιμή η οποία κυμαίνεται στο διάστημα $[-2,2]$ δεδομένου ότι $t_s, t_i \in [-1,1]$. Αυτό το

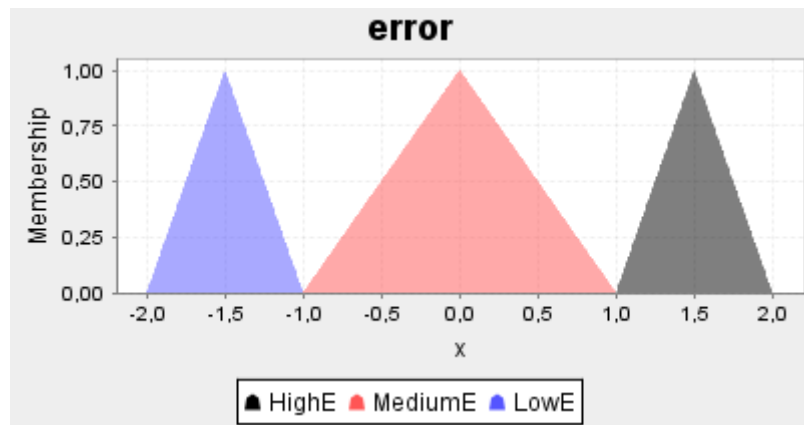
σύστημα ασαφούς λογικής ορίζει για κάθε μια από τις εισόδους αλλά και την έξοδο τις ασαφείς λεκτικές τιμές: Χαμηλό (LOW), Μέτριο (MEDIUM) και Υψηλό (HIGH). Ακολουθεί μια γραφική περιγραφή των συναρτήσεων συμμετοχής των εισόδων και της εξόδου του συστήματος που είναι το βάρος της κοινωνικής εμπιστοσύνης (w_s) καθώς επίσης και ένας πίνακας με τους πιο αντιπροσωπευτικούς κανόνες.



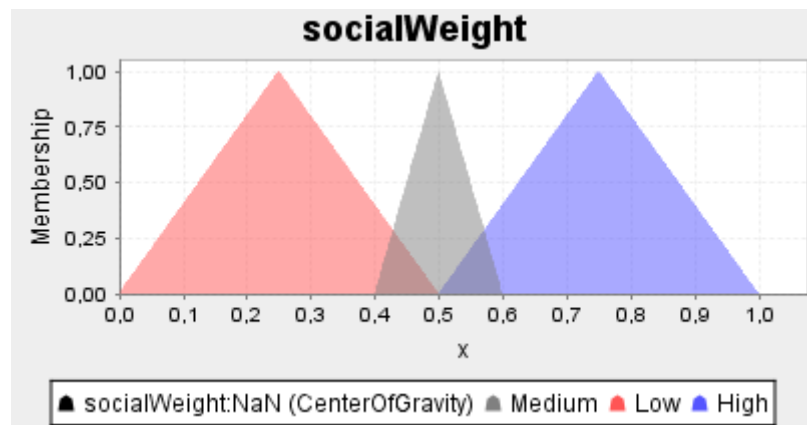
Σχήμα 32: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «πλήθος αξιολογήσεων» στον υπολογισμό του βάρους.



Σχήμα 33: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «πλήθος παρελθόντων συναλλαγών» στον υπολογισμό του βάρους.



Σχήμα 34: Συναρτήσεις συμμετοχής για την ασαφή μεταβλητή «κοινωνική – προσωπική εμπιστοσύνη» στον υπολογισμό του βάρους.

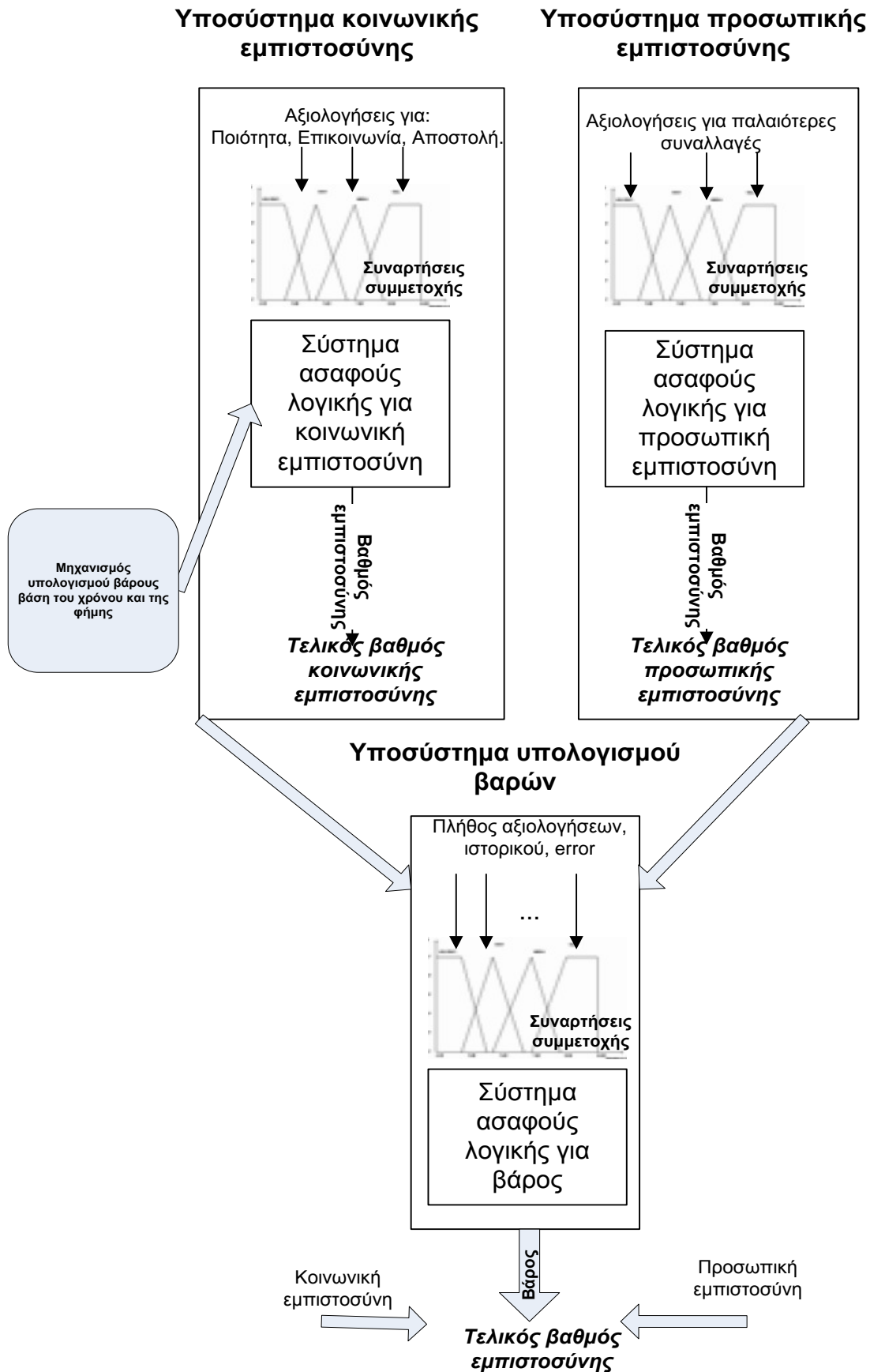


Σχήμα 35: Συναρτήσεις συμμετοχής για το τελικό w_s .

Πίνακας 3: Μερικοί από τους βασικότερους κανόνες υπολογισμού του social weight.

Πλήθος αξιολογήσεων	Πλήθος παρελθόντων συναλλαγών	$t_s - t_{in}$	Βάρος κοινωνικής εμπιστοσύνης w_s
Χαμηλό	Οτιδήποτε	Οτιδήποτε	Χαμηλό
Οτιδήποτε	Χαμηλό	Οτιδήποτε	Υψηλό
Υψηλό	Οτιδήποτε	Χαμηλό	Υψηλό
Υψηλό	Οτιδήποτε	Μέτριο	Μέτριο
Χαμηλό	Οτιδήποτε	Μέτριο	Χαμηλό
Οτιδήποτε	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό
Μέτριο ή Υψηλό	Μέτριο	Υψηλό	Μέτριο

Συνδυάζοντας τα τρία στάδια καταλήγουμε στο τελικό βαθμό εμπιστοσύνης για έναν πωλητή. Επαναλαμβάνουμε την διαδικασία αυτή για κάθε πωλητή και καταλήγουμε έτσι στον πωλητή με την μεγαλύτερη τιμή αξιοπιστίας. Το παρακάτω σχήμα συσχετίζει και τα τρία στάδια υπολογισμού της εμπιστοσύνης.



Σχήμα 36:Συνολικό σχήμα του συστήματος προσδιορισμού του βαθμού εμπιστοσύνης.

5.2 Αποτελέσματα

Παραδοσιακά σε ένα περιβάλλον ηλεκτρονικής αγοράς η απόφαση για τον πιο έμπιστο πράκτορα είναι λίγο πολύ υποκειμενική από τον χρήστη. Αυτό συμβαίνει πολλές φορές γιατί δεν έχει τρόπο να επεξεργαστεί όλα τα δεδομένα που του δίνονται. Για τον έλεγχο του συστήματος που υλοποιήθηκε και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων ακολουθούνται δυο τεχνικές. Η πρώτη αναφέρεται σε ένα υπαρκτό σενάριο όπου εκ των προτέρων γνωρίζουμε τον έμπιστο πράκτορα και το σύστημα μας τον επιβεβαιώνει μαθηματικά και η δεύτερη τεχνική είναι χρησιμοποιώντας την γνώση του εμπειρογνώμονα (expert). Για τα δικά μας δεδομένα τον ρόλο του εμπειρογνώμονα παίζουν μια ομάδα ανθρώπων τους οποίους ρωτήσαμε να μας δώσουν μια τιμή εμπιστοσύνης για κάθε πωλητή που τους δόθηκε μαζί με τα δεδομένα του ιστορικού του αλλά και των αξιολογήσεων του.

- Πρώτη μέθοδος: Αποτελέσματα με βάση ένα προκαθορισμένο σενάριο

Σχεδιάστηκε ένα σενάριο το οποίο περιγράφεται παρακάτω: Στο σύστημα υπάρχουν 4 χρήστες (u_1, u_2, u_3, u_4) και 3 πωλητές (s_1, s_2, s_3) οι οποίοι μας παρέχουν το προϊόν που επιθυμούμε. Στο πίνακα 4 μπορούμε να δούμε τη φήμη κάθε χρήστη (υπενθύμιση: η φήμη κάθε χρήστη είναι ένας αριθμός στο διάστημα $[0,1]$ όπου φήμη 0 σημαίνει ότι ο χρήστης είναι νέος):

Πίνακας 4: Φήμη χρηστών.

Χρήστης	Φήμη
u_1	0.4
u_2	0.4
u_3	1
u_4	0.7

Ακολουθεί στον Πίνακα 4 η προσωπική εμπειρία του χρήστη ο οποίος αναζητά έναν έμπιστο πωλητή, με κάθε ένα από τους χρήστες (υπενθύμιση: η προσωπική εμπειρία με κάποιον χρήστη είναι ένας αριθμός στο διάστημα $[0,1]$ όπου το 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχει παλαιότερη εμπειρία):

Πίνακας 5: Παλαιότερη εμπειρία με χρήστες.

Χρήστης	Εμπειρία
u_1	0
u_2	0.3
u_3	0.5
u_4	0.9

Ακολουθούν τα δεδομένα για τις αξιολογήσεις που έχουν γίνει για τους συγκεκριμένους πωλητές (υπενθύμηση: οι αξιολογήσεις γίνονται για συγκεκριμένους πωλητές από κάποιους χρήστες σε τρεις παράγοντες: ποιότητα, επικοινωνία και αποστολή και βρίσκονται στο διάστημα $[-1, 1]$):

Πίνακας 6: Δεδομένα αξιολογήσεων πωλητών.

Πωλητής	Χρήστης	Ποιότητα	Επικοινωνία	Αποστολή	Παλαιότητα (μέρες)
s_1	u_1	0.8	0.8	0.9	3
s_1	u_2	0.9	0.7	0.9	5
s_1	u_3	0.4	0.8	0.8	10
s_2	u_4	- 0.3	0.6	- 0.7	9
s_2	u_2	0.4	- 0.7	- 0.3	2
s_3	u_1	0.7	0.5	-0.2	4

Ακολουθούν τα δεδομένα από το προσωπικό ιστορικό με τους διάφορους πωλητές (υπενθύμηση: οι αξιολογήσεις γίνονται για όλες τις παρελθούσες συναλλαγές σε τρεις παράγοντες: ποιότητα, επικοινωνία και αποστολή και βρίσκονται στο διάστημα $[-1, 1]$):

Πίνακας 7: Προσωπικό ιστορικό για την πρώτη μέθοδο.

Πωλητής	Ποιότητα	Επικοινωνία	Αποστολή	Παλαιότητα (μέρες)
s_1	0.9	0.7	0.9	1
s_2	-0.8	0.5	0.4	6
s_3	0.2	- 0.2	0.3	10

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα αν θεωρήσουμε ότι αξιολογήσεις παλαιότερες των 20 ημερών δεν λαμβάνονται υπόψη από το σύστημα και άρα $d_{max} = 20$, ο πιο έμπιστος πωλητής φαίνεται να είναι ο s_1 γιατί για αυτόν έχουμε τις περισσότερες αξιολογήσεις με καλές βαθμολογίες καθώς επίσης έχουμε και μια πολύ παρελθούσα συναλλαγή με τον ίδιο πωλητή με καλές βαθμολογίες και στους τρεις παράγοντες (ποιότητα, επικοινωνία, αποστολή). Από την άλλη πλευρά έχουμε μια πολύ καλή αξιολόγηση για τον s_3 αλλά καθόλου προσωπική συναλλαγή όμως ο αριθμός των αξιολογήσεων είναι μικρός και έτσι επικρατεί ο s_1 . Ακολουθούν αναλυτικά τα αποτελέσματα του συστήματος:

Πίνακας 8: Αποτελέσματα συστήματος για $d_{max} = 20$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.8)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.8, 1]$.

Πωλητής	Κοινωνική εμπιστοσύνη	Προσωπική εμπιστοσύνη	Βάρος κοινωνικής εμπιστοσύνης	Βάρος προσωπικής εμπιστοσύνης	Γενικός βαθμός εμπιστοσύνης
s_1	0.16	0.62	0.4	0.6	0.44
s_2	-0.08	0.08	0.42	0.58	0.01
s_3	0.5	0.03	0.52	0.48	0.27

Πίνακας 9: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $d_{max} = 10$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.8)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.8, 1]$.

Πωλητής	Κοινωνική εμπιστοσύνη	Προσωπική εμπιστοσύνη	Βάρος κοινωνικής εμπιστοσύνης	Βάρος προσωπικής εμπιστοσύνης	Γενικός βαθμός εμπιστοσύνης
s_1	0.04	0.3	0.39	0.61	0.25
s_2	0.02	0.03	0.41	0.59	0.02
s_3	0.26	0	0.5	0.5	0.13

Πίνακας 10: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $d_{max} = 20$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.5)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.5, 1]$.

Πωλητής	Κοινωνική εμπιστοσύνη	Προσωπική εμπιστοσύνη	Βάρος κοινωνικής εμπιστοσύνης	Βάρος προσωπικής εμπιστοσύνης	Γενικός βαθμός εμπιστοσύνης
s_1	0.12	0.55	0.4	0.6	0.37
s_2	-0.04	0.06	0.42	0.58	0.01
s_3	0.41	0.02	0.52	0.48	0.22

Πίνακας 11: Αποτελέσματα συστήματος για το σενάριο 1 για $d_{max} = 10$ και $\alpha = 0.4$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.3, 0.5)$ και $\alpha = 0.6$ όταν η προσωπική εμπειρία είναι στο $[0.5, 1]$.

Πωλητής	Κοινωνική εμπιστοσύνη	Προσωπική εμπιστοσύνη	Βάρος κοινωνικής εμπιστοσύνης	Βάρος προσωπικής εμπιστοσύνης	Γενικός βαθμός εμπιστοσύνης
s_1	0.03	0.36	0.39	0.61	0.23
s_2	0.03	0.01	0.41	0.59	0.02
s_3	0.19	0	0.5	0.5	0.09

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα στους πίνακες 8, 9, 10 και 11 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι αυξάνοντας το d_{max} τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται διότι λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της κοινωνικής και προσωπικής εμπιστοσύνης περισσότερες αξιολογήσεις με μεγαλύτερη παλαιότητα. Από την άλλη πλευρά τροποποιώντας το διάστημα που κινείται η προσωπική εμπειρία με τους άλλους χρήστες (παράμετρος α) αυξάνεται η ελαστικότητα που έχει στο σύστημα σε μέτριες προσωπικές εμπειρίες άρα αναλόγως αυξομειώνεται το βάρος που δίνεται στην αξιολόγηση του εκάστοτε χρήστη.

- Δεύτερη μέθοδος: Αποτελέσματα βασιζόμενα στην γνώμη του εμπειρογνώμονα

Για την εξαγωγή αυτών των αποτελεσμάτων ζητήσαμε από κάποια άτομα βλέποντας τα χαρακτηριστικά 3 πωλητών να βαθμολογήσουν τον καθένα με έναν αριθμό στο διάστημα $[-1, 1]$. Οι άνθρωποι αυτοί αποτελούν την γνώμη του εμπειρογνώμονα (expert) και καθορίζουν ποιον πωλητή θα επέλεγαν οι ίδιοι αν αντιμετώπιζαν το συγκεκριμένο σενάριο. Ακολουθούν τα στοιχεία για κάθε πωλητή:

Πωλητής 1: Έχουμε 3 αξιολογήσεις:

- 1) Χρήστης: A , προσωπική εμπειρία με A: 0.81, φήμη του A: 0.45, παλαιότητα: 100 μέρες, ποιότητα:0.38, αποστολή:-0.35, επικοινωνία:-0.91.
- 2) Χρήστης: A , προσωπική εμπειρία με B: 0.81, φήμη του A: 0.45, παλαιότητα: 98 μέρες, ποιότητα:0.54, αποστολή: -0.55, επικοινωνία:-0.71.
- 3) Χρήστης: B, προσωπική εμπειρία με B: 0.68, φήμη του A: 0.93, παλαιότητα: 149 μέρες, ποιότητα:0.34, αποστολή: 0.66, επικοινωνία:-0.92.

Δεν έχουμε καθόλου προσωπική εμπειρία με αυτόν τον πωλητή.

Πωλητής 2: Έχουμε 1 αξιολόγηση:

- 1) Χρήστης: Γ , προσωπική εμπειρία με Γ: 0.98, φήμη του Γ: 0.97, παλαιότητα: 147 μέρες, ποιότητα:-0.55, αποστολή:0.08, επικοινωνία: 0.06.

Και 1 προσωπική εμπειρία με τον συγκεκριμένο πωλητή:

- 1) παλαιότητα: 136 μέρες, ποιότητα: 0.31, αποστολή:0.99, επικοινωνία: 0.52.

Πωλητής 3: Έχουμε 2 αξιολογήσεις:

- 1) Χρήστης: Δ , προσωπική εμπειρία με Δ: 0.48, φήμη του Γ: 0.47, παλαιότητα: 82 μέρες, ποιότητα:0.86, αποστολή:0.12, επικοινωνία: 0.82.
- 2) Χρήστης: Γ , προσωπική εμπειρία με Δ: 0.98, φήμη του Γ: 0.97, παλαιότητα: 87 μέρες, ποιότητα:-0.07, αποστολή:-0.81, επικοινωνία: -0.1.

Και 1 προσωπική εμπειρία με τον συγκεκριμένο πωλητή:

- 1) παλαιότητα: 110 μέρες, ποιότητα:0.83, αποστολή:-0.35, επικοινωνία: -0.61.

Ακολουθούν οι γνώμες των ανθρώπων (experts) και το αποτέλεσμα του συστήματος:

Πίνακας 12: Αποτελέσματα συστήματος και experts

Βαθμός Εμπιστοσύνης	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Μέσος Όρος	Σύστημα
Πωλητής 1	0.3	0.5	0.8	0.53	0.07
Πωλητής 2	0.5	0.8	0.7	0.66	-0.12
Πωλητής 3	0	0.3	0.5	0.26	0.04

Θεωρούμε ότι το σύστημα λαμβάνει υπόψη όλες τις αξιολογήσεις ανεξάρτητα από την παλαιότητα τους (το d_{max} είναι 500). Αυτό αποτελεί μια λογική υπόθεση διότι δεν έχει νόημα να δοθούν στους εμπειρογνώμονες αξιολογήσεις οι οποίες δεν λαμβάνονται υπόψη. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο μόνος τρόπος που έχουν οι experts για να αξιολογήσουν είναι μόνο συγκριτικά. Δηλαδή μπορούν να αξιολογήσουν μόνο σε σύγκριση με τα αποτελέσματα των άλλων πωλητών. Αυτή όμως η πρακτική των experts δεν είναι ιδιαίτερα αντικειμενική ως προς το σύστημα γενικότερα το οποίο αξιολογεί αμερόληπτα ανεξάρτητα από τα επιμέρους αποτελέσματα για τον κάθε πωλητή. Επίσης από τον πίνακα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι εμπειρογνώμονες σε αντίθεση με το σύστημα δεν δίνουν ιδιαίτερο βάρος στις προσωπικές εμπειρίες διότι

για το πωλητή 2 ο οποίος έχει και την υψηλότερη βαθμολογία από τους εμπειρογνώμονες, υπάρχει μια προσωπική εμπειρία με κακή βαθμολογία σε 2 από τους τρεις παράγοντες αξιολόγησης. Επίσης οι εμπειρογνώμονες έχουν την τάση να βαθμολογούν με υψηλότερους βαθμούς σε σχέση με το σύστημα.

Μελλοντική εργασία

Το σύστημα που δημιουργήθηκε θα μπορούσε να παίρνει παραμέτρους ανάλογα με τις οποίες δίνει βάρος σε διαφορετικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με την γνώμη του ιδιοκτήτη του. Επίσης το σύστημα θα μπορούσε να λαμβάνει υπόψη το τύπο του προϊόντος που ψάχνει ο χρήστης (context) και να ψάχνει σε ανάλογες αναφορές που αφορούν το συγκεκριμένο προϊόν. Είναι πολύ σημαντικό να τονίσουμε σε αυτό το σημείο ότι δεν είναι ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη να αξιολογεί με ένα συγκεκριμένο αριθμό μια συναλλαγή, δεδομένου ότι οι χρήστες είναι φυσικά πρόσωπα και έχουν μεγαλύτερη άνεση με λέξεις και όχι με αριθμούς. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί ζητώντας από το χρήστη να απαντήσει σε ένα ερωτηματολόγιο με σταθερές απαντήσεις ανάλογα με τις οποίες το σύστημα αντιλαμβάνεται την πληροφορία για την κρίση του χρήστη. Σαν μια εξέλιξη του συστήματος θα μπορούσε να είναι μια ανατροφοδότηση του συστήματος με τα ίδια τα αποτελέσματα του έτσι ώστε να πραγματοποιεί ενός είδους προσαρμογή (adaptation) στα δεδομένα και στο λάθος που κάνει σε σχέση με την αξιολόγηση της τρέχουσας συναλλαγής.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Novák, V., Perfilieva, I. and Močkoř, J. *Mathematical principles of fuzzy logic* Dodrecht: Kluwer Academic ISBN 0-7923-8595-0, . 1999
- [2] Zadeh, Lotfi A., *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes*, 1973
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_time_to_repair
- [4] J. M. Mendel, *Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial*, 1995
- [5] E.H. Mamdani and S. Assilian, An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1975.
- [6] T. Takagi and M. Sugeno, Fuzzy Identification of Systems and its Application to Modeling and Control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1985.
- [7] Vladimir Zwass, *International Journal of Electronic Commerce*, 1996
- [8] Bakos, Y., *The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet. Communications of the ACM*, 1998.
- [9] Roi Arapoglou, Kostas Kolomvatsos, and Stathes Hadjiefthymiades, *Buyer Agent Decision Process Based on Automatic Fuzzy Rules Generation Methods*, 2010
- [10] Michael Wooldridge, Nicholas R. Jennings, *Intelligent Agents: Theory and Practice*, *Knowledge Engineering Review*, October 1994
- [11] Stuart Russell and Peter Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2003.
- [12] Barbara Hayes-Roth, *Architectural foundations for real-time performance in intelligent agents*, *Real-Time Systems* 2, 1990
- [13] Michael H. Coen, *Building brains for rooms: Designing Distributed Software Agents*, *Proceedings of the fourteenth national conference on artificial intelligence and ninth conference on Innovative applications of artificial intelligence*, 1997
- [14] Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, ISBN: 978-0470519462
- [15] Aron, R., Sundararajan, A. & Viswanathan, S., *Intelligent Agents in Electronic Markets for Information Goods: Customization, Preference and Pricing. Decision Support Systems*, 2006.

- [16] Cheng, C. B., Henry Chan, C. C., & Lin, C. C. , Buyer – Supplier Negotiation by Fuzzy Logic Based Agents. *In Proceedings of the 3rd International Conference on Information Technology and Applications (ICITA '05), 2005*
- [17] K.S. Han and M.H. Noh, “Critical Failure Factors that Discourage the Growth of Electronic Commerce, *International Journal of Electronic Commerce*, 1999.
- [18] A. Jøsang. The right type of trust for distributed systems. In C. Meadows, editor, *Proc. Of the 1996 New Security Paradigms Workshop*. ACM, 1996.
- [19] D. Gambetta. Can We Trust Trust? In D. Gambetta, editor, *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations* Basil Blackwell. Oxford, 1990.
- [20] R. Falcone and C. Castelfranchi. Social Trust: A Cognitive Approach. In C. Castelfranchi and Y.H. Tan, editors, *Trust and Deception in Virtual Societies*,. Kluwer, 2001.
- [21] O.E. Williamson. Calculativeness, Trust and Economic Organization. *Journal of Law and Economics*, April 1993.
- [22] Merriam-Webster. *Merriam-Webster Online*. Available from <http://www.m-w.com/>, accessed, June 2007.
- [23] P.V. Marsden and N. Lin, editors. *Social Structure and Network Analysis*. Beverly Hills: Sage Publications, 1982.
- [24] S. Tadelis. Firm Reputation with Hidden Information. *Economic Theory*, 2003.
- [25] M. Carbone, M. Nielsen, and V. Sassone. A Formal Model for Trust in Dynamic Networks. In *Proc. of International Conference on Software Engineering and Formal Methods*, Brisbane, September 2003.
- [26] Teacy, W. T. L., Jennings, N. R., Rogers, A. and Luck, M., A Hierarchical Bayesian Trust Model based on Reputation and Group Behaviour, *6th European Workshop on Multi-Agent Systems*, December 2008, Bath.
- [27] Daniele Quercia , Stephen Hailes , Licia Capra, B-trust: Bayesian Trust Framework for Pervasive Computing, *Proceedings of the 4th International Conference on Trust Management*, 2006.
- [28] Dimitri Melaye and Yves Demazeau, Bayesian Dynamic Trust Model, *Lecture Notes in Computer Science*, 2005.
- [29] Bled Electronic Commerce, Audun Jøsang, Roslan Ismail, *The Beta Reputation System*, 2002.

- [30] A. Jøsang. A Logic for Uncertain Probabilities. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 9(3):279.311, June 2001.
- [31] Andreas Birk, Learning to Trust, Proceedings of the workshop on Deception, Fraud, and Trust in Agent Societies held during the Autonomous Agents Conference: Trust in Cyber-societies, Integrating the Human and Artificial Perspectives, 2001.
- [32] Cristiano Castelfranchi, RinoFalcone, Giovanni Pezzulo, Trust in information sources as a source for trust: a fuzzy approach, AAMAS '03 Proceedings of the second international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, 2003.
- [33] Nathan Griffiths, A Fuzzy Approach to Reasoning with Trust, Distrust and Insufficient Trust, Cooperative information agents, proceedings, 2006.
- [34] Stefan Schmidt, Robert Steele, Tharam Dillon and Elizabeth Chang, Building a Fuzzy Trust Network in Unsupervised Multi agent Environments On the Move to Meaningful Internet Systems, 2005.
- [35] http://en.wikipedia.org/wiki/Argumentation_theory
- [36] I. Rahwan, S. D. Ramchurn, N. R. Jennings, P. McBurney, S. Parsons and L. Sonenberg, Argumentation-Based Negotiation. The Knowledge Engineering Review, 2003.
- [37] http://en.wikipedia.org/wiki/Doxastic_logic
- [38] Michael Bacharach, How Human Trusters Assess Trustworthiness in Quasi-virtual Contexts, Lecture Notes in Computer Science Volume 2631, 2003.
- [39] Jordi Sabater, Carles Sierra, REGRET: A reputation model for gregarious societies, Proceeding AGENTS '01 Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents, 2001
- [40] Michael Kinatader, Ernesto Baschny and Kurt Rothermel , Towards a Generic Trust Model Comparison of Various Trust Update Algorithms, Trust Management Third International Conference, iTrust 2005.
- [41] <http://www.ebay.com/>

- [42] Churn-Jung Liao, Belief, information acquisition, and trust in multi - agent systems - A modal logic formulation, Artificial Intelligence Volume 149, Issue 1, September 2003, Pages 31-60
- [43] Michael Kinateter, Ernesto Baschny and Kurt Rothermel, Towards a Generic Trust Model Comparison of Various Trust Update Algorithms, Trust Management Third International Conference, iTrust 2005.
- [44] M. Carbone, M. Nielsen, and V. Sassone, A Formal Model for Trust in Dynamic Networks, Int. Conference on Software Engineering and Formal Methods, 2003.
- [45] B. Yu and M.P. Singh, Towards a probabilistic model of distributed reputation management, Journal of Information Science, 2005.
- [46] http://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_cognitive_map