

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ

ΚΑΛΥΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Σπουδών στην Διδακτική της Τεχνολογίας και τα Ψηφιακά Συστήματα

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2010

ΓΑΛΕΡΙΟ ΤΗΜΟ ΓΕΡΑΙΑ

Αφιερώνεται στην οικογένεια μου

Περίληψη

Η εμπιστοσύνη αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη οποιασδήποτε πολιτισμένης κοινωνίας. Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις καθημερινές προσωπικές, κοινωνικές, εμπορικές και εκπαιδευτικές αλληλεπιδράσεις των ανθρώπων. Η τεράστια αύξηση των συναλλαγών και των συνεργατικών υπολογιστικών υπηρεσιών στο Διαδίκτυο αποτελεί φαινόμενο τόσο τεχνολογικό όσο και κοινωνικό. Ανθρώπινες αλληλεπιδράσεις που προηγουμένως στηρίζονταν στην επαφή πρόσωπο με πρόσωπο για την εγκαθίδρυση εμπιστοσύνης, πραγματοποιούνται πλέον μέσω του διαδικτύου σε παγκόσμια εμβέλεια και οι χρήστες αυτών των υπηρεσιών καλούνται να συναλλαχθούν με άλλους χρήστες στην πλειονότητα των περιπτώσεων παντελώς άγνωστους σε αυτούς. Συνεπώς υπάρχει ανάγκη για την καθιέρωση και αξιολόγηση σχέσεων εμπιστοσύνης βασιζόμενοι μονό στις ηλεκτρονικές αλληλεπιδράσεις μέσω του διαδικτύου. Για παράδειγμα παίζει κρίσιμο ρόλο στο ηλεκτρονικό εμπόριο. Οι πελάτες θα πρέπει να εμπιστεύονται τον πωλητή ότι θα παρέχει τις υπηρεσίες και τα αγαθά που διαφημίζει. Η εμπιστοσύνη στην ικανότητα και την τιμότητα του προμηθευτή θα επηρεάσει την απόφαση του καταλύτη ως προς το ποιον πωλητή τελικά θα επιλέξει. Οι πωλητές από την μεριά τους θα πρέπει να εμπιστεύονται τον καταναλωτή ότι θα είναι σε θέση να πληρώσει για τα προσφερόμενα αγαθά και υπηρεσίες. Επομένως προκειμένου το ηλεκτρονικό εμπόριο και όλες οι υπόλοιπες ηλεκτρονικές δραστηριότητες να καταφέρουν να εκμεταλλευτούν όλο το φάσμα των δυνατοτήτων που τους παρέχεται από τον διαδικτυακό κόσμο και να επιτύχουν επίπεδα αποδοχής εφάμιλλα και μεγαλύτερα από αυτά των παραδοσιακών μορφών συναλλαγών επιβάλλεται η ύπαρξη μηχανισμών για την ανάπτυξη της εμπιστοσύνης ανάμεσα στις συναλλασσόμενες οντότητες. Ωστόσο, στον ηλεκτρονικό κόσμο απουσιάζουν εκείνα τα διαισθητικά στοιχεία παραδοσιακών μορφών επικοινωνίας στα οποία έχουμε μάθει να βασιζόμαστε για την παραγωγή της εμπιστοσύνης. Όμως ποικίλες ιδιότητες των on-line αλληλεπιδράσεων, όπως αυξημένες δυνατότητες επικοινωνίας και ικανότητα

ακριβούς και πλήρους καταγραφής όλων των προηγούμενων συναλλαγών και κατά συνέπεια ανάθεσης υπόληψης σε μια οντότητα βάση του ιστορικού συναλλαγών της, θέτουν νέες προκλήσεις και παρακινούν την ανάπτυξη συστημάτων για την παραγωγή και διάδοση της εμπιστοσύνης και της υπόληψης.

Τα Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης (ΣΔΕ) και υπόληψης αντιπροσωπεύουν μια σημαντική τάση στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων για τις συναλλαγές μέσω διαδικτύου. Μια φυσική θετική παρενέργεια τους είναι ότι παρέχουν ένα κίνητρο για καλή συμπεριφορά, και επομένως τείνουν να έχουν θετική επίδραση στην ποιότητα των ηλεκτρονίων κοινοτήτων. Συστήματα εμπιστοσύνης, ειδικά εκείνα που στηρίζονται στην υπόληψη χρησιμοποιούνται ήδη σε επιτυχείς on-line εμπορικές εφαρμογές (eBay, Amazon). Υφίσταται επίσης μια ταχέως αναπτυσσόμενη επιστημονική βιβλιογραφία γύρω από τα συστήματα εμπιστοσύνης και υπόληψης, αλλά δυστυχώς αυτή η δραστηριότητα στερείται συνέπειας και συνοχής. Πιθανότατα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η εμπιστοσύνη είναι μια καθαρά υποκειμενική έννοια και ως τέτοια γίνεται αντιληπτή με διαφορετικό τρόπο από κάθε άνθρωπο ανάλογα με το μορφωτικό και κοινωνικό του υπόβαθρο και τις προσωπικές εμπειρίες και βιώματα του. Οι εκφάνσεις της εμπιστοσύνης είναι εύκολο να αναγνωριστούν επειδή τη βιώνουμε και στηρίζομαστε σε αυτή στην καθημερινή μας ζωή, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί πρόκληση να ορίσουμε σαφώς και επακριβώς την εμπιστοσύνη γιατί οι εκφάνσεις της αυτές εμφανίζονται σε πολλές διαφορετικές μορφές. Η σχετική βιβλιογραφία ενδέχεται να προκαλεί αρκετή σύγχυση διότι ο ορός χρησιμοποιείται με πολλές διαφορετικές σημασίες. Για παράδειγμα πολλές φορές συγγέεται με έννοιες όπως έλεγχος πρόσβασης, εξουσιοδότηση και αυθεντικοποίηση, οι οποίες φέρουν πραγματικά διαφορετική σημασία. Στην παρούσα εργασία προβήκαμε σε μια διεξοδική θεωρητική διερεύνηση των εννοιών της εμπιστοσύνης και της υπόληψης σε μια προσπάθεια να αποσαφηνιστούν όσο ήταν δυνατόν, και να αποκαλυφθούν οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους εκείνα που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση συστημάτων για τον υπολογισμό και τη διάδοση τους. Δόθηκε μια συγκεντρωτική συγκριτική επισκόπηση των περισσότερων και σημαντικότερων υαρχόντων και προτεινομένων συστημάτων και μοντέλων του είδους. Μελετήθηκαν τα προτερήματα, οι αδυναμίες τους, όπως

αυτή των σκοπίμως άδικων αξιολογήσεων, και οι πιθανές τεχνικές αντιμετώπισης τους, προκείμενου να αναλυθούν για οι σύγχρονες τάσεις και τις εξελίξεις και να εντοπιστούν σημαντικά θέματα προς διερεύνηση στην περιοχή όπως αυτό της συμβατότητας και διαλειτουργικότητας των συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης και της δημιουργία ενός κοινού πλαισίου για τον σχεδιασμό τους. Η έρευνα της διαχείρισης εμπιστοσύνης βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και υπάρχουν ακόμα πολλά σπουδαία ζητήματα που επιζητούν περαιτέρω μελέτη σε αυτό το αναπτυσσόμενο σημαντικό και συναρπαστικό κομμάτι του τομέα της ασφάλειας των υπολογιστικών συστημάτων.

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον Καθηγητή κo Σωκράτη Κάτσικa για την επίβλεψη και τη βοήθεια που μου παρείχε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου. Ευχαριστίες επίσης οφείλονται στον συνεξεταστή Λέκτορα κύριο Χρήστο Ξενάκη.

Τέλος εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου Κωνσταντίνο και Δωροθέα και στους αδελφούς μου Χρήστο και Αθανάσιο για την υποστήριξη και βοήθειά τους σε όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	i
Ευχαριστίες	iv
Περιεχόμενα	v
Κατάλογος Πινάκων	xii
Κατάλογος Εικόνων	xiii
Συνομογραφίες	xv
1. Εισαγωγή.....	1
2. Θεωρητικό Υπόβαθρο	9
2.1. Ορισμοί Εμπιστοσύνης.....	10
2.2. Ιδιότητες Εμπιστοσύνης.....	24
2.2.1. Πλαίσιο της Σχέσης Εμπιστοσύνης.....	24
2.2.2. Αριθμητικότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης.....	25
2.2.3. Μετρησιμότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης	26
2.2.4. Διάρκεια και Δυναμικότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης	27
2.2.5. Μαθηματικές Ιδιότητες και η Εφαρμογή τους στις Σχέσεις Εμπιστοσύνης	28
2.2.5.1. Αυτοπάθεια.....	28
2.2.5.2. Αντί-Αυτοπάθεια.....	29
2.2.5.3. Συμμετρία.....	29
2.2.5.4. Ασυμμετρία	30
2.2.5.5. Αντί-συμμετρία	30
2.2.5.6. Μεταβατικότητα.....	31
2.2.5.7. Αντί-μεταβατικότητα	32

2.2.5.8. Σύνοψη των Μαθηματικών Ιδιοτήτων της Εμπιστοσύνης.....	32
2.3. Δείκτες και Μετρικές Σχέσεων Εμπιστοσύνης.....	32
2.3.1. Κατηγοριοποίηση Μετρικών Εμπιστοσύνης.....	34
2.3.1.1. Ποσοτικές (Συνεχείς) / Ποιοτικές (Διακριτές) ...	35
2.3.1.2. Γενικές / Ειδικές – Υποκειμενικές / Αντικειμενικές	35
2.3.1.3. Παγκόσμιες/Τοπικές –Κατανεμημένες/Κεντριοκοιμημένες – Τμηματικές/Ομαδικές.....	37
2.3.2. Εκτίμηση Μετρικών Εμπιστοσύνης.....	39
2.4. Κατηγοριοποίηση Εμπιστοσύνης.....	41
2.4.1. Τάσεις Εμπιστοσύνης.....	41
2.4.2. Σκοποί Εμπιστοσύνης	43
2.4.2.1. Πρόσβαση στους Πόρους του Εμπιστευτή	44
2.4.2.2. Παροχή Υπηρεσιών από τον Εμπιστευόμενο	46
2.4.2.3. Πιστοποιητικά Εμπιστευόμενων	48
2.4.2.4. Αντιπροσώπευση.....	49
2.4.2.5. Εμπιστοσύνη Υποδομής.....	50
2.4.2.6. Κύρια Χαρακτηριστικά των Πλαισίων Εμπιστοσύνης	52
2.4.3. Συμπεριφορά Εμπιστοσύνης	56
2.5. Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Διαχείριση Κινδύνου.....	56
2.5.1. Στρατηγικές Διαχείρισης Κινδύνου.....	59
2.5.1.1. Ποσοτικό Μοντέλο.....	59
2.5.1.2. Ποιοτικό Μοντέλο.....	61
2.5.1.3. Διαδικασία Διαχείρισης Κινδύνου	62
2.5.2. Προβλήματα με τις Στρατηγικές Διαχείρισης Κινδύνου.....	65
2.6. Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Δυναμικότητα.....	67

2.6.1. Κύκλος Ζωής Σχέσης Εμπιστοσύνης	67
2.6.2. Εμπειρία	68
2.6.3. Παρατήρηση	69
2.6.4. Επαναξιολόγηση	70
3. Υπόληψη	72
3.1. Ορισμοί Υπόληψης	73
3.2. Χαρακτηριστικά Υπόληψης και ΣΔΕ Βασισμένων στην Υπόληψη	78
3.2.1. Το Υπολογιστικό Μοντέλο	79
3.2.2. Τύποι Μετρικών Εμπιστοσύνης και Υπόληψης	79
3.2.3. Τύπος Ανατροφοδότησης Υπόληψης	80
3.2.4. Τοπικός έλεγχος	81
3.2.5. Ανωνυμία	82
3.2.6. Κόστος Εύρους Ζώνης	83
3.2.7. Κόστος Αποθήκευσης	83
3.2.8. Ανοχή στα Σφάλματα	84
3.2.9. Κλιμάκωση / Εξελξιμότητα	84
3.2.10. Αξιοπιστία και Απειλές στην Αξιοπιστία ενός Συστήματος	85
3.2.10.1. Προσωποποίηση	85
3.2.10.2. Ψευδείς ενέργειες	86
3.2.10.3. Διαστρέβλωση	86
3.2.10.4. Συνέργια	87
3.2.10.5. Προσθήκη Αγνώστων	87
3.3. Αρχιτεκτονικές Δικτύων Υπόληψης	88
3.3.1. Κεντρικοποιημένα Συστήματα Υπόληψης	88
3.3.2. Κατανεμημένα Συστήματα Υπόληψης	90

3.4. Μηχανισμοί Καταγραφής Υπόληψης σε Δικτυακές Κοινότητες	93
3.4.1. Σχεδιαστικά Ζητήματα σε On- Line Μηχανισμούς Καταγραφής Υπόληψης	94
3.4.2. Αποθήκες Συστάσεων	96
3.4.3. Εξειδικευμένοι Ιστοτόποι Αξιολόγησης	98
3.4.4. Συνεργατικά Συστήματα Φιλτραρίσματος	99
3.4.5. Προβλήματα από τον Υπολογισμό Συναθροιστικών Μετρικών Υπόληψης.....	101
3.5. Μηχανισμοί Υπολογισμού Υπόληψης.....	102
3.5.1. Απλή Άθροιση ή Υπολογισμός Μέσης Τιμής.....	103
3.5.2. Bayesian Συστήματα	104
3.5.3. Διακριτά Μοντέλα Εμπιστοσύνης.....	105
3.5.4. Μοντέλα Πεποίθησης.....	106
3.5.5. Συγκεχυμένα Ασαφή Μοντέλα	109
3.5.6. Μοντέλα Ροής	109
3.6. Προβλήματα και Προτεινόμενες Λύσεις.....	110
3.6.1. Χαμηλό Κίνητρο για την Παροχή Αξιολογήσεων	110
3.6.2. Τάση προς Θετική Αξιολόγηση	111
3.6.3. Άδικες Αξιολογήσεις.....	112
3.6.3.1. Ενδογενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων	113
3.6.3.2. Εξωγενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων	113
3.6.4. Αλλαγή Ταυτότητας	114
3.6.5. Διακυμάνσεις στη Ποιότητα στη Διάρκεια του Χρόνου.....	115
3.6.6. Διακρίσεις - Προκατάληψη	117
3.6.7. Γέμισμα Κάλπης.....	118

3.7. Μηχανισμοί για την προστασία των σε απευθείας σύνδεση συστημάτων καταγραφής υπόληψης ενάντια σε συμπεριφορά άδικων αξιολογήσεων.....	121
3.7.1. Αποφυγή των αρνητικών άδικων εκτιμήσεων χρησιμοποιώντας την ελεγχόμενη ανωνυμία.....	121
3.7.2. Ελάττωση των επιδράσεων των άδικων αξιολογήσεων με τη χρήση τεχνικών φιλτραρίσματος.....	124
3.8. Πολιτικές Αρχικοποίησης Υπόληψης και η Επίδραση τους στην Αντιμετώπιση των Σημαντικότερων Προβλημάτων.....	126
3.8.1. Ανάθεση Ελάχιστης Αρχικής Υπόληψης.....	127
3.8.2. Ανάθεση Μέσης Αρχικής Υπόληψης.....	128
4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους... 130	
4.1. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Πολιτικές ή Πιστοποιητικά.....	135
4.1.1. Υποδομές Δημοσίου Κλειδιού σαν Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης.....	135
4.1.1.1. Pretty Good Privacy (PGP).....	136
4.1.1.2. X.509.....	138
4.1.1.3. SPKI/SDSI.....	139
4.1.2. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Υποδομές Δημοσίου Κλειδιού.....	143
4.1.2.1. PolicyMaker.....	143
4.1.2.2. KeyNote.....	149
4.1.2.3. REFERRE.....	152
4.1.2.4. Fidelis.....	156
4.2. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα στην Υπόληψη.....	158
4.2.1. Υπόληψη Σε Δικτυακούς Τόπους.....	159
4.2.1.1. Ιστοτόποι Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών.....	160
4.2.1.1.1. eBay.....	160

4.2.1.2. Ιστοτόποι Ειδικών	163
4.2.1.2.1. Advogato.....	163
4.2.1.2.2. AllExperts – AskMe	164
4.2.1.3. AppleSeed	165
4.2.1.4. Σύστημα Αξιολόγησης Ιστοσελίδων του Google (Αλγόριθμος PageRank).....	166
4.2.1.5. Scientometrics	168
4.2.1.6. Ιστοτόποι Αξιολόγησης Προϊόντων.....	169
4.2.1.6.1. Epinions	169
4.2.1.6.2. BizRate.....	171
4.2.1.6.3. Amazon.....	172
4.2.1.7. Φόρουμ Συζήτησης	174
4.2.1.7.1. Slashdot.....	175
4.2.1.7.2. Kuro5hin	178
4.2.2. P2P Προσεγγίσεις.....	178
4.2.2.1. Gupta, Judge και Ammar	179
4.2.2.2. TrustMe	180
4.2.2.3. EigenTrust	181
4.2.2.4. PeerTrust	183
4.2.2.5. P-Grid Trust Model	184
4.2.2.6. NICE Trust Inference Model.....	188
4.2.2.7. X-Rep Reputation Protocol	193
4.2.2.8. Poblano.....	197
4.2.3. ΣΔΕ Βασισμένα σε Μοντέλα Πεποίθησης.....	198
4.2.3.1. Υποκειμενική Λογική του Josang.....	199
4.2.3.2. Yu και Singh.....	200

4.2.4. Trust-Recommendation Model.....	201
4.2.5. XenTrust.....	204
4.3. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Κοινωνικά Δίκτυα.....	207
4.3.1. Μοντέλα Υπόληψης Βασισμένα Σε Δίκτυα Συστάσεων	208
4.3.1.1. Abdul-Rahman και Hailes.....	209
4.3.1.2. Singh, Yu και Venkatraman.....	210
4.3.1.3. Despotovic και Aberer.....	211
4.3.2. Προσεγγίσεις Βασισμένες σε Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων (Multi Agents Systems).....	213
4.3.2.1. Community Based Reputation.....	215
4.3.2.2. SPORAS και HISTOS.....	217
4.3.2.3. ReGreT.....	219
4.3.2.4. Ramchurn et al.....	221
4.3.2.5. FIRE.....	223
4.3.2.6. NodeRanking.....	225
5. Συμπεράσματα.....	229
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	247

Κατάλογος Πινάκων

2.1. Κατηγοριοποίηση μετρικών εμπιστοσύνης και υπόληψης.....	36
2.2. Μετρικές ρίσκου για το ζευγάρι	60
3.1. Επιδράσεις της ελεγχόμενης ανωνυμίας στην πρόληψη συγκεκριμένων ειδών άδικης συμπεριφοράς.....	124
4.1. Σύγκρισή ανάμεσα στα PGP, X.509, SPKI/SDSI	142

Κατάλογος Εικόνων

2.1. Ένα απλοϊκό μοντέλο εμπιστοσύνης	33
2.2. Άξονες κατηγοριοποίησης μετρικών εμπιστοσύνης.....	38
2.3. Σχέσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των μετρικών εμπιστοσύνης.	39
2.4. Εμπιστοσύνη παροχής υπηρεσιών με έμφαση στην ικανότητα. 52	
2.5. Εμπιστοσύνη παροχής υπηρεσιών με κυρίαρχο παράγοντα την ειλικρίνεια.	53
2.6. Εμπιστοσύνη πρόσβασης πόρων με τον παράγοντα της ικανότητας κυρίαρχο.....	54
2.7. Εμπιστοσύνη πρόσβασης πόρων με πρωταρχικούς παράγοντες την αξιοπιστία και την επικαιρότητα/συνέπεια.	54
2.8. Μια τυπική συναλλαγή με ελλοχεύων ρίσκο.....	60
2.9. Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα συστατικά του ποιοτικού μοντέλου κινδύνου.....	61
2.10. Κύκλος ζωής σχέσεων εμπιστοσύνης.....	68
2.11. Γενικευμένο σχήμα οργάνου παρατήρησης εμπιστοσύνης.....	69
3.1. Γενική αρχιτεκτονική ενός κεντρικοποιημένου συστήματος υπόληψης	89
3.2. Γενική αρχιτεκτονική ενός κατανεμημένου συστήματος υπόληψης	90
3.3. Παραδείγματα beta συναρτήσεων κατανομής πυκνότητας πιθανότητας.....	105
3.4. Παράγοντας εμπιστοσύνη από παράλληλα μεταβατικά μονοπάτια εμπιστοσύνης	108
4.1. Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Διαχείρισης Εμπιστοσύνης....	133

4.2. Δομή αποθήκευσης στο μοντέλο P-Grid	186
4.3. Ο γράφος εμπιστοσύνης του NICE. Τα βάρη στις ακμές εκφράζουν τον βαθμό εμπιστοσύνης της πηγής προς τον προορισμό	191
4.4. Οι φάσεις του XREP	196
4.5. Η δομή της ανοιχτής πλατφόρμας Xenoserver	205
4.6. Υπολογισμός υπόληψης (για να υπολογίσει την υπόληψη του B ο A εξαρτάται τόσο στην άμεση αλληλεπίδραση με τον B, όσο και στις συστάσεις που παρέχονται από τους γείτονες του B, τον Γ και τον Δ)	216
4.7. Ατομικές και κοινωνικές διαστάσεις της υπόληψης στο Regret	220

Συντομογραφίες

Λατινικές

AEC	Architectural Engineering Construction
ALE	Annual Loss Expectancy
ASP	Application Service Provider
CA	Central Authority
CA	Certification Authority
CMU	Carnegie Mellon University
DNS	Domain Name System
EAC	Estimated Annual Cost
EL	Expected Loss
FPL	Fidelis Policy Language
IA	Intelligent Agent
IP	Internet Protocol
JXTA	Juxtapose
MAS	Multi Agents Systems
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NICE	NICE is the Internet Cooperative Environment
OASIS	Open Architecture for Secure Internetworking Services

OPP	Object Oriented Programming –
P2P	Peer to Peer
PDF	Possibility Density Function
PGP	Pretty Good Privacy
PICS	Platform for Internet Content Selection
PICS	Platform for Internet Content Selection)
PKI	Public Key Infrastructures
RCA	<i>Reputation Computation Agent</i>
REFEREE	Rule-controlled Environment For Evaluation of Rules and Everything Else
ReGreT	A Reputation Model for Gregarious Societies
SDSI	Simple Distributed Security Infrastructure
SLA	Service Level Agreement -
SPKI	Simple Public Key Infrastructure
TCB	Trusted Computing Base
TCL	Tool Command Language
URL	Uniform Resource Locator

Ελληνικές

ΣΔΕ	Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης
ΣΠΠ	Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1. Εισαγωγή

Η αξιοπιστία, η ικανότητα κάποιου να δεσμευθεί ότι θα εκπληρώσει τις νόμιμες προσδοκίες άλλων, είναι τόσο η συστατική αρετή, όσο και η βασική αιτιώδης προϋπόθεση για την ύπαρξη οποιασδήποτε κοινωνίας (Dunn, 1984). Σε ένα μεγάλο μέρος του καθημερινού μας βίου, αποφάσεις εμπιστοσύνης λαμβάνονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα. Θεωρήστε το απλό παράδειγμα της αγοράς ενός οποιουδήποτε προϊόντος από ένα κατάστημα. Μπορούμε να επιλέξουμε να αγοράσουμε μια συγκεκριμένη μάρκα επειδή την έχουμε αγοράσει ξανά στο παρελθόν και έχουμε μείνει ικανοποιημένοι, με άλλα λόγια έχει εκπληρώσει τις προσδοκίες μας, ή επειδή έχει γενικότερα μια καλή φήμη δηλαδή είναι ευρέως αξιόπιστη. Εμπιστευόμαστε άμεσα το κατάστημα ότι πουλάει γνήσια προϊόντα και όχι απομιμήσεις. Κατά τη διάρκεια της αγοράς, η συναλλαγή με την πιστωτική ελέγχεται από ένα ηλεκτρονικό σύστημα συναλλαγής το οποίο ο ταμίας εμπιστεύεται (εάν η κάρτα απορριφτεί από το σύστημα ο πελάτης είναι συνήθως ο ύποπτος και όχι το σύστημα συναλλαγής). Υπάρχει επίσης μια υπονοούμενη γενική εμπιστοσύνη στην στιβαρότητα του νομισματικού συστήματος που επιτρέπει στις συναλλαγές μετρητών να προχωρήσουν.

Η εμπιστοσύνη, είναι ένα εργαλείο για τη μείωση πολυπλοκότητας (Luhmann, 1979). Αυτό επιτυγχάνεται έχοντας την εμπιστοσύνη να παρέχει την εσωτερική ασφάλεια πριν την ανάληψη κάποιας δράσης παρά την αβεβαιότητα και τις ελλειπείς πληροφορίες. Στην καρδιά οποιασδήποτε διμερούς ανταλλαγής υπάρχει ένας πειρασμός, για το συμβαλλόμενο μέρος που κινείται δεύτερον, να αποκλίνει από τους συμφωνηθέντες όρους και να δράσει με τρόπο που οδηγεί σε μεμονωμένα κέρδη για αυτό και σε απώλειες για το άλλο συμβαλλόμενο μέρος (Dellarocas, 2002). Παραδείγματος χάριν, στις συναλλαγές όπου ο αγοραστής

πληρώνει πρώτα, ο πωλητής μπαίνει στον πειρασμό να μην παρέχει τα συμφωνηθέντα σχετικά με τα αγαθά ή τις υπηρεσίες ή να τα παρέχει σε μια ποιότητα που είναι κατώτερη από αυτή που είχε δηλώσει στον αγοραστή. Εκτός αν υπάρχουν κάποιες άλλες εγγυήσεις, ο αγοραστής θα έμπαινε στον πειρασμό να μην τηρήσει και τις δικές του υποχρεώσεις βάση των όρων της συναλλαγής. Σε τέτοιες καταστάσεις, η συναλλαγή δεν θα πραγματοποιηθεί ποτέ και αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη θα ζημιωθούν. Η κοινωνία μας έχει αναπτύξει ένα ευρύ φάσμα άτυπων μηχανισμών και επίσημων ιδρυμάτων για τη διαχείριση τέτοιων κινδύνων και συνεπώς τη διευκόλυνση των πάσης φύσεως συναλλαγών και αλληλεπιδράσεων. Η απλή πράξη της πρόσωπου με πρόσωπο συνάντησης για να συμφωνηθεί μια συναλλαγή βοηθά στη μείωση της πιθανότητας ότι το ένα συμβαλλόμενο μέρος θα καταλήξει με άδεια χέρια. Γραπτές συμβάσεις και συμβόλαια, εμπορικοί νόμοι, ρυθμιστική νομοθεσία, επιχειρήσεις πιστωτικών καρτών, παροχή εγγυήσεων αποτελούν πρόσθετα παραδείγματα θεσμών με τέτοιους στόχους.

Αν και ο σχεδιασμός μηχανισμών και η θεσμική υποστήριξη μπορούν να βοηθήσουν την άμβλυνση των κινδύνων μιας συναλλαγής¹, δεν μπορούν ποτέ να τους εξαλείψουν πλήρως. Ένα παράδειγμα είναι η ανάμειξη του κινδύνου στην ανταλλαγή αγαθών των οποίων η πραγματική ποιότητα μπορεί μόνο να αξιολογηθεί από τον αγοραστή έπειτα από ένα σχετικά μακροχρόνιο διάστημα από την ολοκλήρωση της συναλλαγής (π.χ. μεταχειρισμένα αυτοκίνητα). Γενικά, όσο περισσότερο απομακρυσμένες στο χρόνο και στο χώρο είναι οι δυο πλευρές μιας συναλλαγής, τόσο μεγαλύτερο είναι το ρίσκο που ενυπάρχει. Σε αυτές τις περιπτώσεις η συναλλαγή δεν θα πραγματοποιηθεί εκτός και αν το συμβαλλόμενο μέρος που κινείται πρώτο, άρα και αυτό που πρέπει να δείξει εμπιστοσύνη κατέχει ένα ικανοποιητικό βαθμό εμπιστοσύνης ότι το συμβαλλόμενο μέρος που κινείται δεύτερο θα τηρήσει πράγματι τις υποχρεώσεις του.

Στα παραδοσιακές κοινότητες, η παραγωγή της εμπιστοσύνης είναι βασισμένη σε διάφορα στοιχεία, συχνά λογικά και ορθολογιστικά αλλά μερικές φορές καθαρώς

¹ Ο όρος συναλλαγή στο παρόν πλαίσιο δεν χρησιμοποιείται με την στενή έννοια της οικονομικής ή επιχειρηματικής ανταλλαγής, αλλά σημαίνει οποιαδήποτε μορφή αλληλεπίδρασης ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες οντότητες σε οικονομικό, κοινωνικό, προσωπικό, επαγγελματικό επίπεδο.

διαισθητικά. Παραδείγματος χάριν, τείνουμε να εμπιστευθούμε ή να δυσπιστήσουμε προς πιθανές συναλλασσόμενες οντότητες βασισμένοι στην εμφάνισή τους, τον τόνο της φωνής τους ή την γλώσσα του σώματος τους. Ρωτάμε επίσης τους ήδη εμπιστευμένους συνεργάτες μας για την προγενέστερη εμπειρία τους με την νέα πιθανή για εμάς συναλλασσόμενη οντότητα. Συνολικά, αυτές οι εμπειρίες διαμορφώνουν την *υπόληψη* των ενδεχόμενων συνεργατών μας. Τέλος, μόλις αρχίσουμε να συναλλασσόμαστε με μια οντότητα που αποδεικνύεται *αξιόπιστη*, τείνουμε να είμαστε απρόθυμοι να μεταστραφούμε προς κάποια άλλη, ακόμα κι αν αναγνωρίζουμε ότι κάποιος άλλος υποστηρίζει ότι μπορεί μας προσφέρει καλύτερη συμφωνία. Διάφορες άλλες λειτουργίες της εμπιστοσύνης περιλαμβάνουν την εμπιστοσύνη ως κάτι ουσιαστικό στην οικονομία και το εμπόριο, ως μέσο διευκόλυνσης στην επίλυση ενός προβλήματος ενθαρρύνοντας την ανταλλαγή πληροφοριών και επηρεάζοντας τα μέλη ομάδων, στην απορρόφηση της γνώσης, στη διαμόρφωση μια αίσθησης ταυτότητας του ίδιου μας του εαυτού. και ως στερεή βάση πάνω στην οποία οικοδομείται το πολιτικό σύστημα. Η εμπιστοσύνη έχει μια σιωπηλή παρουσία σε όλες τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (Misztal, 1996).

Η κοινωνική αλληλεπίδραση η ίδια, έχει εξελιχθεί ταχύτατα σε μια έννοια που εκτείνεται πέρα από πολλαπλά γεωγραφικά, πολιτικά και πολιτιστικά όρια. Οι εικονικές κοινότητες είναι τόσο αληθινές όσο και οι κοινότητες που συναντιούνται φυσικά ή εκείνες των οποίων τα μέλη συνυπάρχουν στην κατάλληλη εγγύτητα. Κατά συνέπεια, οποιονδήποτε ρόλο η εμπιστοσύνη διαδραματίζει σε αυτές τις φυσικές κοινότητες τον διαδραματίζει επίσης και στις εικονικές κοινότητες, μια και τελικά, όλες οι εικονικές αλληλεπιδράσεις είναι συνδεδεμένες με τον άνθρωπο. Αυτό ισχύει ακόμη και για τεχνητές οντότητες όπως οι πράκτορες λογισμικού δεδομένου ότι είναι προγράμματα που δημιουργούνται για να εξυπηρετήσουν ένα ανθρώπινο πρόσωπο και το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεών τους ανατροφοδοτείται πίσω στους ανθρώπους με τη μία μορφή ή την άλλη. Η εμφάνιση των ηλεκτρονικών αγορών και των άλλων τύπων on-line εμπορικών κοινοτήτων και γενικότερα των ηλεκτρονικών υπηρεσιών μεταβάλλει τους κανόνες για πολλές πτυχές της επιχειρηματικότητας. Οι ηλεκτρονικές αγορές και γενικότερα οι ηλεκτρονικές

κοινότητες υπόσχονται ουσιαστικά κέρδη στην παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα με τη συγκέντρωση ενός πολύ μεγαλύτερου συνόλου αγοραστών και πωλητών οδηγώντας στην ουσιαστική μείωση των δαπανών αναζήτησης και του κόστους της συναλλαγής (Bakos, 1997; Bakos, 1998). Θεωρητικά, οι αγοραστές μπορούν έπειτα να ψάξουν την καλύτερη δυνατή διαπραγμάτευση και να καταλήξουν με διαφορετική συναλλασσόμενη οντότητα σε κάθε διαφορετική συναλλαγή. Εντούτοις κανένα από αυτά τα θεωρητικά κέρδη δεν θα επιτευχθεί, εκτός εάν βρεθούν αποτελεσματικοί τρόποι να παραχθεί η εμπιστοσύνη μεταξύ των μελών των ηλεκτρονικών κοινοτήτων. Οπότε η παραγωγή της εμπιστοσύνης αναδύεται ως σημαντική διαχειριστική πρόκληση σε οποιονδήποτε οργανισμό που λειτουργεί ή συμμετέχει σε ηλεκτρονικές δραστηριότητες.

Διάφορες ιδιότητες των ηλεκτρονικών κοινοτήτων προκαλούν τη συσσωρευμένη σοφία της κοινωνίας μας στο πώς να παραγάγει την εμπιστοσύνη. Οι επίσημοι θεσμοί, όπως οι νομικές εγγυήσεις, είναι λιγότερο αποδοτικοί σε ηλεκτρονικές κοινότητες παγκοσμίου εμβέλειας, που εκτείνονται σε πολλαπλές αρμοδιότητες με, συχνά συγκρουόμενα, νομικά συστήματα. Για παράδειγμα, είναι πολύ δύσκολο, και δαπανηρό, για έναν αγοραστή που κατοικεί σε μια ευρωπαϊκή χώρα να επιλύσει μια διαφωνία με έναν πωλητή που ζει στην Μαλαισία. Η ηλεκτρονική παροχή υπηρεσιών, οι ηλεκτρονικές εμπορικές συναλλαγές και γενικότερα οποιαδήποτε ηλεκτρονική δραστηριότητα και αλληλεπίδραση πραγματοποιούνται συνήθως μεταξύ συμβαλλόμενων μερών που δεν έχουν ποτέ πραγματοποιήσει συναλλαγές ο ένας με τον άλλον στο παρελθόν και σε ένα περιβάλλον όπου ο καταναλωτής είτε των υπηρεσιών είτε των προϊόντων, συχνά έχει ανεπαρκείς πληροφορίες για το φορέα παροχής υπηρεσιών ή για τον πωλητή και για τα προσφερθείσα αγαθά και υπηρεσίες. Αυτό αναγκάζει τον καταναλωτή να δεχτεί τον κίνδυνο της προγενέστερης απόδοσης, δηλαδή να πληρώσει για υπηρεσίες και αγαθά πριν τα λάβει ή τα χρησιμοποιήσει, γεγονός που μπορεί να τον αφήσει σε ευάλωτη θέση. Ακόμη και όταν οι προσφερθείσες υπηρεσίες ή αγαθά είναι δωρεάν και πάλι ο καταναλωτής είναι σε μειονεκτική θέση αφού δεν μπορεί να γνωρίζει εκ των προτέρων την αποτελεσματικότητά τους. Ενδέχεται μάλιστα τα προσφερθείσα αγαθά ή υπηρεσίες να είναι επιζήμια. Φανταστείτε έναν χρήστη που στην προσπάθεια επίλυσης ενός προβλήματος στον υπολογιστή

του αναζητά βοήθεια σε κάποιο διαδικτυακό φόρουμ και ακολουθώντας τη συμβουλή κάποιου άγνωστου κατεβάζει ένα μολυσμένο αρχείο ή εκτελεί κώδικα που προκαλεί βλάβη στον υπολογιστή του. Ο καταναλωτής δεν έχει γενικά καμία ευκαιρία να δει και να δοκιμάσει τα προϊόντα προτού να αγοράσει. Από την άλλη ο φορέας παροχής υπηρεσιών, ξέρει ακριβώς τι παίρνει, εφ' όσον πληρώνεται σε χρήματα. Οι ανεπάρκειες ως αποτέλεσμα αυτής της ασυμμετρίας πληροφοριών μπορούν να μετριαστούν μέσω της εμπιστοσύνης και της υπόληψης. Η ιδέα είναι ότι ακόμα κι αν ο καταναλωτής δεν μπορεί να δοκιμάσει ένα προϊόν ή μια υπηρεσία εκ των προτέρων, μπορεί να είναι βέβαιος ότι θα είναι αυτό που αναμένει εφ' όσον εμπιστεύεται τον πωλητή. Συνεπώς ένας εμπιστευμένος πωλητής έχει ένα σπουδαίο πλεονέκτημα σε περιπτώσεις που η ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών δεν μπορεί να εξακριβωθεί εκ των προτέρων.

Τα ανωτέρω παραδείγματα δείχνουν ότι η εμπιστοσύνη διαδραματίζει έναν κρίσιμο ρόλο στις συναλλαγές και στις διαδικασίες που μεσολαβεί ο υπολογιστής. Ωστόσο, είναι συχνά δύσκολο να αξιολογηθεί η αξιοπιστία απομακρυσμένων οντοτήτων, επειδή τα μέσα επικοινωνίας μέσω υπολογιστή μας απομακρύνουν όλο και περισσότερο από τις γνωστές παραδοσιακές μορφές αλληλεπίδρασης. Η φυσική συνάντηση και οι παραδοσιακές μορφές επικοινωνίας επιτρέπουν στους ανθρώπους να αξιολογήσουν ένα πολύ ευρύτερο φάσμα στοιχείων σχετικών με την εμπιστοσύνη από ότι είναι δυνατόν μέσω της ηλεκτρονικής επικοινωνίας. Ο χρόνος και η επένδυση που απαιτείται για να στηθεί και να καθιερωθεί μια παραδοσιακή επιχείρηση παρέχει κάποια διαβεβαίωση για το κύρος και την σοβαρότητα των ιδιοκτητών. Αυτό έρχεται σε οξεία αντίθεση στη σχετική απλότητα και το χαμηλό κόστος δημιουργίας μιας καλαίσθητης διαδικτυακής υπηρεσίας που δίνει λίγα στοιχεία για τη στερεότητα και την οργάνωση του όλου εγχειρήματος. Η δυσκολία ενισχύεται και από το γεγονός ότι, σε πολλές ηλεκτρονικές αγορές, είναι σχετικά εύκολο για διάφορες οντότητες να εξαφανιστούν ξαφνικά και επανεμφανιστούν με διαφορετική ηλεκτρονική ταυτότητα (Friedman και Resnick, 1999; Kollock, 1999). Επιπροσθέτως, πολλά από τα στοιχεία πάνω στα οποία βασιζόμαστε όταν τείνουμε να εμπιστευθούμε ή όχι κάποιον είναι απόντα στις ηλεκτρονικές αγορές όπου η επαφή πρόσωπο με πρόσωπο αποτελεί εξαίρεση. Τέλος, μια από τις

κινητήριες δυνάμεις πίσω από τις ηλεκτρονικές κοινότητες είναι η επιθυμία να διευρυνθεί ο κόσμος των πιθανών συναλλασσόμενων οντοτήτων και να επιτρέψει συναλλαγές μεταξύ συμβαλλόμενων μερών που έχουν δεν ποτέ συνεργαστεί στο παρελθόν. Σε ένα τόσο μεγάλο σύνολο πιθανών συναλλασσόμενων, οι περισσότερες από τις ήδη εμπιστευμένες οντότητες κάποιου είναι απίθανο να είναι σε θέση να παρέχουν πολλές πληροφορίες για την υπόληψη των μελλοντικών πιθανών συναλλασσόμενων με αυτόν οντοτήτων. Η δυσχέρεια της συλλογής δεδομένων για άγνωστες οντότητες καθιστούν δύσκολη τη διάκριση τους ανάμεσα σε αξιόπιστες και αναξιόπιστες. Κατά συνέπεια, το θέμα της εμπιστοσύνης στα ανοικτά υπολογιστικά δίκτυα λαμβάνει ιδιαίτερη προσοχή στην ακαδημαϊκά κοινότητα και στις εμπορικές ή μη ανοιχτές ηλεκτρονικές κοινότητες, όπως ιστοτόπους ηλεκτρονικού εμπορίου, δημοπρασιών, τυχερών παιχνιδιών, φόρουμ συζήτησης, P2P δίκτυα κ.α..

Σαν αντιστάθμιση σε αυτές τις προκλήσεις, οι ηλεκτρονικές κοινότητες είναι ικανές να αποθηκεύουν πλήρεις και εξακριβωμένες πληροφορίες για όλες τις συναλλαγές στις οποίες μεσολαβούν. Διάφοροι ερευνητές και επαγγελματίες, επομένως, έχουν αρχίσει να εξετάζουν τρόπους με τους οποίους αυτές οι πληροφορίες μπορούν να συγκεντρωθούν και να επεξεργαστούν προκειμένου να παραχθεί το αντίστοιχο της εμπιστοσύνης. Αυτό έχει οδηγήσει σε μια νέα γένια συστημάτων, τα οποία είναι ένα αναγκαίο συστατικό κάθε επιτυχούς ψηφιακής κοινότητας: ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης. Είναι ζωτικής σημασίας ένα ικανοποιητικό μοντέλο εμπιστοσύνης να παρέχεται στις εικονικές κοινότητες έτσι ώστε, μεταξύ των άλλων, η αυξημένη πολυπλοκότητα των μεγάλων κατανεμημένων συστημάτων όπως το Διαδίκτυο να μπορεί να ρυθμιστεί αποτελεσματικότερα και οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες να μπορούν να προχωρήσουν ομαλά

Υπάρχει μια γρήγορα αυξανόμενη βιβλιογραφία στη θεωρία και τις εφαρμογές των συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης, και ένας από τους κύριους σκοπούς του παρόντος εγγράφου είναι να παρασχεθεί μια μελέτη από τις εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα. Προηγούμενες έρευνες τέτοιου είδους συστημάτων περιλαμβάνουν αυτές των: (Mui Halberstadt και Mohtashemi, 2002; Jøsang,

Ismail και Boyd, 2007; Patil και Shyamasundar, 2005; Suryanarayana και Taylor, 2004; Silaghi, Arenas και Silva, 2007,). Αξίζει να τονιστεί ότι υπάρχει αξιοσημείωτη σύγχυση γύρω από την ορολογία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτά τα συστήματα άλλα και γενικότερα στη θεωρία της διαχείρισης εμπιστοσύνης, και στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να χρησιμοποιήσουμε μια συνεπή ορολογία τόσο στην ανάλυση του θεωρητικού υποβάθρου όσο και στην εξέταση των μοντέλων διαχείρισης εμπιστοσύνης. Επίσης φαίνεται να υπάρχει μια έλλειψη συνοχής σε αυτήν την περιοχή, όπως υποδεικνύεται από το γεγονός ότι οι μελετητές προτείνουν συχνά νέα συστήματα από την αρχή, χωρίς να καταβάλουν προσπάθεια να επεκτείνουν και να ενισχύσουν τις προηγούμενες προτάσεις. Σαν αποτέλεσμα αυτού υπάρχει πραγματικά πληθώρα συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης, τόσο πρακτικές εφαρμογές όσο και θεωρητικών μοντέλων, τα οποία βασίζονται σε διαφορετικές αρχές και φέρουν διαφορετικές ιδιότητες. Η κατηγοριοποίηση τους είναι μια επίπονη και όχι σαφής διαδικασία καθώς εξαρτάται άμεσα από την σκοπιά υπό την οποία εξετάζονται και προσωπική αντίληψη του κάθε ερευνητή για τις ιδιότητες των συστημάτων. Τα όρια ανάμεσα στις διάφορες κλάσεις των συστημάτων δεν είναι ξεκάθαρα και υπάρχουν και ΣΔΕ που θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε παραπάνω από μια κατηγορίες όπως τα Community Based Reputation, Xenotrust, NICE, TrustMe, το σύστημα των Despotovic και Aberer κ.α. (βλέπε ενότητα 4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους) Έχουν γίνει βέβαια και προσπάθειες συγκέντρωσης και οργάνωσης της σχετικής με την εμπιστοσύνη έρευνας όπως αυτή των (Artz και Gil, 2007) όπου παρέχεται ένας αναλυτικός πίνακας με μια ταξινομημένη καταγραφή των κύριων ερευνητικών εργασιών στον τομέα της διαχείρισης εμπιστοσύνης

Στην ενότητα 0 αναπτύσσεται μια συζήτηση γύρω από το θεωρητικό υπόβαθρο της εμπιστοσύνης προσπαθώντας να αποσαφηνίσουμε την έννοια της με την παράθεση και ανάλυση ποικίλων ορισμών της, καταγράφοντας τις διαισθητικές και μαθηματικές ιδιότητες και τους τρόπους μέτρησης και υπολογισμού της, αναλύοντας τις διάφορες κλάσεις και μορφές της, μελετώντας την πολύ σχετική

με αυτήν έννοια του κινδύνου² και εμβαθύνοντας στην ιδιότητα της δυναμικότητας της μιας και η εμπιστοσύνη δεν είναι σταθερή και στατική αλλά μεταβάλλεται στον χρόνο. Η ενότητα 0 ασχολείται με την άρρηκτα συνδεδεμένη με την εμπιστοσύνη έννοια της *υπόληψης* μελετώντας την θεωρία και τους ορισμούς της, αναλύοντας τα χαρακτηριστικά της και την αρχιτεκτονική των συστημάτων υπόληψης, εξετάζοντας τους τρόπους καταγραφής και υπολογισμού της υπόληψης που χρησιμοποιούνται σε αυτά καθώς επίσης τα προβλήματα που απορρέουν από αυτούς και ορισμένες προτεινόμενες λύσεις τους, ερευνώντας μηχανισμούς για την προστασία των συστημάτων υπόληψης και εμβαθύνοντας στο πολύ σημαντικό ζήτημα της αρχικοποίησης της υπόληψης, δηλαδή της υπόληψης που πρέπει να ανατεθεί σε μια νεοεισερχόμενη οντότητα σε μια κοινότητα. Στην 4^η ενότητα καταπιανόμαστε με τα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης και τις εφαρμογές τους. Προβαίνουμε σε μια αναλυτική κατηγοριοποίηση τους προσπαθώντας να συνδυάσουμε όσο το δυνατόν γίνεται πιο πολύ τις πηγές από τη σχετική βιβλιογραφία καθώς υφίσταται μια σύγχυση αναφορικά με τις κλάσεις των ΣΔΕ, που πηγάζει από το γεγονός ότι οι διάφοροι μελετητές θεωρούν διαφορετικά στοιχεία και χαρακτηριστικά τους (αρχή λειτουργίας, πεδίο εφαρμογής, αρχιτεκτονική και δομή τους, κ.τ.λ.) ως πιο σημαντικά και επομένως τα κατατάσσουν σε διαφορετικές κατηγορίες η ακόμη και δημιουργούν διαφορετικές κατηγορίες. Περιγράφουμε λεπτομερώς τα περισσότερα συστήματα που έχουν παρουσιαστεί στην σχετική βιβλιογραφία τονίζοντας τα κύρια στοιχεία τους και εμβαθύνοντας στα πιο σημαντικά. Προχωρούμε και σε συγκρίσεις μεταξύ τους, ειδικά ανάμεσα σε συστήματα ομοειδών κατηγοριών, σχετικά με τις ιδιότητες τους, την αρχή και τον τρόπο λειτουργίας τους, την αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα τους και την δομή τους επισημαίνοντας τις ομοιότητες και διαφορές τους και παραθέτοντας και ορισμένους σχετικούς συγκριτικούς πίνακες. Η εργασία ολοκληρώνεται στην ενότητα **Error! Reference source not found.** με την παράθεση των συμπερασμάτων μας και μια κριτική συζήτηση γύρω από τις εξελίξεις, τις προοπτικές και την δυναμική του τομέα της διαχείρισης εμπιστοσύνης.

² Μια οντότητα που επιδεικνύει εμπιστοσύνη σε μία άλλη αυτόματα αποδέχεται τον έμφυτο κίνδυνο η άλλη οντότητα να μην ανταποκριθεί στις προσδοκίες της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η έννοια της εμπιστοσύνης ούτε είναι κάτι καινούργιο στον άνθρωπο, ούτε περιορίζεται στις ηλεκτρονικές κοινωνίες και στα πληροφοριακά συστήματα. Στην πραγματικότητα είναι έμφυτο κομμάτι της ανθρώπινης ύπαρξης. Οι αλληλεπιδράσεις μας στην κοινωνία επηρεάζονται από τον βαθμό εμπιστοσύνης που δείχνουμε στις οντότητες με τις οποίες συναλλασσόμαστε σε όλα τα επίπεδα κοινωνικό, οικονομικό προσωπικό, επαγγελματικό. Συνεπώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, καθώς μπορεί να καθορίσει τη λήψη σημαντικών αποφάσεων.

Παρόμοιας, αν όχι μεγαλύτερης, σημασίας είναι ο ρόλος της εμπιστοσύνης στον ηλεκτρονικό κόσμο. Η εξέλιξη και η ολοένα αυξανόμενη χρήση του διαδικτύου καθιστά επιβεβλημένη την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης. Στις ηλεκτρονικές συναλλαγές, στα καταναλωμένα συστήματα, στην απομακρυσμένη πρόσβαση σε υπολογιστές και σε εφαρμογές ανταλλαγής αρχείων (P2P δίκτυα) η έννοια της εμπιστοσύνης διαδραματίζει προεξάρχοντα ρόλο. Ο ρόλος της μάλιστα ενισχύεται από το γεγονός ότι στον ηλεκτρονικό κόσμο απουσιάζει η προσωπική επαφή και η δυνατότητα του πελάτη να δει από κοντά και να δοκιμάσει το προϊόν, στοιχεία που στις παραδοσιακές συναλλαγές βοηθούν στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης. Αυτό αναγκάζει τον καταναλωτή να αποδεχθεί το ρίσκο τη πληρωμής ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας προτού τα λάβει. Αντίθετα ο προμηθευτής ή αυτός που παρέχει την υπηρεσία ξέρει ακριβώς τι θα λάβει απ' τη στιγμή που πληρώνεται σε χρήματα. Οι δυσκολίες που προκύπτουν από αυτήν την ασυμμετρία δύναται να μετριαστούν διαμέσου της ορθής διαχείρισης της εμπιστοσύνης. Η ιδέα έγκειται στο ότι μπορεί ο καταναλωτής να μην μπορεί να δοκιμάσει την υπηρεσία ή ο προϊόν εκ των πρότερων, μπορεί όμως να είναι

βέβαιος ότι αυτό που θα λάβει θα ανταποκρίνεται στις προσδοκίες του απ' τη στιγμή που εμπιστεύεται τον προμηθευτή ή τον πάροχο.

Από τα ανωτέρω καθίσταται εμφανές ότι η εμπιστοσύνη παίζει κρίσιμο ρόλο στις ηλεκτρονικές αλληλεπιδράσεις. Ωστόσο δεν είναι εύκολο να αξιολογηθεί η αξιοπιστία απομακρυσμένων οντοτήτων, διότι η επικοινωνία μέσω υπολογιστή συνεχώς και αυξανόμενα μας απομακρύνει από τους γνωστούς μας τρόπους αλληλεπίδρασης. Η φυσική επαφή και οι παραδοσιακοί τρόπο επικοινωνίας επιτρέπουν στους ανθρώπους να συγκεντρώσουν και να αξιολογήσουν μια ευρύτερη ποικιλία στοιχείων σχετικών με την αξιοπιστία απ' όσα η επικοινωνία μέσω υπολογιστών. Για παράδειγμα ο χρόνος και το χρήμα που απαιτούνται για την δημιουργία ενός άρτια εξοπλισμένου και καλαίσθητου καταστήματος δημιουργεί στους πελάτες που το επισκέπτονται μια αίσθηση ασφάλειας σχετικά με την ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών. Αυτό έρχεται σε οξεία αντίθεση με την σχετική απλότητα και το χαμηλό κόστος που προϋποθέτει η δημιουργία ενός ιστοτόπου στο διαδίκτυο ο οποίος δίνει λίγα στοιχεία σχετικά με την αξιοπιστία της οντότητας πίσω από αυτόν. Η δυσκολία στην συλλογή στοιχείων για άγνωστες συναλλασσόμενες οντότητες θέτει ιδιαίτερες δυσκολίες στον διαχωρισμό των οντοτήτων ανάμεσα σε αυτές που μπορεί κάποιος να εμπιστευτεί και σε αυτές που δεν μπορεί στον πραγματικά τεράστιο και αχανή ηλεκτρονικό κόσμο του διαδικτύου. Σαν αποτέλεσμα το θέμα της εμπιστοσύνης και της ανάπτυξης συστημάτων για την διαχείριση της σε ανοικτά υπολογιστικά δίκτυα συγκεντρώνει σημαντική προσοχή τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε τεχνολογικό επίπεδο

2.1. Ορισμοί Εμπιστοσύνης

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η εμπιστοσύνη είναι αναπόσπαστο στοιχείο στις ανθρώπινες κοινωνίες. Σαν έννοια είναι πανταχού παρούσα στην καθημερινότητά μας. Κάθε άνθρωπος έχει την δίκια του αντίληψη σχετικά με την έννοια και την σημασία της. Σαν αποτέλεσμα αυτού υπάρχει μια εμφανής έλλειψη συνάφειας ανάμεσα στους διάφορους ερευνητές αναφορικά με την διατύπωση

ενός ακριβή ορισμού της έννοιας της εμπιστοσύνης. Όπως αναφέρει και ο Grandison (Grandison, 2003) εξαιτίας του γεγονότος ότι η εμπιστοσύνη είναι αναπόσπαστο στοιχείο της ανθρώπινης φύσης συνήθως αντιμετωπίζεται σαν μια διαισθητική και εύκολα κατανοητή αντίληψη. Όμως η διαίσθηση ενός ανθρώπου καθορίζεται από τις εμπειρίες του και επομένως η αντίληψη του για την εμπιστοσύνη θα είναι διαφορετική βάση των εμπειριών του. Οι εκφάνσεις της εμπιστοσύνης είναι εύκολο να αναγνωριστούν επειδή τη βιώνουμε και στηριζόμαστε σε αυτή στην καθημερινή μας ζωή, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί πρόκληση να ορίσουμε σαφώς και επακριβώς την εμπιστοσύνη γιατί οι εκφάνσεις της αυτές εμφανίζονται σε πολλές διαφορετικές μορφές. Η σχετική βιβλιογραφία ενδέχεται να προκαλεί αρκετή σύγχυση διότι ο όρος χρησιμοποιείται με πολλές διαφορετικές σημασίες (McKnight και Chervany 1996,).

Η εμπιστοσύνη είναι ένα πολυδιάστατο θέμα που συνδέεται άρρηκτα όπως θα δούμε παρακάτω και με άλλες γνωστές από την καθημερινότητα μας έννοιες όπως η υπόληψη και το ρίσκο. Σαν τέτοιο πέρα από τους επιστήμονες της πληροφορικής έχει μελετηθεί από ένα πλήθος ερευνητών όπως κοινωνιολόγοι, ιστορικοί, ψυχολόγοι, φιλόσοφοι, οικονομολόγοι, μαθηματικοί. Υφίσταται πραγματικά μεγάλος πλούτος βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα της εμπιστοσύνης σε επιστημονικά πεδία τόσο ασυσχέιστα μεταξύ τους όπως εξελικτική βιολογία (Bateson, 1990), κοινωνιολογία (Luhmann, 1979), (Luhmann, 1990), κοινωνική ψυχολογία (Deutsch, 1962), οικονομικά (Hart, Anderson και Cohen, 1990), (Dasgupta, 1990), ιστορία (Gambetta, 1990A), (Pagden, 1990), φιλοσοφία (Lagenspetz, 1992), (Hertzberg, 1988), (Wittgenstein, 1977). Οι (Marsh, 1994) και (Gambetta, 1990C) διεξήγαγαν αξιοσημείωτες συγκριτικές και συγκεντρωτικές μελέτες πάνω στις διαφορετικές αντιλήψεις που επικρατούν για την έννοια της εμπιστοσύνης, Παρόλο που υπάρχει ευρεία και πολυσχιδής βιβλιογραφία σχετικά με την εμπιστοσύνη, αρκετές φορές δύναται να προκαλέσει σύγχυση καθώς ο όρος χρησιμοποιείται με πολλές διαφορετικές σημασίες. Όπως επισημαίνουν αρκετοί συγγραφείς η σημασία της εμπιστοσύνης όπως χρησιμοποιείται από τον κάθε ερευνητή ποικίλει ανάλογα με το αντικείμενο της κάθε εργασίας, το επιστημονικό του υπόβαθρο, ακόμη και τις προσωπικές του

εμπειρίες και την αντίληψη που έχει για την ζωή (Grandison, 2003), (Artz και Gil, 2007).

Το μόνο σίγουρο λοιπόν είναι ότι δεν υπάρχει στην βιβλιογραφία της επιστήμης της πληροφορικής συναίνεση όσον αφορά την έννοια της εμπιστοσύνης στο πεδίο της διαχείρισης εμπιστοσύνης παρά την αναμφισβήτητη και ευρεία αναγνώριση της σημαντικότητας της. Μια σχέση εμπιστοσύνης τυπικά περιλαμβάνει δύο μέρη τον *εμπιστευτή* το ενεργητικό θα μπορούσαμε να πούμε μέρος, δηλαδή αυτόν που δείχνει εμπιστοσύνη και τον *εμπιστευόμενο* το παθητικό μέρος, δηλαδή αυτόν στον οποίο δείχνεται/καταλήγει η εμπιστοσύνη ή αλλιώς απολαμβάνει έναν βαθμό εμπιστοσύνης. Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις, για παράδειγμα δυο συνεργάτες σε μια επιχείρηση ή ένα αντρόγυνο, όπου και τα δυο μέρη ενδέχεται διαδραματίζουν τόσο το ρόλο του εμπιστευτή όσο και του εμπιστευόμενου. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τους πιο κοινούς ορισμούς της εμπιστοσύνης που απαντώνται στη σχετική βιβλιογραφία επισημαίνοντας τα κυριότερα σημεία και τις κατευθύνσεις στις οποίες βασίζονται και προσπαθώντας να αναλύσουμε το πώς αυτά διαφέρουν ή μοιάζουν μεταξύ τους.

Το λεξικό Webster ορίζει την εμπιστοσύνη ως:

Μια υποτιθέμενη εξάρτηση σε ένα πρόσωπο ή πράγμα. Μία σίγουρη εξάρτηση στον χαρακτήρα, ικανότητα, δύναμη ή αλήθεια κάποιου ανθρώπου ή κάποιου πράγματος ή Μια υποχρέωση ή καθήκον που επιβάλλεται βάση πίστης ή σιγουριάς ή σαν συνθήκη μιας σχέσης ή Το να είμαι σίγουρος (για μια οντότητα).

Η πολυδιαστασιμότητα είναι προφανής από αυτούς τους τρεις ορισμούς. Ο πρώτος υπονοεί ότι ένα πρόσωπο είναι εξαρτώμενο σε ένα άλλο και στην ικανότητα του να φέρει εις πέρας μια εργασία. Με απλά λόγια «Σε εμπιστεύομαι να κάνεις αυτή τη δουλειά για μένα». Υπονοείται μια σχέση εργασίας ανάμεσα στα δύο πρόσωπα, Ο δεύτερος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την εμπιστοσύνη μεταξύ προσώπων αναμειγμένων σε προσωπικές σχέσεις, όπως ο γάμος. Ο τρίτος είναι ένας πιο απλοϊκός ορισμός όπου οι παράμετροι της εξαρτησιμότητας και της αξιοπιστίας δεν λαμβάνονται υπόψη. Το πρόσωπο που εναποθέτει την εμπιστοσύνη δεν έχει κάποιο όφελος από την περάτωση μιας

εργασίας. Οι τρεις αυτοί ορισμοί αντιμετωπίζουν την εμπιστοσύνη από την κοινωνική της σκοπιά.

Σύμφωνα με το λεξικό της Οξφόρδης η εμπιστοσύνη είναι:

Η ακλόνητη πεποίθηση στην αξιοπιστία ή αλήθεια ή δύναμη μιας οντότητας.

Αυτή είναι μια γενικότερη θεώρηση του όρου, αλλά είναι δύσκολο να ερμηνεύσουμε τον όρο δύναμη στην πληροφορική.

Οι (Kini και Choobineh, 1998) στην μελέτη τους για το θεωρητικό πλαίσιο της εμπιστοσύνης χρησιμοποιούν τον ορισμό του λεξικού Webster και εξετάζουν την εμπιστοσύνη από τη σκοπιά των κοινωνιολόγων, οικονομολόγων και κοινωνικών ψυχολόγων. Επισημαίνουν τα στοιχεία που υποδεικνύουν αυτοί οι ορισμοί και συνδυάζουν τα αποτελέσματα τους με την κοινωνικοψυχολογική πλευρά της εμπιστοσύνης για να αποδώσουν τον δικό τους ορισμό της εμπιστοσύνης σε ένα σύστημα:

Μια πεποίθηση η οποία επηρεάζεται από τις απόψεις του ατόμου για συγκεκριμένα κρίσιμα χαρακτηριστικά του συστήματος.

Αυτός ο ορισμός εκφράζει μόνο την εμπιστοσύνη στα όρια ενός συστήματος και αποκλείει άλλες διαστάσεις της έννοιας όπως εμπιστοσύνη στην διαδικασία των ηλεκτρονικών συναλλαγών και εμπιστοσύνη στις ικανότητες και στην ειλικρίνεια του εμπιστευόμενου στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για τις εφαρμογές στο διαδίκτυο. Η ευρωπαϊκή επιτροπή Joint Research Centre (Jones και Morris, 1999) εξετάζοντας το θέμα από την επιχειρηματική του σκοπιά ορίζει την εμπιστοσύνη ως:

Η ιδιότητα μιας επιχειρηματικής σχέσης, τέτοιας ώστε εξάρτηση δύναται να τοποθετηθεί στους επιχειρηματικούς συνεργάτες και στις επιχειρηματικές συναλλαγές που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

Αυτός ο ορισμός προέρχεται από τη σκοπιά της διοίκησης επιχειρήσεων και παραλείπει να αναφέρει στοιχεία απαραίτητα για την επιστήμη των υπολογιστών όπως την εξάρτηση στην υποδομή υλικού και λογισμικού.

Σύμφωνα με τους (Lewis και Weighert, 1985) η εμπιστοσύνη εκφράζεται ως:

Παρατηρήσεις που υποδεικνύουν ότι τα μέλη ενός συστήματος ενεργούν σύμφωνα με και είναι ασφαλή μέσα στα αναμενόμενα μελλούμενα που απαρτίζονται από την παρουσία του καθενός για τις συμβολικές τους αναπαραστάσεις.

Ο άνωθεν ορισμός περικλείει την έννοια μελών του συστήματος που έχουν προσδοκίες. Ωστόσο ο ορισμός φαίνεται να υποθέτει ότι οι προσδοκίες αυτές είναι θετικές Αυτό δεν αποτελεί πάντα τον κανόνα στον κόσμο του διαδικτύου. Οι (Mayer και Davis, 1995) εισάγουν μια επιπλέον διάσταση στον ορισμό τους. Θεωρούν την εμπιστοσύνη σαν:

τη βούληση μιας ομάδας ατόμων να είναι ευάλωτη στις ενέργειες μιας άλλης ομάδας ατόμων βασισμένη στην προσδοκία ότι ή άλλη ομάδα θα επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία σημαντική για τον εμπιστευτή, άσχετα με την δυνατότητα παρακολούθησης ή ελέγχου της άλλης ομάδας

Αυτός ο ορισμός υπονοεί ένα στοιχείο του να έχεις την δυνατότητα να παρακολουθείς την εμπιστοσύνη και να επαναξιολογείς μια απόφαση. Ο (Zand, 1972) ορίζει την εμπιστοσύνη ως:

Την βούληση να είσαι ευάλωτος βασιζόμενος σε θετικές προσδοκίες σχετικά με τις ενέργειες των άλλων.

Ωστόσο αυτό δεν συμβαίνει πάντα ούτε στον ηλεκτρονικό αλλά ούτε και στον πραγματικό κόσμο. Ίσως να θέλω να είμαι ευάλωτος όταν υπάρχει χαμηλή αξία προϊόντος ή υπηρεσίας.

Οι (Carral και Judge, 1995) ορίζουν την εμπιστοσύνη ως:

Η εξάρτηση ενός ατόμου σε μια άλλη ομάδα ατόμων υπό συνθήκες εξαρτησιμότητας και ρίσκου.

Η εξαρτησιμότητα υπονοεί έναν υψηλό βαθμό εξάρτησης ανάμεσα σε όλες τις αναμεμιγμένες οντότητες. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη μιας αμοιβαίας σχέσης ανάμεσα σε εμπιστευόμενο και εμπιστευτή. Αυτή δεν είναι μια κατάλληλη

υπόθεση που να ευσταθεί στον κόσμο του Διαδικτύου. Οι (Mui, Montashemi και Halberstadt, 2002) ορίζουν την εμπιστοσύνη ως:

Μια υποκειμενική προσδοκία που ένας πελάτης έχει σχετικά με την μελλοντική συμπεριφορά κάποιου άλλου βασισμένη στο ιστορικό των προηγούμενων συναντήσεων τους.

Αυτός ορισμός διαφωτίζει την υποκειμενική φύση της εμπιστοσύνης. Επιπλέον δείχνει την ανάγκη για εκμάθηση από προηγούμενες εμπειρίες υπονοώντας την έννοια της υπόληψης. Ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις που μια οντότητα μπορεί να αλληλεπιδρά για πρώτη φορά με μία άλλη. Ο (Josang, 1996) επεκτείνει αυτόν τον ορισμό λέγοντας ότι:

Η εμπιστοσύνη είναι η πεποίθηση που μια οντότητα έχει για μια άλλη, βάση πρότερων εμπειριών, γνώση για την φύση της οντότητας και συστάσεις από εμπιστευόμενες οντότητες. Αυτή η πεποίθηση εκφράζει μια προσδοκία για την συμπεριφορά της οντότητας, στην οποία ενυπάρχει ρίσκο.

Ο ανωτέρω ορισμός εμπερικλείει την έννοια των συστάσεων από ήδη εμπιστευόμενες οντότητες, στοιχείο που μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμο όταν μια οντότητα συναλλάσσεται με μια άλλη για πρώτη φορά

Ένας από τους πιο δημοφιλής ορισμούς είναι αυτός που επινοήθηκε από τον (Deutch, 1962):

(α) ένα άτομο αντιμετωπίζει ένα αμφιλεγόμενο μονοπάτι, ένα μονοπάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ένα γεγονός αντιληφθέν ως ωφέλιμο ή σε ένα γεγονός αντιληφθέν ως επιζήμιο (β) θεωρεί ότι η πραγματοποίηση αυτών των γεγονότων συνδέεται άμεσα με την συμπεριφορά ενός άλλου ατόμου, και (γ) θεωρεί ότι ο αντίκτυπος του επιζήμιου γεγονότος είναι μεγαλύτερος από αυτόν του ωφέλιμου. Εάν διαλέξει να ακολουθήσει το αμφιλεγόμενο μονοπάτι με τέτοιες ιδιότητες, λαμβάνει μια απόφαση εμπιστοσύνης, αλλιώς λαμβάνει μια απόφαση μη εμπιστοσύνης (δυσπιστίας).

Ένα ενδιαφέρον σημείο του άνωθεν ορισμού που υποδεικνύεται και από τον (Marsh, 1994) είναι ότι η εμπιστοσύνη θεωρείται να είναι υποκειμενική και να

εξαρτάται από τις απόψεις του κάθε ξεχωριστού ατόμου. Ο (Deutsch, 1973) επαναπροσδιορίζει περαιτέρω τον ορισμό του τονίζοντας ότι:

Εμπιστοσύνη είναι η πίστη που κατέχει ένα άτομο πως θα λάβει ότι επιθυμεί από ένα άλλο, και όχι ότι φοβάται.

Αυτός ο ορισμός αντighεί και από το λεξικό Webster στο δεύτερο σκέλος του δικού του ορισμού εμπιστοσύνης, ο οποίος και αναφέρθηκε πιο πάνω.

Ουσιαστικά ο Deutsch ορίζει την εμπιστοσύνη σαν προσδοκία συμβάντων επισημαίνοντας ότι:

Ένα άτομο μπορούμε να θεωρήσουμε ότι έχει εμπιστοσύνη στην εμφάνιση ενός συμβάντος εάν αναμένει την εμφάνιση του, και οι προσδοκίες του το οδηγούν σε συμπεριφορά την οποία αντιλαμβάνεται να έχει μεγαλύτερες αρνητικές επιπτώσεις εάν η προσδοκία του δεν επιβεβαιωθεί από ότι θετικές επιπτώσεις εάν η προσδοκία του επιβεβαιωθεί.

Αποσαφηνίζει τον ανωτέρω ορισμό δίνοντας ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός ζευγαριού που προσλαμβάνει μια γυναίκα για να προσέχει τα παιδιά του. Το ζευγάρι ανάλογα με την προσδοκία του για την εμφάνιση των συμβάντων, θα αποφασίσει για το αν θα εμπιστευθεί η όχι την γυναίκα. Το ζευγάρι θεωρεί οποιοδήποτε κακό στα παιδιά του πολύ πιο επιζήμιο από όσο ωφέλιμη μπορεί να θεωρηθεί μια βραδινή έξοδος. Σαν αποτέλεσμα βασίζουν την εμπιστοσύνη τους στην προσδοκία τους για την συμπεριφορά της οικονόμου, ή την ικανότητα της να φροντίζει τα παιδιά. Επομένως μια από τις προϋποθέσεις για την εμπιστοσύνη είναι η ύπαρξη αρνητικής ή θετικής έκβασης και η αναμενόμενη ζημία από το αρνητικό αποτέλεσμα να είναι απαραίτητως μεγαλύτερη από το αναμενόμενο κέρδος από το θετικό αποτέλεσμα, και συνεπώς η απόφαση επίδειξης εμπιστοσύνης είναι μια μη ορθολογιστική απόφαση. Εάν συμβαίνει το αντίθετο, τότε η απόφαση επίδειξης εμπιστοσύνης είναι απλά οικονομικός ορθολογισμός (Kini και Choobineh, 1998).

Ο πρώτος αυτός ορισμός του Deutsch εμπερικλείει το στοιχείο του ρίσκου στην απόφαση της εμπιστοσύνης. Εφόσον δεν υπάρχει ρίσκο, τότε η επιλογή

μετατρέπεται σε επιλογή οικονομικού ορθολογισμού. Οπότε όπως σημειώνει και ο Deutsch η εμπιστοσύνη έχει νόημα μόνο όταν εμπλέκεται αβεβαιότητα σχετικά με την έκβαση μελλοντικών γεγονότων. Αυτή η κατάσταση είναι ιδιαίτερα κυρίαρχη στο ηλεκτρονικό εμπόριο, μιας και ο χρήστης εκτίθεται αυτόματα σε ρίσκο εάν επιλέξει να εμπιστευθεί και να εμπλακεί σε εμπόριο μέσω του Διαδικτύου από ότι εάν προτιμήσει παραδοσιακές μορφές εμπορίου.

Ο (Luhmann, 1979) προσεγγίζει το θέμα κοινωνιολογικά και θεωρεί την εμπιστοσύνη ως:

Ένα μέσο για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της κοινωνίας, πολυπλοκότητα που δημιουργείται από αλληλεπιδρώντα άτομα με διαφορετικές αντιλήψεις και στόχους.

Αυτός ο ορισμός λόγω της κοινωνικής του φύσης είναι καταλληλότερος για βασισμένα στην υπόληψη συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης.

Άλλος δημοφιλής ορισμός της εμπιστοσύνης είναι αυτός που έχει υιοθετηθεί από τους επιστήμονες της πληροφορικής, πηγάζει από την κοινωνιολογία και επινοήθηκε από τον (Gambetta, 1990A). Ορίζει την εμπιστοσύνη ως:

Ένα συγκεκριμένο επίπεδο της υποκειμενικής πιθανότητας με την οποία ένας πελάτης εκτιμάει ότι ένα άλλο άτομο ή ομάδα ατόμων θα φέρει εις πέρας μια συγκεκριμένη ενέργεια, προτού μπορεί να επιτηρεί μια τέτοια ενέργεια (ή ανεξάρτητα από την δυνατότητα του να επιτηρεί μια τέτοια ενέργεια) και σε ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο επηρεάζεται η δική του ενέργεια και ευημερία .

Ο Gambetta εισήγαγε την ιδέα της χρησιμοποίησης τιμών για την εμπιστοσύνη και επίσης υπεραμύνθηκε της ύπαρξης ανταγωνισμού ανάμεσα σε συνεργαζόμενες οντότητες.

Ο προαναφερθέν ορισμός χρησιμοποιείται από τους (Josang, Ismail και Boyd, 2007) για δώσουν τον ορισμό της εμπιστοσύνης αξιοπιστίας (*reliability trust*), όπως χαρακτηριστικά την ονομάζουν.

Εμπιστοσύνη είναι η υποκειμενική πιθανότητα με την οποία ένα άτομο A αναμένει ότι ένα άλλο άτομο B θα επιτελέσει μια συγκεκριμένη ενέργεια, στην οποία εξαρτάται η ευημερία του.

Ο ορισμός αυτός συμπεριλαμβάνει την έννοια της εξαρτησιμότητας και της αξιοπιστίας του εμπιστευόμενου μέρους, όπως αυτές γίνονται αντιληπτές από τον εμπιστευτή.

Ωστόσο η εμπιστοσύνη ενδέχεται να είναι περισσότερο πολύπλοκη από ότι υποδεικνύει αυτός ο ορισμός. Για παράδειγμα οι (Falcone και Castelfranchi, 2001) αναγνωρίζουν πως το να έχει κάποιος σχετικά υψηλή εμπιστοσύνη σε ένα πρόσωπο γενικά δεν είναι απαραίτητα αρκετό για να αποφασίσει να εισέλθει σε μια κατάσταση εξαρτησιμότητας σε αυτό το πρόσωπο. Αναφέρουν χαρακτηριστικά: *“Για παράδειγμα είναι πιθανόν οι επιπτώσεις της ζημίας σε περίπτωση αποτυχίας να είναι υπερβολικά δυσμενείς για να διαλέξει κάποιος την απόφαση της εμπιστοσύνης, ανεξάρτητα είτε από την πιθανότητα αποτυχίας (ακόμη και αν είναι πολύ μικρή), είτε από το πιθανό κόστος (ακόμα και εάν είναι πολύ υψηλό). Με άλλα λόγια, οι επιπτώσεις μπορεί να φαντάζονται σαν ένα αόριστο ρίσκο.*

Για να αποδώσουν αυτή την ευρύτερη έννοια της εμπιστοσύνης οι (Josang, Ismail και Boyd, 2007) παραθέτουν το ακόλουθο ορισμό της *εμπιστοσύνης απόφασης* όπως την ονομάζουν, ο οποίος όπως αναφέρουν είναι εμπνευσμένος από τους (McKnight και Chervany, 1996).

Εμπιστοσύνη είναι η έκταση στην οποία κάποιος έχει την βούληση να εξαρτηθεί σε κάποιον ή κάτι, μέσα σε μία συγκεκριμένη κατάσταση με ένα αίσθημα σχετικής ασφάλειας, παρά την πιθανή ύπαρξη αρνητικών επιπτώσεων.

Παρόλο που ο ανωτέρω ορισμός διακατέχεται από σχετική ασάφεια, εντούτοις αυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη διότι τον καθιστά περισσότερο γενικό. Ρητά και αναμφίβολα εισάγει και περιέχει όψεις μιας ευρύτερης αντίληψης της εμπιστοσύνης, που είναι εξαρτησιμότητα στην εμπιστευόμενη οντότητα, αξιοπιστία της εμπιστευόμενης οντότητας, ενδεχόμενες θετικές ή αρνητικές

επιπτώσεις από την απόφαση εμπιστοσύνης και μια νοοτροπία κινδύνου υπό την έννοια ότι ο εμπιστευτής είναι πρόθυμος να αποδεχτεί τον περιστασιακό κίνδυνο που απορρέει από τα προηγούμενα στοιχεία. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι στην σχετική βιβλιογραφία υπάρχουν πραγματικά πολύ λίγες μελέτες που λαμβάνουν υπόψη τους το ρίσκο. Το θέμα εξετάζεται αναλυτικά παρακάτω στην ενότητα 2.5 Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Διαχείριση Κινδύνου.

Οι (Falcone και Castelfranchi, 2001) παρουσιάζουν μια γνωστική άποψη για την εμπιστοσύνη, η οποία εφαρμόζεται στο πλαίσιο της ανάθεσης μιας εργασίας σε μια άλλη οντότητα. Κατά την ανάθεση μιας εργασίας, μια οντότητα Α μπορεί να αξιολογήσει την εμπιστοσύνη που τοποθετεί σε μια άλλη οντότητα Β, εξετάζοντας τις ακόλουθες πεποιθήσεις για την οντότητα Β: (1) *πεποίθηση ικανότητας*: η Β είναι ικανή να εκτελέσει την εργασία, (2) *πεποίθηση διάθεσης*: η Β πραγματικά θα κάνει αυτό που η Α χρειάζεται, (3) *πεποίθηση εξάρτησης*: η Α θεωρεί τουλάχιστον ότι είναι καλύτερο να στηριχθεί στη Β για εκτελέσει την εργασία παρά να μην στηριχθεί σε αυτή, (4) *πεποίθηση εκπλήρωσης*: η Α πιστεύει ότι η εργασία μπορεί να έρθει εις πέρας, (5) *πεποίθηση προθυμίας*: η Β σκοπεύει να κάνει ότι της έχει προταθεί να κάνει, (6) *πεποίθηση επιμονής*: η Β είναι αρκετά σταθερή σε αυτές τις προθέσεις, (7) *πεποίθηση αυτοπεποίθησης*: η Α πρέπει να πιστεύει ότι η Β ξέρει πως έχει την δυνατότητα να εκτελέσει την εργασία και (8) *πεποίθηση κινήτρου*: η Β έχει κάποιο κίνητρο για να βοηθήσει το την Α.

Ο Dimitrakos (Dimitrakos, 2001) ορίζει την εμπιστοσύνη ενός πελάτη μιας υπηρεσίας Α προς έναν πάροχο της υπηρεσίας Β για μια υπηρεσία Χ ως ακολούθως:

Η εμπιστοσύνη του Α στον Β για μια υπηρεσία Χ είναι η μετρήσιμη πεποίθηση που έχει ο Α ότι ο Β θα συμπεριφερθεί εξαρτημένα για μια συγκεκριμένη περίοδο και εντός των ορίων ενός συγκεκριμένου πλαισίου σε συνάρτηση με την υπηρεσία Χ.

Όπου:

Ο Α ή ο Β μπορεί να είναι μια ξεχωριστή οντότητα, μια συλλογή ανθρώπων ή διεργασιών ή ένα σύστημα.

Ο όρος υπηρεσία χρησιμοποιείται με ευρεία έννοια για να συμπεριλάβει συναλλαγές, συστάσεις, έκδοση πιστοποιητικών, κτλ..

Ο όρος περίοδος μπορεί να αναφέρεται στο παρελθόν, στη διάρκεια της υπηρεσίας, στο μέλλον, ή να μην έχει χρονικά όρια.

Ο όρος εξαρτησιμότητα χρησιμοποιείται ευρέως για να συμπεριλάβει την ασφάλεια, την αξιοπιστία, την επικαιρότητα, και την διατηρησιμότητα.

Ο όρος περιβάλλον αναφέρεται στις σχετικές με την υπηρεσία συμφωνίες, στην ιστορία της υπηρεσίας, στις τεχνολογικές υποδομές, στα νομοθετικά και κανονιστικά πλαίσια που εφαρμόζονται.

Η εμπιστοσύνη συνδυάζει αντικειμενικές πληροφορίες με υποκειμενικές απόψεις σχηματιζόμενες βάση πραγματικών στοιχείων και συστάσεων από μια ενδιάμεση αρχή. Η εμπιστοσύνη επιτρέπει σε ένα άτομο να εξαρτάται μετριοπαθώς για μια κρίσιμη περίοδο στην συμπεριφορά ενός άλλου ατόμου. Ο βαθμός της εξάρτησης σχετίζεται με την υποκειμενική πιθανότητα ότι ο εμπιστευόμενος θα πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη ενέργεια (την οποία ο εμπιστευτής δεν θα είναι δυνατόν να παρακολουθήσει) εντός ενός πλαισίου που επηρεάζει τις ενέργειες του ίδιου του εμπιστευτή

Κατ' αναλογία με τα ανωτέρω ο Dimitrakos διαφοροποιεί την μη εμπιστοσύνη από την έλλειψη εμπιστοσύνης ως ακολούθως:

Η μη-εμπιστοσύνη του A στον B για μια υπηρεσία X είναι η μετρήσιμη πεποίθηση του A ότι ο B δεν θα συμπεριφερθεί εξαρτημένα για μια συγκεκριμένη περίοδο και εντός των ορίων ενός συγκεκριμένου πλαισίου σε συνάρτηση με την υπηρεσία X.

Η μη-εμπιστοσύνη είναι χρήσιμη προκειμένου να ανακαλείται προηγούμενη εμπιστοσύνη, να εμποδίζει την διάδοση μη ορθής εμπιστοσύνης και για να γνωστοποιείται ότι ένα άτομο δεν είναι κατάλληλο για μια κλάση πιθανών μελλοντικών συνεργασιών. Δεν πρέπει να συγχέεται με την έλλειψη εμπιστοσύνης. Έχει ουσιαστική διαφορά το να μην εμπιστεύομαι κάποιον (μη-εμπιστοσύνη) από το να μην γνωρίζω ή να μην έχω ενδείξεις για το αν πρέπει αν τον εμπιστευθώ ή όχι.

Οι (Grandison και Sloman, 2001) ερευνούν και αναλύουν ποικίλους ορισμούς της εμπιστοσύνης και σαν αποτέλεσμα της ανάλυσης τους ορίζουν της εμπιστοσύνη ως:

Την ακλόνητη πεποίθηση στην επάρκεια μιας οντότητας να δράσει εξαρτημένα, ασφαλώς και αξιόπιστα εντός ενός συγκεκριμένου πλαισίου

Υποστηρίζουν ότι η εμπιστοσύνη είναι ένας συνδυασμός πολλών στοιχείων όπως εξαρτησιμότητα, αξιοπιστία, ειλικρίνεια, ασφάλεια, ικανότητα τα οποία πρέπει να θεωρούνται εξαρτώμενα από το περιβάλλον για το οποίο καθορίζεται η εμπιστοσύνη. Αργότερα ο Grandison (Grandison, 2003) τροποποιεί τον προηγούμενο ορισμό και ορίζει την εμπιστοσύνη ως:

η ποσοτικοποιημένη πεποίθηση από έναν εμπιστευτή αναφορικά με την επάρκεια, ειλικρίνεια, ασφάλεια και εξαρτησιμότητα ενός εμπιστευόμενου εντός των ορίων ενός συγκεκριμένου πλαισίου.

Επιπλέον ορίζει και την μη-εμπιστοσύνη ως:

η ποσοτικοποιημένη πεποίθηση από έναν εμπιστευτή αναφορικά με ανεπάρκεια, ανειλικρίνεια, μη ασφάλεια και ανεξαρτησιμότητα ενός εμπιστευόμενου εντός των ορίων ενός συγκεκριμένου πλαισίου.

Οι δύο αυτοί ορισμοί δεν κάνουν υποθέσεις σχετικά με την φύση των οντοτήτων (αν είναι άνθρωποι, εταιρείες, υλικό, λογισμικό) τονίζουν το γεγονός ότι η εμπιστοσύνη είναι υποκειμενική και ουσιαστικά αποτελεί μια πεποίθηση, διαφωτίζουν το γεγονός ότι είναι πάντα σχετική με το εκάστοτε πλαίσιο και σχετίζεται με κάποιο χαρακτηριστικό ή ένα σύνολο χαρακτηριστικών και τονίζουν ότι μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Τονίζουν τα χαρακτηριστικά της εμπιστοσύνης που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε διαδικτυακές εφαρμογές, κάτι που δεν ισχύει για όλους τους υπόλοιπους ορισμούς εκτός ίσως από αυτόν του Dimitrakou.

Όλοι οι ανωτέρω ορισμοί και οι διαφορές μεταξύ τους υποδεικνύουν το γεγονός ότι η εμπιστοσύνη είναι ένα πολυδιάστατο θέμα για το οποίο επικρατούν

πολυσχιδείς απόψεις, ανάλογα με το πεδίο στο οποίο κάθε φορά εκφράζονται. Για παράδειγμα οι (Grandison και Sloman, 2001) επισημαίνουν ότι η εμπιστοσύνη είναι μια πεποίθηση στην επάρκεια μια οντότητας στα όρια ενός πλαισίου, ενώ οι (Kini και Choobineh, 1998) δίνουν έμφαση στο ότι η οντότητα που δείχνει εμπιστοσύνη είναι ο άνθρωπος και όχι το σύστημα. Παρόμοια είναι η άποψη που εκφράζεται από τον (Josang, 1996), όπου οι οντότητες διαχωρίζονται σε παθιασμένες, που έχουν ελεύθερη βούληση, και σε ορθολογιστικές, που δεν έχουν. Σύμφωνα με τους (Kini και Choobineh, 1998) και τον (Josang, 1996), οι εμπιστευτές είναι παθιασμένες οντότητες. Ο ορισμός της ευρωπαϊκής επιτροπής (Jones, 1999) τονίζει ένα άλλο κομμάτι της εμπιστοσύνης: στο εμπόριο, η εμπιστοσύνη είναι σχετική με μια επιχειρηματική σχέση. Μια οντότητα μπορεί να εμπιστεύεται μια άλλη σε μια συγκεκριμένη επιχειρηματική σχέση αλλά μπορεί να μην την εμπιστεύεται σε μία άλλη επιχειρηματική σχέση. Αυτό είναι κάτι που σημειώνεται και από τον Josang, αλλά δεν ενσωματώνεται στον ορισμό. Επιπλέον κανένας από τους ορισμούς δεν δίνει έμφαση στο γεγονός ότι η εμπιστοσύνη δεν είναι μόνο εγγενώς μετρήσιμη (ποσοτικοποιημένη) αλλά και υπαρκτή και εξελίξιμη στον χρόνο. Παρόλο που ο Grandison για παράδειγμα στην εργασία του (Grandison, 2003), αναφέρεται εκτεταμένα στην εξέλιξη της εμπιστοσύνης στην διάρκεια του χρόνου, εντούτοις δεν εμπερικλείει αυτό το χαρακτηριστικό στους ορισμούς του.

Ο ορισμός του Dimitrakos (Dimitrakos, 2001) διαφέρει από αυτούς του Gambetta και των (Kini και Choobineh, 1998) όσον αφορά τα υποκείμενα της εμπιστοσύνης. Οι ευφυείς πράκτορες που διαπραγματεύονται μπορούν να είναι είτε άνθρωποι είτε διεργασίες και σε κάθε περίπτωση χρειάζεται να καθορίσουν τους σκοπούς της εμπιστοσύνης και εγκαθιδρύσουν σχέσεις εμπιστοσύνης. Οι πράκτορες ευφυούς λογισμικού είναι αυτόνομα προσαρμοστικά προγράμματα που διαθέτουν την ικανότητα να συγκεντρώνουν γνώσεις και να αλλάζουν τη συμπεριφορά τους μέσα από την εμπειρία και τη μάθηση. Επιπλέον ορισμός του Dimitrakos (Dimitrakos, 2001) θεωρεί την εμπιστοσύνη μετρήσιμη και σε αυτό το σημείο διαφέρει από τους ορισμούς των (Grandison και Sloman, 2001), και του Jones (Jones, 1999). Βέβαια ο Grandison στους επόμενους ορισμούς του για την εμπιστοσύνη και τη μη-εμπιστοσύνη (Grandison, 2003) αλλάζει την λέξη

ακλόνητη με τη λέξη ποσοτικοποιημένη, εμπειρικλείοντας έτσι στους ορισμούς του το έμφυτο μετρήσιμο χαρακτηριστικό της εμπιστοσύνης. Επιπροσθέτως ο ορισμός του Δημητράκου (Dimitrakos, 2001) διαφέρει από αυτούς των (Grandison και Sloman, 2001), Gambetta (Gambetta, 1990A), Castelfranchi (Falcone και Castelfranchi, 2001), (Josang, 1996) στο γεγονός ότι η εμπιστοσύνη δύναται να διαφοροποιείται ανάμεσα στις διαφορετικές υπηρεσίες με τις οποίες σχετίζεται και στο ότι μπορεί να παραμένει ενεργή για συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τέλος διαφέρει και από τον ορισμό του Jones (Jones, 1999), καθώς επιτρέπει σε διαφορετικές οντότητες με διαφορετικούς ρόλους σε μια συναλλαγή να έχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με την εμπιστοσύνη που επιδεικνύουν η μία στην άλλη και/ή σε τρίτες οντότητες.

Από την άλλη υφίσταται ένα κεντρικό σημείο κλειδί που απαντάται σε όλους τους ορισμούς. Αυτό είναι το γεγονός ότι η εμπιστοσύνη είναι μια υποκειμενική πεποίθηση ή πιστή και ότι αυτή η πεποίθηση εκφράζει μια προσδοκία για την συμπεριφορά μιας οντότητας. Εδώ αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι πολλές φορές προκαλείται σύγχυση σχετικά με την ερμηνεία και το νόημα των όρων εμπιστοσύνη, έλεγχος πρόσβασης, εξουσιοδότηση και αυθεντικοποίηση. Οι τέσσερις αυτοί όροι απαντώνται συνέχεια στον τομέα της ασφάλειας υπολογιστικών συστημάτων, και ειδικά οι τρεις τελευταίοι πολλές φορές συγχέονται με τον όρο εμπιστοσύνη με αποτέλεσμα για παράδειγμα απλά συστήματα ελέγχου πρόσβασης να θεωρούνται συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης. Ακόμη και στην βιβλιογραφία οι όροι αυτοί χρησιμοποιούνται σαν ταυτόσημοι. Αυτό είναι λάθος. Οι τέσσερις όροι έχουν αυστηρά διακριτή σημασία. Το παρακάτω παράδειγμα επιβεβαιώνει αυτόν τον ισχυρισμό. Ο Α εμπιστεύεται τον Β να διεξάγει μια εξέταση ασφάλειας του δικτύου. Αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι ο Α θα επιτρέψει στον Β να έχει πρόσβαση στο δίκτυο προκειμένου να διεξάγει τις έρευνες. Η αρχή είναι απλή: η εμπιστοσύνη δεν παρέχει αυτόματα και δικαιώματα πρόσβασης και αντίστροφα. Σε ορισμένες περιστάσεις μπορεί να ισχύει ότι η εμπιστοσύνη οδηγεί σε κατοχύρωση δικαιωμάτων πρόσβασης, αλλά το να σε εμπιστεύονται δεν σημαίνει αυτόματα ότι θα σου δοθεί και πρόσβαση. Η εξουσιοδότηση δύναται να θεωρηθεί σαν μία απόφαση πολιτικής που αναθέτει δικαιώματα έλεγχου πρόσβασης σε ένα

υποκείμενο για να διεξάγει συγκεκριμένες ενέργειες σε συγκεκριμένα αντικείμενα με αυστηρώς καθορισμένους περιορισμούς. Οπότε, η εξουσιοδότηση αποτελεί το αποτέλεσμα της διύλισης μιας πιο αφαιρετικής σχέσης εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα εάν ένας καθηγητής αναπτύξει μια σχέση εμπιστοσύνης με ένα συγκεκριμένο μαθητή, μπορεί να τον εξουσιοδοτήσει να εγκαταστήσει συγκεκριμένο λογισμικό στον υπολογιστή του και για αυτόν το λόγο να τροποποιήσει τα απαραίτητα δικαιώματα πρόσβασης. Και σε αυτή την περίπτωση μια σχέση εμπιστοσύνης ενδέχεται να οδηγήσει σε μια θετική απόφαση εξουσιοδότησης, αλλά αυτό δεν αποτελεί κανόνα. Η αυθεντικοποίηση είναι η εξακρίβωση της ταυτότητας μιας οντότητας, η οποία επιτυγχάνεται μέσω κωδικού, μιας εμπιστευόμενης υπηρεσίας αυθεντικοποίησης ή με τη χρήση πιστοποιητικών. Προφανώς οι έννοιες εμπιστοσύνη και αυθεντικοποίηση δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται αλληλένδετα.

Παρόλο που καταπιαστήκαμε εκτενώς με τους ορισμούς της εμπιστοσύνης εντούτοις στην σχετική βιβλιογραφία υπάρχουν πολύ πιο εκτεταμένες αναφορές σχετικά με το θέμα. Οι (McKnight και Chervany, 1996), (Lamsal, 2001), (Gerck, 1998) και (Corritore, Kracher και Wiedenbeck, 2001) παρέχουν λεπτομερείς αναλύσεις των ορισμών της εμπιστοσύνης σε τομείς όπως φιλοσοφία, κοινωνιολογία, ψυχολογία, διοίκηση επιχειρήσεων, οικονομολογία, μάρκετινγκ, αλληλεπίδραση ανθρώπου μηχανής.

2.2. Ιδιότητες Εμπιστοσύνης

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εμπιστοσύνης διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση. Ωστόσο, κάθε σχέση εμπιστοσύνης διακατέχεται από ορισμένες βασικές ιδιότητες.

2.2.1. Πλαίσιο της Σχέσης Εμπιστοσύνης

Γενικότερα καμία σχέση εμπιστοσύνης δεν είναι απόλυτη. Όπως φάνηκε και στην προηγούμενη ενότητα από τη συζήτηση των ορισμών της εμπιστοσύνης, κάθε

σχέση εμπιστοσύνης δημιουργείται και εξελίσσεται εντός ενός συγκεκριμένου πλαισίου. Ένα άτομο ποτέ δεν θα εμπιστευθεί ένα άλλο να προβεί σε οποιαδήποτε πιθανή ενέργεια αυτό διαλέξει. Η επίδειξη εμπιστοσύνης σε μια οντότητα εξαρτάται άμεσα από τις εργασίες που πρέπει αυτή να επιτελέσει και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τις διέπουν καθώς από αυτά δύναται να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό η σπουδαιότητά τους. Για παράδειγμα μπορεί να εμπιστευόμαστε κάποιον να διεξάγει οικονομικές συναλλαγές μόνον όταν η αξία τους δεν ξεπερνά ένα συγκεκριμένο χρηματικό ποσό ή μπορεί να εμπιστευόμαστε κάποιον να οδηγήσει το αυτοκίνητο μας αλλά να μην τον εμπιστευόμαστε να προσέξει τα παιδιά μας. Ένας εμπιστευτής εμπιστεύεται έναν εμπιστευόμενο σε σχέση με την ικανότητα του να διεξάγει συγκεκριμένες ενέργειες ή να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες εντός ενός αυστηρά καθορισμένου πλαισίου.

Όπως συμβαίνει και στην πραγματικότητα το ότι εμπιστευόμαστε κάποιον να επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τον εμπιστευόμαστε να επιτελέσει οποιαδήποτε εργασία η ακόμα και την ίδια εργασία εάν διαφοροποιηθούν ορισμένα χαρακτηριστικά της. Όπως τονίζουν και οι (Yahalom, Klein και Beth, 1993) το να θεωρούμε μια οντότητα ως γενικότερα αξιόπιστη ή αναξιόπιστη ουσιαστικά αποτελεί μια υπεραπλουστευμένη αντίληψη. Ακόμα και η εμπιστοσύνη στον εαυτό μας δεν είναι απόλυτη και υπάρχει πάντα η ανάγκη προστασίας των πόρων που κατέχουμε από λάθη ή ατυχήματα που μπορεί να προκαλέσουμε. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η προστασία αρχείων από τυχόν ακούσια εγγραφή ή μηχανισμοί που αποτρέπουν κάποιον να οδηγήσει υπό την επήρεια αλκοόλ.

2.2.2. Αριθμητικότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης

Μια σχέση εμπιστοσύνης μπορεί να είναι ένα προς ένα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι απαραίτητα και συμμετρική,³ ανάμεσα σε δύο οντότητες. Μπορεί επίσης να είναι ένα προς πολλά ανάμεσα σε μία οντότητα και σε ένα σύνολο οντοτήτων όπως ο καθηγητής και το σύνολο των μαθητών του. Μπορεί επίσης να είναι

³ Βλέπε ενότητα 2.2.5 Μαθηματικές Ιδιότητες και η Εφαρμογή τους στις Σχέσεις Εμπιστοσύνης

πολλά προς πολλά όπως η αμοιβαία εμπιστοσύνη ανάμεσα στα μέλη μιας επιτροπής ή πολλά προς ένα όπως τα διάφορα υποκαταστήματα μιας εταιρείας που μπορεί να εμπιστεύονται το κεντρικό κατάστημα. Στη γενικότερη περίπτωση, οι οντότητες που εμπλέκονται σε μια σχέση εμπιστοσύνης είναι κατανεμημένες και ενδέχεται να μην έχουν απευθείας γνώση ή μια για την άλλη, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη για την ύπαρξη μηχανισμών που υποστηρίζουν την εγκαθίδρυση εμπιστοσύνης ανάμεσα σε κατανεμημένες και άγνωστες μεταξύ τους οντότητες.

2.2.3. Μετρησιμότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης

Συχνά υπάρχει ένα επίπεδο εμπιστοσύνης που σχετίζεται με μια σχέση εμπιστοσύνης. Το επίπεδο αυτό ουσιαστικά αποτελεί μια μέτρηση της πεποίθησης στην άλλη οντότητα. Η εμπιστοσύνη είναι μια μετρήσιμη πεποίθηση. Υπάρχουν διαφορετικοί βαθμοί εμπιστοσύνης Ο Α μπορεί να εμπιστευτεί τον Β περισσότερο από τον Γ για μια συγκεκριμένη εργασία. Οι μετρήσεις βασίζονται σε στοιχεία, εμπειρίες και αντιλήψεις και μπορεί να είναι είτε ποσοτικές (π.χ. πιθανότητα) είτε σχετικές (π.χ. σειρά κατάταξης). Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθούν είτε διακριτές είτε συνεχείς τιμές ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση και το σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης που χρησιμοποιείται. Αν επιλεγθούν διακριτές τιμές τότε ορισμένες ποιοτικές ετικέτες όπως (υψηλή, μέτρια, χαμηλή) μπορεί να επαρκούν. Κάποια συστήματα χρησιμοποιούν μαθηματικές διεργασίες οπότε οι συνεχείς μετρικές είναι πιο κατάλληλες. Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα αντιστοίχισης από ποιοτικές σε αριθμητικές ετικέτες. Πάντως ενυπάρχει πάντοτε το πρόβλημα της αναπαράστασης της άγνωστης τιμής εμπιστοσύνης⁴, ειδικά όταν χρησιμοποιούμε συνεχείς τιμές. Εάν για παράδειγμα με 1 συμβολίζουμε ότι εμπιστευόμαστε κάποιον και με 0 ότι δεν τον εμπιστευόμαστε και οι ενδιάμεσες τιμές αντιπροσωπεύουν ενδιάμεσα επίπεδα εμπιστοσύνης, τι τιμή θα πρέπει να δώσουμε σε κάποιον για τον οποίο δεν γνωρίζουμε τίποτα

⁴ Βλέπε ενότητα 3.8. Πολιτικές Αρχικοποίησης Υπόληψης και η Επίδραση τους στην Αντιμετώπιση των Σημαντικότερων Προβλημάτων.

2.2.4. Διάρκεια και Δυναμικότητα της Σχέσης Εμπιστοσύνης

Η εμπιστοσύνη δεν είναι κάτι που συμβαίνει στιγμιαία ούτε κάτι που διαρκεί για πάντα. Η εμπιστοσύνη υπάρχει και μεταβάλλεται στο χρόνο⁵. Το γεγονός ότι ο Α εμπιστευόταν τον Β στο παρελθόν δεν εγγυάται ότι ο Α θα εμπιστευτεί τον Β και στο μέλλον. Η μελλοντική συμπεριφορά του Β και άλλες σχετικές πληροφορίες μπορεί να οδηγήσουν τον Α στην επαναξιολόγηση της εμπιστοσύνης του στον Β. Διαφορετικοί νόμοι και κανόνες καθορίζουν διαφορετικές σχέσεις εμπιστοσύνης σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Το περιβάλλον στο οποίο εκτυλίσσεται μια σχέση εμπιστοσύνης μεταβάλλεται και οι μεταβολές αυτές δύναται να επηρεάσουν το πλαίσιο της σχέσης εμπιστοσύνης και τα χαρακτηριστικά της και κατά συνέπεια και την ίδια τη σχέση εμπιστοσύνης.

Η εμπιστοσύνη εξελίσσεται στον χρόνο ακόμη και μέσα στην ίδια σχέση εμπιστοσύνης. Κατά τη διάρκεια μιας συναλλαγής όσο περισσότερο ο Α αντιλαμβάνεται ότι μπορεί να στηρίζεται στον Β για να επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία τόσο περισσότερο μεγαλώνει η εμπιστοσύνη του στον Β. Από την άλλη, η εμπιστοσύνη του Α ενδέχεται να μειωθεί εάν ο Β αποδειχθεί λιγότερο εξαρτήσιμος από όσο ανέμενε ο Α. Με τον όρο λιγότερο εξαρτήσιμος εννοούμε για παράδειγμα την παρατήρηση από τον Α ότι ο Β είναι λιγότερο ικανός να επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία από ότι προσδοκούσε ο Α. Επιπλέον πέρα από τις πληροφορίες που ο Α συγκεντρώνει από την προσωπική του αλληλεπίδραση με τον Β, ο Α μπορεί να χρησιμοποιήσει και επιπρόσθετες σχετικές πληροφορίες όπως συστάσεις για τον Β από μια τρίτη οντότητα που ο Α εμπιστεύεται. Όλα αυτά μπορεί να οδηγήσουν τον Α στην επαναξιολόγηση της εμπιστοσύνης του στον Β μέσα στην ίδια σχέση εμπιστοσύνης ή και να καθορίσουν τον βαθμό εμπιστοσύνης του Α στον Β σε μια μελλοντική σχέση εμπιστοσύνης. Ακόμη και αν ο Α δεν έχει μελλοντικές αλληλεπιδράσεις με τον Β, μπορεί να επηρεαστεί ο βαθμός εμπιστοσύνης του σε αυτόν από πληροφορίες που θα συγκεντρώνει από τρίτες πηγές (συστάσεις).

⁵ Βλέπε ενότητα 2.6 Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Δυναμικότητα για μια αναλυτική περιγραφή της συγκεκριμένης ιδιότητας μιας σχέσης εμπιστοσύνης.

2.2.5. Μαθηματικές Ιδιότητες και η Εφαρμογή τους στις Σχέσεις Εμπιστοσύνης

Πολύ συχνά στη σχετική βιβλιογραφία μια σχέση εμπιστοσύνης εκλαμβάνεται σαν μια δυαδική μαθηματική σχέση (Carbone, Nielsen και Sassone, 2004), (Czenko et al, 2005), (Weeks, 2000). Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα όλων ίσως, αποτελεί η μελέτη του Dellarocas (Dellarocas, 2002) όπου παρέχει μια μαθηματική εκδοχή του ορισμού του Deutsch (Deutsch, 1962) για την εμπιστοσύνη και βασισμένος σε αυτόν προχωράει στην περαιτέρω μαθηματική ανάλυση της εμπιστοσύνης, εισάγοντας και την έννοια του κρίσιμου χαρακτηριστικού. Απ' τη στιγμή που μια σχέση εμπιστοσύνης θεωρείται ως μαθηματική σχέση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η μελέτη του κατά πόσον εφαρμόζονται σε μια τέτοια σχέση κοινές μαθηματικές ιδιότητες όπως αυτοπάθεια, συμμετρία, αντισυμμετρία, μεταβατικότητα.

Για το υπόλοιπο αυτής της ενότητας θεωρούμε ότι αναφερόμαστε σε μια σχέση εμπιστοσύνης σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και με ένα καθορισμένο επίπεδο προσαρμοσμένο σε αυτή. Επιπλέον συμβολίζουμε μια σχέση εμπιστοσύνης με T και με $T(A,B)$ συμβολίζουμε το γεγονός ότι ο A εμπιστεύεται τον B σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο και με ένα συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης. Τέλος συμβολίζουμε σαν Ω το σύνολο των οντοτήτων.

2.2.5.1. Αυτοπάθεια

Η T ονομάζεται αυτοπαθής αν $\forall A \in \Omega : T(A,A)$. Αυτό σημαίνει ότι η T είναι αυτοπαθής αν για όλες τις οντότητες του συνόλου, κάθε οντότητα εμπιστεύεται τον εαυτό της. Μια οντότητα μπορεί να μην εμπιστεύεται πάντα τον εαυτό της, καθώς μπορεί να μην έχει την απαραίτητη ικανότητα να διεκπεραιώσει μια εργασία. Για παράδειγμα οποιοσδήποτε δεν διαθέτει νομικές γνώσεις εμπιστεύεται περισσότερο το δικηγόρο του να κερδίσει μια δίκη απ' ότι τον εαυτό του. Από αυτό το παράδειγμα φαίνεται ότι το γεγονός πως μια σχέση εμπιστοσύνης δεν είναι αυτοπαθής οφείλεται και στη μετρήσιμη φύση της

εμπιστοσύνης, διότι κάποιος μπορεί να εμπιστεύεται το εαυτό του λιγότερο από ότι εμπιστεύεται μια άλλη οντότητα για να επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία. Η ιδιότητα λοιπόν της μη-αυτοπάθειας που χαρακτηρίζει μια σχέση εμπιστοσύνης υποστηρίζει και την δυνατότητα μιας οντότητας να εξουσιοδοτεί μια άλλη οντότητα να επιτελέσει μια εργασία που την αφορά με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας ή την μείωση του κινδύνου.

2.2.5.2. Αντί-Αυτοπάθεια

Η T ονομάζεται αντί-αυτοπαθής αν $\neg \exists A \in \Omega : T(A, A)$. Αυτό σημαίνει ότι η T είναι αντί-αυτοπαθής αν για όλες τις οντότητες του συνόλου, δεν υπάρχει καμία οντότητα που να εμπιστεύεται τον εαυτό της. Ο A εμπιστεύεται τον εαυτό του να επισκευάσει μόνος του τον υπολογιστή του. Από αυτό το αντιπαράδειγμα διασαφηνίζεται ότι η εμπιστοσύνη γενικότερα δεν είναι μια αντί-αυτοπαθής σχέση. Παρότι μπορεί να υπάρχουν σύνολα οντοτήτων που καμία οντότητα να μην εμπιστεύεται τον εαυτό της και κατ' επέκταση να ισχύει η ιδιότητα της αντί-αυτοπάθειας, ωστόσο δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αυτό ισχύει για όλα πιθανά σύνολα οντοτήτων.

2.2.5.3. Συμμετρία

Η T ονομάζεται συμμετρική αν $\forall A, B \in \Omega : T(A, B) \Rightarrow T(B, A)$. Αυτό δηλώνει πως για όλες τις οντότητες του συνόλου Ω , εάν ο εμπιστευτής εμπιστεύεται τον εμπιστευόμενο, τότε και ο εμπιστευόμενος θα εμπιστεύεται τον εμπιστευτή. Κάτι τέτοιο υπονοεί ότι όλες οι σχέσεις εμπιστοσύνης είναι αμοιβαίες. Προφανώς κάτι τέτοιο δεν ισχύει, όπως αποσαφηνίζεται από τα απλά παραδείγματα που ακολουθούν. Ο πελάτης A μπορεί να εμπιστεύεται τον πωλητή B για να αγοράσει ένα προϊόν από αυτόν με δόσεις. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι αυτόματα ο πωλητής B θεωρεί τον πελάτη A αξιόπιστο πελάτη για να αγοράσει με δόσεις. Σε ένα αντρόγυνο ο ένας σύζυγος μπορεί να εμπιστεύεται τον άλλο, ενώ ο άλλος σύζυγος να μην εμπιστεύεται τον πρώτο. Ο A μπορεί να εμπιστεύεται έναν μηχανικό να του επισκευάσει το αυτοκίνητο, αλλά ο μηχανικός προφανώς δεν

εμπιστεύεται τον A για του επισκευάσει το δικό του αυτοκίνητο. Επιπροσθέτως η συμμετρία μπορεί να χάνεται λόγω του επιπέδου εμπιστοσύνης που υφίσταται σε μια σχέση εμπιστοσύνης. Ο A μπορεί να εμπιστεύεται τον B και B τον A αλλά να διαφέρει το πόσο εμπιστεύεται ο ένας τον άλλο. Μέχρι ενός ορίου η εμπιστοσύνη είναι υποκειμενική (Dimitrakos, 2003). Οι μη-συμμετρικές σχέσεις εμπιστοσύνης πολλές φορές ονομάζονται και κατευθυνόμενες ακριβώς λόγω του γεγονότος ότι υπάρχει εμπιστοσύνη μόνο από τη μία πλευρά προς την άλλη. Γενικότερα οι σχέσεις εμπιστοσύνης δεν είναι συμμετρικές, παρόλο που υπάρχουν περιπτώσεις που καθίσταται απαραίτητος ο ορισμός συμμετρικών (αμοιβαίων) σχέσεων.

2.2.5.4. Ασυμμετρία

Η T ονομάζεται ασυμμετρική αν $\forall A, B \in \Omega : T(A, B) \Rightarrow \neg T(B, A)$. Αυτό δηλώνει πως για όλες τις οντότητες του συνόλου Ω , εάν ο εμπιστευτής εμπιστεύεται τον εμπιστευόμενο, τότε ο εμπιστευόμενος δεν εμπιστεύεται τον εμπιστευτή. Η αλήθεια αυτού του ισχυρισμού εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες της κάθε ξεχωριστής σχέσης εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα δυο προγραμματιστές που συνεργάζονται σε ένα έργο, μπορεί να εμπιστεύονται ο ένας τον άλλο να ελέγξει την ορθή λειτουργία ενός προγράμματος. Σε αυτή την περίπτωση η εμπιστοσύνη του A στον B, δεν σημαίνει αυτόματα ότι ο B δεν εμπιστεύεται τον A. Οπότε δεν είναι όλες οι σχέσεις εμπιστοσύνης ασυμμετρικές. Μάλιστα στο συγκεκριμένο παράδειγμα ισχύει το αντίθετο αφού η προαναφερθείσα σχέση εμπιστοσύνης είναι συμμετρική.

2.2.5.5. Αντί-συμμετρία

Η T ονομάζεται αντί-συμμετρική αν $\forall A, B \in \Omega : T(A, B) \wedge T(B, A) \Rightarrow A = B$. Αυτό δηλώνει πως για όλες τις οντότητες του συνόλου Ω , εάν ο εμπιστευτής εμπιστεύεται τον εμπιστευόμενο και ο εμπιστευόμενος εμπιστεύεται τον εμπιστευτή, τότε ο εμπιστευτής και ο εμπιστευόμενος είναι η ίδια οντότητα. Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα που αναφέραμε προηγουμένως για να δείξουμε ότι η T δεν είναι ασυμμετρική, γίνεται ξεκάθαρο πως το γεγονός ότι ο A και ο B

έχουν μια αμοιβαία σχέση εμπιστοσύνης δεν υπονοεί ότι ο A και B είναι το ίδιο πρόσωπο. Η ιδιότητα της αντί-συμμετρίας δεν ενδείκνυται για σχέσεις εμπιστοσύνης της καθημερινής ζωής. Οπότε, μια σχέση εμπιστοσύνης δεν είναι αντί-συμμετρική.

2.2.5.6. Μεταβατικότητα

Η T ονομάζεται μεταβατική αν $\forall A, B, \Gamma \in \Omega : T(A, B) \& T(B, \Gamma) \Rightarrow T(A, \Gamma)$. Αυτό δηλώνει πως για όλες τις οντότητες A, B και Γ, εάν η A εμπιστεύεται την B και η B την Γ τότε και η A εμπιστεύεται την Γ. Για ένα ολόκληρο σύστημα κάτι τέτοιο φυσιολογικά δεν ισχύει. Οπότε η T δεν είναι μεταβατική. Ωστόσο μπορεί να ισχύει ότι $\exists A, B, \Gamma \in \Omega : T(A, B) \& T(B, \Gamma) \Rightarrow T(A, \Gamma)$. Αυτή η ιδιότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στους επιστήμονες της πληροφορικής. Όπως τονίζει και ο Dimitrakos (Dimitrakos, 2001) η εμπιστοσύνη δεν είναι απαραίτητα μεταβατική. Ωστόσο, τουλάχιστον η ακούσια μεταφορά της εμπιστοσύνης εντός ενός συνόλου οντοτήτων μπορεί να είναι αποδεκτή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Αργότερα ο (Dimitrakos, 2003) προχωράει ακόμη παραπάνω ορίζοντας τις ιδιότητες που διέπουν την μεταφορά και τη διάδοση της εμπιστοσύνης σε ανοικτά δυναμικά συστήματα. Ένα αξιοσημείωτο συμπέρασμα που προκύπτει από αυτές τις ιδιότητες είναι ότι η μη-εμπιστοσύνη διαδίδεται διαμέσου της εμπιστοσύνης και μάλιστα εμποδίζει την διάδοση της εμπιστοσύνης

Από την άλλη οι (Christianson και Harbison, 1996) υποστηρίζουν ότι η ιδέα της μεταβατικότητας θα πρέπει να αποφεύγεται με οποιοδήποτε κόστος. Επισημαίνουν ότι προβλήματα μπορεί να ανακύψουν όταν μια οντότητα B απλά προσθέτει δηλώσεις εμπιστοσύνης για μια οντότητα A, δίχως την ρητή συγκατάθεση της οντότητας A. Όντως ελλοχεύουν κίνδυνοι από την αλόγιστη χρήση της μεταβατικότητας στα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης, όμως εάν η ιδέα της μεταβατικότητας χρησιμοποιηθεί με προσοχή και σύνεση μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στην μοντελοποίηση εννοιών όπως η αντιπροσώπευση.

2.2.5.7. Αντί-μεταβατικότητα

Η T ονομάζεται αντί-μεταβατική αν $\forall A, B, \Gamma \in \Omega : T(A, B) \& T(B, \Gamma) \Rightarrow \neg T(A, \Gamma)$. Αυτό δηλώνει πως για οποιεσδήποτε τρεις οντότητες A , B και Γ , εάν η A εμπιστεύεται την B και η B την Γ τότε και η A δεν εμπιστεύεται την Γ . Φυσιολογικά όπως είναι προφανές κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Οπότε η T δεν είναι μεταβατική. Ωστόσο μπορεί να υπάρχουν περιπτώσεις που η ιδιότητα της αντί-μεταβατικότητας να ισχύει για συγκεκριμένες οντότητες.

2.2.5.8. Σύνοψη των Μαθηματικών Ιδιοτήτων της Εμπιστοσύνης

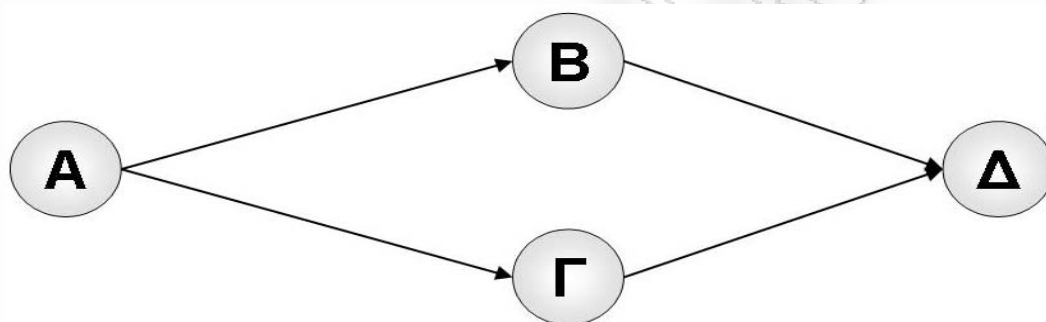
Όπως προκύπτει από την παράθεση και ανάλυση των ιδιοτήτων της εμπιστοσύνης μπορούμε να ισχυριστούμε ότι μια σχέση εμπιστοσύνης δεν διαθέτει κάποια από τις κοινές μαθηματικές ιδιότητες. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι επειδή η σχέση εμπιστοσύνης δεν είναι αυτοπαθής, συμμετρική και μεταβατική, αυτό δεν σημαίνει ότι είναι μη-αυτοπαθής, μη συμμετρική ή μη μεταβατική. Οπότε καμία από τις ιδιότητες δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην σχέση εμπιστοσύνης και σαν αποτέλεσμα καμία από αυτές δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν αξίωμα για την σχέση εμπιστοσύνης. Αυτό οφείλεται στην φύση των ορισμών αυτών των μαθηματικών ιδιοτήτων, στην φύση και στην ποικιλία των κατανεμημένων συστημάτων και στη φύση της σχέσης εμπιστοσύνης. Συχνά υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι συνθήκες μιας συγκεκριμένης ιδιότητας ίσως να εφαρμοστούν σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο. Αυτό φωτίζει την ανάγκη ενός συστήματος διαχείρισης εμπιστοσύνης να είναι αρκετά ευπροσάρμοστο, ώστε να επιτρέπει σε ιδιότητες να περιλαμβάνονται και να εξαιρούνται τυχαία.

2.3. Δείκτες και Μετρικές Σχέσεων Εμπιστοσύνης

Το νόημα της ύπαρξης μετρικών εμπιστοσύνης είναι η παροχή απτών και έγκυρων τρόπων μέτρησης του επιπέδου της εμπιστοσύνης. Μια από τις πρώτες προσπάθειες ορισμού μετρικών εμπιστοσύνης προέρχεται από τα ΣΔΕ που

βασίζονται σε υποδομές δημοσίου κλειδιού (PKIs)⁶ (Levien, 2002). Σ' αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται ένας κατευθυνόμενος γράφος, όπου κάθε κόμβος αναπαριστά ένα δημόσιο κλειδί και κάθε ακμή ανάμεσα σε δύο κόμβους αναπαριστά ένα ψηφιακά υπογεγραμμένο πιστοποιητικό. Γενικότερα οι μετρικές εμπιστοσύνης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συμβολίσουμε και να απαντήσουμε τις ακόλουθες ερωτήσεις:

Ο Α εμπιστεύεται τον Β, ο Α εμπιστεύεται τον Γ, ο Β εμπιστεύεται τον Δ, ο Γ εμπιστεύεται τον Δ. Πρέπει ο Α να εμπιστευτεί τον Δ και αν ναι πόσο πολύ; Αυτό το απλό μοντέλο αναπαριστάται στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 2.1. Ένα απλοϊκό μοντέλο εμπιστοσύνης

Επιπροσθέτως τα μοντέλα εμπιστοσύνης μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό παράδοξων όπως το ακόλουθο: *Ο Α εμπιστεύεται τον Β, ο Α εμπιστεύεται τον Γ αλλά ο Β δεν εμπιστεύεται καθόλου τον Γ.* Τέτοιου είδους παράδοξα πρέπει να επισημαίνονται από ένα σύστημα εμπιστοσύνης και όχι απλά να παραλείπονται όπως συμβαίνει στην εικόνα. Επιπλέον η χρήση γράφων στα μοντέλα διευκολύνει και τον εντοπισμό κακόβουλων χρηστών, γεγονός που αποτελεί και ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα τους.

Προκειμένου να μετρηθεί το επίπεδο εμπιστοσύνης με αριθμητικές τιμές, εισάγουμε στα μοντέλα γράφων ακμές με βάρη. Αυτό εγείρει ορισμένα ζητήματα. Εάν χρησιμοποιούμε τιμές από το σύνολο των πραγματικών αριθμών (π.χ. ο Α εμπιστεύεται τον Β με βαθμό 8,5/10), τότε τι αναπαριστά μια αρνητική τιμή. Επιπλέον είναι οι χρήστες διατεθειμένοι να δώσουν αρνητικές τιμές σε άλλους χρήστες; Με ποιο τρόπο διαδίδεται η αρνητική εμπιστοσύνη και πως αλληλεπιδρά

⁶ Βλέπε υποενότητες 4.1.1.3

με θετικές τιμές εμπιστοσύνης. Οξύμωρα σχήματα δύναται να προκύψουν εάν ο A για παράδειγμα εμπιστεύεται τον B, ο B δεν εμπιστεύεται τον Γ τότε είναι δυνατόν ο A να εμπιστεύεται τον Γ.

Οι μετρικές εμπιστοσύνης χρησιμοποιούνται κυρίως σε P2P δίκτυα, σε συστήματα κινητών υπολογιστών και σαν συστήματα αξιολόγησης για διαδικτυακές κοινότητες. Αναθέτουν ακριβή και συγκρίσιμη ποσότητα εμπιστοσύνης σε μια οντότητα. Σαν αποτέλεσμα υποδεικνύουν πόσο πολύ εμπιστεύεται η κοινότητα αυτή την οντότητα. Ο στόχος τους είναι να δημιουργήσουν ασφαλή συστήματα βασισμένα στην εμπιστοσύνη μεταξύ των χρηστών, επιτρέποντας την διάδοση εντός της κοινότητας της δουλειάς και των πόρων των ασφαλών χρηστών και παρεμποδίζοντας το έργο των κακόβουλων. Βέβαια η αποτελεσματικότητά τους προϋποθέτει την ικανότητα των χρηστών στην αξιολόγηση των υπόλοιπων μελών της κοινότητας διευκολύνοντας έτσι την εύρυθμη διάδοση της εμπιστοσύνης.

2.3.1. Κατηγοριοποίηση Μετρικών Εμπιστοσύνης

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για κατηγοριοποιήσουμε τις μετρικές, δηλαδή τους τρόπους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να εκφράσουμε και να αποδώσουμε το επίπεδο της εμπιστοσύνης που δείχνουμε σε μια οντότητα. Η ταξινόμηση αυτή βασίζεται σε διάφορα χαρακτηριστικά των μετρικών τα οποία δεν είναι ξέχωρα το ένα από το άλλο αλλά λειτουργούν συμπληρωματικά. Μια μετρική δηλαδή ανήκει ταυτόχρονα σε παραπάνω από μια κατηγορίες, καθώς ορισμένες από αυτές δεν είναι αλληλεπικαλυπτόμενες αλλά αντίθετα υπάρχουν σαφή όρια ανάμεσα τους. Βέβαια η κατάταξη των μετρικών σε κατηγορίες εναπόκειται όπως θα δούμε και στις ακόλουθες υποενότητες σε ορισμένους περιορισμούς, καθώς αν μια μετρική ανήκει σε μια κατηγορία αναγκαστικά πρέπει να ανήκει και σε μια άλλη. Για παράδειγμα μια τοπική μετρική προφανώς δεν μπορεί να είναι κατανεμημένη, αλλά αναγκαστικά θα ανήκει και στην ομάδα των κεντρικοποιημένων. Στις παρακάτω υποενότητες παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι και άξονες κατηγοριών μετρικών εμπιστοσύνης, ονομαστικά: .

2.3.1.1. Ποσοτικές (Συνεχείς) / Ποιοτικές (Διακριτές)

Οι μετρικές εμπιστοσύνης μπορούν να καταταχθούν σε μια από τις δύο *ποσοτικές* και *ποιοτικές*. Αυτού του τύπου η κατηγοριοποίηση βασίζεται στον τύπο της μέτρησης που εφαρμόζεται στην μετρική: ποσοτική (π.χ. μια αριθμητική κλίμακα) ή ποιοτική (όροι που κρίνουν όπως καθόλου, ελάχιστα, λίγο, μέτρια, πολύ, εντελώς). Αυστηρά μαθηματικά, μια μετρική μπορεί να αναπαρασταθεί σαν μέτρηση της απόστασης ανάμεσα σε δυο σημεία. Μια μικρή απόσταση μπορεί να καταδεικνύει υψηλό βαθμό εμπιστοσύνης ανάμεσα σε δύο οντότητες, ενώ μια μεγάλη απόσταση χαμηλό βαθμό εμπιστοσύνης, με άλλα λόγια δηλαδή η εμπιστοσύνη είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης. Η ποσοτικοποίηση λοιπόν της απόστασης είναι μια εύκολη προσέγγιση όσον αφορά θέματα υλοποίησης, αλλά μια ποσοτική μέτρηση δεν είναι πάντοτε διαθέσιμη σε όλες τις περιπτώσεις. Επιπροσθέτως όπως έχει ήδη προαναφερθεί η εμπιστοσύνη χαρακτηρίζεται από πολυδιαστασιμότητα. Εμπιστεύομαι τον μηχανικό μου για να μου επισκευάσει το αυτοκίνητο αλλά δεν τον εμπιστεύομαι να μου φτιάξει τη βρύση. Η εμπιστοσύνη πρέπει να μετριέται σύμφωνα με το εκάστοτε πλαίσιο και λόγω της διαφορετικής φύσης των διαφόρων σχέσεων εμπιστοσύνης άλλα πλαίσια είναι κατάλληλα για ποσοτικές μετρικές (π.χ. πωλήσεις στο eBay), ενώ άλλα όχι (π.χ. η εμπιστοσύνη σε έναν συνάδελφο να επιτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία).

2.3.1.2. Γενικές / Ειδικές – Υποκειμενικές / Αντικειμενικές

Πέρα από την προαναφερθείσα, μια άλλη κατηγοριοποίηση των μετρικών της εμπιστοσύνης μπορεί να γίνει πάνω στους άξονες *γενικότητα-ειδικότητα* και *υποκειμενικότητα-αντικειμενικότητα* (Josang, Ismail και Boyd, 2007), όπως δείχνει ο Πίνακας 2.1. Κατηγοριοποίηση μετρικών εμπιστοσύνης και υπόληψης Μια ειδική μετρική αφορά σε ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της σχέσης εμπιστοσύνης, όπως π.χ. η ικανότητα έγκαιρης παράδοσης, ενώ μια γενική μετρική αντιπροσωπεύει έναν μέσο όρο όλων των χαρακτηριστικών. Ομοίως μια υποκειμενική μετρική σημαίνει ότι η αξιολόγηση που παρέχεται από μια

οντότητα βασίζεται σε υποκειμενικά κριτήρια, ενώ μια αντικειμενική μετρική σημαίνει ότι η αξιολόγηση καθορίζεται από την αντικειμενική βαθμολόγηση της εμπιστευόμενης οντότητας βάση τυπικών και αυστηρώς καθορισμένων κριτηρίων.

	Ειδικές	Γενικές
Αντικειμενικές	Ερωτηματολόγια	e-Bay, ψήφιση
Υποκειμενικές	Τεστ προϊόντων	Σύνθετα γενικά σκορ από τεστ προϊόντων

Πίνακας 2.1. Κατηγοριοποίηση μετρικών εμπιστοσύνης και υπόληψης

Υποκειμενικές και συγκεκριμένες μετρικές χρησιμοποιούνται σε ερωτηματολόγια όπου ζητείται από ανθρώπους να εκφράσουν την γνώμη τους για συγκεκριμένα ζητήματα. Για παράδειγμα η ερώτηση: *Πώς κρίνεται την ικανότητα του τάδε πολιτικού προσώπου να χειριστεί θέματα οικονομίας*, και οι δυνατές απαντήσεις να είναι μια αριθμητική κλίμακα από το 1 έως το 5 που θα αντιστοιχεί στις τιμές «Ανεπαρκής», «Κακή», «Μέτρια», «Καλή», «Άριστη». Παρόμοιες ερωτήσεις μπορούν να γίνουν και σε διαφορετικά σχετικά θέματα, όπως εξωτερική πολιτική, εσωτερική ασφάλεια, παιδεία, υγεία έτσι ώστε οι απαντήσεις να διαμορφώσουν ένα υποκειμενικό διάνυσμα εμπιστοσύνης προς το συγκεκριμένο πολιτικό πρόσωπο.

Υποκειμενικές και γενικές μετρικές χρησιμοποιούνται για παράδειγμα στο σύστημα εμπιστοσύνης του e-Bay. Ένα έμφυτο πρόβλημα με τέτοιου είδους μετρικές είναι ότι συχνά αποτυγχάνει να αποδώσει τα εύσημα ή την ευθύνη στο σωστό χαρακτηριστικό ή ακόμη και στο σωστό μέλος. Για παράδειγμα εάν ένα εμπόρευμα που αγοράστηκε στο e-Bay καθυστερημένα ή σπασμένο, ο αγοραστής ενδέχεται να κατηγορήσει τον πωλητή ενώ μπορεί στην πραγματικότητα να ευθύνεται η εταιρεία αποστολής. Αυτό είναι ένα γενικότερο πρόβλημα των υποκειμενικών μετρικών, ότι δεν είναι εύκολο να προστατευθούν ενάντια στις *άδικες ή προκατειλημμένες αξιολογήσεις*, που αποτελούν μια από τις θεμελιώδεις απειλές στην αξιοπιστία των ΣΔΕ (ενότητα 3.6.3).

Αντικειμενικές και συγκεκριμένες μετρικές αποτελούν για παράδειγμα τα διάφορα τεχνικά τεστ στα οποία υποβάλλεται ένα προϊόν προκειμένου να αξιολογηθεί αντικειμενικώς η ποιότητα και η αξία του. Για παράδειγμα ένα

ηλεκτρικό πλυντήριο αξιολογείται με βάση την κατανάλωση ενέργειας, τον θόρυβο, τα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων πλύσης. Μια εμπορική εταιρεία τώρα μπορεί να αξιολογηθεί σύμφωνα με συγκεκριμένους οικονομικούς δείκτες όπως τζίρος, κέρδος, ύψος επενδύσεων, μερίδιο της αγοράς. Το βασικό πλεονέκτημα των αντικειμενικών μετρικών είναι ότι η ορθότητα των αξιολογήσεων μπορεί να επιβεβαιωθεί και από άλλους ή να παραχθεί αυτόματα βασισμένη στην αυτόματη παρακολούθηση γεγονότων.

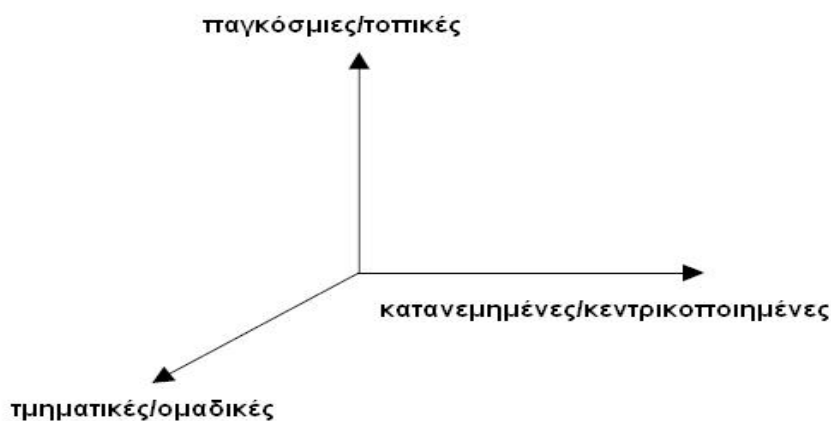
Αντικειμενικές και γενικές μετρικές είναι αυτές που υπολογίζονται αποτελώντας ουσιαστικά ένα διάνυσμα αντικειμενικών και ειδικών μετρικών. Για παράδειγμα στα τεστ των προϊόντων όπου εξετάζονται αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος, συνηθίζεται να εξάγεται ένα γενικό σκορ το οποίο αποτελεί ένα σταθμισμένο μέσο όρο των μετρήσεων των επιμέρους διάφορων χαρακτηριστικών.

2.3.1.3. Παγκόσμιες/Τοπικές –Κατανεμημένες/ Κεντρικοποιημένες – Τμηματικές/Ομαδικές

Μία επιπλέον κατηγοριοποίηση των μετρικών εμπιστοσύνης είναι αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 2.2. Οι διαθέσιμες μετρικές μπορούν να οριστούν πάνω σε ποικίλους άξονες κατηγοριοποίησης (Ziegler και Lausen, 2004). Όπως φαίνετε πρότειναν την υιοθέτηση τριών διαστάσεων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για την καθεμία. Αυτές είναι *σκοπιά δικτύου* ή *αλλιώς εμβέλεια*, *τόπος υπολογισμού*, *εκτίμηση σύνδεσης*. Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι δεν είναι εφικτοί όλοι οι συνδυασμοί χαρακτηριστικών. Στην Εικόνα 2.3 φαίνονται οι σχέσεις ανάμεσα στα διάφορα χαρακτηριστικά των διαστάσεων.

Σύμφωνα με τον πρώτο άξονα κατηγοριοποίησης οι μετρικές χωρίζονται σε αυτές με παγκόσμιο και σε αυτές με τοπικό εύρος. Οι παγκόσμιες μετρικές λαμβάνουν υπόψη όλους τους συμμετέχοντες του δικτύου και τις συνδέσεις μεταξύ τους ενώ οι τοπικές μόνο προσωπικές γνώμες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα παγκόσμιων

μετρικών απαντώνται στα συστήματα EigenTrust⁷ και στο ανοιχτό σύστημα αξιολόγησης του Guha (Guha et al., 2004) που βασίζονται στον αλγόριθμο Page Rank⁸ (Page et al., 1998) και συνάμα αποτελούν ποσοτικές μετρικές καθώς οι κόμβοι αξιολογούνται με αριθμητικές τιμές. Παραδείγματα τοπικών μετρικών αποτελούν αυτές του Levien (Levien, 2002) για το ΣΔΕ Advogato⁹, οι μετρικές για την μοντελοποίηση των PKIs¹⁰, η μετρική του Goldbeck για την εμπιστοσύνη στον σημασιολογικό ιστό (Goldbeck, 2005) και αυτές του συστήματος Poblano¹¹ της εταιρείας Sun Microsystems.



Εικόνα 2.2. Άξονες κατηγοριοποίησης μετρικών εμπιστοσύνης

Οι μετρικές εμπιστοσύνης χαρακτηρίζονται ως *κατανεμημένες* ή *κεντροποιημένες* σύμφωνα με τον δεύτερο άξονα κατηγοριοποίησης τον τόπο υπολογισμού. Οι κεντροποιημένες μετρικές υπολογίζονται εξ ολοκλήρου σε ένα κόμβο, ο οποίος σαν αποτέλεσμα θα πρέπει να έχει πλήρη πρόσβαση στα σχετικά στοιχεία εμπιστοσύνης. Επιπροσθέτως απαιτείται να έχει αποθηκευμένες τοπικά, πληροφορίες σχετικές με την εμπιστοσύνη, για κάθε άλλο κόμβο του δικτύου. Αφού υπολογιστεί η πληροφορία εμπιστοσύνης αργότερα διανέμεται σε ολόκληρο το δίκτυο. Οι κατανεμημένες μετρικές όπως αυτές στο EigenTrust¹² ισοκατανέμουν τον φόρτο υπολογισμού σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Η διαδικασία υπολογισμού απαιτείται να είναι ασύγχρονη και η πρόοδος της εξαρτάται άμεσα από τον ζήλο ή την ραθυμία του κάθε κόμβου του δικτύου να

⁷ Βλέπε υποενότητα **Error! Reference source not found.**

⁸ Βλέπε υποενότητα 4.2.1.3.

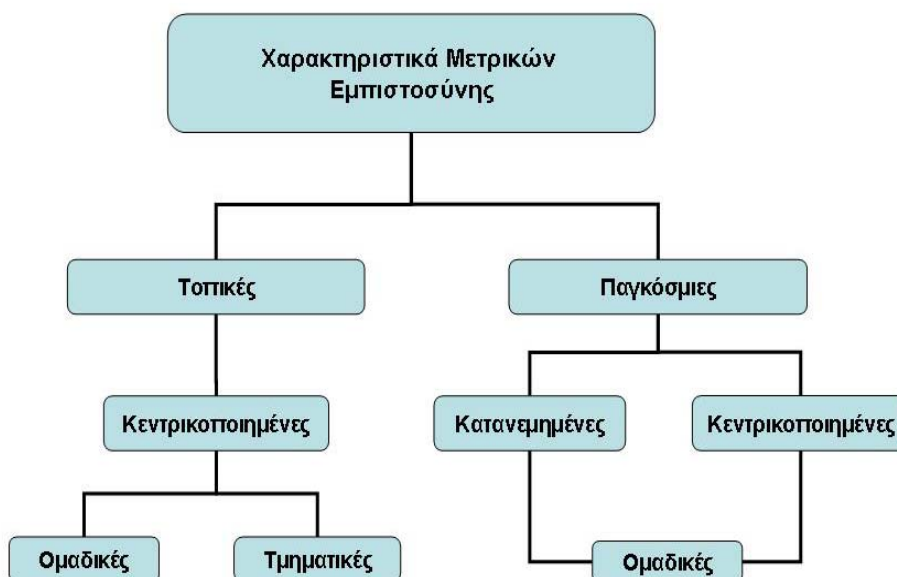
⁹ Βλέπε υποενότητα 4.2.1.2.1.

¹⁰ Βλέπε υποενότητες 4.1.1 και 4.1.2.

¹¹ Βλέπε υποενότητα 4.2.2.8.

¹² Βλέπε υποενότητα 4.2.2.3

διαδώσει την πληροφορία εμπιστοσύνης. Εδώ αξίζει να παρατηρήσουμε ότι οι καταναμημένες μετρικές προφανώς είναι εγγενώς και παγκόσμιες, όπως άλλωστε φαίνεται και στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3. Σχέσεις ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των μετρικών εμπιστοσύνης.

Τέλος ο τρίτος άξονας κατηγοριοποίησης που ονομάζεται εκτίμηση σύνδεσης ξεχωρίζει τις μετρικές σε τμηματικές και ομαδικές. Πρόκειται για παρόμοια κατηγοριοποίηση με αυτήν την που είδαμε προηγουμένως και διακρίνει τις μετρικές σε ειδικές και γενικές. Οι μετρικές που χρησιμοποιούνται στον αλγόριθμο PageRank¹³ (Levien, 2002) ανήκουν στην ομάδα των παγκοσμίων, ομαδικών μετρικών αφού η υπόληψη της μιας σελίδας εξαρτάται άμεσα από την υπόληψη των άλλων σχετικών σελίδων.

2.3.2. Εκτίμηση Μετρικών Εμπιστοσύνης

Δοθείσας μιας μετρικής εμπιστοσύνης η επάρκεια και η καταλληλότητά της θα μπορούσαν να αξιολογηθούν από την άποψη της πληρότητας, κάλυψης, ακρίβειας, επικαιρότητας, συνέπειας, πολυπλοκότητας και αποτελεσματικότητας.

¹³ Βλέπε υποενότητα 4.2.1.3

Η **πληρότητα** έχει σχέση με το εάν μια μετρική εμπιστοσύνης μπορεί να παρέχει μια πλήρη υπηρεσία διαχείρισης εμπιστοσύνης, η οποία να μπορεί να μετρηθεί ποιοτικά ή/και ποσοτικά. Για παράδειγμα, μια μετρική εμπιστοσύνης καλύπτει τις απαιτήσεις των χρηστών τελείως, καθόλου, υπερβολικά ή λανθασμένα.. Προφανώς, οι ποσοτικές μετρήσεις μπορούν είναι περισσότερο περιγραφικές από τις ποιοτικές μετρήσεις δεδομένου ότι χρησιμοποιούν αριθμητικές τιμές. Η πληρότητα μιας μέτρησης μπορεί να μοντελοποιηθεί με τη σύγκριση δύο συνόλων. Ένα σύνολο χρησιμοποιείται για να δηλώσει τις πραγματικές πληροφορίες που μια μετρική εμπιστοσύνης παρέχει, και ένα άλλο για να αντιπροσωπεύσει τις αναμενόμενες πληροφορίες του συστήματος εμπιστοσύνης.

Το κριτήριο της **κάλυψης** απαιτεί ότι όλες οι πορείες μιας μετρικής εμπιστοσύνης είναι προσβάσιμες και όλες οι μεταφορές ελέγχου στη μετρική είναι καθοριστικές. Αξιολογώντας την επάρκεια μιας μετρικής εμπιστοσύνης κατά μήκος αυτού του κριτηρίου βοηθά στη μείωση των πλεονασμών στη μετρική, έτσι ώστε η αποδοτικότητα του συστήματος να αυξάνεται.

Το κριτήριο της **ακρίβειας** χρησιμοποιείται για να μετρήσει πόσο συγκεκριμένες και αξιόπιστες είναι οι τιμές εμπιστοσύνης.

Η εμπιστοσύνη δεν είναι στατική αλλά αλλάζει με το χρόνο ως αποτέλεσμα της εμπειρίας. Το κριτήριο της **επικαιρότητας** είναι σχεδιασμένο για την αξιολόγηση αυτού του τύπου των χρονικών εξαρτήσεων μεταξύ των κόμβων για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης.

Η **συνέπεια** εξετάζει εάν μια μετρική εμπιστοσύνης μπορεί να παρέχει συνεπή αποτελέσματα.

Η **πολυπλοκότητα** αφορά πόσο εύκολα μια μετρική εμπιστοσύνης μπορεί να επιτευχθεί στους υπολογισμούς της εμπιστοσύνης. Μια σύνθετη μετρική εμπιστοσύνης που χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης, φυσιολογικά οδηγεί σε υπερφορτωμένες απαιτήσεις από τους χρήστες

Το κριτήριο της **αποτελεσματικότητας** μετρά την απόδοση μιας μετρικής εμπιστοσύνης από την άποψη υπολογιστικού φόρτου και χρόνου και του καταναλωθέντα χώρου.

2.4. Κατηγοριοποίηση Εμπιστοσύνης

Διαφορετικές μορφές εμπιστοσύνης έχουν προσδιοριστεί στην σχετική βιβλιογραφία. Μια πρώτη ταξινόμηση των μορφών εμπιστοσύνης αφορά τον διαχωρισμό τους σε *τάσεις εμπιστοσύνης* και *προθέσεις/σκοπούς εμπιστοσύνης*. Οι *τάσεις εμπιστοσύνης* αφορούν τον τρόπο με τον οποίο κλίνει να συμπεριφερθεί μια οντότητα όταν πρόκειται να εμπλακεί σε μια σχέση εμπιστοσύνης και οι *σκοποί εμπιστοσύνης* τις προθέσεις μιας οντότητας όταν εμπλέκεται σε μια σχέση εμπιστοσύνης.

2.4.1. Τάσεις Εμπιστοσύνης

Οι τάσεις εμπιστοσύνης είναι ένας σκόπιμα ευρύς όρος που αναφέρεται στις τάσεις μιας οντότητας. Αυτές τυπικά επηρεάζονται από την άποψη της οντότητας σχετικά με το περιβάλλον στο οποίο υπάρχει, από τον βαθμό που είναι πρόθυμη να εξαρτηθεί από έναν άλλο ενδεχομένως άγνωστο πράκτορα σε μια δεδομένη περίπτωση, και από το βαθμό που αντιλαμβάνεται τις γνωστές οντότητες και την γενικότερη υποδομή να είναι αξιόπιστη. Η ακόλουθη κατηγοριοποίηση της εμπιστοσύνης εστιάζει στις κλίσεις εμπιστοσύνης έμφυτες σε μια οντότητα ή επίκτητες μέσω της έκθεσης της στο περιβάλλον.

- **Η περιστασιακή εμπιστοσύνη** μετρά το βαθμό στον οποίο μια συμβαλλόμενη οντότητα είναι πρόθυμη να εξαρτηθεί από μια απροσδιόριστη οντότητα σε έναν συγκεκριμένο ρόλο και μια δεδομένη περίπτωση.
- **Οι πεποιθήσεις εμπιστοσύνης** περιγράφουν την αντίληψη ενός πράκτορα για το περιβάλλον που κατοικεί. Τέσσερις κατηγορίες συνεισφέρουν στο σχηματισμό πεποίθησης (McKnight, και Chervany, 2000)

- Καλοκαγαθία, δηλ. η πεποίθηση ότι κάποιος φροντίζει για την ευημερία των άλλων
- Τιμιότητα, δηλ. ότι κάποιος κάνει μια συμφωνία καλόπιστα
- Ικανότητα, δηλ. ότι κάποιος είναι σε θέση να επιτύχει έναν συγκεκριμένο στόχο
- Προβλεψιμότητα, δηλ. ότι η συμπεριφορά κάποιου είναι η αναμενόμενη σε μια δεδομένη κατάσταση.
- Η μη-τοποθετήσιμη εμπιστοσύνη είναι μια 5^η κατηγορία που αναφέρεται στην επιμονή τάση μιας οντότητας να εμπιστεύεται τον εαυτό της και τους άλλους σε ένα ευρύ φάσμα περιστάσεων

- Η **εμπιστοσύνη συστήματος** μετρά το βαθμό στον οποίο ένας πράκτορας θεωρεί ότι μπορεί να εξαρτηθεί από γνωστές θεσμικές δομές και αρχές όπως τα νομοθετικά και ρυθμιστικά πλαίσια και συστήματα υπόληψης καθώς επίσης και στην ελλοχεύουσα υποδομή τεχνολογίας.

Οι πεποιθήσεις εμπιστοσύνης ζυγίζουν τις πληροφορίες από τις οποίες λαμβάνουμε τις αποφάσεις εμπιστοσύνης και οδηγούν στον σχηματισμό των προθέσεων σε εμπιστοσύνη. Βασίζονται σε στοιχεία *από πρώτο χέρι*, συστάσεις, προηγούμενη εμπειρία, ή και μόνο διαίσθηση. Οι πεποιθήσεις εμπιστοσύνης αντιστοιχούν στις μετρήσεις από τις οποίες κάποιος καθορίζει εάν μια δεδομένη οντότητα πρέπει να εμπιστευθεί, λαμβάνοντας υπόψη ένα συγκεκριμένο προφίλ κινδύνου (Povey, 1999A). Πρέπει να σχετίζονται με μια υπηρεσία και η σημασία τους στον επηρεασμό της εμπιστοσύνης από την οποία ένας πράκτορας καθιερώνει μια πρόθεση να εμπιστευθεί μια άλλη οντότητα μπορεί να ποικίλει από υπηρεσία στην υπηρεσία. Στις εμπορικές συναλλαγές παραδείγματος χάριν, το ζήτημα της καλοκαγαθίας είναι δευτερεύουσα σημασίας έναντι της ικανότητας (που είναι συχνά η πρωταρχική ανησυχία), της προβλεψιμότητας και της τιμιότητας. Αντιθέτως στις συναλλαγές εντός των εικονικών κοινοτήτων που επικεντρώνονται γύρω από τα κοινωνικά ενδιαφέροντα ή τις φιλανθρωπίες, η καλοκαγαθία δύναται να έχει σημαντική επιρροή στο σχηματισμό των πεποιθήσεων εμπιστοσύνης.

Η μη-τοποθετήσιμη εμπιστοσύνη συμβάλλει στη διαδικασία σχηματισμού πεποίθησης αλλά μπορεί και να αγνοήσει αυτήν την διαδικασία και να επηρεάσει άμεσα την εμπιστοσύνη από την οποία ένας πράκτορας καθιερώνει τις προθέσεις να εμπιστευθεί. Η μη-τοποθετήσιμη εμπιστοσύνη μπορεί να αποδοθεί στην επίμονη τάση ενός πράκτορα να εκτεθεί δείχνοντας εμπιστοσύνη σε μια ολόκληρη ομάδα πλαισίων επειδή προσδοκά καλύτερα αποτελέσματα με την έκθεση του αυτή ή επειδή ο πράκτορας έχει εκπαιδευθεί σε ελεγχόμενο περιβάλλον όπου αλληλεπιδρούσε πρώτιστα με εμπιστευόμενα συμβαλλόμενα μέρη.

Η εμπιστοσύνη συστήματος είναι σημαντική ως μέσο για παροχή σταθερότητας μεταξύ των οντοτήτων του συστήματος, ανθρώπινων πρακτόρων και οργανισμών. Νομικοί και ρυθμιστικοί σωφρονιστικοί μηχανισμοί συστημάτων που αποθαρρύνουν κακόβουλη συμπεριφορά, και από την άλλη σχήματα πιστοποίησης και επικύρωσης παρέχουν συστήματα που μας επιτρέπουν να αξιολογήσουμε την ικανότητα μιας οργάνωσης για έναν συγκεκριμένο στόχο.

Η περιστασιακή εμπιστοσύνη είναι εν μέρει παρόμοια με την μη-τοποθετήσιμη εμπιστοσύνη με την έννοια ότι αποτελεί μια γενική κλίση στην εμπιστοσύνη που μπορεί να αγνοήσει τη διαδικασία σχηματισμού πεποίθησης. Εντούτοις, η μη-τοποθετήσιμη εμπιστοσύνη αναφέρεται σε ένα ευρύ φάσμα των πλαισίων ενώ η περιστασιακή εμπιστοσύνη αφορά μόνο συγκεκριμένες περιστάσεις που μπορούν να επηρεάσουν την εμπιστοσύνη σε μια πρόθεση εμπιστοσύνης κάποιου για μια συγκεκριμένη υπηρεσία και εντός δεδομένων πλαισίων. Η περιστασιακή εμπιστοσύνη είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον εντοπισμό εξαιρέσεων ανάμεσα στους γενικούς κανόνες της διαδικασίας σχηματισμού πεποίθησης.

2.4.2. Σκοποί Εμπιστοσύνης

Οι προθέσεις εμπιστοσύνης καθορίζουν τον βαθμό στον οποίο μια οντότητα διατίθεται να στηριχθεί σε άλλες (συμπεριλαμβανομένης και της ίδιας) για μια για μια καθορισμένη περίοδο, μέσα σε ένα διευκρινισμένο πλαίσιο και σε σχέση με μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Οι αξιόπιστες προθέσεις μπορούν να διαμορφωθούν

(μοντελοποιηθούν) μέσα στις πολιτικές, όπου μια πολιτική αντιμετωπίζεται ως κανόνας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη συμπεριφορά ενός συστήματος (οι πολιτικές επιτρέπουν όπως η διαχείριση των η-υπηρεσιών να ενσωματώνεται σε μια σχέση εμπιστοσύνης). Πράγματι, οι πολιτικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μηχανισμός για ενίσχυση της εμπιστοσύνης μέσα σε ένα περιβάλλον η-υπηρεσιών: μια η-υπηρεσία ενσωματώνει τις πολιτικές και πρέπει να ενεργήσει σύμφωνα με αυτές τις πολιτικές. Αυτές οι πολιτικές είτε συνδέονται με το αποτέλεσμα μιας σχέσης εμπιστοσύνης μεταξύ δύο συμβαλλόμενων μερών είτε αποτελούν συγκεκριμένες απαιτήσεις που δίνονται από ένα τρίτο συμβαλλόμενο μέρος επιτρέποντας στις σχέσεις εμπιστοσύνης να εγκαθιδρύνονται.

Η ακόλουθη λειτουργική ταξινόμηση της εμπιστοσύνης αφορά αυτήν την άποψη εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο η πρόθεση εμπιστοσύνης ελέγχεται και ασκείται.

2.4.2.1. Πρόσβαση στους Πόρους του Εμπιστευτή

Για τους σκοπούς μιας υπηρεσίας X, ο A εμπιστεύεται τον B να έχει πρόσβαση στους πόρους που ο A ελέγχει. Αυτός ο τύπος εμπιστοσύνης αποτελεί τη βάση για τις πολιτικές έγκρισης, οι οποίες διευκρινίζουν τις ενέργειες που το εμπιστευόμενο συμβαλλόμενο μέρος μπορεί να εκτελέσει πάνω στους πόρους και τους περιορισμούς που ισχύουν όπως τα χρονικά διαστήματα για τα οποία επιτρέπεται η πρόσβαση.

Ένα εμπιστευτής εμπιστεύεται έναν εμπιστευόμενο για να χρησιμοποιήσει τους πόρους που είναι κύριος ή ελέγχει, οι οποίοι θα μπορούσαν να είναι ένα λογισμικό περιβάλλον εκτέλεσης ή μια υπηρεσία μιας εφαρμογής (Abrams, 1995). Οι (Abrams και Joyce, 1995A) δίνουν έμφαση στο γεγονός ότι η εμπιστοσύνη πρόσβασης των πόρων αποτελούσε κεντρικό θέμα για τους ειδικούς ασφάλειας για πολλές δεκαετίες, αν και η έμφαση δινόταν συνήθως στους μηχανισμούς που υποστηρίζουν τον έλεγχο πρόσβασης.

Υπάρχει μια προφανής διάκριση μεταξύ της εμπιστοσύνης σε μια οντότητα να διαβάσει ή να γράψει ένα αρχείο στον κεντρικό υπολογιστή σας και της εμπιστοσύνης σε αυτή να εκτελέσει κώδικα μέσα στον τερματικό σταθμό σας. Η απλή πρόσβαση αρχείων απαιτεί ότι ο εμπιστευόμενος θα ακολουθήσει το σωστό πρωτόκολλο, δεν θα αποκαλύψει τις πληροφορίες που διαβάζονται, και θα γράψει μόνο τα σωστά δεδομένα κτλ. Το να επιτρέψετε σε μια οντότητα να εκτελέσει τον κώδικα στον τερματικό σταθμό σας υπονοεί πολύ πιο υψηλό αρχικό επίπεδο εμπιστοσύνης. Ο κώδικας αναμένεται να μην βλάψει τους πόρους του εμπιστευτή, να ολοκληρωθεί μέσα σε έναν λογικό πεπερασμένο χρόνο και να μην υπερβεί μερικά καθορισμένα όρια των πόρων αναφορικά με τη μνήμη, το χρόνο επεξεργασίας, το τοπικό χώρο αρχείων στο δίσκο, κτλ...

Οι (Abrams και Joyce, 1995B) και (Abrams, 1995) σιωπηρά αντιστοιχούν τις αποφάσεις εμπιστοσύνης στις αποφάσεις ελέγχου πρόσβασης. Γενικά, η εμπιστοσύνη πρόσβασης των πόρων μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την πολιτική έγκρισης, η οποία έπειτα υλοποιείται χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς ελέγχου πρόσβασης λειτουργικών συστημάτων ή βάσεων δεδομένων, τους κανόνες αντιπυρικών ζωνών κ.λπ. Η σχέση εμπιστοσύνης μπορεί να διυλιστεί στις πολιτικές έγκρισης που διευκρινίζουν τις ενέργειες που ο εμπιστευόμενος μπορεί να εκτελέσει στους πόρους του εμπιστευτή και τους περιορισμούς που ισχύουν, όπως τα χρονικά διαστήματα για τα οποία η επιτρέπεται πρόσβαση.

Παραδείγματα πρόσβασης πόρων εμπιστευτή:

- Εμπιστευόμαστε τον Fred για να κάνει εγκαταστάσεις Linux και τον Joe για να κάνει εγκαταστάσεις NT στους τερματικούς σταθμούς των τμημάτων μας.
- Εμπιστευόμαστε τους σπουδαστές τρίτου έτους και επάνω για να χρησιμοποιήσουν την υπηρεσία παράλληλης επεξεργασίας.
- Εμπιστευόμαστε τους καθαριστές X, Y για να στείλουν κάποιον για να καθαρίσει το σπίτι μου ακόμα και όταν δεν είμαι εκεί.
- Δεν εμπιστευόμαστε το συνεργείο AB και έτσι δεν θα πάω το αυτοκίνητό μου να επισκευαστεί εκεί.

Αυτές οι μάλλον αφηρημένες προδιαγραφές της εμπιστοσύνης και της μη-εμπιστοσύνης θα πρέπει να διωλιστούν και να μετασηματιστούν σε συγκεκριμένες πολιτικές εγκρίσεων που καθορίζουν τις επιτρεπόμενες ενέργειες στους συγκεκριμένους πόρους.

2.4.2.2. Παροχή Υπηρεσιών από τον Εμπιστευόμενο

Ο εμπιστευτής εμπιστεύεται τον εμπιστευόμενο για να παρέχει μια υπηρεσία που δεν συμπεριλαμβάνει πρόσβαση στους πόρους του εμπιστευτή. Σημειώστε ότι αυτό μπορεί να μην ισχύει για πολλές υπηρεσίες όπως οι υπηρεσίες Ιστού που κατεβάζουν applets και cookies, και έτσι απαιτούν πρόσβαση στους πόρους του εμπιστευτή.

Τα γραφεία υπηρεσιών και οι φορείς παροχής υπηρεσιών αίτησης (Application Service Providers-ASPs) (Dzubeck, 1999), (Morency, 1999) είναι πρωταρχικά παραδείγματα οντοτήτων που θα απαιτούσαν την καθιέρωση εμπιστοσύνης παροχής υπηρεσιών. Ο κινητός κώδικας και οι βασισμένες στον κινητό πράκτορα εφαρμογές πρέπει προφανώς να εμπιστευθούν το περιβάλλον εκτέλεσης που παρέχεται από το μακρινό σύστημα (παροχή εμπιστοσύνης υπηρεσιών) αλλά το περιβάλλον εκτέλεσης δεν πρέπει να βλαφθεί από τον κινητό κώδικα (εμπιστοσύνη πρόσβασης πόρων).

Παραδείγματα εμπιστοσύνης παροχής υπηρεσιών:

- Εμπιστεύομαι μια υπηρεσία σύστασης ταινιών για να συστήσει μόνο ταινίες που δεν είναι πορνογραφικές.
- Εμπιστεύομαι τον ιστοχώρο xyz για να παρέχει πληροφορίες που είναι μη-προσβλητικές.
- Δεν εμπιστεύομαι τον ιστοχώρο «Μαίρη η Ατίθαση».

Τα ανωτέρω παραδείγματα είναι μια μορφή *εμπιστοσύνης σιγουριάς* δεδομένου ότι ο εμπιστευτής έχει την σιγουριά (ή τη μη-σιγουριά) για το επίπεδο της υπηρεσίας που παρέχεται από το φορέα παροχής υπηρεσιών. Αυτός ο τύπος εμπιστοσύνης αντιστοιχεί σε μια μορφή πρόσβασης ελέγχου, που βασίζεται στο

υποκείμενο , με την έννοια ότι στο υποκείμενο επιτρέπεται μόνο η πρόσβαση στις εμπιστευόμενες υπηρεσίες. Αυτός ο τύπος ελέγχου πρόσβασης μπορεί να εφαρμοστεί από μερικούς φυλλομετρητές Ιστού ως μέσο για την επιλογή ιστοχώρων κατάλληλων για παιδιά (Blaze et al., 1997), (Chu et al., 1997), (Chu, 1997).

Μερικές μορφές εμπιστοσύνης υπηρεσιών αφορούν *την ικανότητα* του εμπιστευτή:

- Εμπιστεύομαι μόνο τους σπουδαστές του τέταρτου έτους που έχουν συνολικό βαθμό Α για να κάνουν υλοποιήσουν το πρόγραμμα.
- Θα αγοράσω PCs μόνο από την επιχείρηση ABC.

Η εμπιστοσύνη του εμπιστευτή στην ικανότητα του εμπιστευόμενου να παράσχει μια υπηρεσία διαφέρει από την εμπιστοσύνη σιγουριάς στο ότι η σιγουριά ισχύει για τις οντότητες που ο εμπιστευόμενος θα χρησιμοποιήσει και η ικανότητα ισχύει για τις οντότητες που εκτελούν κάποια δράση εξ ονόματος του εμπιστευτή.

Μια άλλη μορφή εμπιστοσύνης υπηρεσιών αφορά *την αξιοπιστία* ή *την ακεραιότητα* του εμπιστευόμενου. Στο ηλεκτρονικό εμπόριο και στις ηλεκτρονικές τραπεζικές υπηρεσίες ο πελάτης εμπιστεύεται τον προμηθευτή ή την τράπεζα ότι θα υποστηρίξει τους μηχανισμούς που θα εξασφαλίσουν ότι οι κωδικοί πρόσβασης δεν αποκαλύπτονται και ότι οι συναλλαγές δεν παρακολουθούνται. Ο προμηθευτής ή η τράπεζα επίσης θεωρούνται αξιόπιστοι για την διατήρηση της *μυστικότητας* οποιωνδήποτε πληροφοριών όπως το όνομα, διεύθυνση και στοιχεία πιστωτικών καρτών, τις οποίες κρατά για τον πελάτη.

Παραδείγματα αυτής της μορφής εμπιστοσύνης υπηρεσίας είναι:

- Θα αποθηκεύσω αυτά τα κρίσιμα αρχεία σε Groucho (δεδομένου ότι έχει ένα σύστημα αρχείων του RAID και αρχαιοθετείται κάθε 2 ώρες). Σημειώστε ότι σε αυτήν την περίπτωση ο εμπιστευόμενος έχει πρόσβαση στους πόρους του εμπιστευτή.
- Εμπιστεύομαι τον ηλεκτρονικό εφημεριδοπώλη να μου αποστείλει την ηλεκτρονική μου εφημερίδα κάθε πρωί πριν από τις 08:00.

- Εμπιστεύομαι την τράπεζα Διαδικτύου μου για να μην αποκαλύψει το όνομα και τη διεύθυνσή μου στις επιχειρήσεις ηλεκτρονικού μάρκετινγκ.

2.4.2.3. Πιστοποιητικά Εμπιστευόμενων

Αυτός ο τύπος εμπιστοσύνης βασίζεται στην πιστοποίηση της αξιοπιστίας του εμπιστευόμενου από έναν τρίτο, έτσι ώστε η εμπιστοσύνη να βασίζεται στα κριτήρια σχετικά με το σύνολο των πιστοποιητικών που παρουσιάζονται από τον εμπιστευόμενο στον εμπιστευτή. Τα πιστοποιητικά χρησιμοποιούνται συνήθως για να επικυρώσουν την ταυτότητα¹⁴ ή την ιδιότητα μέλους μιας ομάδας στις εφαρμογές διαδικτύου (Adams και Farrell, 1999), (Gerck και M.C. Group 1997), (Galvin, 2000), (Gerck, 1997), (Rivest, 1998). Αυτό μπορεί να υπονοήσει την ικανότητα εάν η ταυτότητα είναι ένας γνωστός οργανισμός. Εντούτοις, η επαγγελματική πιστοποίηση είναι μια κοινή τεχνική που χρησιμοποιείται για να δειχθεί η ικανότητα στον ιατρικό κόσμο, το εμπόριο και την εφαρμοσμένη μηχανική και έτσι θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε διαδικτυακές υπηρεσίες (Povey, 1999B).

Παραδείγματα Πιστοποιητικών Εμπιστευόμενων:

- Εμπιστεύομαι τον ιστοτόπο ιατρικών συμβουλών ενός γιατρού διότι είναι εγγεγραμμένος σε έναν γνωστό ιατρικό σύλλογο.
- Θα χρησιμοποιήσω μόνο τις αναβαθμίσεις λογισμικού, οι οποίες έχουν τα πιστοποιητικά της Microsoft.
- Εμπιστεύομαι μόνο την VeriSign για να πιστοποιήσει προγράμματα που μπορούν να τρέξουν στη σύστημά μου.
- Εμπιστεύομαι την ταυτότητα οποιουδήποτε που αυθεντικοποιείται από τον κεντρικό υπολογιστή Kerberos.

Σημειώστε ότι η αρχή πιστοποίησης παρέχει στην πραγματικότητα μια *υπηρεσία* πιστοποίησης εμπιστοσύνης έτσι που αυτή είναι μια ειδική μορφή εμπιστοσύνης

¹⁴ Για αυτό το λόγο στη σχετική βιβλιογραφία απαντώνται και οι όροι *εμπιστοσύνη ταυτότητας* (Josang, Ismail και Boyd, 2004 δικό μου), καθώς και *εμπιστοσύνη αυθεντικοποίησης* (Liberty-Alliance, 2003 από 27).

παροχής υπηρεσιών αλλά προϋποθέτει έναν τρίτο στην καθιέρωση της εμπιστοσύνης. Υπάρχει αρκετή σχετικά βιβλιογραφία για αυτήν την συγκεκριμένη μορφή *εμπιστοσύνης υπηρεσίας*, και αυτός είναι ο λόγος που επιβάλλεται μια χωριστή ταξινόμηση.

Στη βιβλιογραφία απαντάται και ο όρος *εμπιστοσύνη βασισμένη στην υπόληψη* όπου ο Α εμπιστεύεται τον Β για μια υπηρεσία Χ βάσει κριτηρίων σχετικών με τις απόψεις άλλων συμβαλλόμενων μερών που έχουν συναλλαχθεί με το Β στο παρελθόν για παρόμοιες υπηρεσίες. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν τα συστήματα φήμης στις η-δημοπρασίες όπως στο eBay. Αυτός ο τύπος εμπιστοσύνης συχνά θεωρείται συμπληρωματικός στην βασισμένη στα πιστοποιητικά εμπιστοσύνη.

2.4.2.4. Αντιπροσώπευση

Ένα εμπιστευτής εμπιστεύεται έναν εμπιστευόμενο για να λάβει τις αποφάσεις εξ ονόματός του, όσον αφορά έναν πόρο ή μια υπηρεσία που ο εμπιστευτής είναι κύριος ή ελέγχει (Ding και Petersen, 1995). Αυτό είναι επίσης μια ειδική μορφή παροχής υπηρεσιών, μια μορφή *εμπιστοσύνης υπηρεσίας* στη λήψη αποφάσεων (Grandison και Sloman, 2000). Οι (Ding και Petersen, 1995) επεξηγούν έναν καινοφανή τρόπο υλοποίησης της αντιπροσώπευσης, με ιεραρχικά κουπόνια αντιπροσώπευσης. Η εργασία τους στηρίζεται σε μεγάλο ποσοστό στην κρυπτογραφία. Προτείνουν μια ταξινόμηση προτύπων αντιπροσώπευσης, με τα κατάλληλα πρωτόκολλα, τα οποία αναλύουν, βάση της αποδοτικότητας τους, και τα συγκρίνουν με σχετικές εργασίες. Οι ιδέες που εκφράζουν επικεντρώνονται στον έλεγχο πρόσβασης.

Παραδείγματα εμπιστοσύνης αντιπροσώπευσης:

- Εμπιστεύομαι τον διαχειριστή των βάσεων δεδομένων μου για να αποφασίσει ποιος έχει πρόσβαση στη βάση δεδομένων μου.
- Αναθέτω όλες τις αποφάσεις σχετικά με τις επενδύσεις μου στον οικονομικό σύμβουλό μου.

- Δέχομαι τα ανώνυμα πιστοποιητικά έγκρισης για την πρόσβαση στους πόρους μου που εκδίδονται από την υπηρεσία έγκρισης ΑΒΓΔ.

2.4.2.5. Εμπιστοσύνη Υποδομής

Αυτός ο όρος αναφέρεται στην υποδομή βάσης που ο εμπιστευτής πρέπει να εμπιστεύεται (Abrams και Joyce, 1995A), (Abrams, 1995). Πρέπει να εμπιστεύεται τον εαυτό του (*υπονοούμενη εμπιστοσύνη*). Πρέπει να είναι σε θέση να εμπιστευθεί τον τερματικό σταθμό του, το τοπικό δίκτυο και τους τοπικούς κεντρικούς υπολογιστές του, οι όποιοι μπορεί να εφαρμόσουν ασφάλεια ή άλλες υπηρεσίες προκειμένου να προστατευθεί η υποδομή του.

Στα πρώιμα στάδια της επιστήμης της πληροφορικής αναγνωρίστηκε ότι προκειμένου να ενσωματωθεί η ασφάλεια (στην πραγματικότητα εμπιστοσύνη στην πρόσβαση των πόρων) στις εφαρμογές, υπήρξε μια ανάγκη όχι μόνο να εμπιστεύονται αναμφιβόλως οι υπηρεσίες έλεγχου, αλλά και οι διαχειριστικές διαδικασίες ενός συστήματος που λειτουργούν τις υπηρεσίες έλεγχου. Το αποκορύφωμα αυτής της εργασίας ήταν η επίσημη προδιαγραφή του υπουργείου αμύνης των ΗΠΑ για ένα σύνολο πόρων, γνωστή ως Εμπιστευόμενη Υπολογιστική Βάση (Trusted Computing Base, TCB) (Department of Defense, 1983) που έπρεπε να εμπιστεύονται όλες οι εκτελούμενες σε ένα σύστημα εφαρμογές για να υποστηριχτεί η απαραίτητη πολιτική ασφάλειας. Το TCB μπορεί να αντιμετωπισθεί ως σύνολο στοιχείων υλικού και λογισμικού, τα οποία χρησιμοποιούνται για να εφαρμόσουν τον μηχανισμό επικύρωσης αναφοράς δηλ. *την επικύρωση κάθε αναφοράς στα στοιχεία ή τα προγράμματα από οποιοδήποτε χρήστη (ή πρόγραμμα) ενάντια σε έναν κατάλογο εξουσιοδοτημένων τύπων αναφορών για αυτόν τον χρήστη* (Department of Defense, 1983). Το TCB θεωρήθηκε ως το βασικό συστατικό ενός εμπιστευόμενου υπολογιστή που περιέχει όλα τα στοιχεία του συστήματος που υποστηρίζουν την απομόνωση των αντικειμένων (κώδικας και δεδομένα) στην οποία βασίζεται η προστασία του συστήματος. Στόχευε περισσότερο στα κεντροποιημένα συστήματα, υλοποιώντας τον περιγραφικό προσδιορισμό των πληροφοριών και αποτρέποντας τη ροή τους προς μη εξουσιοδοτημένους χρήστες, παρά στα εμπορικά ή δικτυακά

συστήματα. Κατά τη διάρκεια των ετών, το TCB έχει μεγαλώσει από την άποψη του αριθμού συστατικών, και επομένως μεγέθους, οδηγώντας σε μια υψηλότερη πιθανότητα συμβιβασμού του.

Παραδείγματα εμπιστοσύνης υποδομής:

- Εμπιστεύομαι μέρη υλικού Η/Υ που έχουν πιστοποιηθεί από την εμπιστευόμενη επιτροπή πιστοποίησης TCB.
- Το λογισμικό εφαρμογών ενός Η/Υ εμπιστεύεται το λειτουργικό σύστημα.

Μια άλλη ονομασία που χρησιμοποιείται συχνά για την εμπιστοσύνη υποδομής είναι *εμπιστοσύνη πλαισίου* (Josang, Ismail και Boyd, 2007). Αυτός ο όρος περιγράφει το βαθμό στον οποίο το συμβαλλόμενο μέρος θεωρεί ότι τα απαραίτητα συστήματα και ιδρύματα είναι σε ισχύ προκειμένου να υποστηριχθεί η συναλλαγή και παρέχετε ένα δίκτυο ασφάλειας σε περίπτωση που κάτι πάει στραβά. Παράγοντες για αυτόν τον τύπο εμπιστοσύνης μπορεί παραδείγματος χάριν να είναι κρίσιμες υποδομές, ασφάλεια, νομικό σύστημα, εφαρμογή των νόμων και σταθερότητα της κοινωνίας γενικά. Οι (McKnight και Chervany, 1996) αναφέρονται σε αυτόν τον τύπο εμπιστοσύνης ως *εμπιστοσύνη συστήματος*.

2.4.2.6. Κύρια Χαρακτηριστικά των Πλαισίων Εμπιστοσύνης

Η σημασία της ικανότητας, της ειλικρίνειας, της ασφάλειας και της αξιοπιστίας¹⁵ εξαρτάται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο χρησιμοποιούνται. Εντούτοις, είναι αδύνατο να ισχυριστεί κάποιος ότι υπάρχει ένας ιδιαίτερος συνδυασμός χαρακτηριστικών που καθορίζουν μοναδικά ένα συγκεκριμένο πλαίσιο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα παραδείγματα για κάθε ένα από αυτά τα πλαίσια είναι τόσο ποικίλα που μια διαφορετική ιεραρχία σημαντικότητας μπορεί να βρεθεί ακόμη και για παραδείγματα μέσα στο ίδιο πλαίσιο. Στην Εικόνα 2.4 μπορεί να φανεί ότι η ικανότητα του γιατρού είναι η σημαντικότερη ανησυχία για τον ασθενή.

Αυτό είναι ένα παράδειγμα εμπιστοσύνης παροχής υπηρεσιών: Ο γιατρός παρέχει μια υπηρεσία στον ασθενή. Η Εικόνα 2.5 είναι επίσης ένα παράδειγμα εμπιστοσύνης παροχής υπηρεσιών, αλλά εδώ η αρχική ανησυχία του αγοραστή είναι η τιμότητα του πωλητή αυτοκινήτων. Αυτά τα δύο παραδείγματα δίνουν έμφαση στο γεγονός ότι είναι αδύνατο να βρεθεί ένας συγκεκριμένο μίγμα των ιδιοτήτων που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο.

Ασθενής (εμπιστευτής)



Γιατρός (εμπιστευόμενος)



Ο ασθενής εμπιστεύεται την ικανότητα του γιατρού να τον θεραπεύσει.

Εικόνα 2.4. Εμπιστοσύνη παροχής υπηρεσιών με έμφαση στην ικανότητα.

Για να τονιστεί περαιτέρω αυτό το γεγονός, ας εξετάσουμε δύο παραδείγματα της εμπιστοσύνης πρόσβασης στους πόρους του εμπιστευτή.

¹⁵ Τα χαρακτηριστικά αυτά των πλαισίων εμπιστοσύνης σχετίζονται με τις πεποιθήσεις εμπιστοσύνης που αναφέρονται προηγουμένως στην υποενότητα 2.4.1.

Αγοραστής (εμπιστευτής)



**Πωλητής Αυτοκινήτων
(εμπιστευόμενος)**



Ο αγοραστής εμπιστεύεται
την ειλικρίνεια του πωλητή
αυτοκινήτων.

Εικόνα 2.5. Εμπιστοσύνη παροχής υπηρεσιών με κυρίαρχο παράγοντα την ειλικρίνεια.

Η Εικόνα 2.6 δείχνει ότι ο υπεύθυνος καθηγητής του εργαστηρίου εμπιστεύεται τους σπουδαστές του τρίτου έτους για να χρησιμοποιήσουν το εργαστήριο χημείας. Από την προοπτική του καθηγητή ο σημαντικός παράγοντας είναι ότι οι σπουδαστές του τρίτου έτους μπορούν να χρησιμοποιήσουν το εργαστήριο επαρκώς (με άλλα λόγια έχουν την ικανότητα).

Στην Εικόνα 2.7 η πρωταρχική ανησυχία του επιχειρηματία είναι η αξιοπιστία (η αλλιώς η τιμιότητα) και η επικαιρότητα/συνέπεια (ην ικανότητα της δηλαδή να περατώνει μια εργασία εντός συγκεκριμένου χρονικού ορίου και ανά τακτά χρονικά διαστήματα) της καθαρίστριας προκειμένου να της παρέχει πρόσβαση στους πόρους του, δηλαδή στο γραφείο του. Είναι προφανές ότι η ικανότητα της καθαρίστριας δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο όσο η ικανότητα του γιατρού. Ο επιχειρηματίας δεν θα ενοχληθεί ιδιαίτερα εάν κάποια γωνία του γραφείου του δεν είναι τέλεια καθαρισμένη, αλλά θα είναι ιδιαίτερα οδυνηρό για αυτόν να ανακαλύψει παραδείγματος χάριν ότι λείπουν χρήματα ή σημαντικά για την δουλειά του έγγραφα από το γραφείο του ή ότι η καθαρίστρια δεν καθάρισε καθόλου το γραφείο του πριν από ένα πολύ σημαντικό επαγγελματικό ραντεβού.

Καθηγητής (εμπιστευτής)

**Σπουδαστές 3^{ου} έτους
(εμπιστευόμενοι)**



Ο καθηγητής εμπιστεύεται την ικανότητα των σπουδαστών του 3^{ου} έτους στην επαρκή χρήση του εργαστηρίου.



Εικόνα 2.6. Εμπιστοσύνη πρόσβασης πόρων με τον παράγοντα της ικανότητας κυρίαρχο.

Από την άλλη ακόμα και ένα μικρό λάθος του γιατρού μπορεί να έχει ιδιαίτερα δυσμενείς επιπτώσεις για τον ασθενή. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση των σπουδαστών και του εργαστηρίου. Αντιθέτως ο αγοραστής δεν νοιάζεται καθόλου για την ικανότητα του πωλητή στις πωλήσεις, αλλά δεν θα χαρεί καθόλου εάν διαπιστώσει ότι παραπλανήθηκε από έναν μη τίμιο πωλητή και αγόρασε ένα αυτοκίνητο κατώτερο των προσδοκιών του και του τιμήματος που κατέβαλε. Επιπροσθέτως ο επιχειρηματίας πολύ δύσκολα θα έμπαινε στον κόπο να αλλάξει την καθαρίστρια του με μία άλλη που πιθανώς να είναι ικανότερη από αυτήν που έχει αλλά για την αξιοπιστία της οποίας δεν έχει απολύτως καμία πληροφορία.

Επιχειρηματίας (εμπιστευτής)

Καθαρίστρια (εμπιστευόμενη)



Ο επιχειρηματίας εμπιστεύεται την αξιοπιστία της καθαρίστριας και την συνέπεια της να καθαρίζει τακτικά το γραφείο του τρεις φορές την εβδομάδα.



Εικόνα 2.7. Εμπιστοσύνη πρόσβασης πόρων με πρωταρχικούς παράγοντες την αξιοπιστία και την επικαιρότητα/συνέπεια.

Αντιθέτως ένας ασθενής θα σκεφτόταν πολύ σοβαρά να αλλάξει τον γιατρό του με έναν άλλο ακόμη για πολύ μικρή διαφορά στην ικανότητα τους. Οι εικόνες 2.6 και 2.7 επιδεικνύουν περαιτέρω ότι είναι αδύνατο να βρεθεί ένα σύνολο ιδιοτήτων που να χαρακτηρίζουν κάθε πλαίσιο εμπιστοσύνης. Όλα τα

παραδείγματα μπορούν να αντιμετωπισθούν ως εφαρμόσιμα σε διαδικτυακές εφαρμογές με τη συνειδητοποίηση ότι οι εμπιστευόμενοι σε κάθε παράδειγμα μπορούν εύκολα να είναι τμήματα λογισμικού που ενεργούν εκ μέρους των πραγματικών ατόμων. Οι εικόνες 2.4 έως 2.7 διευκρινίζουν ότι δεν είναι πολύ πρακτικό να χρησιμοποιούνται τα χαρακτηριστικά της εμπιστοσύνης για να χαρακτηρίζουν τις σχέσεις εμπιστοσύνης. Από την ανωτέρω συζήτηση, μπορεί να φανεί ότι υπάρχει πολύ λίγος συσχετισμός μεταξύ των ιδιοτήτων εμπιστοσύνης και συγκεκριμένων τύπων σχέσεων ή πλαισίων εμπιστοσύνης. Κατά συνέπεια, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ρητή μοντελοποίηση των ιδιοτήτων της ικανότητας, τιμότητας, ασφάλειας και αξιοπιστίας στις σχέσεις εμπιστοσύνης και η προσπάθεια να οριστούν οι τιμές για κάθε ιδιότητα θα πρόσθετε αξιοσημείωτη πολυπλοκότητα με λίγο πρόσθετο όφελος. Το επίπεδο εμπιστοσύνης αντιπροσωπεύει ένα μέτρο της πεποίθησης για αυτές τις συνδυασμένες ιδιότητες, και δίνει σιωπηρά το περισσότερο βάρος σε εκείνες που είναι περισσότερο σχετικές με το ρητά δηλωμένο πλαίσιο.

Η πολυπλοκότητα του υπολογισμού των επιπέδων για τις μεμονωμένες ιδιότητες όπως η αξιοπιστία έχει συζητηθεί στη σχετική βιβλιογραφία. Ο Helvik (Helvik, 2001) συζητά τις ιδιότητες της αξιοπιστίας (συγκεκριμένα: αξιοπιστία, διαθεσιμότητα και ασφάλεια) και επισημαίνει το γεγονός ότι η ανάπτυξη και αξιολόγηση μοντέλων αξιοπιστίας (ακόμη και απλών) είναι μια σύνθετη και χρονοβόρα διαδικασία. Οι Galin (Galín, 2003), Kan (Kan, 1995) και οι Littewood και Strigini (Littewood και Strigini, 2000) δηλώνουν ότι η διαδικασία εφαρμογής μετρικών ποιότητας λογισμικού (που περιλαμβάνουν μοντέλα αξιοπιστίας) σε ρεαλιστικές καταστάσεις είναι ένας δύσκολος στόχος που ακόμα απαιτεί αξιοσημείωτη περαιτέρω έρευνα. Κατά συνέπεια, η διατύπωση, ανάπτυξη και εφαρμογή ενός μοντέλου για ξεχωριστές μετρήσεις της τιμότητας, ικανότητας, ασφάλειας και της αξιοπιστίας θα ήταν πολύ δύσκολο να γίνει για τα σενάρια πραγματικού χρόνου που περιλαμβάνονται στις εφαρμογές Διαδικτύου.

2.4.3. Συμπεριφορά Εμπιστοσύνης

Η συμπεριφορά εμπιστοσύνης περιγράφει το βαθμό στον οποίο ένα συμβαλλόμενο μέρος εκτίθεται στην εμπιστοσύνη που επιδεικνύει. Υπονοεί την αποδοχή των κινδύνων (δυνατότητα αρνητικών συνεπειών) και των επιδράσεών τους. Οι ακόλουθες κατηγορίες εμπιστοσύνης αφορούν αυτήν την άποψη που εστιάζει στους ρόλους των συμμετεχόντων όπως αυτοί αλληλεπιδρούν σε μια επιχειρησιακή σχέση.

- **Η εμπιστοσύνη θέσπισης** είναι η εμπιστοσύνη μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών που συμμετέχουν σε μια επιχειρησιακή σχέση μέσω των ε-υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των πελατών και των λιανοπωλητών.
- **Η εμπιστοσύνη ενεργοποίησης** είναι η εμπιστοσύνη σε εκείνους που ενεργοποιούν ή μεσολαβούν στην παροχή η-υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων των προμηθευτών τεχνολογίας και ηλεκτρονικών πλατφορμών.
- **Η ρυθμιστική εμπιστοσύνη** είναι η εμπιστοσύνη σε νομοθετικούς, ρυθμιστικούς, και συμβουλευτικούς και οργανισμούς τυποποίησης για το ηλεκτρονικό εμπόριο σε τοπικό ή διεθνές επίπεδο.
- **Η εμπιστοσύνη φήμης** είναι η εμπιστοσύνη στα συστήματα φήμης ή στις συστάσεις αυθαίρετων πρακτόρων.

2.5. Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Διαχείριση Κινδύνου

Κατά την αλληλεπίδραση οντοτήτων σε μια κατανεμημένη υπολογιστική πλατφόρμα, πάντοτε ελλοχεύει ένα στοιχείο του κινδύνου. Γενικά, ο κίνδυνος ορίζεται ως η έκθεση στην αβεβαιότητα με μια γνωστή κατανομή πιθανότητας των γεγονότων. Για το πλαίσιο των εφαρμογών Διαδικτύου, ο κίνδυνος είναι η πιθανότητα μιας αποτυχίας όσον αφορά το πλαίσιο της αλληλεπίδρασης, π.χ. μη πληρωμή για την υπηρεσία, αποτυχία υπηρεσιών, κ.λπ. Η σύνδεση μεταξύ του κινδύνου και της εμπιστοσύνης είναι αραιά ερευνημένη όπως παρατηρεί και ο (Grandison, 2003). Ακόμη περισσότερο όπως αναφέρουν οι (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007) και (Grandison και Sloman, 2000) υπάρχουν λίγα υπολογιστικά

μοντέλα εμπιστοσύνης που λαμβάνουν ρητά τον κίνδυνο υπόψη. Μελέτες που συνδυάζουν τον κίνδυνο και την εμπιστοσύνη περιλαμβάνουν αυτές των (Manchala, 1998), (Jøsang και Lo Presti, 2004) και (Grandison, 2003). Ο Manchala αποφεύγει ρητά να εκφράσει άμεσες μετρικές για την εμπιστοσύνη, και αντί αυτού αναπτύσσει ένα μοντέλο γύρω από άλλα στοιχεία όπως η αξία των συναλλαγών και η ιστορία συναλλαγής του εμπιστευμένου συμβαλλόμενου μέρους. Οι Jøsang και Lo Presti διακρίνουν τις έννοιες της *εμπιστοσύνης αξιοπιστίας* και της *εμπιστοσύνης απόφασης*, και αναπτύσσουν έναν μαθηματικό μοντέλο για την εμπιστοσύνη απόφασης βασισμένο σε πρωτογενή στοιχεία όπως η αξιοπιστία των συμβαλλόμενων μερών, τιμές χρησιμότητας, και η φιλοσοφία κινδύνου του πράκτορα που επιδεικνύει εμπιστοσύνη. Όπως προκύπτει από τη γενική παρατήρηση, ο κίνδυνος και η εμπιστοσύνη συσχετίζονται με τους ακόλουθους τρόπους:

- Ο κίνδυνος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει το επίπεδο εμπιστοσύνης.
- Η εμπιστοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τον ελλοχεύων κίνδυνο σε μία επένδυση.

Και στις δύο περιπτώσεις, φαίνεται να υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ των δύο εννοιών. Σε συναλλαγή που θεωρείται ως *όχι τόσο επικίνδυνη* ανατίθεται κανονικά ένα πιο υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης, ενώ μια συναλλαγή με υψηλό επίπεδο εμπιστοσύνης θεωρείται χαμηλού κινδύνου. Είναι προφανές ότι η βασική σχέση κινδύνου και εμπιστοσύνης είναι αντιστρόφως ανάλογη: όσο λιγότερος είναι ο κίνδυνος σε μια συναλλαγή, τόσο περισσότερη εμπιστοσύνη είμαστε πρόθυμοι να εναποθέσουμε. Η ακριβής φύση της σχέσης μεταξύ αυτών των εννοιών (γραμμική, εκθετική ή άλλη) είναι ακόμα ένα ανοικτό ερευνητικό θέμα.

Για τις εφαρμογές Διαδικτύου, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν οι έννοιες της εμπιστοσύνης και του κινδύνου ανεξάρτητα προκειμένου να καθορίσουν εάν μια συναλλαγή πρέπει ή όχι να αρχίσει. Παραδείγματος χάριν, μια υψηλού κινδύνου συναλλαγή σχετικά με ένα μικρής αξίας προϊόν μπορεί να ξεκινήσει επειδή η συναλλαγή δύναται να κριθεί αρκετά αξιόπιστη για να αναληφθεί. Αυτό επιδεικνύει ότι υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εμπιστοσύνη και ο κίνδυνος

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεξάρτητα, με τη μία έννοια από τις δύο να έχει περισσότερη επιρροή στην απόφαση από άλλη. Εντούτοις, στις περισσότερες των περιπτώσεων ισχύει ότι ο κίνδυνος επηρεάζει την εμπιστοσύνη και αντίστροφα (Grandison, 2003). Οι (Kini και Choobineh, 1998) αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι ο τελικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη της εμπιστοσύνης είναι ο κίνδυνος που περιλαμβάνεται στη συναλλαγή. Όσο μεγαλύτερο είναι το όφελος που έχει κάποιος από μια συναλλαγή τόσο πιο δύσκολο είναι για αυτόν να διακινδυνεύσει να εμπιστευθεί κάποιον άλλο. Επομένως, είναι σημαντικό ότι για την ευρεία επιτυχία των ηλεκτρονικών αλληλεπιδράσεων, ειδικά όταν ο κίνδυνος που περιλαμβάνεται είναι υψηλός, να αναπτυχθεί ένα ικανοποιητικό ποσό εμπιστοσύνης.

Υπάρχουν πολυάριθμες προσπάθειες για τη μοντελοποίηση της έννοιας του κινδύνου στην πληροφορική. Η τρέχουσα έρευνα στηρίζεται στη θεωρία απόφασης, η οποία αφορά έναν ιθύνοντα που έρχεται αντιμέτωπος με διάφορες επιλογές και επιλέγει μια συνέπεια (ή μια έκβαση) βασιζόμενος σε κάποια στρατηγική (π.χ., Maximin, Minimin, Maximax, κ.λπ.). Η θεωρία απόφασης υποδιαιρείται σε: 1) απόφαση με βεβαιότητα, 2) αποφάσεις με κίνδυνο, και 3) αποφάσεις υπό το πρίσμα της αβεβαιότητας. Για τις εφαρμογές Διαδικτύου, οι αποφάσεις με κίνδυνο και οι αποφάσεις υπό το πρίσμα της αβεβαιότητας είναι πρωταρχικής σημασίας. Στα πλαίσια των αποφάσεων κάτω από τον κίνδυνο, κάθε επιλογή θα έχει μια από διάφορες πιθανές συνέπειες, και η πιθανότητα πραγματοποίησης για κάθε μια θεωρείται γνωστή. Κατά συνέπεια, κάθε εναλλακτική λύση συνδέεται με μια κατανομή πιθανότητας και μια επιλογή μεταξύ των κατανομών πιθανότητας. Όταν οι κατανομές πιθανότητας είναι άγνωστες, έχουμε την περίπτωση της απόφασης υπό αβεβαιότητα. Μια υπονοούμενη υπόθεση των θεωρητικών μοντέλων απόφασης είναι ότι τα κέρδη ή οι ζημιές αφορούν μόνο τον ιθύνοντα. Για παράδειγμα, εάν η απόφαση είναι να πάρω μαζί μου μια ομπρέλα ή όχι, το αποτέλεσμα (βρέχομαι ή όχι) εξαρτάται από την κατάσταση της φύσης. Ωστόσο, η φύση δεν ενδιαφέρεται για την έκβαση (εάν εγώ τελικά θα βραχώ ή όχι). Αυτή η υπόθεση μπορεί να μην είναι κατάλληλη για τη λήψη αποφάσεων εμπιστοσύνης από τις εφαρμογές Διαδικτύου επειδή αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη σε μια δεδομένη συναλλαγή ενδιαφέρονται και

επηρεάζονται από τις αποφάσεις που λαμβάνει το άλλο αναφορικά με τη συναλλαγή. Ακολουθεί μια προεπισκόπηση των τρεχουσών προσεγγίσεων στην οικοδόμηση μοντέλων αξιολόγησης κινδύνου.

2.5.1. Στρατηγικές Διαχείρισης Κινδύνου

Η τυποποιημένη προσέγγιση στη μοντελοποίηση του κινδύνου είναι η προσκόλληση σε ένα σύνολο καθορισμένων με σαφήνεια βημάτων που επιτρέπουν την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων στα στοιχεία κινδύνου προκειμένου να γίνει κάποια χρήσιμη εργασία (συνήθως λήψη αποφάσεων ή ανάλυση). Υπάρχουν δύο παραδοσιακές προσεγγίσεις στην μοντελοποίηση της έννοιας του κινδύνου: το ποσοτικό μοντέλο και το ποιοτικό μοντέλο. Επιπλέον υπάρχει το τυποποιημένο λογισμικό ανάπτυξης μοντέλων κινδύνου, το οποίο είναι ένα υβρίδιο των δύο παραδοσιακών προτύπων. Κάθε ένα από αυτά τα μοντέλα παρουσιάζεται εν συντομία.

2.5.1.1. Ποσοτικό Μοντέλο

Το ποσοτικό μοντέλο κινδύνου έχει δύο απαραίτητα στοιχεία: την πιθανότητα πραγματοποίησης ενός γεγονότος $p(E)$, και την πιθανή ζημιά σε περίπτωση πραγματοποίησης του γεγονότος $l(E)$. Αυτοί δύο αριθμοί χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την αναμενόμενη απώλεια EL (Expected Loss), η οποία καλείται επίσης Annual Loss Expectancy (ALE) ή εκτιμώμενο ετήσιο κόστος Estimated Annual Cost (EAC), βάση του παρακάτω τύπου

$$EL = p(E) * l(E)$$

Το E είναι το γεγονός ενδιαφέροντος και η EL αντιπροσωπεύει έναν προσδιορισμό της ποσότητας του οικονομικού αντίκτυπου του κινδύνου E. Μια χαμηλότερη EL υπονοεί έναν χαμηλότερο κίνδυνο. Κατά συνέπεια, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο γεγονότων, τις πιθανότητες εμφάνισής τους και τις αναμενόμενες απώλειές τους, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια ιεραρχία των γεγονότων, από τα περισσότερο επικίνδυνα προς τα λιγότερο επικίνδυνα γεγονότα. Η Εικόνα 2.8 ένα παρουσιάζει χαρακτηριστικό σενάριο όπου η EL

μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Επιθυμία του ζευγαριού είναι να αγοράσει ένα σπίτι από τον ιστοτόπο RealEstates.com. Για λόγους απλότητας, υποθέτουμε ότι μόνο δύο ενδεχόμενα είναι πιθανά σχετικά με το ζευγάρι, τα οποία είναι: η κλοπή των πληροφοριών των πιστωτικών καρτών τους και η άρνηση της επιχείρησης να τιμήσει τη συναλλαγή.



Εικόνα 2.8. Μια τυπική συναλλαγή με ελλοχεύων ρίσκο.

Ο Πίνακας 2.2 παρουσιάζει τις μετρικές κινδύνου όπως αυτές καθορίζονται για το ζεύγος.

Ενδεχόμενο	Ζημία (σε €)	Πιθανότητα πραγματοποίησης του ενδεχομένου
Κλοπή των πληροφοριών των πιστωτικών καρτών	50.000	0,6
Άρνηση της επιχείρησης να τιμήσει τη συναλλαγή	100.000	0,1

Πίνακας 2.2. Μετρικές ρίσκου για το ζευγάρι

Όπως προκύπτει από τον ανωτέρω πίνακα η αναμενόμενη απώλεια για τη συναλλαγή θα είναι $50.000 \cdot 0,6 + 100.000 \cdot 0,1 = 40.000\text{€}$ (το άθροισμα του ποσού της EL για κάθε γεγονός). Εάν αυτό το ποσό είναι αμελητέο για το ζεύγος, τότε μπορούν να αρχίσουν τη συναλλαγή. Το ζεύγος μπορεί να δώσει τη μεγαλύτερη σημασία στην κλοπή των πιστωτικών καρτών τους, κάτι που υπονοεί ότι πρέπει να χρησιμοποιήσουν την αναμενόμενη απώλεια για εκείνο τον κίνδυνο ως μεταβλητή απόφασής τους. Εδώ είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο κίνδυνος μπορεί να μετρηθεί και από την άποψη του κέρδους, και όχι της απώλειας. Το αναμενόμενο κέρδος καθορίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

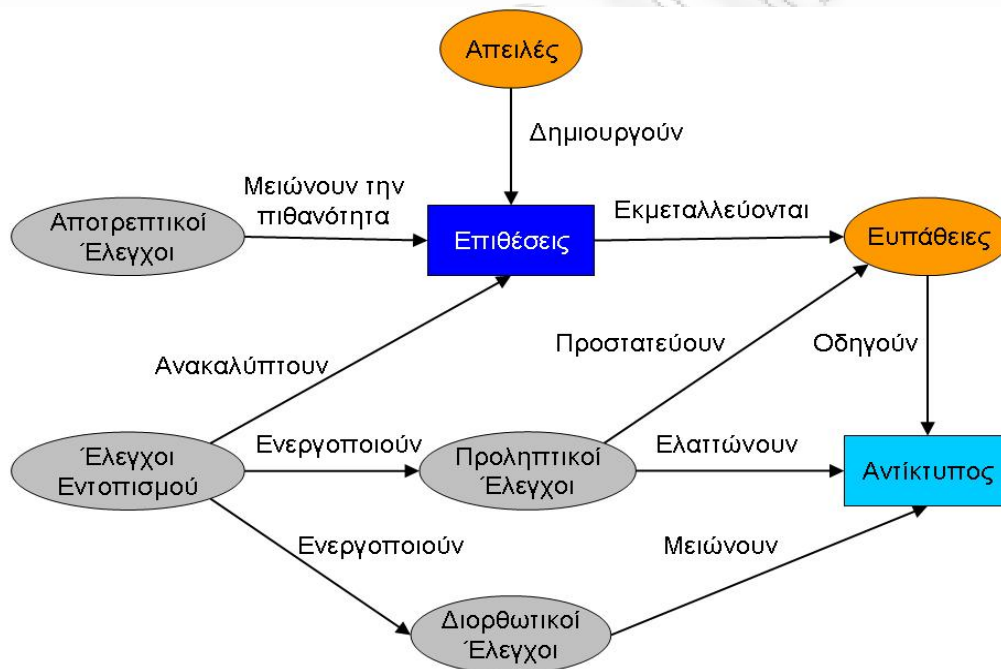
$$EG = p(E) \cdot g(E)$$

Όπου EG (Estimated Gain) είναι το αναμενόμενο κέρδος και $g(E)$ είναι το κατ' εκτίμηση κέρδος (ή κέρδος) από το γεγονός E.

2.5.1.2. Ποιοτικό Μοντέλο

Στο ποιοτικό μοντέλο κινδύνου, η πιθανότητα δεν εξετάζεται, μόνο η κατ' εκτίμηση πιθανή απώλεια χρησιμοποιείται.

Τα βασικά στοιχεία ενός ποιοτικού προτύπου είναι: απειλές, ευπάθειες και έλεγχοι. Μια απειλή είναι κάτι που μπορεί να πάει στραβά ή που μπορεί να επιτεθεί στο σύστημα. Μια ευπάθεια κάνει το σύστημα περισσότερο επιρρεπές σε μια επίθεση από μια απειλή ή καθιστά μια επίθεση πιθανότερη να είναι επιτυχής και να έχει αντίκτυπο. Ένας έλεγχος είναι ένα αντίμετρο για μια ευπάθεια. Υπάρχουν τέσσερις τύποι ελέγχων:



Εικόνα 2.9. Αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα συστατικά του ποιοτικού μοντέλου κινδύνου

- Οι αποτρεπτικοί έλεγχοι μειώνουν την πιθανότητα μιας σκόπιμης επίθεσης,
- Οι προληπτικοί έλεγχοι προστατεύουν από τις ευπάθειες και καθιστούν μια επίθεση ανεπιτυχής ή μειώνουν τον αντίκτυπο της
- Οι διορθωτικοί έλεγχοι μειώνουν τον αντίκτυπο μιας επίθεσης, και
- Οι έλεγχοι εντοπισμού ανακαλύπτουν τις επιθέσεις και προκαλούν τα προληπτικά ή διορθωτικά μέτρα.

Η Εικόνα 2.9 παρουσιάζει σχηματικά την αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών ενός ποιοτικού μοντέλου κινδύνου.

2.5.1.3. Διαδικασία Διαχείρισης Κινδύνου

Για το λογισμικό διαχείρισης κινδύνου, ο κίνδυνος ορίζεται ως *έκθεση σε ζημιά ή απώλεια* (Boehm, 2001). Σε ένα δεδομένο έργο η αντίληψη ενός μηχανικού λογισμικού για τον κίνδυνο καθορίζεται από τον προαναφερθέντα ορισμό. Η άποψη και η αναγνώριση του κινδύνου από έναν μηχανικό λογισμικού αποτελεί συνάρτηση του πεδίου λειτουργίας της εφαρμογής, της πλατφόρμας ανάπτυξης και της εμπειρίας και του γνωστικού του υποβάθρου. Κατά συνέπεια, οι απόψεις σχετικά με το τι είναι κίνδυνος μπορούν να ποικίλουν από μηχανικό λογισμικού σε μηχανικό λογισμικού, και από πρόγραμμα σε πρόγραμμα. Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνου κανονικά ενσωματώνεται στο μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού που χρησιμοποιείται, π.χ. το πρότυπο καταρρακτών, το γρήγορο πρότυπο διαμόρφωσης πρωτοτύπου, το σπειροειδές πρότυπο, κ.λπ.. *Η διαχείριση κινδύνου είναι η διαδικασία αναγνώρισης των κινδύνων, καθορισμού του μεγέθους τους, και εντοπισμού των περιοχών που χρειάζονται δικλίδες ασφαλείας* Το μοντέλο διαχείρισης κινδύνου που θα παρουσιαστεί είναι γενικό και αποτελεί στερεότυπο για τα μοντέλα διαχείρισης κινδύνου παγκοσμίως (Australian/New Zealand Standard, 1999; Australian Standard, 2000). Τα ακόλουθα βήματα εμπεριέχονται στη διαδικασία διαχείρισης κινδύνου:

1. Αναγνώριση κινδύνου

Όλοι οι κίνδυνοι για το έργο λογισμικού πρέπει να προσδιοριστούν. Το αρχικό βήμα σε αυτήν την υπό-διαδικασία είναι να παρασχεθεί μια περιγραφή των σχετικών πτυχών του συστήματος που αναλύεται (αποκαλούμενο και ως target system) που πρέπει να είναι όσο πιο πλήρης γίνεται. Με βάση ένα τέτοιο πρότυπο του συστήματος στόχου (target system), τα προτερήματα και οι παράμετροι που υποστηρίζουν τον κίνδυνο προσδιορίζονται. Μετά από τον προσδιορισμό τους, οι κίνδυνοι αναλύονται.

2. Ανάλυση κινδύνου

Σε αυτό το βήμα, οι κίνδυνοι ποσοτικοποιούνται. Αυτό σημαίνει ανάθεση πιθανοτήτων εμφάνισης στους κινδύνους και υπολογισμός των συνεπειών στο έργο από την εμφάνιση αυτών των κινδύνων. Μόλις γίνει αυτό, οι γενικές τιμές των κινδύνων υπολογίζονται. Το ανωτέρω βήμα αντιστοιχεί σε ένα παραδοσιακό ποσοτικό μοντέλο κινδύνου. Εντούτοις, λόγω της ανακριβούς φύσης των στοιχείων, οι ποιοτικές ετικέτες χρησιμοποιούνται συνήθως για τις εκτιμήσεις και των πιθανοτήτων εμφάνισης και του αντίκτυπου τους. Παραδείγματος χάριν, οι πιθανότητες κινδύνου μπορούν να είναι: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέση, υψηλή ή πολύ υψηλή και οι επιδράσεις από τον κίνδυνο μπορεί να είναι: αμελητέες, οριακές, κρίσιμες ή καταστροφικές. Ο υπολογισμός της τιμής του γενικού κινδύνου γίνεται με την αξιολόγηση της μήτρας αντίκτυπου/πιθανότητας, η οποία κατασκευάζεται από τις αναθέσεις των τιμών. Μετά από την ανάλυση, ένας κατάλογος υψηλότερων κινδύνων μπορεί να προσδιοριστεί. Αυτοί οι κίνδυνοι πρέπει να είναι οι πρώτοι για τους οποίους θα παρέχουμε έναν σχεδιασμό..

3. Σχεδιασμός για τον κίνδυνο

Ο σχεδιασμός κινδύνου σημαίνει τον σχηματισμό μεθόδων για να εξεταστεί κάθε κίνδυνος. Στον σχεδιασμό, τα ακόλουθα ζητήματα πρέπει να καλυφθούν: *γιατί είναι ο κίνδυνος σημαντικός; τι απαιτείται για τον εντοπισμό του κινδύνου; ποιος είναι αρμόδιος για τη δραστηριότητα διαχείρισης κινδύνου; ποιοι πόροι απαιτούνται για να εκτελεστεί αυτή η δραστηριότητα;* Ένα λεπτομερές σχέδιο για το πώς ο κίνδυνος θα αποτραπεί και ή θα διορθωθεί πρέπει να σχηματιστεί. Αυτό περιλαμβάνει ένα σχέδιο δράσης για να επιλύσει έναν άμεσο κίνδυνο και ένα σχέδιο ενδεχομένων για την παρακολούθηση του κινδύνου και για την πρόκληση μιας προκαθορισμένης απάντησης στον κίνδυνο.

Το βήμα αυτό θεωρείται το πιο ευρύ στην όλη διαδικασία και μπορεί περαιτέρω να αναλυθεί στα παρακάτω (Dimitrakos, 2001; Dimitrakos, 2003):

- 3.1. Αξιολόγηση κινδύνων:** αυτό περιλαμβάνει τη σύγκριση του επιπέδου των κινδύνων που βρίσκονται κατά τη διάρκεια της ανάλυσης κινδύνου με τα κριτήρια κινδύνου, που καθιερώνονται κατά τη διάρκεια του προσδιορισμού του πλαισίου.

3.2. Αποδοχή κινδύνων: τα αποτελέσματα της ανάλυσης και της αξιολόγησης των κινδύνων συνδυάζονται σε μια περιγραφή κινδύνου, η οποία χρησιμοποιείται για την λήψη της απόφασης εάν ο κίνδυνος είναι αποδεκτός ή όχι. Αν όχι, τα διορθωτικά μέτρα πρέπει να σχηματιστούν.

3.3. Αντιμετώπιση κινδύνων: αυτό εστιάζει στην εξομάλυνση των μη αποδεκτών κινδύνων. Οι διαφορετικές επιλογές σχετικά την αντιμετώπιση ενός κινδύνου περιλαμβάνουν την αποφυγή των κινδύνου με την μη εκτέλεση μιας δραστηριότητας, τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης ενός κινδύνου, την άμβλυνση των πιθανών συνεπειών ενός κινδύνου, τη μεταφορά του κινδύνου σε κάποιον άλλο. Φυσικά, η εφαρμογή των αντίμετρων για την εξομάλυνση των κινδύνων συνδέεται με κάποιο κόστος και με πιθανή έκθεση σε πρόσθετους κινδύνους. Αυτό το κόστος πρέπει να είναι ισορροπημένο ενάντια στην αναμενόμενη χρησιμότητα της εφαρμογής αυτού του αντίμετρου.

4. Παρακολούθηση Κινδύνων

Η παρακολούθηση των κινδύνων εξασφαλίζει ότι εάν ο κίνδυνος ενεργοποιηθεί ολόκληρη η ομάδα ανάπτυξης γίνεται ενήμερη και ο σχεδιασμός τίθεται σε δράση. Αυτό είναι χρήσιμο επειδή η πρότερη γνώση κινδύνου μπορεί να βελτιώσει τα τρέχοντα και μελλοντικά έργα.

5. Έλεγχος της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνου

Μια διαδικασία πρέπει να είναι σε ισχύ στην αρχή ενός έργου για να προσδιορίζει, να αναλύει και να παρακολουθεί τους κινδύνους. Εάν αυτή η διαδικασία δεν είναι επαρκής, και οι κίνδυνοι γίνονται ανεξέλεγκτοι, τότε πρέπει να επανεξεταστεί και ξανασχηματιστεί. Αυτό το βήμα κανονικά θεωρείται και αναλύεται στην έναρξη μιας διαδικασίας ανάπτυξης λογισμικού και απαντάται στην σχετική βιβλιογραφία και ως *έλεγχος και αναθεώρηση* (Dimitrakos, 2001) και θεωρείται ότι ελέγχει και την επικοινωνία ανάμεσα στις υπόλοιπες διαδικασίες. Εντούτοις, τα βήματα 1 έως 4 εκτελούνται διαδοχικά.

Ο (Dimitrakos, 2001), (Dimitrakos, 2003) θεωρεί πως η διαχείριση κινδύνου υποστηρίζει τόσο την ανάλυση των κλίσεων εμπιστοσύνης που οδηγούν στο

σχηματισμό των προθέσεων εμπιστοσύνης, όσο και την ανάλυση των προθέσεων εμπιστοσύνης που οδηγούν στην επικύρωση της αξιόπιστης συμπεριφοράς.

2.5.2. Προβλήματα με τις Στρατηγικές Διαχείρισης Κινδύνου

Υπάρχουν τέσσερα κύρια προβλήματα σχετικά με τα ποσοτικά μοντέλα κινδύνου. Το πρώτο είναι ότι τα δεδομένα είναι συχνά αναξιόπιστα και ανακριβή, επειδή μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολο να οριστούν με συνέπεια οι σωστές τιμές των $p(E)$ και $l(E)$. Το δεύτερο πρόβλημα είναι ότι ανακριβής ανάθεση των πιθανοτήτων στον πραγματικό κόσμο τις καθιστά ανακριβείς και η χρήση τους (ή κατάχρηση) μπορεί να προωθήσει την ικανοποίηση και μία ψεύτικη αίσθηση ασφάλειας. Το τρίτο πρόβλημα είναι ότι εξαρτώνται από πληροφορίες που είναι κανονικά εξαιρετικά αραιές. Τα EL-βασισμένα μοντέλα υποθέτουν ότι τα στοιχεία συχνότητας, αξιολόγησης και αποτελεσματικότητας είναι πάντα διαθέσιμα. Συνήθως, πολλά από αυτά τα δεδομένα είναι κατά ένα μεγάλο μέρος μη διαθέσιμα. Αν και υπάρχουν μηχανισμοί για την αξιολόγηση των πληροφοριών και τον προσδιορισμό των συνεπειών σε άλλους ερευνητικούς τομείς, από την διενεργηθείσα έρευνα δεν είναι κανένας τέτοιος μηχανισμός διαθέσιμος στον τομέα της πληροφορικής. Το τέταρτο πρόβλημα είναι ότι αυτό το πρότυπο δεν εξετάζει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των γεγονότων.

Το ποιοτικό πρότυπο υποφέρει από τρία παρόμοια προβλήματα. Το πρώτο είναι ότι η πιθανή απώλεια που μπορεί να υποστεί κάποιος από μια ιδιαίτερη επίθεση είναι συχνά δύσκολο να καθοριστεί στα πραγματικά σενάρια. Χωρίς αυτό, είναι αδύνατο να κατασκευαστεί μια ιεραρχία των επικίνδυνων επιθέσεων. Ο δεύτερος είναι ότι αυτό το πρότυπο τείνει να απαιτήσει σημαντικά μεγαλύτερη λεπτομέρεια από αυτή που είναι κανονικά εφικτή να περιγραφεί (Soo Hoo, 2000). Πάρτε σαν παράδειγμα την εφαρμογή του ποιοτικού μοντέλου κινδύνου στα *WINDOWS 95*. Υπάρχουν χιλιάδες (πιθανώς εκατοντάδες χιλιάδες) ευπάθειες. Ο αριθμός απειλών και επιθέσεων θα είναι άμεσα ανάλογος προς τον αριθμό των ευπαθειών. Κατά συνέπεια, ένας ανάλογος αριθμός ελέγχων θα απαιτηθεί για να αντιμετωπίσει αυτούς επιθέσεις. Η εργασία της δημιουργίας ελέγχων για όλες αυτές τις επιθέσεις το λιγότερο αποθαρρύνει. Το τρίτο πρόβλημα είναι ότι οι

εφαρμογές τέτοιου είδους μοντέλων κινδύνου δεν κλιμακώνονται καλά. Αυτό είναι άμεση συνέπεια των μοντέλων που απαιτούν μεγάλους όγκους δεδομένων για να είναι αποτελεσματικά. Αυτό το πρόβλημα ισχύει συνήθως για τις εφαρμογές EL-βασισμένων μοντέλων.

Υποστηρίζεται πως το γεγονός ότι τα τρέχοντα μοντέλα κινδύνου είναι απολύτως αιτιοκρατικά και οι μεταβλητές είναι αξιολογημένες ως εκτιμήσεις ενός σημείου, παρά ως πιθανολογικές σειρές των τιμών (συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας) είναι ένα βασικό μειονέκτημα στο σχεδιασμό αυτών των προτύπων. Αυτό αποτελεί μια λογική κριτική. Εντούτοις, ο συνυπολογισμός των συναρτήσεων κατανομής πιθανότητας θα συνέθετε το ζήτημα της κλιμάκωσης. Επιπλέον, αυτή η αναζήτηση για να ενσωματωθεί η αβεβαιότητα στα μοντέλα κινδύνου απαιτεί ότι αυτές οι συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας αντιστοιχούνται σε μια απλή τιμή προκειμένου να διευκολυνθεί η ευκολία της χρήσης του. Παρόλο που μια σειρά από τιμές EL μπορεί να είναι χρήσιμη σε ορισμένες καταστάσεις, για λόγους δυνατότητας υλοποίησης μια σειρά αντιπροσωπεύεται συνήθως από μια εκτίμηση ενός σημείου(π.χ. ένας μέσος όρος και ή μια σταθερή απόκλιση).

Το λογισμικό μοντέλων διαχείρισης κινδύνου έχει τα ίδια προβλήματα όπως το ποσοτικό και το ποιοτικό μοντέλο κινδύνου, αλλά σε χαμηλότερη έκταση. Αυτό είναι επειδή η απόφαση υπό το πρίσμα της θεωρία κινδύνου μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα για χρήση στην ανάπτυξη λογισμικού. Η πλειοψηφία (εάν όχι, όλοι) των κινδύνων που αντιμετωπίζονται από τους υπεύθυνους ανάπτυξης λογισμικού μπορούν εύκολα να προσδιοριστούν και να ιεραρχηθούν. Το βασικό μάθημα που μας διδάσκεται από όλα τα μοντέλα κινδύνου που έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί είναι ότι κάθε μοντέλο κινδύνου θα υποφέρει από τα προαναφερθέντα ζητήματα. Ο στόχος ενώπιον του σχεδιαστή ενός νέου μοντέλου κινδύνου είναι προσδιορίσει και ενσωματώσει τις τεχνικές που μειώνουν το μέγεθος και την επίδραση των δυνατών προβλημάτων, κάτι το οποίο αναφέρεται συχνά ως άμβλυση κινδύνου.

2.6. Διαχείριση Εμπιστοσύνης και Δυναμικότητα

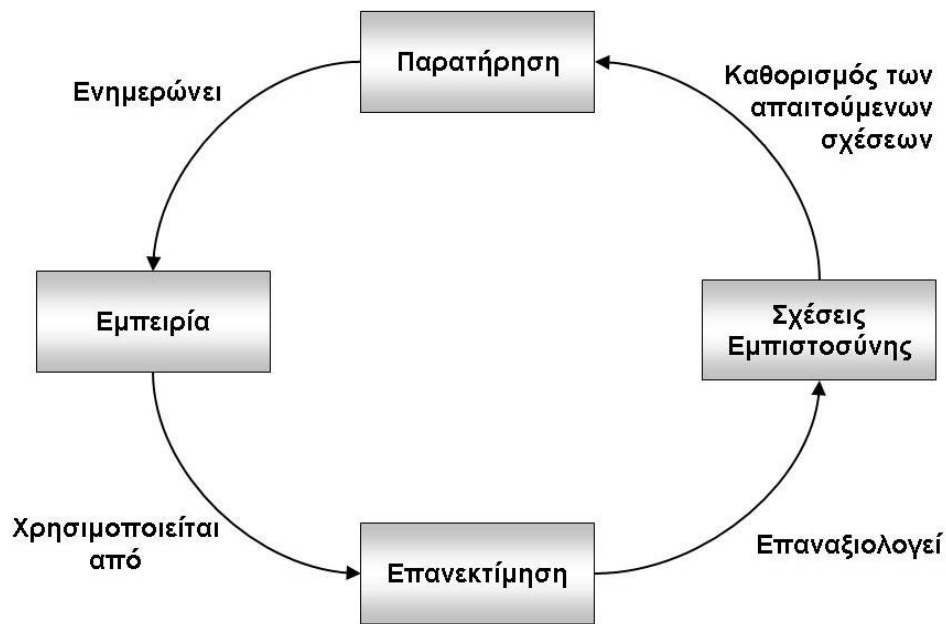
Αυτό το κεφάλαιο αφορά την εξέλιξη της εμπιστοσύνης, η οποία περιλαμβάνει την αλλαγή των όρων μιας σχέσης εμπιστοσύνης βάση νέων στοιχείων. Η εξέλιξη της σχέσης εμπιστοσύνης είναι απαραίτητη επειδή η εμπιστοσύνη είναι μια δυναμική έννοια. Όπως συμβαίνει και στην πραγματική ζωή, το γεγονός ότι σε μια δεδομένη στιγμή εμπιστευόμαστε κάποιον (πιο σωστά του δείχνουμε ένα συγκεκριμένο επίπεδο εμπιστοσύνης) δεν σημαίνει ότι θα συνεχίσουμε να τον εμπιστευόμαστε για πάντα (πιο σωστά ότι το επίπεδο εμπιστοσύνης που θα του δείχνουμε θα παραμείνει σταθερό). Συνεπώς η εμπιστοσύνη δεν παραμένει σταθερή αλλά αντιθέτως στη διάρκεια του κύκλου ζωής της εξελίσσεται και μεταβάλλεται διαρκώς βάση γεγονότων και εμπειριών.

2.6.1. Κύκλος Ζωής Σχέσης Εμπιστοσύνης

Μια σχέση εμπιστοσύνης δεν μένει απαθής στην εμφάνιση νέων στοιχείων. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως η εμπιστοσύνη είναι μια δυναμική και όχι στατική έννοια. Εξελίσσεται βάση των εμπειριών που αποκομίζουμε με τις αλληλεπιδράσεις μας με τις άλλες οντότητες. Νέα δεδομένα, μαζί με τα συσσωρευμένα παλαιότερα γεγονότα, μπορούν να αποτελέσουν την εμπειρία όσον αφορά το συσχετισμό αλληλεπιδράσεων στη σχέση εμπιστοσύνης. Η παρατήρηση είναι η διαδικασία της συγκέντρωσης πληροφοριών για τις αλληλεπιδράσεις. Κατά συνέπεια, η παρατήρηση επιτρέπει στις πληροφορίες εμπειρίας να συγκεντρωθούν. Για να εξασφαλιστεί ότι οι σχέσεις αλλάζουν πραγματικά καθώς οι νέες πληροφορίες παρουσιάζονται, είναι απαραίτητο για τις σχέσεις εμπιστοσύνης να επαναξιολογούνται, δηλ. οι περιορισμοί των σχέσεων πρέπει να επανεξεταστούν.

Κατά συνέπεια, οι έννοιες της εμπειρίας, της παρατήρησης και της επαναξιολόγησης συσχετίζονται, και είναι απαραίτητο να μοντελοποιηθεί η εξέλιξη των σχέσεων εμπιστοσύνης. Αυτή η σύνδεση απεικονίζεται στην Εικόνα

2.10



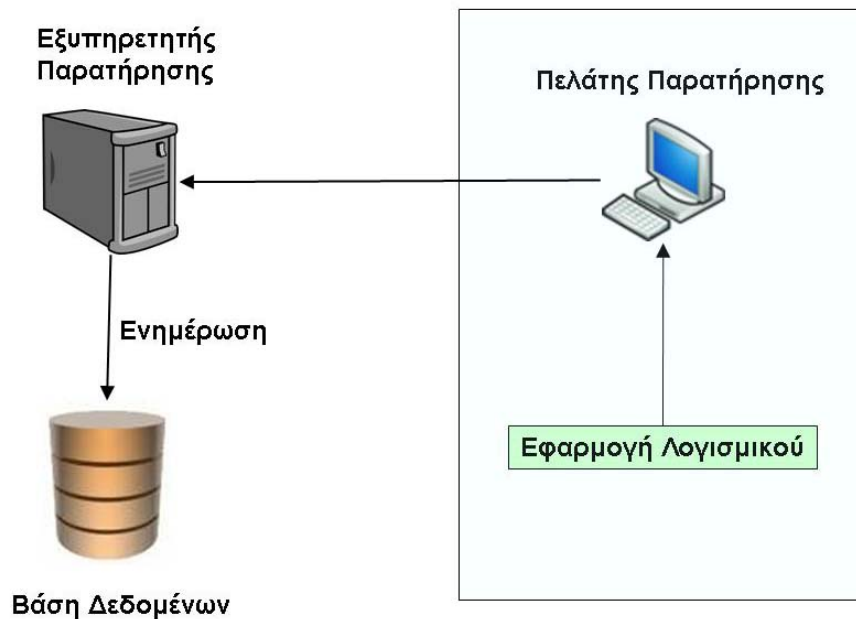
Εικόνα 2.10. Κύκλος ζωής σχέσεων εμπιστοσύνης

2.6.2. Εμπειρία

Εμπειρία είναι η γνώση που αποκτάται ως αποτέλεσμα των παρατηρήσεων των εκβάσεων από τις αλληλεπιδράσεις. Ένας καταναλωτής μπορεί να έχει ένα αρχικό επίπεδο εμπιστοσύνης σε μια επιχείρηση που μπορεί να αλλάζει κατά τη διάρκεια του χρόνου όσο η εμπειρία του καταναλωτή με την επιχείρηση αυξάνεται. Κατά συνέπεια, η εμπειρία μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό της φύσης της σχέσης εμπιστοσύνης. Φαίνεται να υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της εμπειρίας και της εμπιστοσύνης. Όσο καλύτερη η εμπειρία με μια εταιρία τόσο υψηλότερο το επίπεδο εμπιστοσύνης που μπορεί να τοποθετηθεί σε αυτή. Κατά την προσπάθεια να μοντελοποιηθεί η εμπειρία στα Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης, τα ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν είναι: 1) η αντιπροσώπευση των παρατηρήσεων για τις εκβάσεις των αλληλεπιδράσεων, 2) η απόκτηση αυτών των παρατηρήσεων, και 3) οι στρατηγικές χρήσης για αυτές τις παρατηρήσεις. Η συλλογή των πληροφοριών εμπειρίας γίνεται μέσω του συστήματος παρατήρησης το οποίο συζητείται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

2.6.3. Παρατήρηση

Η παρατήρηση εμπιστοσύνης περιλαμβάνει την ενημέρωση ήδη υπαρχόντων ή την προσθήκη νέων πληροφοριών. Η Εικόνα 2.11 παρουσιάζει τη βασική δομή ενός γενικευμένου οργάνου παρατήρησης εμπιστοσύνης.



Εικόνα 2.11. Γενικευμένο σχήμα οργάνου παρατήρησης εμπιστοσύνης

Η Εικόνα 2.11 διευκρινίζει ότι για την παρατήρηση της εμπιστοσύνης πρέπει να υπάρχει ένας πελάτης παρακολούθησης στον υπολογιστή κάθε χρήστη του οργανισμού, ο οποίος διασυνδέεται με τις εφαρμογές χρηστών και στέλνει τις πληροφορίες στον εξυπηρετητή παρατήρησης. Όταν ένας πελάτης παρατήρησης εγκαθίσταται αρχικά σε έναν υπολογιστή, πώς αυτός καθορίζει ποιες πληροφορίες πρόκειται να παρατηρηθούν; Υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στην επίλυση αυτού του προβλήματος, ονομαστικά: χρησιμοποίηση της αρχιτεκτονικής ενεργούς-σχεδίου ή χρησιμοποίηση της αρχιτεκτονικής παθητικού-σχεδίου.

▪ Αρχιτεκτονική ενεργούς-σχεδίου

Στην αρχιτεκτονική ενεργούς-σχεδίου, ο πελάτης παρατήρησης επερωτάει ενεργά την εφαρμογή για τις προς παρατήρηση πληροφορίες. Για να μειωθεί ο φόρτος που περιλαμβάνεται στην επερώτηση εφαρμογών, ο διαχειριστής του συστήματος παρέχει μια χαρτογράφηση των περιορισμών στα προγράμματα που μπορούν να

τους παραγάγουν. Αυτή η χαρτογράφηση συμπεριλαμβάνεται στον πελάτη παρατήρησης και ο πελάτης ελέγχει συνεχώς εάν οποιαδήποτε από αυτά τα προγράμματα είναι σε λειτουργία. Εάν είναι, τότε η εφαρμογή επερωτάται για έναν σταθερό χρόνο αφότου μια σύνδεση υποδοχών (socket) δημιουργείται. Αυτό συμβαίνει για να προσδιοριστούν τα στοιχεία που παρατηρούνται. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι ο έλεγχος είναι λίγο πολύ αυτόματος. Το μειονέκτημα είναι ότι κατά περιόδους τα δεδομένα που παρατηρούνται μπορεί να μην είναι αξιόπιστα και σωστά προσδιορισμένα. Αυτό το μειονέκτημα μπορεί να μετριαστεί από την παροχή μια πολύ λεπτομερούς και ακριβής χαρτογράφησης των περιορισμών που δύναται να δημιουργηθούν στα προγράμματα και τις περιστάσεις κάτω από τους οποίες μπορούν να δημιουργηθούν, από τον διαχειριστή του συστήματος.

▪ Αρχιτεκτονική παθητικού σχεδίου

Σε μια αρχιτεκτονική παθητικού σχεδίου, η εργασία της διαμόρφωσης της εφαρμογής για να σταλούν οι πληροφορίες στον πελάτη παρατήρησης είναι ευθύνη του διαχειριστή συστήματος. Ο διαχειριστής εγκαθιστά τον πελάτη και χρησιμοποιεί την γνώση του σχετικά με το όλο σύστημα αλλά και την εφαρμογή για να διαμορφωθεί η εφαρμογή ώστε να στέλνει το σωστό γεγονός στο σωστό χρόνο. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι οποιοδήποτε γεγονός στη βάση δεδομένων που έχει προκύψει από την παρατήρηση θα είναι χρήσιμο. Το μειονέκτημα είναι ότι προσδοκούμε από τον διαχειριστή του συστήματος να ξέρει και να καταλαβαίνει τη γλώσσα προγραμματισμού και τη λειτουργία της εφαρμογής. Μια καλή εμπειροτεχνική μέθοδος που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ελαττώσει την εργασία του διαχειριστή είναι να χρησιμοποιηθεί ένα μικρό αλλά περιεκτικό σύνολο περιορισμών. Αυτό θα βοηθήσει στη διαμόρφωση των εφαρμογών των χρηστών.

2.6.4. Επαναξιολόγηση

Η επαναξιολόγηση είναι η διαδικασία της επανεξέτασης των σχέσεων εμπιστοσύνης βάση των νέων πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν από το

σύστημα παρατήρησης. Το σύστημα ελέγχου ενημερώνει τις ήδη υπάρχουσες πληροφορίες και προσθέτει τις νέες και βάση του συνόλου των ανανεωμένων πληροφοριών ενημερώνονται τα επίπεδα των σχέσεων εμπιστοσύνης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΔΑΛΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υπόληψη

3. Υπόληψη

Η υπόληψη είναι μια θεμελιώδης έννοια σε πολλές καταστάσεις που περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ αμοιβαίως δυσπιστούντων συμβαλλόμενων μερών. Πριν από το να εκδώσει μια πιστωτική κάρτα, μια τράπεζα συνήθως ελέγχει το πιστωτικό ιστορικό του αιτούντος, το οποίο περιλαμβάνει ανεξάρτητα επικυρωμένα στοιχεία ότι ο υποψήφιος έχει εκπληρώσει τις προγενέστερες οικονομικές υποχρεώσεις του. Στους ιστοτόπους δημοπρασίας του διαδικτύου όπως το eBay, η υπόληψη του πωλητή, δηλαδή στοιχεία ότι οι προηγούμενοι αγοραστές ικανοποιήθηκαν από την συμπεριφορά του πωλητή, θεωρείται προτέρημα μεγάλης αξίας. Πολλές λύσεις για το πρόβλημα του ελεύθερου αναβάτη¹⁶ στα δίκτυα ανταλλαγής αρχείων με ομότιμους κόμβους (P2P networks) (Adar και Huberman, 2000) στηρίζονται σε στοιχεία που αφορούν προηγούμενες συνεισφορές τους στο δίκτυο όταν τίθεται το ζήτημα της χορήγησης πρόσβασης στα δημοφιλή αρχεία (Golle, Jarecki και Mironof, 2002).

Τα συμβαλλόμενα μέρη θεωρούμε ότι έχουν καθόλου ή μόνο μερική γνώση της το ένα για το άλλο. Κατά την απόφαση για το εάν για θα εμπιστευθούν μία άλλη οντότητα ή όχι, στηρίζονται σε στοιχεία της παρελθοντικής συμπεριφοράς της άλλης οντότητας που παρέχονται από εμπιστευμένες πηγές. Σε αντίθεση, η εμπιστοσύνη στη συμβατικά συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης είναι βασισμένη στα πιστοποιητικά ελέγχου πρόσβασης (Blaze, Feigenbaum και Lacy, 1996). Τα ανωτέρω αποσαφηνίζονται με το ακόλουθο παράδειγμα. Θεωρήστε έναν καταναλωτή που υποβάλλει αίτηση για ένα αυτόματο δάνειο αγοράς

¹⁶ Έτσι ονομάζεται το πρόβλημα των χρηστών που κατεβάζουν μεγάλο αριθμό αρχείων χωρίς να συμβάλλουν κάτι σε αντάλλαγμα.

αυτοκινήτου. Ο δανειστής ζητά το πιστωτικό ιστορικό του καταναλωτή από μια αξιόπιστη αρχή και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να αποφασίσει εάν θα χορηγήσει το δάνειο και με ποιους όρους. Η εμπιστοσύνη του δανειστή στον καταναλωτή δεν είναι βασισμένη στα πιστοποιητικά ταυτότητας του καταναλωτή και, σε αντίθεση με τη συμβατική διαχείριση εμπιστοσύνης, η πιστωτική αρχή στην οποία απευθύνεται ο δανειστής δεν εγγυάται για την δανειοληπτική ικανότητα του καταναλωτή (δηλαδή δεν υπάρχει καμία αντιπροσώπευση εμπιστοσύνης). Ο δανειστής εμπιστεύεται το πιστωτικό γραφείο για να εκθέσει επακριβώς τα στοιχεία, δηλαδή μια περίληψη των προηγούμενων γεγονότων, όπως π.χ. το γεγονός ότι ο καταναλωτής είχε εκδώσει κάποτε μια πιστωτική κάρτα και είχε εκπληρώσει τις πιστωτικές υποχρεώσεις του πληρώνοντας εγκαίρως.

Η σχετική ευκολία με την οποία οι υπολογιστές μπορούν να συλλάβουν, να αποθηκεύσουν και να επεξεργαστούν τα τεράστια ποσά πληροφοριών για τις προηγούμενες συναλλαγές, καθιστούν τον σχηματισμό υπόληψης έναν ιδιαίτερα ελπιδοφόρο τρόπο στον οποίο μπορεί να βασιστεί η παραγωγή της εμπιστοσύνης στις ηλεκτρονικές κοινότητες (Shmatikov και Talcott, 2003). Αυτό το γεγονός, μαζί με το ότι οι άλλοι παραδοσιακοί τρόποι οικοδόμησης εμπιστοσύνης (θεσμικές εγγυήσεις, νόμοι, επαφή πρόσωπο με πρόσωπο, έμμεσες συστάσεις) δεν λειτουργούν επίσης στον κυβερνοχώρο, έχουν προτρέψει τους ερευνητές και τους επαγγελματίες να στρέψουν την προσοχή τους στην ανάπτυξη on-line μηχανισμών οικοδόμησης εμπιστοσύνης με βάση τις πληροφορίες υπόληψης.

3.1. Ορισμοί Υπόληψης

Η υπόληψη είναι ότι γενικά λέγεται ή θεωρείται για το χαρακτήρα ή τη στάση προσώπων ή πραγμάτων (Josang, Ismail και Boyd, 2007). Υποστηρίζεται ότι η υπόληψη είναι ένα μέσο οικοδόμησης εμπιστοσύνης, δεδομένου ότι μια οντότητα μπορεί να εμπιστευθεί κάποια άλλη βασισμένη στην καλή της υπόληψη. Επομένως, η υπόληψη είναι ένας τρόπος μέτρησης της εμπιστοσύνης, από την άποψη της αξιοπιστίας.

Σύμφωνα με τους (Abdul-Rahman και Hailes, 2000) και (Abdul-Rahman και Hailes, 1997) η υπόληψη είναι η προσδοκία για τη συμπεριφορά μιας οντότητας βασισμένη σε πληροφορίες ή παρατηρήσεις της προηγούμενης συμπεριφοράς της. Αυτός ο τελευταίος ορισμός υπογραμμίζει τις δύο κύριες πηγές για την οικοδόμηση της υπόληψης μιας οντότητας: τη πρότερη εμπειρία και τις σχετικές συλλεχθείσες πληροφορίες. Την ίδια αντίληψη για την υπόληψη ασπάζονται και οι (Azzedin και Maheswaran, 2002), (Azzedin και Maheswaran, 2003). Στις on-line κοινότητες, όπου το άτομο μπορεί να έχει τις πολύ λιγότερες πληροφορίες για να καθορίσει την εμπιστοσύνη του στους άλλους, οι πληροφορίες υπόληψης χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά για να καθοριστεί ο βαθμός στον οποίο το άτομο μπορεί να τους εμπιστευθεί. Ένα άτομο που διαθέτει καλύτερη υπόληψη θεωρείται και περισσότερο αντάξιο της εμπιστοσύνης μας (Suryanarayana και Taylor, 2004). Η υπόληψη μπορεί να καθοριστεί με διάφορους τρόπους. Μια οντότητα μπορεί να στηριχθεί στην εμπειρία της από τις άμεσες αλληλεπιδράσεις με άλλες οντότητες, ή στηρίζεται στην εμπειρία άλλων οντοτήτων, ή σε έναν συνδυασμό και των δύο παραπάνω τρόπων προκειμένου να προσδιορίσει την υπόληψη μιας άλλης οντότητας.

Οι (Yu και Singh, 2002) πηγαίνουν περαιτέρω και προσδιορίζουν τις προκλήσεις τις οποίες ένα σύστημα διαχείρισης υπόληψης πρέπει να αντιμετωπίσει: (1) πώς μια οντότητα αξιολογεί μια άλλη βάση της προηγούμενης αλληλεπίδρασης, (2) πώς τους σωστούς μάρτυρες προκειμένου να επιλεχθούν οι οντότητες παραπομπής ή συστάσεων και (3) πώς ενσωματώνει συστηματικά τις καταθέσεις εκείνων των μαρτύρων.

Άλλοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η υπόληψη μαζεύεται απλώς από το κοινωνικό δίκτυο στο οποίο ο πράκτορας ενσωματώνεται (Sabater και Sierra, 2005). Επομένως, η εμπιστοσύνη μπορεί να χτιστεί από (1) την εμπιστοσύνη που ένας πράκτορας διαθέτει από προηγούμενες αλληλεπιδράσεις και (2) την υπόληψη που ο πράκτορας αποκτά από το κοινωνικό δίκτυο (Ramchurn, Huynh και Jennings, 2004). Η πρώτη πηγή εμπιστοσύνης ονομάζεται *άμεση εμπιστοσύνη* ενώ η υπόληψη αντιπροσωπεύει μια *έμμεση πηγή εμπιστοσύνης*.

Θα επιτρέψουμε στην υπόληψη να αξιολογείται και από την προηγούμενη εμπειρία και από τις συστάσεις. Επομένως, τα συστήματα εμπιστοσύνης που βασίζονται στην υπόληψη μπορούν να ταξινομηθούν σε 2 κύριες κατηγορίες: συστήματα που χρησιμοποιούν μόνο τα άμεσα μέτρα και τα συστήματα εμπιστοσύνης που χρησιμοποιούν και άμεση και έμμεση εμπιστοσύνη (Silaghi, Arenas και Silva, 2007).

Ο Dellarocas στο (Dellarocas, 2002) υιοθετεί τον όρο *πληροφορίες υπόληψης* για να περιγράψει πληροφορίες ή παρατηρήσεις σχετικές με τη συμπεριφορά μιας οντότητας σε παρόμοιες καταστάσεις, οι οποίες πληροφορίες συγκεντρώνονται και διανέμονται προφορικά ή μέσω εμπιστευμένων τρίτων, όπως αντιπροσωπείες πιστωτικής εκτίμησης, καταναλωτικές εκθέσεις, κ.λπ. Οι πληροφορίες υπόληψης μπορούν να βοηθήσουν τους πράκτορες να οικοδομήσουν εκτιμήσεις σχετικά με την αξιοπιστία ενός άλλου πράκτορα βάσει της υπόθεσης ότι οι πράκτορες έχουν μια ελλοχεύουσα κατανομή της συμπεριφοράς, η οποία είναι σχετικά σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου¹⁷. Κατόπιν, οι πληροφορίες για την προηγούμενη συμπεριφορά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως στατιστικά δείγματα από τα οποία να κατασκευαστεί μια εκτίμηση της κατανομής αξιοπιστίας με σκοπό την πρόβλεψη της μελλοντικής συμπεριφοράς. Ο όρος *πληροφορίες υπόληψης* δεν πρέπει να συγχέεται με την έννοια της υπόληψης αυτής καθεαυτής. Βάση αυτών ο Dellarocas *ορίζει την υπόληψη ενός πράκτορα A όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από ένα πράκτορα B στο πλαίσιο μιας συναλλαγής σαν την ειδική περίπτωση όπου η κατανομή της αξιοπιστίας υπολογίζεται βάσει πληροφοριών για την προηγούμενη συμπεριφορά του B σε παρόμοιες συναλλαγές*. Στον ορισμό αυτό ο Dellarocas χρησιμοποιεί ένα αυστηρό μαθηματικό μοντέλο το οποίο δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να αναφέρουμε.

Η υπόληψη όπως ορίζεται από τον Wilson (Wilson, 1985) *είναι ένα χαρακτηριστικό ή μια ιδιότητα που αποδίδεται σε ένα άτομο από ένα άλλο*. Λειτουργικά, αυτό συνήθως παρουσιάζεται ως πρόβλεψη για την πιθανή μελλοντική συμπεριφορά. Είναι, εντούτοις, πρώτιστα μια εμπειρική δήλωση. Η

¹⁷ Με τον όρο σχετικά σταθερή εννοούμε ότι ακόμη και όταν η κατανομή αυτή αλλάζει στην διάρκεια του χρόνου, ο ρυθμός μεταβολής της είναι αργός αναλογικά με το ρυθμό των παρατηρήσεων.

προβλεπτική της δύναμή της εξαρτάται από την υπόθεση ότι η παρελθοντική συμπεριφορά είναι ενδεικτική της μελλοντικής.

Σύμφωνα με τον (Dellarocas, 2002) οι πληροφορίες υπόληψης, σε αντιδιαστολή με την υπόληψη, είναι τα παρελθοντικά στοιχεία συμπεριφοράς που χρησιμοποιούνται από έναν πράκτορα προκειμένου να παραχθούν η εμπιστοσύνη/υπόληψη ενός άλλου πράκτορα. Όπως αναφέραμε και πριν και ο Dellarocas παρατηρεί ότι αυτές οι πληροφορίες μπορούν να έρθουν υπό μορφή απομονωμένων παρατηρήσεων (την τελευταία φορά που συνδιαλλάχθηκα με τον A δεν έμεινα πολύ ευχαριστημένος από την ποιότητα της υπηρεσίας που μου προσέφερε) ή υπό μορφή σωρευτικών αξιολογήσεων της εμπιστοσύνης/υπόληψης υπό την σκοπιά άλλων οντοτήτων (ο πράκτορας B μπορεί να παρέχει πολύ καλή υπηρεσία, αλλά η ποιότητά της δεν ήταν συνεπής κατά την διάρκεια των προηγούμενων μηνών). Στην πραγματικότητα όπως θα δούμε και παρακάτω (ενότητα 3.5), ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ζητήματα στο σχεδιασμό on-line συστημάτων διαχείρισης υπόληψης είναι οι απόφαση για το εάν οι πληροφορίες πρέπει να παρασχεθούν υπό μορφή *σκέτων* εκτιμήσεων ή συσσωρευτικών μέτρων/τιμών.

Η υπόληψη έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης των κοινωνικών επιστημών για πολύ καιρό (Rogerson, 1983), (Schmalensee, 1978), (Shapiro, 1982), (Smallwood και Conlisk, 1979). Αρκετοί οικονομολόγοι και οι θεωρητικοί παιχνιδιών έχουν καταδείξει ότι, παρουσία ατελών πληροφοριών, ο σχηματισμός υπόληψης είναι μια σημαντική δύναμη που βοηθά τους αγοραστές να διαχειριστούν τους κινδύνους μιας συναλλαγής, αλλά και που παρέχει τα κίνητρα στους πωλητές για να διαθέτουν υψηλή ποιότητα υπηρεσιών. Η υπόληψη είναι αποτελεσματικότερη όταν οι αγοραστές και οι πωλητές εμμένουν σε μια εμπορική κοινότητα για μακροχρόνιο διάστημα (Wilson, 1985). Εντούτοις, αυτή η επιμονή δεν είναι κάτι για το οποίο μπορεί κάποιος να εγγυηθεί στις on-line κοινότητες.

Η έννοια της υπόληψης συνδέεται στενά με αυτήν της εμπιστοσύνης, αλλά είναι εμφανές ότι υπάρχει μια σαφής και σημαντική διαφορά. Σύμφωνα με το συνοπτικό λεξικό της Οξφόρδης.

Υπόληψη είναι τι λέγεται γενικά ή θεωρείται σχετικά με το χαρακτήρα ή τη στάση ενός ατόμου ή πράγματος.

Αυτός ο ορισμός συμφωνεί με την άποψη των ερευνητών κοινωνικών δικτύων (Freeman, 1979 19), (Marsden και Lin, 1982) ότι η υπόληψη είναι μια ποσότητα που προέρχεται από το ελλοχεύον κοινωνικό δίκτυο που είναι συνολικά ορατό σε όλα τα μέλη του δικτύου. Η διαφορά μεταξύ της εμπιστοσύνης και της υπόληψης μπορεί να αποσαφηνιστεί από τις ακόλουθες τέλεια κανονικές και εύλογες δηλώσεις:

(1) *Εμπιστεύομαι κάποιον εξαιτίας της καλής του υπόληψης*

(2) *Εμπιστεύομαι κάποιον παρά την κακή του υπόληψη*

Υποθέτοντας ότι οι δύο προτάσεις αφορούν τις ίδιες συναλλαγές, η δήλωση (1) δείχνει ότι το εξαρτώμενο μέρος γνωρίζει τη υπόληψη του εμπιστευόμενου, και βασίζει την εμπιστοσύνη του επάνω σε αυτή. Η δήλωση (2) δείχνει ότι το εξαρτώμενο μέρος έχει κάποια ιδιωτική γνώση για τον εμπιστευόμενο, π.χ. μέσω άμεσης εμπειρίας ή οικείας σχέσης, και ότι αυτοί οι παράγοντες ξεπερνούν οποιαδήποτε κακή υπόληψη που μπορεί να έχει ο εμπιστευόμενος. Αυτή η παρατήρηση επισημαίνει ξεκάθαρα ότι η εμπιστοσύνη είναι τελικά ένα προσωπικό και υποκειμενικό φαινόμενο που βασίζεται σε διάφορους παράγοντες ή στοιχεία, και ότι μερικοί από εκείνους δύναται να έχουν μεγαλύτερη βαρύτητα από άλλους.

Η προσωπική εμπειρία παραδοσιακά φέρει μεγαλύτερη βαρύτητα από ότι οι συστάσεις και γνώμες άλλων (συστάσεις εμπιστοσύνης από δεύτερο χέρι) ή την γενικότερη υπόληψη μιας οντότητας. Εντούτοις ελλείψει της προσωπικής εμπειρίας, η εμπιστοσύνη πρέπει συχνά να βασιστεί στις συστάσεις εμπιστοσύνης από άλλες οντότητες.

Η υπόληψη μπορεί να θεωρηθεί ως συλλογική μετρική της εμπιστοσύνης (υπό την έννοια της αξιοπιστίας) βασισμένη στις συστάσεις ή τις εκτιμήσεις από τα μέλη μιας κοινότητας. Η υποκειμενική εμπιστοσύνη ενός ατόμου μπορεί να προέλθει από έναν συνδυασμό λαμβανόμενων συστάσεων και προσωπικής εμπειρίας. Προκειμένου να αποφευχθούν η εξάρτηση και οι βρόχοι απαιτείται οι

συστάσεις να βασίζονται μόνο σε άμεση προσωπική εμπειρία και όχι σε άλλες συστάσεις. Ωστόσο είναι δυνατό να εγκαταλειφθεί αυτή η αρχή για παράδειγμα όταν το βάρος της σύστασης εμπιστοσύνης ομαλοποιείται ή διαιρείται με το σύνολο του αριθμού των συστάσεων που δίνονται από μια οντότητα. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται για παράδειγμα στον αλγόριθμο PageRank του Google (Page et al., 1998) που περιγράφεται λεπτομερέστερα στην ενότητα 4.2.1.4.

Η υπόληψη μπορεί να αφορά μια ομάδα ή ένα άτομο. Η υπόληψη μιας ομάδας μπορεί για παράδειγμα να διαμορφώνεται ως μέσος όρος των μεμονωμένων υπολήψεων όλων των μελών του, ή σαν μέσος όρος για το πώς η όλη ομάδα γίνεται αντιληπτή ως σύνολο από τα εξωτερικά συμβαλλόμενα μέρη. Η μελέτη του (Tadelis, 2003) δείχνει ότι όταν ένα μεμονωμένο άτομο ανήκει σε μια δεδομένη ομάδα θα κληρονομήσει μια *a priori* υπόληψη βασισμένη στην υπόληψη της ομάδας. Εάν η ομάδα θεωρείται αξιόπιστη όλοι τα μεμονωμένα μέλη της θα γίνουν αντιληπτά *a priori* ως αξιόπιστα και αντίστροφα.

3.2. Χαρακτηριστικά Υπόληψης και ΣΔΕ Βασισμένων στην Υπόληψη

Σύμφωνα με τους (Resnick et al., 2006), τα συστήματα υπόληψης πρέπει να έχουν τις ακόλουθες τρεις ιδιότητες προκειμένου να είναι λειτουργικά.

- Οι οντότητες πρέπει να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, έτσι ώστε με κάθε αλληλεπίδραση να υπάρχει πάντα προσδοκία μελλοντικών αλληλεπιδράσεων.
- Οι εκτιμήσεις για τις τρέχουσες αλληλεπιδράσεις πρέπει να συλλέγονται και να διανέμονται στην υπόλοιπη on-line κοινότητα.
- Οι εκτιμήσεις για τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις πρέπει να καθοδηγούν τις αποφάσεις για τις τρέχουσες αλληλεπιδράσεις.

Η μακροζωία των πρακτόρων για παράδειγμα σημαίνει ότι πρέπει να είναι αδύνατο ή δύσκολο για έναν πράκτορα να αλλάξει την ταυτότητα ή το ψευδώνυμο του με σκοπό την αποσύνδεση από την προηγούμενη συμπεριφορά του. Η δεύτερη ιδιότητα εξαρτάται από το πρωτόκολλο με το οποίο παρέχονται οι

εκτιμήσεις, και αυτό δεν είναι συνήθως πρόβλημα για τα κεντρικοποιημένα συστήματα, αλλά αντιπροσωπεύει μια σημαντική πρόκληση για τα αποκεντρωμένα κατανεμημένα συστήματα. Η δεύτερη ιδιότητα επίσης εξαρτάται από την προθυμία των συμμετεχόντων να παρέχουν τις αξιολογήσεις, για την παροχή των οποίων πρέπει να δίνεται κάποια μορφή κινήτρου. Η τρίτη ιδιότητα εξαρτάται από τη χρησιμότητα του συστήματος υπόληψης, και από το πώς οι άνθρωποι και τα συστήματα ανταποκρίνονται σε αυτό, και αυτό αντανακλάται στα εμπορικά και πρακτικά συστήματα υπόληψης που περιγράφονται στο παρακάτω στην ενότητα 4.2.1 Υπόληψη Σε Δικτυακούς Τόπους.

Διάφορες ιδιότητες είναι κοινές για τα περισσότερα μοντέλα εμπιστοσύνης που βασίζονται στην υπόληψη, άσχετα από τη δυνατότητα εφαρμογής τους:

3.2.1. Το Υπολογιστικό Μοντέλο

Επειδή πολλά συστήματα υπόληψης είναι βασισμένα σε κατανεμημένη αρχιτεκτονική, η πιο ενδιαφέρουσα ιδιότητα είναι εάν ο μηχανισμός υπολογισμού υπόληψης είναι κεντρικοποιημένος ή αποκεντρωμένος. Τα κεντρικοποιημένα μοντέλα έχουν το μειονέκτημα του μονού σημείου αποτυχίας επομένως τα αποκεντρωμένα συστήματα θα ήταν προτιμητέα. Ωστόσο σε παραδοσιακά συστήματα όπου η ασφάλεια επιτυγχάνεται μέσω των πιστοποιητικών και υφίστανται κεντρικές αρχές πιστοποίησης, το κεντρικοποιημένο πρότυπο θα μπορούσε επίσης να είναι ενδιαφέρον. Σε τέτοια συστήματα, κάποιος θα μπορούσε να θεωρήσει μια υπηρεσία υπόληψης προκειμένου αυτή να ερωτάται σχετικά μη τη φήμη ενός χρήστη ή, γενικότερα, ενός πόρου. Αυτή η υπηρεσία υπόληψης είναι σε αυτήν την περίπτωση ένα ενιαίο σημείο συγκέντρωσης.

3.2.2. Τύποι Μετρικών Εμπιστοσύνης και Υπόληψης

Όταν αναφερόμαστε σε μια μετρική για την εμπιστοσύνη και την υπόληψη εννοούμε την τιμή εκείνη που εκφράζει την υπόληψη (και την εμπιστοσύνη) μιας οντότητας όπως προβλέπεται από το μηχανισμό υπόληψης Τα μοντέλα υπόληψης

χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά τις τιμές εμπιστοσύνης και υπόληψης για να αντιπροσωπεύσουν την εμπιστοσύνη που μια οντότητα έχει σε μία άλλη. Είναι αναγκαίο να γίνει η διάκριση μεταξύ της τιμής υπόληψης ενός πράκτορα και της ανατροφοδότησης που απαιτείται να παρέχει αυτός στο τέλος μια συναλλαγής. Αυτές οι τιμές μπορούν είτε να είναι είτε διακριτές είτε συνεχείς ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε εφαρμογής και του είδους του μοντέλου εμπιστοσύνης και υπόληψης που χρησιμοποιείται. Οι συνεχείς μετρικές θεωρούνται πιο εκφραστικές από τις διακριτές (Silaghi, Arenas και Silva, 2007). Συνήθως αυτές οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ -1 και 1, ή μεταξύ 0 και 1. Εάν το σύστημα υπόληψης χρησιμοποιεί τις τιμές που μεταξύ 0 και 1 αυτοί οι τιμές μπορούν να έχουν την έννοια μιας πιθανότητας. Μερικά μοντέλα εμπιστοσύνης υιοθετούν επίσης δυαδικές τιμές, που υπονοούν ότι μια οντότητα είτε εντελώς εμπιστεύεται είτε εντελώς δυσπιστεί απέναντι σε μια άλλη οντότητα. Για παράδειγμα, το σύστημα υπόληψης XREP χρησιμοποιεί δυαδικές τιμές (ενότητα 4.2.2.7) εμπιστοσύνης ενώ το NICE (ενότητα 4.2.2.6) συνεχείς τιμές. Χαρακτηρίζοντας τις οντότητες είτε ως απολύτως αξιόπιστες είτε ως απολύτως αναξιόπιστες δεν επιτρέπει σε έναν πράκτορα να εκφράσει τη μερική εμπιστοσύνη σε μια οντότητα. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι συνεχείς μετρικές παρέχουν στους πράκτορες μεγαλύτερη εκφραστική δύναμη στον καθορισμό των σχέσεων εμπιστοσύνης τους με άλλες οντότητες.

3.2.3. Τύπος Ανατροφοδότησης Υπόληψης

Οι πληροφορίες υπόληψης δύναται να είναι θετικές ή αρνητικές. Μερικά συστήματα είναι βασισμένα στη συλλογή και των δύο ειδών πληροφοριών όσον αφορά μια οντότητα, ενώ άλλα συστήματα βασίζονται μόνο σε αρνητικές ή θετικές πληροφορίες. Ουσιαστικά δηλαδή υπάρχουν τρία είδη πληροφοριών υπόληψης: θετική υπόληψη, αρνητική υπόληψη, ή συνδυασμός και των δύο. Σε έναν θετικό μηχανισμό υπόληψης, ανταλλάσσονται πληροφορίες μόνο για τις θετικές συναλλαγές. Σε έναν αρνητικό μηχανισμό υπόληψης, από την άλλη, οι οντότητες θεωρούνται γενικά καλές και η υπόληψη εκφράζεται μόνο ως αρνητική ανατροφοδότηση ή παραπόνα που διανέμονται στις υπόλοιπες οντότητες.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων υπόληψης που χρησιμοποιούν αρνητικές τιμές υπόληψης είναι αυτά των Despotovic και Aberer, το P-Grid και ένα μεταγενέστερο που περιγράφονται αναλυτικά στις ενότητες 4.2.2.5 και 4.3.1.3 αντίστοιχα. Και οι δύο μηχανισμοί παρότι χρήσιμοι είναι ελλιπείς από μόνοι τους. Παραδείγματος χάριν, εάν βασίζονται μόνο στις επιτυχείς συναλλαγές, οι οντότητες ενδέχεται να αγνοήσουν πρόσφατες κακόβουλες ενέργειες μιας καλής οντότητας. Το μειονέκτημα του αρνητικού μηχανισμού είναι ότι ένας πράκτορας μπορεί να καταλήξει να εμπιστεύεται μια κακόβουλη οντότητα εάν δεν έχει πρόσβαση στις υπάρχουσες καταγγελίες και παράπονα σχετικά με αυτήν (Damiani, et al., 2002). Θεωρείται ότι ένας συνδυασμός θετικών και αρνητικών πληροφοριών υπόληψης καθιστά ένα μηχανισμό υπόληψης πιο στέρεο και αξιόπιστο (Silaghi, Arenas και Silva, 2007), (Suryanarayana και Taylor, 2004). Όσον αφορά μια ολοκληρωμένη συναλλαγή, τα μέρη της μπορεί να παρέχουν δυαδικές, διακριτές ή συνεχείς τιμές για να την αξιολογήσουν. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι συνεχείς τιμές είναι πιο εκφραστικές αλλά χάριν της απλότητας, πολλές προσεγγίσεις χρησιμοποιούν ανατροφοδότηση διακριτών τιμών και έπειτα διαμέσου της συνολικής ανατροφοδότησης οι διακριτές τιμές μετατρέπονται σε συνεχείς.

Όσον αφορά τις P2P εφαρμογές, οι ακόλουθες ιδιότητες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον (Suryanarayana και Taylor, 2004):

3.2.4. Τοπικός έλεγχος

Οι αποκεντρωμένες εφαρμογές τυπικά αποτελούνται από αυτόνομους κόμβους που παραδοσιακά έχουν τον πλήρη τοπικό έλεγχο των δεδομένων τους. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν τις τιμές εμπιστοσύνης και υπόληψης μαζί με άλλες πληροφορίες και πόρους. Ανάλογα με το μοντέλο εμπιστοσύνης-υπόληψης που χρησιμοποιείται, αυτά τα δεδομένα εμπιστοσύνης μπορεί να είναι ένα μέρος των παγκόσμιων¹⁸ δεδομένων εμπιστοσύνης. Σε αυτή την περίπτωση, τα δεδομένα εμπιστοσύνης που διατηρούνται από έναν χρήστη δεν περιορίζονται απαραίτητα

¹⁸ Με τον όρο *παγκόσμια* δεδομένα εμπιστοσύνης, εννοούμε τα δεδομένα εμπιστοσύνης που αφορούν το όλο σύστημα και όχι μόνο τον εκάστοτε χρήστη.

στην δική του αντίληψή του για την εμπιστοσύνη του σε άλλους κόμβους. Αυτό ενδέχεται στην πραγματικότητα να προσφέρει σε έναν κακόβουλο κόμβο την ευκαιρία να αλλάξει τα δεδομένα εμπιστοσύνης που διατηρεί σύμφωνα με τα συμφέροντά του. Ο μόνος τρόπος να αποτραπεί αυτό σε τέτοια μοντέλα εμπιστοσύνης είναι περιορίζοντας την αυτονομία το κάθε κόμβου, παραδείγματος χάριν απαγορεύοντας του να αλλάξει τα στοιχεία εμπιστοσύνης που διατηρεί. Χρησιμοποιούμε την ιδιότητα του τοπικού ελέγχου για να διακρίνουμε τέτοιους μηχανισμούς εμπιστοσύνης που δεν επιτρέπουν στους χρήστες να αλλάζουν τις τοπικές τιμές εμπιστοσύνης από εκείνους που το επιτρέπουν.

3.2.5. Ανωνυμία

Η ανωνυμία είναι μια σημαντική ιδιότητα για τα ανοικτά αποκεντρωμένα συστήματα. (Freedman και Morris, 2002). Η προστασία των ταυτοτήτων των χρηστών τους προστατεύει ενάντια σε συγκεκριμένες κακόβουλες ενέργειες όπως άδικες αξιολογήσεις – γέμισμα κάλπης/συκοφάντηση, συμπεριφορά προκατάληψης (βλέπε ενότητα 3.7.1). Παραδείγματος χάριν, εάν ένας κακόβουλος χρήστη αναγνωρίζει τον πραγματικό άνθρωπο πίσω από έναν χρήστη, μπορεί να προσπαθήσει να διασπείρει πλαστές πληροφορίες για εκείνον τον χρήστη. Η διαφύλαξη της μυστικότητας είναι επομένως επιτακτική και παρέχει στους χρήστες ένα πρόσθετο επίπεδο προστασίας ενάντια σε κακόβουλους κόμβους. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι η αποκέντρωση διευκολύνει επίσης την ανωνυμία. Παραδείγματος χάριν, η χρησιμοποίηση των ενδιάμεσων κόμβων ως πληρεξούσιων κατά τη διάρκεια της δρομολόγησης αποτρέπει τον τελικό κόμβο από τη γνώση της ταυτότητας του αρχικού κόμβου (Reed et al., 1996).

Υπάρχουν διάφορα πρωτόκολλα και υποδομές που στοχεύουν στο να συντηρήσουν την ανωνυμία των κόμβων (Shields και Levine, 2000; Scarlata et al., 2001). Εντούτοις, όλοι αυτοί οι τρόποι αγνοούν τις σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των κόμβων. Αυτό φαίνεται απαραίτητο δεδομένου ότι υπάρχει ένας έμφυτος συμβιβασμός μεταξύ της εμπιστοσύνης και της ανωνυμίας. Προκειμένου να είναι σε θέση να εμπιστευθεί έναν άλλο κόμβο, ένας κόμβος πρέπει να ξέρει

την ταυτότητα του άλλου κόμβου. Είναι δύσκολο να καθιερωθεί μια σχέση εμπιστοσύνης με έναν ανώνυμο κόμβο. Για αυτόν το λόγο κανένα από τα πρότυπα εμπιστοσύνης που συζητούνται στην έρευνα δεν επιτυγχάνει την πλήρη ανωνυμία.

3.2.6. Κόστος Εύρους Ζώνης

Στις αποκεντρωμένες εφαρμογές, το εύρος ζώνης είναι μεγάλης σπουδαιότητας, καθώς οι κόμβοι επικοινωνούν με την ανταλλαγή μηνυμάτων. Ανάλογα με τη φύση της εφαρμογής, είναι δυνατόν να παράγεται αυξημένη κυκλοφορία μηνυμάτων. Επιπλέον, εάν σε ένα βασισμένο στην υπόληψη σύστημα εμπιστοσύνης, οι κόμβοι πρέπει να ανταλλάξουν και πληροφορίες υπόληψης σχετικά με την εμπιστοσύνη, αυτό οδηγεί σε υψηλότερη χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης. Η κατάσταση επιδεινώνεται ακόμη περισσότερο εάν αυτές οι πληροφορίες εμπιστοσύνης είναι μεγάλες σε μέγεθος ή χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό μηνυμάτων. Ειδικότερα, αναμένοντας από του κόμβους να ανταλλάξουν πληροφορίες εμπιστοσύνης με μεγάλο ιστορικό, αυτό οδηγεί σε φόρτο περιττού εύρους ζώνης και έχει επιπτώσεις στην κλιμάκωση και απόδοση του συστήματος. Επομένως, η μείωση του εύρους ζώνης είναι σημαντικός στόχος οποιουδήποτε μοντέλου εμπιστοσύνης.

3.2.7. Κόστος Αποθήκευσης

Είναι πιθανόν ένα μοντέλο εμπιστοσύνης-υπόληψης με αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική να απαιτεί από τους κόμβους να αποθηκεύουν δεδομένα εμπιστοσύνης για άλλους κόμβους. Αυτά τα δεδομένα εμπιστοσύνης μπορούν να έχουν διαφορετικές μορφές: από τιμές εμπιστοσύνης μέχρι λεπτομερείς πληροφορίες συναλλαγών στην πρωταρχική τους μορφή. Ανάλογα με το είδος πληροφοριών που αποθηκεύεται, είναι δυνατόν να απαιτείται από κάθε κόμβο να δαπανήσει ένα σημαντικό ποσό χώρου αποθήκευσης. Αυτό είναι το κόστος αποθήκευσης. Στους μηχανισμούς εμπιστοσύνης όπου τα δεδομένα εμπιστοσύνης που αποθηκεύονται είναι ανάλογα με το μέγεθος του συστήματος, αυτό το κόστος

αυξάνεται γραμμικά όσο ο αριθμός των κόμβων στο σύστημα αυξάνεται. Σε μια κεντρικοποιημένη οργάνωση, συνήθως, τα δεδομένα εμπιστοσύνης αποθηκεύονται στον κεντρικό κόμβο και το κόστος αποθήκευσης είναι λιγότερο σημαντικό στο επίπεδο των απλών κόμβων.

3.2.8. Ανοχή στα Σφάλματα

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός αποκεντρωμένου συστήματος είναι η συνεχής αλλαγή της τοπολογίας του. Αυτό οφείλεται παραδοσιακά στην παροδική φύση των κόμβων που μπορεί να εισέρχονται, να εξέρχονται ή να αποσυνδέονται από το σύστημα οποιαδήποτε στιγμή. Η ανοχή σφαλμάτων σε αυτό το πλαίσιο αντιπροσωπεύει τη δυνατότητα του μοντέλου εμπιστοσύνης να προσαρμόζεται σε αυτήν την παροδική φύση του συστήματος. Όταν κόμβοι εισέρχονται η εξέρχονται από το σύστημα, όχι μόνο πρέπει να διαμορφωθούν νέες σχέσεις εμπιστοσύνης αλλά οι τιμές εμπιστοσύνης και οι πληροφορίες συναλλαγής πρέπει επίσης να πρέπει να αντιγραφούν ξανά στους κόμβους για να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα των δεδομένων εμπιστοσύνης. Αυτό είναι απαραίτητο επειδή η μη διαθεσιμότητα των πληροφοριών εμπιστοσύνης δύναται να οδηγήσει τους χρήστες να εμπιστεύονται κακόβουλους χρήστες.

3.2.9. Κλιμάκωση / Εξελιξιμότητα

Η κλιμάκωση αναφέρεται στη δυνατότητα του μοντέλου εμπιστοσύνης να ανταποκρίνεται επιτυχώς στην αυξομείωση του αριθμού των κόμβων. Μια αύξηση στον αριθμό των κόμβων οδηγεί στο σχηματισμό περισσότερων σχέσεων εμπιστοσύνης μεταξύ των κόμβων. Αυτό οδηγεί σε πρόσθετο φόρτο αποθήκευσης και υπολογισμού σε κάθε κόμβο ο οποίος πρέπει τώρα να διατηρεί μεγαλύτερο αριθμό σχέσεων εμπιστοσύνης. Αυτός ο επιπρόσθετος φόρτος σε συνδυασμό με τη διατήρηση περισσότερων πληροφοριών δρομολόγησης, πρέπει να αντιμετωπιστεί από το μοντέλο εμπιστοσύνης. Μια φυσιολογική επίδραση της ύπαρξης μεγαλύτερου αριθμού κόμβων είναι μια πιθανή αύξηση στον αριθμό επερωτήσεων για τις πληροφορίες εμπιστοσύνης. Αυτό αυξάνει την δικτυακή

κυκλοφορία και ανάλογα με το μοντέλο εμπιστοσύνης-υπόληψης μπορεί επίσης να αυξήσει το φόρτο υπολογισμού σε κάθε κόμβο. Κατά συνέπεια, όλοι αυτοί οι παράγοντες μαζί καθορίζουν την κλιμάκωση.

3.2.10. Αξιοπιστία και Απειλές στην Αξιοπιστία ενός Συστήματος

Αυτή η ιδιότητα ενσωματώνει τη δυνατότητα ενός μοντέλου εμπιστοσύνης να βοηθάει τους χρήστες να καθορίζουν σωστά το βαθμό εμπιστοσύνης τους σε άλλους χρήστες, βάση προηγούμενης άμεσης εμπειρίας ή/και πληροφοριών που λαμβάνονται από άλλους χρήστες. Το μοντέλο εμπιστοσύνης πρέπει να καθοδηγεί τους χρήστες να προσδιορίζουν και επιτυχώς να υπερασπίζονται τους εαυτούς τους ενάντια στις κακόβουλες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων τιμών εμπιστοσύνης που διαδίδονται από άλλους χρήστες στο σύστημα και να λαμβάνουν διορθωτικά μέτρα ενάντια σε τέτοιους κακόβουλους χρήστες. Οι διορθωτικές δράσεις μπορεί να περιλαμβάνουν εκπαίδευση άλλων χρηστών για τους κακόβουλους χρήστες και ακύρωση των συνεπειών πλαστών πληροφοριών. Επιπλέον, η αξιοπιστία ενός προτύπου εμπιστοσύνης καθορίζεται επίσης και από την ανοχή του στα λάθη. Ένα μοντέλο εμπιστοσύνης με μεγαλύτερη ανοχή στα λάθη θεωρείται πιο αξιόπιστο. Η ιδιότητα της αξιοπιστίας είναι πρωτεύουσας σημασίας για ένα σύστημα εμπιστοσύνης. Σχεδόν όλοι οι ερευνητές αναφέρουν ότι το βασισμένο στην υπόληψη σύστημά τους είναι αξιόπιστο για το συγκεκριμένο προς μελέτη πρόβλημά (Silaghi, Arenas και Silva, 2007).

Κατωτέρω παρατίθενται μερικές από τις απειλές που ένα πρότυπο εμπιστοσύνης πρέπει να αντιμετωπίσει προκειμένου να βελτιώσει την αξιοπιστία του (Suryanarayana et al., 2004).

3.2.10.1. Προσωποποίηση

Η προσωποποίηση αναφέρεται στην απειλή που τίθεται από έναν κακόβουλο χρήστη που απεικονίζεται σαν ένας άλλος χρήστης. Ο στόχος πίσω από αυτήν την απειλή θα μπορούσε να είναι η κακή χρήση των προνομίων που έγιναν διαθέσιμα

στον ψεύτικο χρήστη από τους άλλους χρήστες, ή να επηρεάσει αρνητικά την υπόληψη ενός χρήστη μέσω των ψευδών αλληλεπιδράσεων με άλλους χρήστες. Η προσωποποίηση αντιμετωπίζεται από (α) την υπογραφή των εξερχόμενων μηνυμάτων, και (β) ελέγχοντας τις ταυτότητες των αποστολέων στον παραλήπτη.

3.2.10.2. Ψευδείς ενέργειες

Σε on-line εφαρμογές (P2P δίκτυα, ιστοτόποι δημοπρασιών), οι χρήστες αλληλεπιδρούν ο ένας με τον άλλον με ποικίλους τρόπους όπως ανταλλαγή πληροφοριών, πραγματοποιώντας συναλλαγές με διαπραγματεύσεις, κτλ.. Αλληλεπιδρώντας με άλλους χρήστες στο σύστημα, ένας ψευδός χρήστης μπορεί να μην εκπληρώσει εντελώς το δικό του μέρος της συναλλαγής, ή μπορεί να υποσχεθεί τη διαθεσιμότητα ορισμένων υπηρεσιών που δεν προσφέρει πραγματικά. Ένα μοντέλο εμπιστοσύνης πρέπει (α) πριν τη συναλλαγή να βοηθάει τους χρήστες να προσδιορίζουν τέτοιους ψευδείς χρήστες, και (β) μετά την συναλλαγή να επιτρέπει στους χρήστες να ενημερώνουν τους υπόλοιπους για τέτοιους ψευδείς χρήστες.

3.2.10.3. Διαστρέβλωση

Ένας κακόβουλος χρήστης μπορεί να παραποιήσει τον βαθμό της εμπιστοσύνης που έχει σε έναν χρήστη-θύμα και να διαβιβάσει αυτές τις ανακριβείς τιμές σε άλλους χρήστες. Παραδείγματος χάριν, ένας κακόβουλος χρήστης ενώ στην πραγματικότητα εμπιστεύεται έναν χρήστη θύμα, στέλνει τις εκθέσεις σχετικά με την αξιοπιστία του χρήστη-θύμα αντίθετα προς τη γνώση του. Ανάλογα με την επιρροή του κακόβουλου χρήστη, αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αλληλεπίδραση του χρήστη-θύμα με άλλους χρήστες στο σύστημα. Οι λύσεις σε αυτό το πρόβλημα περιλαμβάνουν ενεργή πληροφόρηση άλλων χρηστών για τους κακόβουλους χρήστες και ενσωμάτωση των απόψεων πολλών χρηστών κατά τη λήψη αποφάσεων εμπιστοσύνης προκειμένου να μειωθεί η επίδραση της διαστρέβλωσης.

3.2.10.4. Συνέργια

Η συνέργια αναφέρεται στην απειλή που τίθεται όταν μια ομάδα ή ομάδες κακόβουλων χρηστών προσπαθούν ενεργά να υπονομεύσουν το σύστημα. Οι ενέργειές τους μπορούν να περιλαμβάνουν τη διάδοση αρνητικών πληροφοριών υπόληψης για τους καλούς χρήστες και υποβολή εξαιρετικά υπερβαλλόντων θετικών απολογισμών για άλλους κακόβουλους χρήστες που ανήκουν στην ομάδα τους. Αυτό οδηγεί σε μια κατάσταση όπου οι καλοί χρήστες είναι απομονωμένοι και δεν μπορούν να αποφασίσουν ποιον να εμπιστευθούν και μπορεί να οδηγήσει σε μια πλήρη κατάρρευση του συστήματος. Η συνέργια μπορεί να αντιμετωπιστεί με την ενθάρρυνση των καλών χρηστών ενεργά να (α) αναγνωρίζουν ομάδες κακόβουλων χρηστών και διαδίδουν πληροφορίες για αυτές, και (β) σχηματίζουν οι ίδιοι στέρεες και σταθερές ομάδες, προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα αποτελέσματα της συνέργιας (Lee et al., 2003).

3.2.10.5. Προσθήκη Αγνώστων

Όταν ένας νέος χρήστης γίνεται μέλος σε ένα υπάρχον σύστημα, δεν κατέχει εμπιστοσύνη βασισμένη στην γνώση σχετικά με τους άλλους χρήστες στο σύστημα, γεγονός που μπορεί να εμποδίσει την αλληλεπίδραση του με τους άλλους χρήστες. Ομοίως οι υπάρχοντες χρήστες στο σύστημα ενδέχεται να τείνουν να απομονώσουν το νέο χρήστη δεδομένου ότι λείπουν πληροφορίες εμπιστοσύνης για αυτόν. Ένα μοντέλο εμπιστοσύνης επομένως, πρέπει να έχει έναν χαμηλό όριο εισόδου για τους νέους χρήστες, έτσι ώστε οι νέοι χρήστες να μπορούν εύκολα να συμμετέχουν ενεργά στο σύστημα. Από την άλλη βέβαια το μοντέλο εμπιστοσύνης πρέπει να παρέχει ικανοποιητικά μέτρα για να προστατευθεί σύστημα εάν ο νέος χρήστης αποδειχθεί κακόβουλος. Η προσθήκη αγνώστων επίσης καλύπτει το πρόβλημα της κρύας έναρξης που προκύπτει όταν ένα σύστημα εμπιστοσύνης-υπόληψης αρχικοποιείται και κανένας από τους χρήστες δεν έχει απολύτως καμία πληροφορία εμπιστοσύνης για οποιοδήποτε άλλο χρήστη.

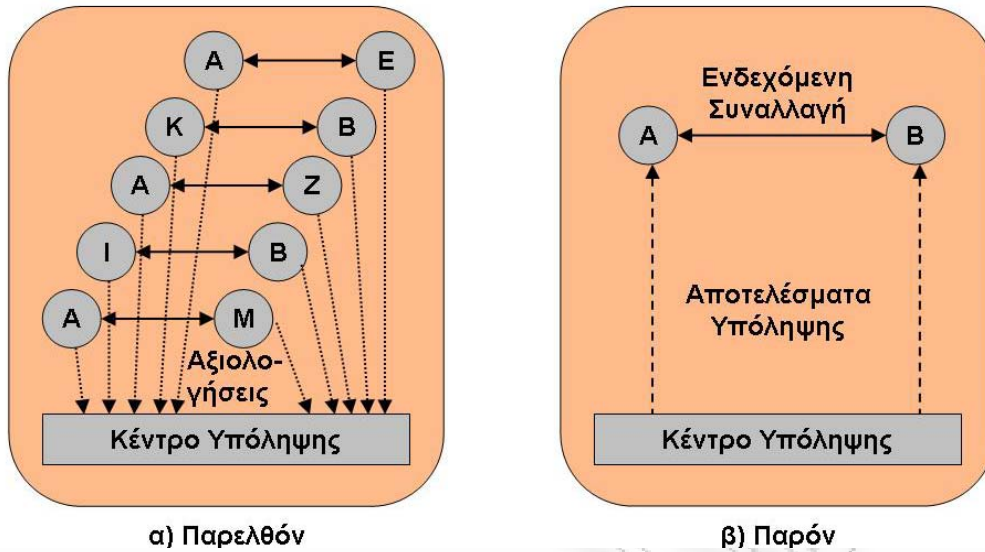
3.3. Αρχιτεκτονικές Δικτύων Υπόληψης

Οι τεχνικές αρχές για την δημιουργία συστημάτων υπόληψης περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο. Η αρχιτεκτονική του δικτύου υπόληψης καθορίζει πώς εκτιμήσεις και αποτελέσματα υπόληψης διανέμονται μεταξύ των συμμετεχόντων σε ένα σύστημα υπόληψης. Οι δύο κύριοι τύποι είναι *κεντρικοποιημένη-συγκεντρωτική* και *κατανεμημένη* αρχιτεκτονική.

3.3.1. Κεντρικοποιημένα Συστήματα Υπόληψης

Στα κεντρικοποιημένα συστήματα υπόληψης, οι πληροφορίες σχετικά την απόδοση ενός συμμετέχοντος στο σύστημα συλλέγονται ως εκτιμήσεις από άλλα μέλη της κοινότητας που είχαν κάποτε άμεση εμπειρία με εκείνο τον συμμετέχοντα. Η κεντρική αρχή (Central Authority –CA) η αλλιώς κέντρο υπόληψης που συλλέγει όλες τις εκτιμήσεις τυπικά παράγει ένα αποτέλεσμα υπόληψης για κάθε συμμετέχοντα, και καθιστά όλα τα αποτελέσματα δημόσια διαθέσιμα. Οι συμμετέχοντες μπορούν έπειτα να χρησιμοποιήσουν ο ένας τα αποτελέσματα του άλλου, παραδείγματος χάριν όταν αποφασίζουν εάν πρέπει να πραγματοποιήσουν συναλλαγές με έναν άλλο συμμετέχοντα. Η ιδέα είναι ότι οι συναλλαγές με τους συμμετέχοντες που διαθέτουν υψηλό *σκορ* υπόληψης είναι πιθανό να οδηγήσουν σε περισσότερες ευνοϊκές εκβάσεις από τις συναλλαγές με τους κακόφημους συμμετέχοντες.

Η Εικόνα 3.1 κατωτέρω παρουσιάζει ένα τυπικό κεντρικοποιημένο σύστημα υπόληψης, όπου ο A και ο B στο παρελθόν παρείχαν στην κεντρική αρχή πληροφορίες σχετικά με το ιστορικό των συναλλαγών τους και που στο παρόν εξετάζουν το ενδεχόμενο πιθανής συναλλαγής μεταξύ τους.



Εικόνα 3.1. Γενική αρχιτεκτονική ενός κεντροκοποιημένου συστήματος υπόληψης

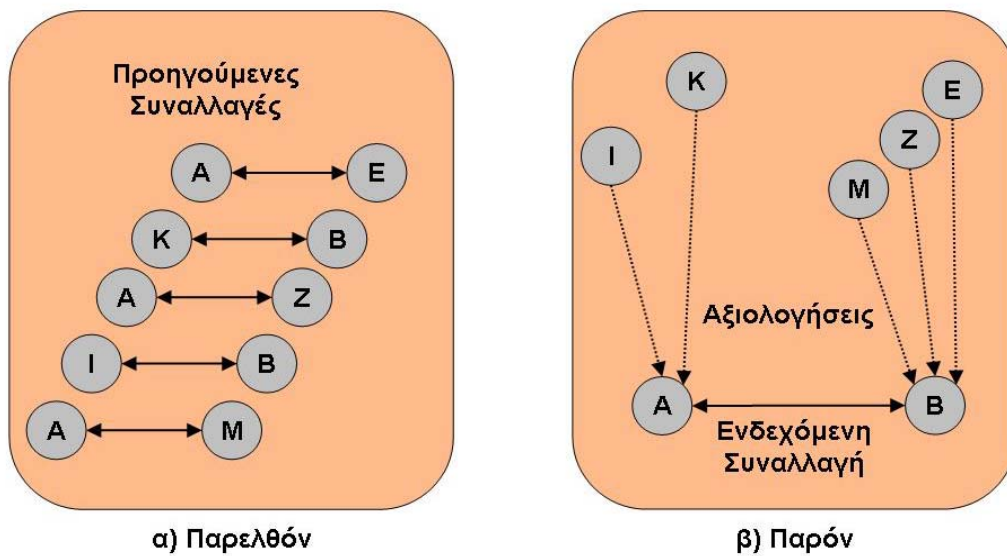
Μετά από κάθε συναλλαγή, οι πράκτορες παρέχουν εκτιμήσεις ο ένας για την απόδοση του άλλου στη συναλλαγή. Το κέντρο υπόληψης συλλέγει τις εκτιμήσεις από όλους τους πράκτορες, και συνεχώς ενημερώνει το αποτέλεσμα υπόληψης κάθε πράκτορα μόλις λάβει καινούργιες εκτιμήσεις. Τα ενημερωμένα αποτελέσματα φήμης παρέχονται on-line για όλους τους πράκτορες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους πράκτορες για να αποφασίσουν εάν πρέπει να πραγματοποιήσουν συναλλαγές με έναν άλλο πράκτορα.

Οι δύο θεμελιώδεις πτυχές των συγκεντρωτικών συστημάτων υπόληψης είναι:

- 1. Κεντροκοποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας** που επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να παρέχουν εκτιμήσεις στην κεντρική αρχή σχετικά με οντότητες που έχουν συναλλαχθεί άμεσα, καθώς επίσης και να λαμβάνουν τα αποτελέσματα φήμης των πιθανών συναλλασσόμενων οντοτήτων από την κεντρική αρχή.
- 2. Μηχανή υπολογισμού υπόληψης** που χρησιμοποιείται από την κεντρική αρχή για να υπολογίσει αποτελέσματα υπόληψης για κάθε συμμετέχοντα, βασισμένα στις λαμβανόμενες εκτιμήσεις, και ενδεχομένως επίσης σε άλλες πληροφορίες. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται λεπτομερέστερα στην ενότητα 3.5 Μηχανισμοί Υπολογισμού Υπόληψης κατωτέρω.

3.3.2. Κατανεμημένα Συστήματα Υπόληψης

Υπάρχουν περιβάλλοντα όπου ένα κατανεμημένο σύστημα υπόληψης, δηλ. χωρίς οποιεσδήποτε συγκεντρωτικές λειτουργίες, ταιριάζει καλύτερα από ένα κεντρικοποιημένο σύστημα. Σε ένα κατανεμημένο σύστημα δεν υπάρχει καμία κεντρική αρχή για την υποβολή των αξιολογήσεων ή τη λήψη των αποτελεσμάτων υπόληψης άλλων οντοτήτων. Αντί αυτού, μπορούν να υπάρξουν κατανεμημένα καταστήματα όπου οι αξιολογήσεις μπορούν να υποβληθούν, ή κάθε συμμετέχων να καταγράφει απλά την άποψη του για κάθε εμπειρία με άλλα συμβαλλόμενα μέρη, και να παρέχει αυτές τις πληροφορίες κατόπιν αιτήσεως από τα εξαρτώμενα συμβαλλόμενα μέρη. Ένα εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος που εξετάζει αν θα πρέπει η όχι να συναλλαχθεί με ένα δεδομένο συμβαλλόμενο μέρος, πρέπει να εντοπίσει τις κατανεμημένες αποθήκες εκτιμήσεων, ή να προσπαθήσει να λάβει τις εκτιμήσεις από όσο το δυνατόν περισσότερα μέλη της κοινότητας τα οποία είχαν άμεση εμπειρία με εκείνο το συμβαλλόμενο μέρος. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 3.2 κατωτέρω.



Εικόνα 3.2. Γενική αρχιτεκτονική ενός κατανεμημένου συστήματος υπόληψης

Το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος υπολογίζει το αποτέλεσμα υπόληψης βασισμένο στις λαμβανόμενες εκτιμήσεις. Στην περίπτωση που το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος είχε άμεση εμπειρία με το συμβαλλόμενο μέρος με το οποίο επιθυμεί να συναλλαχθεί στόχων, η εμπειρία από αυτήν την άμεση

αλληλεπίδραση μπορεί να ληφθεί υπόψη ως ιδιωτική πληροφορία, ενδεχομένως φέρνοντας ένα μεγαλύτερο βάρος από τις λαμβανόμενες εκτιμήσεις. Οι δύο θεμελιώδεις πτυχές των καταναμημένων συστημάτων υπόληψης είναι:

1. Ένα καταναμημένο πρωτόκολλο επικοινωνίας που επιτρέπει στους συμμετέχοντες να λάβουν τις εκτιμήσεις από άλλα μέλη της κοινότητας.
2. Μια μέθοδος υπολογισμού υπόληψης που χρησιμοποιείται από κάθε μεμονωμένο πράκτορα για να παραγάγει τα αποτελέσματα υπόληψης των συμβαλλόμενων μερών βασισμένα στις λαμβανόμενες εκτιμήσεις, και ενδεχομένως και σε άλλες πληροφορίες. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται λεπτομερέστερα στην ενότητα 3.5 κατωτέρω.

Τα δίκτυα κόμβου προς κόμβο (P2P) συνθέτουν ένα περιβάλλον που ανταποκρίνονται άριστα σε καταναμημένα συστήματα διαχείρισης υπόληψης. Στα P2P δίκτυα, κάθε κόμβος διαδραματίζει το ρόλο τόσο του πελάτη όσο και του εξυπηρετητή, και επομένως μερικές φορές καλείται *servent*. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να ξεπεράσουν τον παθητικό ρόλο της απλής πλοήγησης στον Ιστό, και να διαδραματίσουν έναν ενεργό ρόλο με την παροχή των δικών τους πόρων. Υπάρχουν δύο φάσεις στη χρήση P2P δικτύων. Η πρώτη είναι η φάση της *αναζήτησης*, η οποία αποτελείται από την εντόπιση τον *servent* όπου βρίσκεται ο ζητούμενος πόρος. Σε μερικά P2P δίκτυα, η φάση αναζήτησης μπορεί να στηρίζεται σε συγκεντρωτικές λειτουργίες. Ένα τέτοιο παράδειγμα ήταν το Napster που έχει έναν κεντρικό εξυπηρετητή που διαθέτει κατάλογο των πόρων. Στα καθαρά P2P δίκτυα όπως το Gnutella, το Freenet, επίσης η φάση της αναζήτησης είναι καταναμημένη. Επιπλέον υπάρχουν ακόμη και ενδιάμεσες αρχιτεκτονικές, π.χ. η αρχιτεκτονική FastTrack που χρησιμοποιείται σε P2P δίκτυα όπως τα KaZaA, Grokster και iMesh. Στα βασισμένα στην αρχιτεκτονική FastTrack P2P δίκτυα, υπάρχουν κόμβοι και υπέρκομβοι, όπου οι τελευταίοι καταγράφουν τους άλλους κόμβους και υπέρκομβους που συνδέονται στο δίκτυο, και κατά συνέπεια ενεργούν ως εξυπηρετητές καταλόγου κατά τη διάρκεια της φάσης αναζήτησης.

Μετά από την φάση της αναζήτησης, όπου ο ζητούμενος πόρος έχει εντοπιστεί, ακολουθεί η φάση του κατεβάσματος (*download*), η οποία αποτελείται από τη μεταφορά του πόρου στον αιτούντα *server*.

Τα P2P δίκτυα εισάγουν μια σειρά απειλών ασφάλειας, καθώς δύναται να χρησιμοποιηθούν για να διαδώσουν κακόβουλο λογισμικό, όπως οι ιοί και τα τρωικά άλογα (*Trojan Horses*), και εύκολα να παρακάμψουν τα πύρινα τείχη (*firewalls*). Υπάρχουν επίσης στοιχεία ότι τα P2P δίκτυα πάσχουν από το πρόβλημα της ελεύθερης οδήγησης¹⁹, δηλαδή την ύπαρξη χρηστών που κατεβάζουν δυσανάλογα μεγάλο όγκο πόρων σε αντίθεση με την ποσότητα των πόρων που διαθέτουν προς το δίκτυο (*Adar και Huberman, 2000*). Τα συστήματα διαχείρισης υπόληψης είναι ιδανικά για να αντιμετωπίσουν αυτά τα προβλήματα, π.χ. με τη διανομή των πληροφοριών για απατεώνες, αναξιόπιστους ή εγωιστές συμμετέχοντες. Τα P2P δίκτυα τίθενται υπό αμφισβήτηση επειδή έχουν χρησιμοποιηθεί για να διανεμούν υλικό που προστατεύεται από νόμους περί πνευματικής ιδιοκτησίας όπως mp3 μουσικά αρχεία και έχει υποστηριχτεί ότι η δηλητηρίαση περιεχομένου (*content poisoning*)²⁰ έχει χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία μουσικής για να καταπολεμήσει αυτό το πρόβλημα. Δεν υπερασπίζουμε τη χρησιμοποίηση των P2P δικτύων για παράνομο διαμοιρασμό αρχείων, αλλά είναι προφανές ότι τα συστήματα υπόληψης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους διανομείς παράνομου υλικού για να προστατευθεί το δίκτυο τους από τη δηλητηρίαση περιεχομένου. Μια επισκόπηση των σημαντικότερων συστημάτων υπόληψης για χρήση σε P2P δίκτυα παρέχεται

¹⁹ Βλέπε Κεφάλαιο 0.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Υπόληψη

Υπόληψη, σελ. 72.

²⁰ Ο όρος *δηλητηρίαση περιεχομένου (content poisoning)* στα δίκτυα διαμοιρασμού μουσικής σημαίνει την διανομή μουσικών αρχείων με έγκυρους τίτλους αλλά ανακριβές περιεχόμενο όπως σιωπή ή τυχαίο θόρυβο.

παρακάτω στην ενότητα 4.2.2. Προτάσεις άλλων συγγραφέων περιλαμβάνουν αυτές των (Cornelli et al., 2002) (Damiani et al., 2002), (Ekstrom και Bjornsson, 2002). Ο σκοπός ενός συστήματος υπόληψης στα P2P δίκτυα είναι:

1. Να καθορίσει ποιοι servers είναι οι πιο αξιόπιστοι στην προσφορά των καλύτερων ποιοτικών πόρων, και
2. Να καθορίσει ποιοι servers παρέχουν τις πιο αξιόπιστες πληροφορίες σε σχέση με το (1)

Σε ένα καταναμημένο περιβάλλον, κάθε συμμετέχων είναι αρμόδιος για τη συλλογή και το συνδυασμό εκτιμήσεων από τους άλλους συμμετέχοντες. Λόγω του καταναμημένου περιβάλλοντος, είναι συχνά αδύνατον ή πάρα πολύ δαπανηρό να λάβει τις εκτιμήσεις που προκύπτουν από το σύνολο όλων των αλληλεπιδράσεων με έναν δεδομένο πράκτορα. Αντ' αυτού το αποτέλεσμα υπόληψης είναι βασισμένο σε ένα υποσύνολο των εκτιμήσεων, συνήθως προερχόμενο από τους γείτονες συμβαλλόμενου μέρους.

3.4. Μηχανισμοί Καταγραφής Υπόληψης σε Δικτυακές Κοινότητες

Η απευθείας αλληλεπίδραση με κάποιον στο παρελθόν είναι, φυσικά, η πιο αξιόπιστη πηγή πληροφοριών σχετικά με την υπόληψη αυτής της οντότητας, διότι εάν βασιστούμε στις αξιολογήσεις άλλων οντοτήτων θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι και αυτές οι οντότητες που μας παρέχουν τις αξιολογήσεις είναι αξιόπιστες. Αλλά, η στήριξη μόνο στην άμεση εμπειρία είναι και ανεπαρκής αλλά και επικίνδυνη. Ανεπαρκής, επειδή ένα άτομο θα περιοριστεί μόνο στον αριθμό των οντοτήτων με τις οποίες έχει αλληλεπιδράσει και επικίνδυνη επειδή κάποιος θα ανακαλύψει τους μη αξιόπιστους συνεργάτες μόνο μέσω της σκληρής εμπειρίας (Kollock, 1999). Αυτές οι ατέλειες είναι ιδιαίτερα δριμείς στα πλαίσια των on-line κοινοτήτων όπου ο αριθμός πιθανών συνεργατών είναι τεράστιος και οι θεσμικές εγγυήσεις σε περίπτωση αρνητικής εμπειρίας είναι πολύ πιο αδύναμες.

Μεγάλα οφέλη είναι δυνατά εάν οι πληροφορίες για τις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις μοιράζονται και συναθροίζονται μέσα σε μια ομάδα υπό μορφή *απόψεων, εκτιμήσεων ή συστάσεων*. Στις παραδοσιακές κοινότητες αυτό μπορεί να λάβει πολλές μορφές: άτυπα δίκτυα κουτσομπολιού, θεσμοποιημένα πρακτορεία αξιολογήσεων, επαγγελματικοί κριτικοί, κ.λπ. Στον κυβερνοχώρο, παίρνουν τη μορφή on-line συστημάτων καταγραφής υπόληψης, επίσης γνωστά ως *on-line συστήματα συστάσεων* (Resnick και Varian, 1997). Το κεφάλαιο αυτό εστιάζει στο να παρασχεθεί μια συνοπτική, κρίσιμη μελέτη σχετικά με τα σημαντικότερα ζητήματα και τις κατηγορίες αυτών των συστημάτων.

3.4.1. Σχεδιαστικά Ζητήματα σε On- Line Μηχανισμούς Καταγραφής Υπόληψης

Αν και η αποτελεσματική συνάθροιση των απόψεων άλλων συναλλασσόμενων μερών μπορεί να είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για να συγκεντρώσει κάποιος πληροφορίες για την υπόληψη των ενδεχόμενων εμπορικών εταίρων, αυτή η διαδικασία παρουσιάζει αρκετές παγίδες που απαιτούν προσοχή. Οι ακόλουθες παράγραφοι περιγράφουν τρία σημαντικά ζητήματα που πρέπει να εξετάζονται από τους βασισμένους στην άποψη μηχανισμούς καταγραφής υπόληψης (Dellarocas, 2002).

- **Συναίνεση στα κρίσιμα χαρακτηριστικά.** Η υπόληψη καθορίζεται σχετικά με ένα συγκεκριμένο σύνολο κρίσιμων χαρακτηριστικών. Ο ίδιος πράκτορας μπορεί να έχει πολύ διαφορετική υπόληψη αν μας ενδιαφέρουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Κατά τη συσσώρευση λοιπόν απόψεων άλλων πρακτόρων, είναι, επομένως, εξαιρετικά σημαντικό να εξακριβωθεί ότι όλες οι απόψεις αναφέρονται στα ίδια κρίσιμα χαρακτηριστικά. Αυτό απαιτεί προσεκτική έρευνα από το μέρος των σχεδιαστών μηχανισμών αξιολόγησης, προκειμένου να προσδιοριστεί το πλήρες σύνολο κρίσιμων ιδιοτήτων για μια δεδομένη κοινότητα, καθώς επίσης και το να γίνουν γνωστές εκείνες οι ιδιότητες στα μέλη της κοινότητας..

- **Υποκειμενικά μετρήσιμα χαρακτηριστικά.** Με τον όρο *υποκειμενικά μετρήσιμα κρίσιμα χαρακτηριστικά* εννοούμε ότι η ίδια συμπεριφορά ενός πράκτορα *A* έναντι δύο διαφορετικών πρακτόρων *B* και *Γ* μπορεί να οδηγήσει σε δύο διαφορετικές εκτιμήσεις. Προκειμένου να καταφέρει ένας άλλος πράκτορας να χρησιμοποιήσει αυτές τις συγκρουόμενες εκτιμήσεις ως βάση για να εκτιμήσει την υπόληψη του *A*, πρέπει πρώτα να δοκιμάσει να τις μεταφράσει στο δικό του σύστημα αξιών.

Στις παραδοσιακές κοινότητες αντιμετωπίζουμε το ανωτέρω ζήτημα με το να αποδεχόμαστε πρωτίστως συστάσεις από ανθρώπους που ξέρουμε ήδη. Σε εκείνες τις περιπτώσεις, η προγενέστερη εμπειρία μας με αυτούς τους ανθρώπους μας βοηθά να αξιολογήσουμε κατά κάποιον τρόπο τις απόψεις τους και να τις μεταφράσουμε στο δικό μας σύστημα αξίας. Παραδείγματος χάριν, μπορούμε να ξέρουμε από την προηγούμενη εμπειρία ότι ο *B* είναι ιδιαίτερα απαιτητικός και έτσι μια εκτίμηση *αποδεκτός* στην κλίμακά του θα αντιστοιχούσε στο *εξαιρετικός* στην δική μας κλίμακά. Σαν περαιτέρω παράδειγμα, μπορούμε να ξέρουμε ότι έχουμε παρόμοιες προτιμήσεις με κάποιον άλλον στις ταινίες αλλά όχι στο φαγητό, και έτσι να ακολουθούμε τις απόψεις του σχετικά με τις ταινίες αλλά να αγνοούμε τις συστάσεις του σχετικά με τα εστιατόρια.

Λόγω του πολύ μεγαλύτερου αριθμού πιθανών συναλλασσόμενων οντοτήτων, στις on-line κοινότητες από ότι στις παραδοσιακές κοινότητες είναι, λιγότερο πιθανό ότι οντότητες προερχόμενες από το άμεσο περιβάλλον μας²¹ θα έχουν πρότερη άμεση εμπειρία με αρκετούς από τους πιθανούς συναλλασσόμενους με εμάς στο μέλλον πράκτορες. Είναι, επομένως, πιθανότερο ότι θα πρέπει να στηριχθούμε στις απόψεις ξένων πρακτόρων και έτσι γίνεται πολύ πιο δύσκολο να αξιολογήσουμε τέτοιες απόψεις και να τις μεταφράσουμε στο δικό μας σύστημα αξιών, λειτουργία που αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στα συστήματα διαχείρισης υπόληψης (Dellarocas, 2002).

²¹ Συνεπώς οντότητες για τις οποίες γνωρίζουμε τον τρόπο με τον οποίο αξιολογούν άλλες οντότητες.

➤ **Ψεύτικες απόψεις.** Για διάφορους λόγους οι πράκτορες ενδέχεται σκόπιμα να παρέχουν ψεύτικες απόψεις για έναν άλλο πράκτορα, δηλαδή απόψεις, οι οποίες δεν έχουν καμία σχέση με την ειλικρινή αξιολόγηση της εμπειρίας τους με αυτόν τον άλλο πράκτορα. Σε αντίθεση με τις υποκειμενικές απόψεις, για τις οποίες έχουμε υποθέσει ότι μπορεί να υπάρξει μια δυνατότητα του μετάφρασης τους στη κλίμακα αξιολόγησης κάποιου άλλου, οι ψεύτικες απόψεις συνήθως σκόπιμα δημιουργούνται για να παραπλανήσουν τους παραλήπτες τους και ο μόνος λογικός τρόπος να αντιμετωπιστούν είναι να αγνοηθούν. Εντούτοις για να είναι σε θέση κάποιος να τις αγνοήσει, πρέπει πρώτα να είναι σε θέση να τις αναγνωρίσει.

Πριν δεχτούν τις απόψεις, οι πράκτορες πρέπει, επομένως, να αξιολογήσουν επίσης την εμπιστοσύνη άλλων πρακτόρων αναφορικά με το αν εκφέρουν τίμιες γνώμες. Οι (Yahalom, Klein, και Beth, 1993) σωστά επισήμαναν ότι η αποκαλούμενη *αξιοπιστία συστάσεων* ενός πράκτορα είναι ανάλογη με την εμπιστοσύνη του ως φορέα παροχής υπηρεσιών. Στο υπόλοιπο της ενότητας μελετούνται εν συντομία οι διάφορες κατηγορίες των προτεινόμενων on-line συστημάτων καταγραφής υπόληψης καθώς και το πώς κάθε ένα από αυτά αντιμετωπίζει τα ανωτέρω ζητήματα.

3.4.2. Αποθήκες Συστάσεων

Οι αποθήκες συστάσεων αποθηκεύουν και παρέχουν τις συστάσεις από έναν μεγάλο αριθμό μελών της κοινότητας χωρίς να προσπαθούν ουσιαστικά να τις επεξεργαστούν ή να διερευνήσουν την καταλληλότητα τους. Αυτό μειώνει τον φόρτο αναζήτησης των ενδιαφερόμενων πρακτόρων, οι οποίοι μπορούν να βρουν έναν μεγάλο αριθμό συστάσεων σε μια ενιαία θέση. Ο Ιστός ενδείκνυται προφανώς για την κατασκευή τέτοιων αποθηκών. Στην πραγματικότητα, τα περισσότερα συστήματα συστάσεων της τωρινής γενιάς ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι αυτής της κατηγορίας συστημάτων είναι ο μηχανισμός ανατροφοδότησης του ιστοτόπου on-line δημοπρασιών eBay (ενότητα 4.2.1.1.1) και του ηλεκτρονικού βιβλιοπωλείου Amazon (4.2.1.6.3), το

ποίο ταυτόχρονα χρησιμοποιεί στοιχεία και από τους εξειδικευμένους ιστοτόπους αξιολόγησης που περιγράφονται στην επόμενη ενότητα (3.4.3).

Το eBay ενθαρρύνει τον αγοραστή και τον πωλητή μιας συναλλαγής να αφήσουν ανατροφοδότηση ο ένας για τον άλλον. Η ανατροφοδότηση αποτελείται από μια αριθμητική εκτίμηση, η οποία είναι μπορεί να είναι +1 (έπαινος), 0 (ουδέτερος) ή -1 (παράπονο) συν έναν σύντομο (80 χαρακτήρες το μέγιστο) σχόλιο. Το eBay έπειτα συντάσσει τον κατάλογο όλων των υποβληθέντων εκτιμήσεων και των σχολίων ανατροφοδότησης, ο οποίος είναι προσβάσιμος από οποιονδήποτε άλλο εγγραμμένο χρήστη του συστήματος. Το eBay υπολογίζει μερικές στοιχειώδεις στατιστικές των υποβληθέντων εκτιμήσεων για κάθε χρήστη (το άθροισμα των θετικών, ουδέτερων και αρνητικών εκτιμήσεων κατά τη διάρκεια των τελευταίων 7 ημερών, του προηγούμενου μήνα και των τελευταίων έξι μηνών) αλλά, ουσιαστικά, δεν φιλτράρει, τροποποιεί ή επεξεργάζεται τις υποβληθείσες εκτιμήσεις.

Οι αποθήκες σύστασης είναι ένα βήμα στη σωστή κατεύθυνση. Καθιστούν μεγάλο όγκο πληροφοριών υπόληψης για άλλους πράκτορες διαθέσιμο στους ενδιαφερόμενους χρήστες, αλλά αναμένουν από τους χρήστες να αντιληφθούν μόνοι τους το νόημα αυτών των εκτιμήσεων και να συνάγουν οι ίδιοι τα συμπεράσματά τους. Από τη μια μεριά, αυτή η άποψη είναι σύμφωνη με το γεγονός ότι η αξιολόγηση της εμπιστοσύνης και της αξιοπιστίας είναι μια υποκειμενική διαδικασία. Αφ' ετέρου, αυτή η βασική προσέγγιση αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα κλιμάκωσης. Σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν δεκάδες ή εκατοντάδες, ενδεχομένως συγκρουόμενες μεταξύ τους εκτιμήσεις, οι χρήστες πρέπει να αφιερώσουν αξιοσημείωτη προσπάθεια διαβάζοντας και αναλύοντας τις ξεχωριστές εκτιμήσεις προκειμένου να μεταφράσουν τις εκτιμήσεις άλλων χρηστών στο σύστημα αξίας τους ή για να αποφασίσουν εάν μια συγκεκριμένη εκτίμηση είναι τίμια ή όχι. Ακόμη περισσότερο, στις κοινότητες όπου οι περισσότεροι χρήστες είναι παντελώς ξένοι μεταξύ τους, δεν υπάρχει κανένα συγκεκριμένο στοιχείο ότι μπορεί να κάποιος να οδηγηθεί σε αξιόπιστα συμπεράσματα λαμβάνοντας υπόψη τις ξεχωριστές εκτιμήσεις. Τέλος, οι αποθήκες εκτίμησης στηρίζονται περισσότερο στα σχόλια κειμένου από ότι στις

αριθμητικές εκτιμήσεις. Αυτό τις καθιστά ακατάλληλες για χρήση στις κοινότητες πρακτόρων λογισμικού όπου η αγορά και η πώληση εκτελείται από τα αυτοματοποιημένα προγράμματα λογισμικού.

Πολλές από αυτές τις ανεπάρκειες δεν υφίστανται σε περιπτώσεις όπου οι εκτιμήσεις είναι βασισμένες σε αντικειμενικά μετρήσιμα χαρακτηριστικά (π.χ. αρχεία έγκαιρων αναχωρήσεων και αφίξεων των αερογραμμών, αριθμός περιστατικών χαμένων αποσκευών ανά μήνα κ.λπ.). Σε τέτοιου είδους περιπτώσεις, οι απλές αποθήκες εκτιμήσεων μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικές.

3.4.3. Εξειδικευμένοι Ιστοτόποι Αξιολόγησης

Αυτού του είδους τα συστήματα συστάσεων διαθέτουν εμπιστευμένους και πεπειραμένους ειδικούς αξιολόγησης οι οποίοι έπειτα συμμετέχουν αυτοπροσώπως σε συναλλαγές με διάφορους φορείς παροχής υπηρεσιών και έπειτα δημοσιεύουν τις εξειδικευμένες εκτιμήσεις τους. Άλλοι χρήστες χρησιμοποιούν έπειτα αυτές τις εκτιμήσεις ως βάση για διαμόρφωση της δικής τους αξιολόγησής της εμπιστοσύνης αυτών των φορέων παροχής υπηρεσιών. Μια επισκόπηση των βασικότερων συστημάτων υπόληψης σε εξειδικευμένους ιστοτόπους αξιολόγησης δίνεται στην ενότητα 4.2.1.2. Άλλα παραδείγματα τέτοιου είδους εξειδικευμένων ιστοτόπων αξιολόγησης αποτελούν κριτικοί εστιατορίων (Zagat's²²), οίκοι αξιολόγησης πιστωτικής ικανότητας (Moody's²³) και επαγγελματικές αντιπροσωπείες αξιολόγησης ιστοτόπων ηλεκτρονικού εμπορίου, όπως η Gomez Advisors Inc.²⁴.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των συστημάτων συστάσεων που βασίζονται στους ειδικούς είναι ότι αντιμετωπίζουν επιτυχώς το πρόβλημα των ψεύτικων εκτιμήσεων που αναφέρθηκε παραπάνω. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ειδικοί είναι επαγγελματίες και καταβάλουν μεγάλη προσπάθεια για να χτίσουν και να διατηρήσουν την αξιοπιστία τους ως ανιδιοτελείς, δίκαιες πηγές απόψεων. Από

²² www.zagat.com

²³ www.moody.com

²⁴ www.gomez.com

την άλλη, τα βασισμένα στους ειδικούς συστήματα συστάσεων παρουσιάζουν ένα πλήθος μειονεκτημάτων, τα οποία οξύνονται περισσότερο στις on-line κοινότητες: Κατ' αρχάς, οι ειδικοί μπορούν μόνο να εξετάσουν μοναχά έναν σχετικά μικρό αριθμό φορέων παροχής υπηρεσιών. Χρόνος και κόστος περιλαμβάνονται στην εκτέλεση αυτών των δοκιμών και όσο πολυπληθέστερη και πιο ευμετάβλητη είναι μια κοινότητα, τόσο χαμηλότερο είναι το ποσοστό των πιστοποιημένων προμηθευτών. Δεύτερον, οι ειδικοί πρέπει να είναι σε θέση να αποκρύψουν επιτυχώς την ταυτότητά τους ειδάλλως υπάρχει ο κίνδυνος οι προμηθευτές να παράσχουν παράτυπα υψηλό επίπεδο υπηρεσιών στον ειδικό με σκοπό τη λήψη καλών εκτιμήσεων. Τρίτον, οι ειδικοί είναι και αυτοί άτομα με τις προσωπικές τους προτιμήσεις τους, την δική τους κλίμακα εκτιμήσεων και γενικότερα με τα ιδιαίτερα στοιχεία της προσωπικότητάς τους τα οποία δεν είναι απαραίτητο ότι ταιριάζουν με τα αντίστοιχα στοιχεία οποιουδήποτε άλλου χρήστη του συστήματος. Οι μεμονωμένοι χρήστες των εξειδικευμένων ιστοτόπων αξιολόγησης πρέπει ακόμα να είναι σε θέση να μετρήσουν τις εξειδικευμένες συστάσεις, προκειμένου να παραχθεί η δική τους πιθανή αξιολόγησή. Τελευταία αλλά όχι ασήμαντο, οι ειδικοί χαρακτηριστικά βασίζουν τις εκτιμήσεις τους σε έναν πολύ μικρό αριθμό δειγματοληπτικών αλληλεπιδράσεων με τους φορείς παροχής υπηρεσιών (συνήα μάλιστα μόνο μία). Αυτό καθιστά τις εκτιμήσεις τους μια πολύ αδύνατη βάση για να μπορεί να υπολογιστεί από αυτήν η *κατανομή πιθανότητας* των χαρακτηριστικών της υπηρεσίας που προσφέρει ένας φορέας.

3.4.4. Συνεργατικά Συστήματα Φιλτραρίσματος

Οι συνεργατικές τεχνικές φιλτραρίσματος (Goldberg et al., 1992), (Resnick et al., 1994) (Shardanand και Maes, 1995) (Billsus και Pazzani, 1998) προσπαθούν να επεξεργαστούν τις απλές αξιολογήσεις που περιλαμβάνονται στις αποθήκες συστάσεων προκειμένου να βοηθήσουν τους αξιολογητές να στρέψουν την προσοχή τους μόνο σε ένα υποσύνολο εκείνων των εκτιμήσεων, οι οποίες είναι οι πλέον πιθανές να είναι χρήσιμες σε αυτούς. Η βασική ιδέα πίσω από το συνεργατικό φιλτράρισμα είναι να χρησιμοποιηθούν οι προηγούμενες εκτιμήσεις που υποβάλλονται από έναν χρήστη A ως βάση για τον εντοπισμό άλλων

χρηστών B, Γ,... των οποίων εκτιμήσεις είναι πιθανό να είναι οι περισσότερο χρήσιμες στο χρήστη A με σκοπό να προβλεφθεί επιτυχώς η υπόληψη κάποιου άλλου χρήστη υπό την υποκειμενική σκοπιά του A. Υπάρχουν διάφορες σχετικές τεχνικές:

- **Οι προσεγγίσεις ταξινόμησης ή συστάδων** στηρίζονται στην υπόθεση ότι οι κοινότητες των πρακτόρων διαμορφώνουν ένα σχετικά μικρό σύνολο συστάδων προτίμησης, με την ιδιότητα ότι οι εκτιμήσεις των πρακτόρων της ίδιας συστάδας για παρόμοια πράγματα είναι πολύ παρόμοιες η μία με την άλλη. Επομένως, εάν η συστάδα προτίμησης ενός χρήστη A μπορεί να προσδιοριστεί, τότε οι εκτιμήσεις των άλλων μελών εκείνης της συστάδας μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν ως στατιστικά δείγματα για τον υπολογισμό της υπόληψης ενός άλλου χρήστη από την προοπτική του A .

Το πρόβλημα του προσδιορισμού της ορθής συστάδας προτίμησης για έναν δεδομένο πράκτορα εκφυλίζεται στο πολύ μελετημένο πρόβλημα της συγκέντρωσης ταξινόμησης/στοιχείων (Kaufman και Rousseeuw, 1990), (Jain, Murty και Flynn, 1999), (Gordon, 1999). Οι ερευνητές που μελετούν τα συνεργατικά συστήματα φιλτραρίσματος έχουν πειραματιστεί με μια ποικιλία προσεγγίσεων, βασισμένων στα στατιστικά μέτρα ομοιότητας (Resnick et al., 1994), (Bresee, Heckerman και Kadie, 1998) καθώς επίσης και στις τεχνικές εκμάθησης μηχανών (Billsus και Pazzani, 1998).

- **Οι προσεγγίσεις γραμμικής παλινδρόμησης** στηρίζονται στην υπόθεση ότι οι εκτιμήσεις ενός πράκτορα A μπορούν συχνά να σχετίζονται με τις εκτιμήσεις ενός άλλου πράκτορα B μέσω μιας γραμμικής σχέσης. Αυτή η υπόθεση παρακινείται από την πεποίθηση, που είναι ευρέως αποδεκτή από τους οικονομολόγους (Aggow, 1963), (Sen, 1986) ότι, ακόμα και όταν οι πράκτορες έχουν παρόμοιες προτιμήσεις, η εσωτερική κλίμακα αξιών του ενός χρήστη δεν είναι συγκρίσιμη με την κλίμακα αξιών ενός άλλου χρήστη. Σύμφωνα με αυτήν την πεποίθηση, σε μια δεδομένη κοινότητα ο αριθμός των αυστηρώς κοντινών γειτόνων θα είναι πολύ περιορισμένος ενώ η υπόθεση της γραμμικής παλινδρόμησης ανοίγει τη δυνατότητα της χρησιμοποίησης συστάσεων από έναν πολύ μεγαλύτερο αριθμό πρακτόρων ως βάση για τον υπολογισμό της

υπόληψης ενός πράκτορα. Σε αυτήν την περίπτωση, απαιτείται μόνο να υπολογίσουμε τις παραμέτρους της γραμμικής σχέσης για κάθε ζευγάρι πρακτόρων.

Το πρόβλημα του υπολογισμού αυτών των παραμέτρων εκφυλίζεται στο ευρέως μελετημένο πρόβλημα της γραμμικής παλινδρόμησης. Υπάρχει μια τεράστια βιβλιογραφία στο θέμα και πολλές αποδοτικές τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν στο πλαίσιο της εμπιστοσύνης (Malinvaud, 1966), (Pindyck και Rubinfeld, 1981).

3.4.5. Προβλήματα από τον Υπολογισμό Συναθροιστικών Μετρικών Υπόληψης

Τα περισσότερα συνεργατικά συστήματα φιλτραρίσματος δεν υπολογίζουν απλά τις ομοιότητες ή τους συντελεστές παλινδρόμησης μεταξύ των αξιολογήσεων των χρηστών. Πηγαίνουν περαιτέρω και υπολογίζουν συναθροιστικές μετρικές, οι οποίες προορίζονται να ερμηνευθούν σαν εκτιμήσεις της υπόληψης ενός χρήστη.

Οι συχνότερα απαντώμενες συναθροιστικές μετρικές έχουν τη μορφή ενός ζυγισμένου μέσου όρου των μεμονωμένων αξιολογήσεων. Οι διαφορετικές προτεινόμενες προσεγγίσεις χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού των βαρών. Παραδείγματος χάριν, οι (Resnick et al., 1994) προτείνουν τη χρήση του συντελεστή συσχετισμού *PEARSON*, ενώ οι (Bresee, Heckerman και Kadie 1998) πρότειναν τη χρήση μετρικών διανυσματικής ομοιότητας καθώς επίσης και διάφορες ευριστικά προερχόμενες ρυθμίσεις στα βάρη.

Ο υπολογισμός των συναθροιστικών μετρικών της υπόληψης είναι χρήσιμος επειδή μειώνει το υπολογιστικό φορτίο στην πλευρά των πρακτόρων. Εντούτοις, πιστεύουμε ότι, στην τρέχουσα γενιά συστημάτων, αυτή η προσέγγιση είναι συχνά μια παραπλανητική και επικίνδυνη είσοδος για την οικοδόμηση της εμπιστοσύνης. Καταρχήν, όπως επισημαίνεται από τους (Billsus και Pazzani, 1998), οι περισσότερες από τις προτεινόμενες αυτήν την περίοδο συναθροιστικές μετρικές εμπιστοσύνης δεν υποστηρίζονται από μια στερεή θεωρία της υπόληψης

και της εμπιστοσύνης. Για παράδειγμα, ένας σταθμισμένος μέσος όρος των μεμονωμένων εκτιμήσεων όπου τα βάρη είναι οι συντελεστές συσχετισμού δεν έχει άμεση ανταπόκριση σε οποιοδήποτε σχετικό με την εμπιστοσύνη θέμα.. Επιπλέον, ο υπολογισμός των επιπέδων εμπιστοσύνης, είτε απόλυτων είτε σχετικών, απαιτεί τη γνώση ολόκληρης της *κατανομής* εμπιστοσύνης - υπόληψης. Μια ενιαία κλιμακωτή συναθροιστική μετρική είναι συνήθως μη ικανοποιητική για την περιγραφή μιας κατανομής εκτός από πολύ ειδικές περιπτώσεις, όπως η κατανομή δυαδικών ιδιοτήτων, ή κανονικές κατανομές όπου η διασπορά θεωρείται να είναι κατά προσέγγιση η ίδια σε όλο τον πληθυσμό των χρηστών.

3.5. Μηχανισμοί Υπολογισμού Υπόληψης

Από τη σκοπιά του εξαρτώμενου μέλους, τα αποτελέσματα εμπιστοσύνης και υπόληψης μπορούν να υπολογιστούν με βάση την ίδια εμπειρία, τις συστάσεις από δεύτερο χέρι, ή από έναν συνδυασμό και των δύο. Στην επαγγελματική γλώσσα της οικονομικής θεωρίας, ο όρος *ιδιωτικές πληροφορίες* χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις πληροφορίες από πρώτο χέρι που αποκτιούνται ως αποτέλεσμα άμεσης εμπειρίας, και ο όρος *δημόσιες πληροφορίες* χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις δημόσια διαθέσιμες πληροφορίες από δεύτερο χέρι, δηλ. πληροφορίες που λαμβάνονται από τρίτους.

Τα συστήματα υπόληψης τυπικά βασίζονται στις δημόσιες πληροφορίες προκειμένου να απεικονίσουν την άποψη της κοινότητας γενικά, ισχυρισμός που συμφωνεί με τον ορισμό της υπόληψης των (Josang, Ismail και Boyd, 2007) που αναφέρθηκε προηγουμένως στην ενότητα 3.1 Ένα συμβαλλόμενο μέρος που στηρίζεται στο αποτέλεσμα υπόληψης κάποιου μακρινού συμβαλλόμενου μέρους, εμπιστεύεται στην πραγματικότητα εκείνο το συμβαλλόμενο μέρος μέσω της *μεταβατικότητας της εμπιστοσύνης* (Josang και Pope, 2005).

Μερικά συστήματα λαμβάνουν τόσο τις δημόσιες όσο και τις ιδιωτικές πληροφορίες ως είσοδο. Οι ιδιωτικές πληροφορίες, π.χ. ως αποτέλεσμα της

προσωπικής εμπειρίας, κανονικά θεωρούνται πιο αξιόπιστες από τις δημόσιες πληροφορίες, από ότι οι εκτιμήσεις από τους τρίτους.

Αυτή η ενότητα περιγράφει διάφορες αρχές για τον υπολογισμό μετρικών υπόληψης και εμπιστοσύνης. Μερικές από τις αρχές αυτές χρησιμοποιούνται σε εμπορικές εφαρμογές, ενώ άλλες έχουν απλά προταθεί από την ακαδημαϊκή κοινότητα.

3.5.1. Απλή Άθροιση ή Υπολογισμός Μέσης Τιμής

Η απλούστερη μορφή υπολογισμού των αποτελεσμάτων υπόληψης είναι απλά να αθροιστεί ο αριθμός από τις θετικές εκτιμήσεις και τις αρνητικές εκτιμήσεις χωριστά, και για να κρατηθεί ένα συνολικό αποτέλεσμα σαν θετικό αποτέλεσμα μείον το αρνητικό αποτέλεσμα. Αυτή είναι η αρχή που χρησιμοποιείται στη μηχανή υπόληψης του eBay (βλέπε ενότητα 4.2.1.1.1), που περιγράφεται λεπτομερώς από τους (Resnick και Zeckhauser, 2002). Το πλεονέκτημα είναι ότι ο καθένας μπορεί να καταλάβει την αρχή πίσω από το αποτέλεσμα υπόληψης, το μειονέκτημα όμως είναι ότι είναι αρκετά απλοϊκή και επομένως δίνει μια φτωχή εικόνα των αποτελεσμάτων υπόληψης των συμμετεχόντων όσο αν και αυτό οφείλεται επίσης στον τρόπο που παρέχονται οι αξιολογήσεις (περιγράφεται κατόπιν στις ενότητες 3.6.1 και 3.6.2).

Ένα ελαφρώς πιο προηγμένο σχήμα υπολογισμού που προτείνεται π.χ. από τους (Schneider et al., 2000) είναι να υπολογιστεί το αποτέλεσμα υπόληψης ως μέσος όρος όλων των αξιολογήσεων, και αυτή η αρχή χρησιμοποιείται στα συστήματα υπόληψης πολυάριθμων εμπορικών ιστοχώρων, όπως το Epinions και το Amazon που περιγράφονται στις ενότητες 4.2.1.6.1 και 4.2.1.6.3 αντίστοιχα.

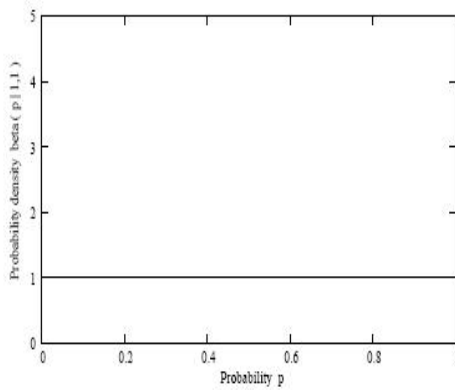
Τα προηγμένα μοντέλα σε αυτήν την κατηγορία υπολογίζουν έναν σταθμισμένο μέσο όρο όλων των αξιολογήσεων, όπου το βάρος που δίνεται σε μια αξιολόγηση, μπορεί να καθοριστεί από παράγοντες όπως η αξιοπιστία/υπόληψη του αξιολογητή, το χρονικό διάστημα που έχει παρέλθει από τότε που έγινε η

εκτίμηση, η απόσταση μεταξύ της εκτίμησης και του τρέχοντος αποτελέσματος υπόληψης κ.λπ.

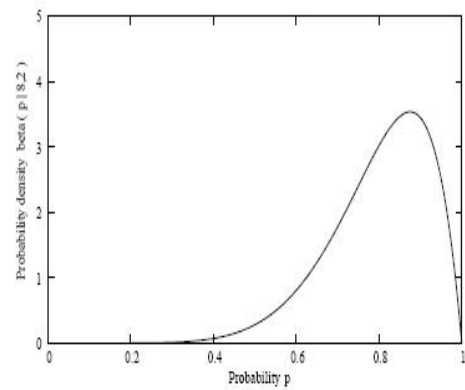
3.5.2. Bayesian Συστήματα

Τα Bayesian συστήματα δέχονται δυαδικές εκτιμήσεις ως είσοδο (δηλ. θετικές ή αρνητικές), και υπολογίζουν τα αποτελέσματα υπόληψης με στατιστικές ενημερώσεις της συνάρτησης κατανομής πυκνότητας πιθανότητας (Possibility Density Function - PDF). Το *a posteriori* (δηλ. το ενημερωμένο) αποτέλεσμα υπόληψης υπολογίζεται με το συνδυασμό του *a priori* (δηλ. του προηγούμενου) αποτελέσματος υπόληψης με την καινούργια αξιολόγηση (Jøsang και Ismail, 2002; Mui, Mohtashemi και Ang, 2001; Mui et al., 2001; Mui, Mohtashemi και Halberstadt, 2002; Withby, Jøsang και Indulska, 2005). Το αποτέλεσμα υπόληψης μπορεί να αντιπροσωπευθεί υπό μορφή ζεύγους παραμέτρων beta PDF (α , β) (όπου το α και το β αντίστοιχα αντιπροσωπεύουν την ποσότητα των θετικών και αρνητικών εκτιμήσεων αντίστοιχα). Το πλεονέκτημα των Bayesian συστημάτων είναι ότι παρέχουν μια θεωρητικά συμπαγή βάση για τον υπολογισμό αποτελεσμάτων υπόληψης, και το μόνο μειονέκτημα είναι ότι μπορεί να είναι εξαιρετικά πολύπλοκα για γίνουν αντιληπτά από τον μέσο άνθρωπο.

Από τα δύο κάτωθι διαγράμματα είναι δυνατόν να κατανοήσει κάποιος ευκολότερα τον τρόπο λειτουργίας αυτών των συστημάτων. Στο πρώτο διάγραμμα της Εικόνα 3.3 φαίνεται ότι η *a priori* κατανομή είναι η ομοιόμορφη συνάρτηση κατανομής πυκνότητας πιθανότητας beta (beta PDF) με $\alpha=1$ και $\beta=1$, που ισχύει όταν τίποτα δεν είναι γνωστό. Κατόπιν, μετά από την παρατήρηση x θετικών και y αρνητικών εκβάσεων, η *a posteriori* κατανομή είναι η συνάρτηση κατανομής πυκνότητας πιθανότητας beta (beta PDF) με $\alpha=x+1$ και $\beta=y+1$. Παραδείγματος χάριν, η beta PDF μετά από την παρατήρηση 7 θετικών και 1 αρνητικής έκβασης απεικονίζεται στο δεύτερο διάγραμμα της Εικόνα 3.3.



α) Uniform PDF beta (p|1,1)



β) PDF beta (p|8,2)

Εικόνα 3.3. Παραδείγματα beta συναρτήσεων κατανομής πυκνότητας πιθανότητας

Μια κατανομή πυκνότητας πιθανότητας αυτού του τύπου εκφράζει την αβέβαιη πιθανότητα ότι οι μελλοντικές αλληλεπιδράσεις θα είναι θετικές. Φαίνεται πιο εύρηστο και φυσικό να ορίσουμε το αποτέλεσμα υπόληψης ως συνάρτηση της προσδοκώμενης αξίας σύμφωνα με τον εξής τύπο $E(p) = \alpha / (\alpha + \beta)$ (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007). Η πιθανότητα της προσδοκώμενης αξίας σύμφωνα με αυτόν τον τύπο για την beta PDF του δεύτερου διαγράμματος είναι $E(p) = 8 / (8 + 2) = 0,8$. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί λέγοντας ότι η σχετική συχνότητα μιας θετικής εκβάσεως στο μέλλον είναι κάπως αβέβαιη, και ότι η πλέον πιθανή τιμή είναι 0,8,

3.5.3. Διακριτά Μοντέλα Εμπιστοσύνης

Οι άνθρωποι είναι συχνά ικανότεροι στην αξιολόγηση της απόδοσης με τη χρήση διακριτών λεκτικών δηλώσεων, από ότι συνεχών μετρικών. Αυτό ισχύει επίσης για τον καθορισμό των μετρικών εμπιστοσύνης, και μερικοί ερευνητές, συμπεριλαμβανομένων των (Abdul-Rahman και Hailes, 2000; Cahill et al., 2003; Carbone, Nielsen και Sassone, 2003; Manchala, 1998) έχουν προτείνει διακριτά μοντέλα εμπιστοσύνης.

Παραδείγματος χάριν, στο μοντέλο εμπιστοσύνης των (Abdul-Rahman και Hailes, 2000) που περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω στην ενότητα 4.3.1.1, η αξιοπιστία ενός πράκτορα X μπορεί να αναφερθεί ως *Πολύ Αξιοπίστη*, *Αξιοπίστη*, *Αναξιοπίστη* και *Πολύ Αναξιοπίστη*. Το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος μπορεί έπειτα να εφαρμόσει την δική του αντίληψή σχετικά με την αξιοπιστία του

αναφερθέντος πράκτορα πριν λάβει υπόψη του την αναφορά. Οι πίνακες αναφοράς, με τις καταχωρήσεις για την αναφερόμενη εμπιστοσύνη και την παραπομπή του αναφερόμενου μέρους για υποβάθμιση ή αναβάθμιση, χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την παραγόμενη εμπιστοσύνη στον X . Όποτε το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος είχε άμεση προσωπική εμπειρία με τον πράκτορα X , αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει την αξιοπιστία του αναφορέα. Η υπόθεση είναι ότι η προσωπική εμπειρία αντανάκλα την πραγματική αξιοπιστία του X και ότι οι αναφορές για το X που διαφέρουν από την προσωπική εμπειρία δείχνουν εάν ο αναφορέας υποτιμά ή υπερτιμά. Αναφορές από έναν αναφορέα που βρίσκεται να υπερτιμά θα υποτιμούνται, και αντίστροφα.

Το μειονέκτημα των διακριτών μετρικών είναι ότι δεν μπορούν εύκολα να βασιστούν σε στέρεες υπολογιστικές αρχές. Αντί αυτού, ευρεστικοί μηχανισμοί πρέπει να χρησιμοποιηθούν όπως οι πίνακες αναφοράς/αναζήτησης.

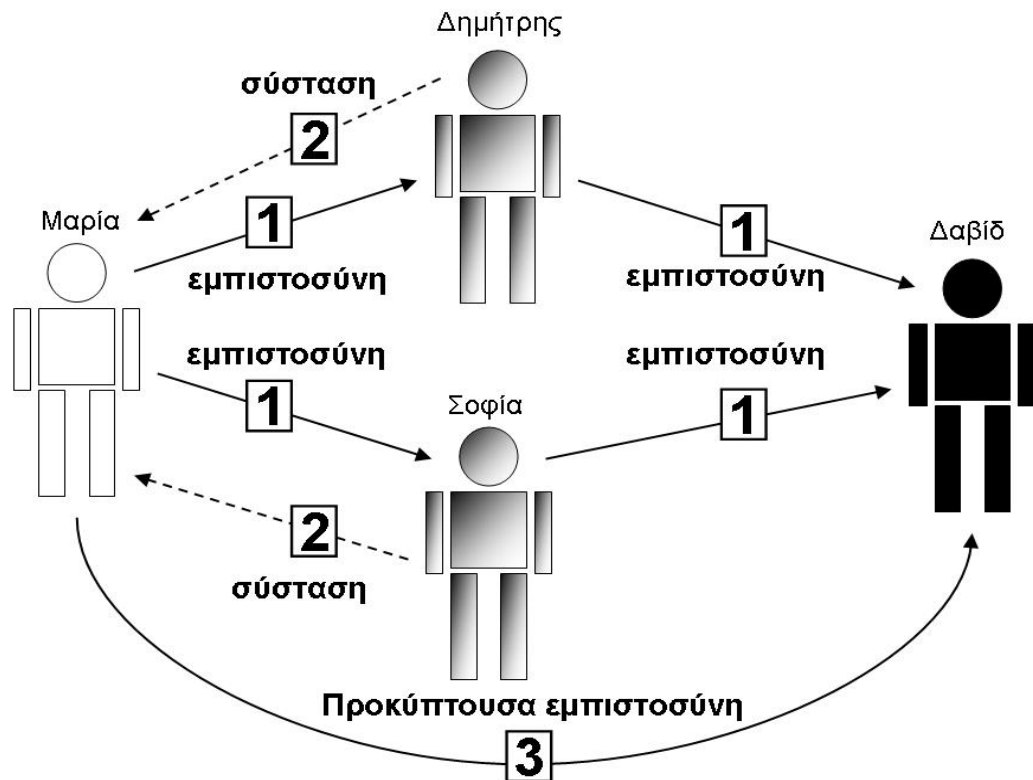
3.5.4. Μοντέλα Πεποίθησης

Η θεωρία πεποίθησης είναι ένα πλαίσιο σχετικό με τη θεωρία πιθανοτήτων, αλλά όπου το άθροισμα των πιθανοτήτων σε όλες τις πιθανές εκβάσεις δεν φτάνει απαραίτητα μέχρι το 1, και η εναπομένουσα πιθανότητα ερμηνεύεται ως αβεβαιότητα. Στις επόμενες παραγράφους αναλύονται δύο τέτοιοι μηχανισμοί. Για μία πιο αναλυτική περιγραφή ΣΔΕ που βασίζονται με μοντέλα πεποίθησης ο αναγνώστης παραπέμπεται στην ενότητα 4.2.3 ΣΔΕ Βασισμένα σε Μοντέλα Πεποίθησης

Ο (Josang, 1999B), (Josang και Knapskog, 1998 25 από 14) και (Josang, 2001) έχει προτείνει μια μετρική πεποίθησης/εμπιστοσύνης αποκαλούμενη *άποψη* που δηλώνεται ως εξής $\omega^A_X = (b,d,u,a)$, η οποία εκφράζει την πεποίθηση του εξαρτώμενου μέρους A στην αλήθεια της δήλωσης χ . Εδώ το b , το d , και το u αντιπροσωπεύουν την πεποίθηση, τη δυσπιστία και την αβεβαιότητα αντίστοιχα, όπου $b, d, u \in [0, 1]$ και $b + d + u = 1$. Η παράμετρος $a \in [0, 1]$, που καλείται σχετική ατομικότητα, αντιπροσωπεύει την πιθανότητα ρυθμού βάσης λόγω της

έλλειψης στοιχείων και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αξίας προσδοκίας πιθανότητας μιας άποψης $E(\omega^A_X) = b + au$, που σημαίνει ότι το a καθορίζει το πώς η αβεβαιότητα θα συμβάλει στο $E(\omega^A_X)$. Όταν η δήλωση X παραδείγματος χάριν λέει *Ο Νίκος είναι τίμιος και αξιόπιστος*, κατόπιν η άποψη αυτή μπορεί να ερμηνευθεί ως εμπιστοσύνη αξιοπιστίας στον Νίκο. Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι η Μαρία πρέπει να επισκευάσει το αυτοκίνητο της, και ζητά από τον Δημήτρη να της συστήσει ένα καλό μηχανικό αυτοκινήτων. Όταν ο Δημήτρης συστήνει τον Δαβίδ, η Μαρία θα επιθυμούσε να πάρει μια δεύτερη άποψη, έτσι ρωτά την Σοφία την άποψή της για το Δαβίδ. Αυτή η κατάσταση απεικονίζεται παρακάτω στην Εικόνα 3.4. Όταν η εμπιστοσύνη και οι αναφορές/συστάσεις εμπιστοσύνης εκφράζονται ως απόψεις, κάθε μεταβατική πορεία εμπιστοσύνης $Μαρία \rightarrow Δημήτρης \rightarrow Δαβίδ$ και $Μαρία \rightarrow Σοφία \rightarrow Δαβίδ$ μπορεί να υπολογιστεί με τον τελεστή *απόρριψης*, όπου η ιδέα είναι ότι οι αναφορές από τον Δημήτρη και τη Σοφία απορρίπτονται σαν συνάρτηση της εμπιστοσύνης της Μαρίας στον Δημήτρη και τη Σοφία αντίστοιχα. Τελικά τα δύο αυτά μονοπάτια μπορούν να συνδυαστούν χρησιμοποιώντας τον *τελεστή συναίνεσης*. Οι δύο αυτοί τελεστές σχηματίζουν μέρος της *Υποκειμενικής Λογικής* (Josang, 2001)²⁵, και σημασιολογικοί περιορισμοί πρέπει να ικανοποιούνται για να έχει νόημα η μεταβατική παραγωγή εμπιστοσύνης (Josang και Pope, 2005). Οι απόψεις μπορούν να αντιστοιχιστούν μεμονωμένα σε beta συναρτήσεις κατανομής πυκνότητας πιθανότητας (beta PDFs), και υπό αυτήν την αίσθηση ο τελεστής συναίνεσης είναι ισοδύναμος με την *Bayesian* ενημέρωση που περιγράφεται στην ενότητα 3.5.2. *Bayesian* Συστήματα. Συνεπώς αυτό το μοντέλο είναι ταυτόχρονα και βασισμένο στην πεποίθηση και *Bayesian*.

²⁵ Βλέπε ενότητα 4.2.3.1 Υποκειμενική Λογική του Josang



Εικόνα 3.4. Παράγοντας εμπιστοσύνη από παράλληλα μεταβατικά μονοπάτια εμπιστοσύνης

Οι (Yu και Singh, 2002) έχουν προτείνει τη χρήση της θεωρίας πεποίθησης για να αντιπροσωπεύσουν αποτελέσματα υπόληψης. Στο σχέδιό τους, δύο πιθανές εκβάσεις υποτίθενται, δηλαδή ότι ένας πράκτορας A είναι αξιόπιστος (τ_A) ή μη αξιόπιστος ($\neg \tau_A$), και χωριστές πεποιθήσεις κρατούνται για εάν ο A είναι αξιόπιστος ή όχι, που δηλώνονται ως $\mu(\tau_A)$ και $\mu(\neg \tau_A)$ αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα υπόληψης ενός πράκτορα A τότε ορίζεται ως:

$$\Gamma(A) = \mu(\tau_A) - \mu(\neg \tau_A) \text{ όπου } \mu(\tau_A), \mu(\neg \tau_A) \in [0, 1]$$

$$\text{και } \Gamma(A) \in [-1, 1] : \quad (3)$$

Χωρίς να μπούμε σε λεπτομέρειες (μια αναλυτική περιγραφή αυτού του μοντέλου των Yu και Singh παρέχεται παρακάτω στην ενότητα 4.2.3.2), οι αξιολογήσεις που παρέχονται από τους μεμονωμένους πράκτορες είναι μετρικές πεποίθησης καθορισμένες σαν συνάρτηση του ιστορικού των συμπεριφορών του A με μεμονωμένους πράκτορες ως αξιόπιστες ή μη αξιόπιστες, χρησιμοποιώντας τιμές κατώτατων ορίων (κατωφλίου) για αυτό που συνθέτει και αποτελεί αξιόπιστη και αναξιόπιστη συμπεριφορά. Αυτά τα μέτρα πεποίθησης συνδυάζονται έπειτα

χρησιμοποιώντας τον κανόνα του Dempster²⁶, και οι προκύπτουσες πεποιθήσεις τροφοδοτούνται στην εξίσωση από πάνω για να υπολογιστεί το αποτέλεσμα υπόληψης. Οι αξιολογήσεις θεωρούνται έγκυρες εάν είναι αποτέλεσμα μιας μεταβατικής αλυσίδας εμπιστοσύνης μήκους λιγότερου ή του ίσου ενός προκαθορισμένου ορίου.

3.5.5. Συγκεκριμένα Ασαφή Μοντέλα

Η εμπιστοσύνη και η υπόληψη μπορούν να αντιπροσωπευθούν ως γλωσσολογικά συγκεκριμένες έννοιες, όπου οι λειτουργίες ιδιότητας μέλους περιγράφουν σε ποιο βαθμό ένας πράκτορας μπορεί να περιγραφεί ως π.χ. αξιόπιστος ή μη αξιόπιστος. Η συγκεκριμένη λογική παρέχει κανόνες για συγκεκριμένες μετρικές αυτού του τύπου. Το σχέδιο που προτείνεται από τον (Manchala, 1998) καθώς επίσης και το σύστημα υπόληψης REGRET που προτείνεται από τους Sabater & Sierra (2001,2002) και περιγράφεται κατωτέρω στην ενότητα 4.3.2.3 ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Στο σχήμα των Sabater και Sierra, αυτό που αυτοί αποκαλούν *μεμονωμένη υπόληψη* προέρχεται από τις ιδιωτικές πληροφορίες για έναν δεδομένο πράκτορα, αυτό που αποκαλούν *κοινωνική υπόληψη* προέρχεται από τις δημόσιες πληροφορίες για έναν πράκτορα, και αυτό που αποκαλούν *εξαρτώμενη υπόληψη πλαισίου* προέρχεται από τις βασισμένες στα συμφραζόμενα πληροφορίες πλαισίου.

3.5.6. Μοντέλα Ροής

Συστήματα που υπολογίζουν την εμπιστοσύνη ή την υπόληψη από τη μεταβατική επανάληψη μέσω ανακυκλώσεων ή αυθαίρετα μακρών αλυσίδων μπορούν να καλούνται μοντέλα ροής.

Μερικά μοντέλα ροής υποθέτουν ένα σταθερό βάρος εμπιστοσύνης/υπόληψης για ολόκληρη την κοινότητα, και αυτό το βάρος μπορεί να διανεμηθεί μεταξύ των μελών της κοινότητας. Οι συμμετέχοντες μπορούν μόνο να αυξήσουν την

²⁶ Ο κανόνας του Dempster αποτελεί τον κλασικό τελεστή για τον συνδυασμό δεδομένων από διαφορετικές πηγές.

εμπιστοσύνη/υπόληψη τους εις βάρος των άλλων. Ο αλγόριθμος PageRank (Page et al., 1998) του Google που περιγράφεται παρακάτω στην ενότητα 4.2.1.4, ο αλγόριθμος Appleseed (Ziegler και Lausen, 2004) που περιγράφεται παρακάτω στην ενότητα 4.2.1.3 και το σχήμα υπόληψης Advogato (Levien, 2004,) που περιγράφεται στην ενότητα 4.2.1.2.1 ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Γενικά, η υπόληψη ενός συμμετέχοντος αυξάνει ως λειτουργία εισερχόμενης ροής, και μειώνεται σαν λειτουργία εξερχόμενης ροής. Στην περίπτωση του Google, πολλοί σύνδεσμοι υπερκειμένου που καταλήγουν σε μια ιστοσελίδα συμβάλλουν σε αυξανόμενο PageRank ενώ πολλοί σύνδεσμοι υπερκειμένου που ξεκινούν από μία ιστοσελίδα συμβάλλουν σε μειωμένο PageRank για εκείνη την ιστοσελίδα.

Τα μοντέλα ροής δεν απαιτούν πάντα το άθροισμα των αποτελεσμάτων υπόληψης/εμπιστοσύνης να είναι σταθερό. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το μοντέλο EigenTrust (βλέπε ενότητα 4.2.2.3), (Kamvar, Schlosser και Garcia-Molina, 2003) που υπολογίζει τα αποτελέσματα εμπιστοσύνης ενός πράκτορα στα δίκτυα ομότιμων κόμβων (P2P) μέσω επαναλαμβανόμενου και επαναληπτικού πολλαπλασιασμού και συνάθροισης των αποτελεσμάτων εμπιστοσύνης κατά μήκος των μεταβατικών αλυσίδων μέχρι τα αποτελέσματα εμπιστοσύνης για όλους τους πράκτορες που είναι μέλη της P2P κοινότητας να συγκλίνουν σε σταθερές τιμές.

3.6. Προβλήματα και Προτεινόμενες Λύσεις

Πολυάριθμα προβλήματα υπάρχουν σε όλα τα πρακτικά και ακαδημαϊκά συστήματα υπόληψης. Αυτή η ενότητα περιγράφει τα προβλήματα που έχουν αναφερθεί καθώς και μερικές προτεινόμενες λύσεις.

3.6.1. Χαμηλό Κίνητρο για την Παροχή Αξιολογήσεων

Οι αξιολογήσεις τυπικά παρέχονται αφότου έχει πραγματοποιηθεί μια συναλλαγή, και τα συναλλασσόμενα μέρη δεν έχουν συνήθως κανένα άμεσο κίνητρο για την παροχή κάποιας αξιολόγησης το ένα για το άλλο συμβαλλόμενο μέρος.

Παραδείγματος χάριν όταν η χωρητικότητα του φορέα παροχής υπηρεσιών περιορίζεται, οι συμμετέχοντες μπορούν να μην επιθυμούν να μοιραστούν τον πόρο με άλλους και επομένως να μην θέλουν να παρέχουν αναφορές σχετικά με την υπηρεσία. Ένα άλλο παράδειγμα είναι όταν οι αγοραστές παρακρατούν τις αρνητικές αξιολογήσεις επειδή είναι ήδη αρκετά απογοητευμένοι από τη συναλλαγή, ή επειδή φοβούνται την ανταπόδοση από τον πωλητή. Ακόμη και όταν δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος λόγος για την μη παροχή μιας αξιολόγησης, ο αξιολογητής δεν επωφελείται άμεσα από την παροχή μιας αξιολόγησης. Ουσιαστικά η παροχή αξιολογήσεων αποτελεί μια υπηρεσία προς την κοινότητα που τις περισσότερες φορές γίνεται ανιδιοτελώς.

Παρόλα αυτά πολλοί παρέχουν αξιολογήσεις. Στη μελέτη τους, οι (Resnick και Zeckhauser, 2002) βρήκαν ότι το 60,7% των αγοραστών και το 51,7% των πωλητών του eBay παρείχαν αξιολογήσεις οι μεν για του δε. Πιθανές εξηγήσεις για αυτές τις σχετικά υψηλές τιμές θα μπορούσαν για παράδειγμα να είναι ότι η παροχή αμοιβαίων αξιολογήσεων είναι απλά μια έκφραση ευγένειας. Εντούτοις η έλλειψη κινήτρων για την παροχή αξιολογήσεων είναι ένα γενικό πρόβλημα, που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή και η λύση του μπορεί να απαιτεί συγκεκριμένους μηχανισμούς κινήτρου. Οι (Miller, Resnick, και Zeckhauser, 2003) έχουν προτείνει ένα σχέδιο για την συγκέντρωση τίμιων και ειλικρινών ανατροφοδοτήσεων με βάση οικονομικές ανταμοιβές. Οι (Jurca και Faltings, 2003) έχουν προτείνει έναν παρόμοιο μηχανισμό κινήτρου για την παροχή των ειλικρινών εκτιμήσεων βασισμένων σε πληρωμές.

3.6.2. Τάση προς Θετική Αξιολόγηση

Υπάρχει συχνά μια θετική προκατάληψη κατά την παροχή των αξιολογήσεων. Στην μελέτη τους οι (Resnick και Zeckhauser, 2002), διαπίστωσαν ότι μόνο το 0,6% όλων των εκτιμήσεων που προέρχονταν από αγοραστές και μόνο το 1,6% όλων των εκτιμήσεων που προέρχονταν από πωλητές ήταν αρνητικές, ποσοστό το οποίο φαίνεται πάρα πολύ χαμηλό για να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Οι πιθανές εξηγήσεις για την τάση προς θετικές αξιολογήσεις είναι ότι αυτές αντιπροσωπεύουν απλά μια αμοιβαία ανταλλαγή ευγενικών ενεργειών μεταξύ

των συναλλασσόμενων μερών (Resnick και Zeckhauser, 2002), ότι οι θετικές εκτιμήσεις δίνονται με την ελπίδα να παρθεί μια θετική εκτίμηση σε αντάλλαγμα (Chen και Singh, 2001) ή εναλλακτικά ότι οι αρνητικές εκτιμήσεις αποφεύγονται λόγω του φόβου αρνητικής ανταπόδοσης από το άλλο συμβαλλόμενο μέρος (Resnick και Zeckhauser, 2002). Άλλωστε, κανένας δεν πρόκειται να προσβληθεί από μια άδικα θετική εκτίμηση. Αντιθέτως οι άδικα αρνητικές εκτιμήσεις εμπεριέχουν τον κίνδυνο πρόκλησης αρνητικής ανταπόδοσης ή ακόμα και μήνυσης.

Μια προφανής μέθοδος για την αποφυγή της θετικής προκατάληψης αποτελεί η παροχή ανώνυμων αναθεωρήσεων. Ένα κρυπτογραφικό μοντέλο για τις ανώνυμες εκτιμήσεις προτείνεται από τους (Ismail et al., 2003).

3.6.3. Άδικες Αξιολογήσεις

Η πιθανότητα ότι ορισμένοι αξιολογητές θα παρέχουν άδικες, δηλαδή σκοπίμως λανθασμένες αξιολογήσεις αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις αν όχι τη σημαντικότερη στα συστήματα διαχείρισης υπόληψης²⁷ (Dellarocas, 2002 18). Η εύρεση τρόπων και μεθόδων για την αποφυγή ή την άμβλυνση των επιπτώσεων από τις άδικα θετικές ή άδικα αρνητικές αξιολογήσεις είναι ένα θεμελιώδες πρόβλημα στα συστήματα υπόληψης όπου οι εκτιμήσεις από άλλους λαμβάνονται υπόψη. Αυτό ισχύει επειδή το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος δεν μπορεί να ελέγξει την ειλικρίνεια και την αντικειμενικότητα των αξιολογήσεων όταν αυτές παρέχονται σε υποκειμενική βάση. Το πρόβλημα των άδικων αξιολογήσεων συνδέεται πολύ στενά με τα προβλήματα του *γεμίσματος της κάλπης* και της *συκοφάντησης*, όπως αναφέρουμε και παρακάτω στην ενότητα 3.6.7 όπου και περιγράφονται λεπτομερώς τα δύο αυτά προβλήματα .

Προτάσεις ερευνητών για πιθανές μεθόδους που μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα περιλαμβάνουν αυτές των (Aberer και Despotovic, 2001; Buchegger και Le Boudec, 2003A; Chen και Singh, 2001; Cornelli et al., 2002;

²⁷ Σύμφωνα με τον (Dellarocas, 2002), η άλλη σημαντική πρόκληση στα συστήματα διαχείρισης υπόληψης είναι η ανάγκη που αντιμετωπίζει κάθε χρήστης για μετάφραση των αξιολογήσεων άλλων χρηστών στο δικό του σύστημα αξιών (βλέπε ενότητες 3.4.1, 3.4.2)

Damiani et al., 2002; Dellarocas, 2000; Miller, Resnick και Zeckhauser, 2003; Sen και Sajja, 2002; Withby, Jøsang και Indulska, 2005; Yu και Singh, 2000; Yu και Singh, 2002). Οι μέθοδοι για την εξομάλυνση των συνεπειών από τις άδικες εκτιμήσεις μπορούν ευρέως να ομαδοποιηθούν στις δύο κατηγορίες που περιγράφονται κατωτέρω.

3.6.3.1. Ενδογενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων

Αυτή η κατηγορία καλύπτει τις μεθόδους, που αποκλείουν ή δίνουν χαμηλό βάρος σε θεωρούμενες ως άδικες εκτιμήσεις, βασισμένες στην ανάλυση και τη σύγκριση των ίδιων των τιμών των αξιολογήσεων. Η υπόθεση είναι ότι οι άδικες εκτιμήσεις μπορούν να αναγνωριστούν από τις στατιστικές τους ιδιότητές.

Ο (Dellarocas, 2000) και οι (Withby, Jøsang και Indulska, 2005) έχουν προτείνει δύο διαφορετικά σχήματα για την ανίχνευση και τον αποκλεισμό των εκτιμήσεων που είναι πιθανό να είναι άδικες όταν κρίνονται βάση στατιστικής ανάλυσης. Οι (Chen και Singh, 2001) έχουν προτείνει ένα σχήμα που χρησιμοποιεί στοιχεία από συνεργατικά συστήματα φιλτραρίσματος που αποσκοπεί στην ομαδοποίηση των αξιολογητών σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που δίνουν στα ίδια αντικείμενα.

3.6.3.2. Εξωγενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων

Αυτή η κατηγορία καλύπτει τις μεθόδους όπου η εξωτερικά καθορισμένη υπόληψη του αξιολογητή χρησιμοποιείται για να καθορίσει το βάρος που δίνεται στις εκτιμήσεις. Η υπόθεση είναι ότι οι αξιολογητές με χαμηλή υπόληψη είναι οι περισσότερο πιθανοί να δώσουν τις άδικες εκτιμήσεις και αντίστροφα.

Οι ιδιωτικές πληροφορίες, αυτές δηλαδή που έχουν ληφθεί ως αποτέλεσμα προσωπικής εμπειρίας φυσιολογικά θεωρούνται πιο αξιόπιστες από τις δημόσιες πληροφορίες όπως οι εκτιμήσεις από τρίτους. Εάν το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος διαθέτει ιδιωτικές πληροφορίες, τότε αυτές οι πληροφορίες μπορούν να συγκριθούν με τις δημόσιες πληροφορίες προκειμένου να δοθεί μια ένδειξη της αξιοπιστίας των δημόσιων πληροφοριών.

Οι (Buchegger και Boudec, 2003A) έχουν προτείνει ένα σχήμα που βασίζεται σε έναν Bayesian μηχανισμό υπόληψης και μια δοκιμή απόκλισης που χρησιμοποιείται για να ταξινομήσει τους αξιολογητές ως αξιόπιστους ή αναξιόπιστους. Οι (Cornelli et al., 2002) έχουν περιγράψει ένα σχήμα υπόληψης για να χρησιμοποιηθεί πάνω από το P2P δίκτυο Gnutella. Οι (Ekstrom και Bjornsson, 2002) έχουν προτείνει ένα σχέδιο και δημιουργήσει ένα πρωτότυπο αποκαλούμενο TrustBuilder για την αξιολόγηση των υπερβολών στη βιομηχανία κατασκευής εφαρμοσμένης μηχανικής αρχιτεκτονικής (AEC). Οι (Yu και Singh, 2003) έχουν προτείνει τη χρήση μια παραλλαγής του αλγορίθμου σταθμισμένης πλειοψηφίας (Littlestone και Warmuth, 1994) για να καθορίσει τα βάρη που δίνονται σε κάθε αξιολογητή.

3.6.4. Αλλαγή Ταυτότητας

Τα συστήματα υπόληψης είναι βασισμένα στην υπόθεση ότι οι ταυτότητες και τα ψευδώνυμα ή τα ονόματα χρηστών έχουν μακρά διάρκεια ζωής, επιτρέποντας στις εκτιμήσεις από το παρελθόν για ένα συγκεκριμένο συμβαλλόμενο μέρος για να αφορούν το ίδιο συμβαλλόμενο μέρος και στο μέλλον. Σε περίπτωση που ένα συμβαλλόμενο μέρος έχει υποστεί σημαντική απώλεια υπόληψης, πιθανότατα θα είναι προς το συμφέρον του να αλλαχτεί η ταυτότητα ή το ψευδώνυμο του προκειμένου να αποκοπεί από τις παρελθούσες ενέργειες του και να ξεκινήσει να χτίζει ξανά την υπόληψη του από την αρχή. Εντούτοις, αυτή η πρακτική δεν είναι προς το γενικό συμφέρον της κοινότητας (Friedman και Resnick, 2001) και πρέπει να αποτρέπεται ή να αποθαρρύνεται. Μελετητές που έχουν προτείνει μεθόδους για να αντιμετωπιστεί αυτή η πρακτική είναι οι (Zacharia, Moukas και Maes, 1999).

Το σχήμα υπόληψης τους, που καλούμε ZMM²⁸ χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια των ετών 1996-1999 στο βασισμένο στο Kasbah σύστημα συναλλαγής πολύ-πρακτόρων του MIT C2C. Με την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής, αμφότερα τα συμβαλλόμενα μέρη ήταν σε θέση να εκτιμήσουν πόσο καλά

²⁸ Η ονομασία του συστήματος ZMM προκύπτει από τα αρχικά των ονομάτων τους.

συμπεριφέρθηκε το άλλο συμβαλλόμενο μέρος. Οι πράκτορες Kasbah χρησιμοποιούσαν το προκύπτον αποτέλεσμα υπόληψης κατά διαπραγμάτευση μελλοντικών συναλλαγών. Ένας κύριος στόχος στο σχεδιασμό του ZMM σχήματος ήταν να αποθαρρυνθούν οι χρήστες από τις μεταβαλλόμενες ταυτότητες, και το ZMM σχήμα σχεδιάστηκε σκοπίμως να τιμωρεί τους νεοφερμένους. Ωστόσο αυτή η προσέγγιση έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να είναι δύσκολο να γίνει η διάκριση μεταξύ καλών και κακών νεοφερμένων.

3.6.5. Διακυμάνσεις στη Ποιότητα στη Διάρκεια του Χρόνου

Στις πραγματικές εμπορικές κοινότητες, οι πωλητές μπορούν να μεταβάλουν την ποιότητα υπηρεσιών τους κατά τη διάρκεια του χρόνου, βελτιώνοντας τη, επιδεινώνοντας τη, ή και ακόμα ταλαντεύοντας την μεταξύ φάσεων βελτίωσης και φάσεων επιδείνωσης. Στη γόνιμη ανάλυσή του των οικονομικών αποτελεσμάτων της υπόληψης, ο (Shapiro, 1982) απέδειξε ότι, σε τέτοια περιβάλλοντα, ο οικονομικότερα αποδοτικός τρόπος υπολογισμού της υπόληψης ενός πωλητή (δηλ. ο τρόπος που προτρέπει τον πωλητή για να παραγάγει στο υψηλότερο επίπεδο ποιότητας) είναι ο μέσος όρος των πρόσφατων εκτιμήσεων απορρίπτοντας τις παλαιότερες. Ο Shapiro πήγε ακόμα περαιτέρω για να αποδείξει ότι η αποδοτικότητα είναι υψηλότερη (1) όσο υψηλότερο είναι το βάρος που τοποθετείται στις πρόσφατες ποιοτικές εκτιμήσεις και (2) όσο υψηλότερος είναι ο παράγοντας απόρριψης των παλαιότερων εκτιμήσεων.

Η οικονομική θεωρία υποδεικνύει ότι υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ του κόστους οικοδόμησης μιας καλής υπόληψης και του οικονομικού οφέλους που προκύπτει από αυτήν, οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο σε μια ισορροπία (Kreps και Wilson, 1982; Schiff και Kennes, 2003). Οι διακυμάνσεις στην ποιότητα των υπηρεσιών ή των αγαθών μπορούν να είναι αποτέλεσμα των σκόπιμων διοικητικών αποφάσεων ή ανεξέλεγκτων παραγόντων, και ανεξαρτήτου αιτίας, οι μεταβολές στην ποιότητα θα οδηγήσουν αναπόφευκτά σε διακυμάνσεις στη φήμη.

Αν και μια θεωρητική ισορροπία υπάρχει, πάντα θα υπάρχουν διακυμάνσεις και είναι πιθανό να χαρακτηρίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι ταλαντώσεις

μπορούν να αποφευχθούν (Shapiro, 1982) ή να συγκλίνουν προς την ισορροπία (Huberman και Wu, 2003). Ειδικότερα, η απόρριψη του παρελθόντος φαίνεται να είναι μια συνθήκη για τη σύγκλιση προς μια ισορροπία (Huberman και Wu, 2003). Η απόρριψη του παρελθόντος μπορεί να υλοποιηθεί με διάφορους τρόπους, και οι μελετητές χρησιμοποιούν διαφορετικά ονόματα για να περιγράψουν ουσιαστικά το ίδιο πράγμα. Οι προηγούμενες αξιολογήσεις μπορούν να απορριφθούν από έναν παράγοντα λήθης (Jøsang και Ismail, 2002), παράγοντα γήρανσης (Buchegger και Boudec, 2003B) ή από έναν παράγοντα εξασθένισης-ξεθωριάσματος (Buchegger και Boudec, 2003A). Αντιστρόφως ένας παράγοντας μακροζωίας (Jøsang, Hird και Faccer, 2003) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει το χρόνο ζωής μιας εκτίμησης. Ακόμα ένας τρόπος να περιγράψει αυτό, είναι με την εκμάθηση ενίσχυσης (Sen και Sajja, 2002). Η απόρριψη του παρελθόντος μπορεί να είναι μια συνάρτηση του χρόνου ή της συχνότητας των συναλλαγών, ή ένας συνδυασμός και οι δύο (Buchegger και Boudec, 2003A).

Ωστόσο η απόρριψη του παρελθόντος ενδέχεται να αυξήσει την επίδραση των σκοπίμως άδικων αξιολογήσεων σε ένα σύστημα υπόληψης και να το καταστήσει πιο ευάλωτο στα αποτελέσματα τους, υπονομεύοντας έτσι την αξιοπιστία του. Σε περιβάλλοντα όπου τα αποτελέσματα υπόληψης είναι βασισμένα στις εκτιμήσεις που υποβάλλονται μέσα σε σχετικά κοντό χρονικό παράθυρο (ή με άλλα λόγια όπου οι παλαιότερες εκτιμήσεις απορρίπτονται σε μεγάλο βαθμό) είναι εύκολο για τους άδικους αξιολογητές να πλημμυρίσουν το σύστημα με άδικες αξιολογήσεις (Zacharia, Moukas και Maes, 1999). Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να κρατάμε μόνο την τελευταία αξιολόγηση που στάλθηκε από έναν αξιολογητή ανεξάρτητα του πόσο παλιά είναι (Zacharia, Moukas και Maes, 1999). Παρόλα αυτά και σε αυτή την περίπτωση εάν χρησιμοποιούμε σχετικά μικρό χρονικό παράθυρο για τις αξιολογήσεις, ακόμη και ένας μικρός αριθμός (για παράδειγμα 5-10) άδικων αξιολογητών αρκούν για να κατακλύσουν το σύστημα με άδικες αξιολογήσεις και να επηρεάσουν δυσμενώς τα αποτελέσματα υπόληψης.

3.6.6. Διακρίσεις - Προκατάληψη

Η μεροληπτική συμπεριφορά μπορεί να εμφανιστεί τόσο κατά την παροχή υπηρεσιών όσο και κατά την παροχή εκτιμήσεων. Ένας πωλητής για παράδειγμα μπορεί να παρέχει την καλή ποιότητα σε όλους τους αγοραστές εκτός από έναν συγκεκριμένο αγοραστή. Οι αξιολογήσεις για εκείνον τον συγκεκριμένο πωλητή θα δείξουν ότι είναι αξιόπιστος εκτός βέβαια από τις αξιολογήσεις που θα προέρχονται από τον αγοραστή θύμα. Οι συνεργατικές τεχνικές φιλτραρίσματος που περιγράφονται στην ενότητα 3.6.3.1. Ενδογενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων θα δώσουν λανθασμένα θετικά αποτελέσματα και επιπλέον θα χαρακτηρίσουν άδικως τον αγοραστή θύμα ως άδικο στην παροχή αξιολογήσεων. Μόνο συστήματα που είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τον αγοραστή θύμα ως αξιόπιστο και ως εκ τούτου να δώσουν αυξημένο βάρος στις εκτιμήσεις του, θα ήταν σε θέση να χειριστούν επιτυχώς αυτήν την κατάσταση.

Μερικές από τις τεχνικές που περιγράφονται στην ενότητα 3.6.3.2 Εξωγενής Αποκλεισμός Άδικων Αξιολογήσεων θα μπορούσαν θεωρητικά να προστατεύουν από αυτόν τον τύπο διάκρισης, αλλά καμία προσομοίωση δεν έχει γίνει που να το αποδεικνύει αυτό. Η διάκριση μπορεί επίσης να λάβει τη μορφή ενός συγκεκριμένου αξιολογητή που παρέχει δίκαιες εκτιμήσεις εκτός από όταν αυτές αφορούν μια συγκεκριμένη συναλλασσόμενη οντότητα (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007). Οι τεχνικές φιλτραρίσματος που περιγράφονται στις ενότητες 3.6.1 και 3.6.2 έχουν ως σκοπό να χειριστούν αυτόν τον τύπο διάκρισης. Βέβαια αυτή η περίπτωση διάκρισης ουσιαστικά αποτελεί το πρόβλημα των άδικων αξιολογήσεων που αναφέρθηκε προηγουμένως (ενότητα Άδικες Αξιολογήσεις 3.6.3), γι αυτό το λόγο συνήθως με τους όρους διάκριση - προκατάληψη εννοούμε την μεροληπτική συμπεριφορά εκ μέρους του πωλητή. Ο (Dellarokas, 2002) για παράδειγμα διακρίνει δύο είδη συμπεριφοράς προκατάληψης από τον πωλητή.

- *Αρνητική διάκριση:* Οι πωλητές παρέχουν καλές υπηρεσίες σε όλους εκτός από μερικούς συγκεκριμένους αγοραστές που δεν συμπαθούν. Εάν ο αριθμός των αγοραστών που υπόκεινται τις διακρίσεις είναι σχετικά μικρός, η

συσσωρευτική φήμη των πωλητών θα είναι καλή και οι συγκεκριμένοι αγοραστές θα πέσουν θύματα αυτής της συμπεριφοράς διακρίσεων.

- *Θετική διάκριση:* Οι πωλητές παρέχουν καλές υπηρεσίες σε μερικούς επιλεγμένους αγοραστές και μέσου επιπέδου υπηρεσίες στους υπόλοιπους. Η επίδραση αυτού είναι ισοδύναμη με το γέμισμα κάλπης (βλέπε ενότητα 3.6.7). Δηλαδή εάν η ευνοημένη ομάδα αγοραστών είναι αρκετά μεγάλη, οι ευνοϊκές εκτιμήσεις τους θα διογκώσουν τη φήμη των διακριτικών πωλητών και θα λειτουργήσουν ενάντια στο υπόλοιπο σύνολο των αγοραστών.

3.6.7. Γέμισμα Κάλπης

Με τον όρο *γέμισμα κάλπης* εννοούμε ότι παρέχεται μεγαλύτερος αριθμός εκτιμήσεων από ότι θεωρείται φυσιολογικό. Αυτό το πρόβλημα συσχετίζεται πολύ στενά με τις άδικες εκτιμήσεις (βλέπε ενότητα 3.6.3) επειδή μια παραγεμισμένη κάλπη αποτελείται συνήθως από πάρα πολλές άδικες αξιολογήσεις. Στα παραδοσιακά συστήματα ψηφοφορίας, όπως οι πολιτικές εκλογές, το γέμισμα κάλπης συνίσταται στο ότι πάρα πολλές ψήφοι είναι υπέρ ενός υποψηφίου, αλλά στα σε απευθείας σύνδεση συστήματα υπόληψης, το γέμισμα κάλπης μπορεί επίσης να συμβεί με αρνητικές αξιολογήσεις, πρόβλημα που είναι γνωστό και ως *συκοφάντηση* (*bad mouthing*). Αυτό είναι ένα κοινό πρόβλημα σε πολλά σε απευθείας σύνδεση συστήματα υπόληψης που περιγράφονται αργότερα στην ενότητα 4.2 και έχουν συνήθως ανεπαρκή προστασία ενάντια σε αυτό το φαινόμενο. Μεταξύ των εμπορικών συστημάτων υπόληψης, ο μηχανισμός ανατροφοδότησης του eBay φαίνεται να παρέχει επαρκή προστασία ενάντια στο γέμισμα κάλπης, διότι οι αξιολογήσεις μπορούν να παρασχεθούν μόνο μετά από την ολοκλήρωση των συναλλαγών. Επιπλέον επειδή το eBay χρεώνει για κάθε συναλλαγή το γέμισμα κάλπης καθίσταται μια ακριβή διαδικασία. Το σύστημα υπόληψης του Epinions και του Slashdot παρέχει επίσης κάποιο βαθμό προστασίας επειδή μόνο τα εγγραμμένα μέλη μπορούν να ψηφίσουν με έναν ελεγχόμενο τρόπο παροχής αναθεωρήσεων και σχολίων.

Ορισμένοι μελετητές χρησιμοποιούν τους όρους *γέμισμά κάλπης* και *συκοφάντησή* με διακριτή και όχι αλληλεπικαλυπτόμενη σημασία, δίνοντας στον όρο *γέμισμα κάλπης* την έννοια της παροχής πολύ μεγάλου αριθμού μονάχα θετικών εκτιμήσεων και όχι την έννοια της παροχής γενικότερα πολύ μεγάλου αριθμού εκτιμήσεων (θετικών και αρνητικών) και στον όρο *συκοφάντηση* αντίστοιχα την έννοια της παροχής πολύ μεγάλου αριθμού αρνητικών εκτιμήσεων. Με αυτόν τον τρόπο θεωρούν τα δύο αυτά προβλήματα (όρους *γέμισμά κάλπης* και *συκοφάντησή*) μέρος του προβλήματος των άδικων αξιολογήσεων. Ο (Dellarocas, 2002) παραδείγματος χάριν εντάσσει αυτά τα δύο προβλήματα στην ομάδα των υποκειμενικών άδικα αξιολογήσεων (βλέπε ενότητα 3.6.3) μαζί με τις συμπεριφορές διακρίσεις εκ μέρους των πωλητών (βλέπε ενότητα 3.6.6 Διακρίσεις - Προκατάληψη) παρατηρώντας ότι έχουν σαν κοινό αποτέλεσμα την διασπορά των αξιολογήσεων για έναν συγκεκριμένο πωλητή. Συγκεκριμένα διαχωρίζει ρητά τις άδικες αξιολογήσεις (βλέπε ενότητα 3.6.3) στις εξής δύο κατηγορίες:

- *Άδικα υψηλές αξιολογήσεις (γέμισμα κάλπης)*: Ένας πωλητής συνεργεί με μια ομάδα αγοραστών με σκοπό να του δοθούν άδικα υψηλές εκτιμήσεις από αυτούς. Αυτό θα έχει σαν επίδραση την διόγκωση της υπόληψης του, επιτρέποντας επομένως σε εκείνο τον πωλητή να λάβει περισσότερες παραγγελίες από αγοραστές και σε υψηλότερη τιμή από αυτή που πραγματικά αξίζει.
- *Άδικα χαμηλές εκτιμήσεις (συκοφάντηση)*: Οι πωλητές μπορούν να συνεργήσουν με αγοραστές προκειμένου να συκοφαντήσουν άλλους πωλητές που θέλουν να οδηγήσουν εκτός αγοράς. Στο μια τέτοια κατάσταση, οι συνωμοτώντας αγοραστές παρέχουν άδικες αρνητικές εκτιμήσεις σε στοχευόμενους πωλητές, υποβαθμίζοντας κατά συνέπεια την υπόληψη τους.

Ωστόσο συνήθως ο όρος *συκοφάντηση* θεωρείται τμήμα του όρου *γέμισμα κάλπης*, εννοώντας την ειδική εκείνη περίπτωση που ο υπερβολικά μεγάλος αριθμός παρεχόμενων αξιολογήσεων αφορά αρνητικές αξιολογήσεις (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007).

Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως στην ενότητα 3.6.3 το πρόβλημα των άδικων αξιολογήσεων θεωρείται από τα θεμελιώδη ζητήματα στα συστήματα διαχείρισης υπόληψης. Χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους βασισμένες στη στέρεα μαθηματική θεωρία του σχετικά με τον ορισμό και τον υπολογισμό της υπόληψης και της εμπιστοσύνης ο (Dellarocas, 2002) εξετάζει την επίδραση αυτών των προβλημάτων στην αξιοπιστία των συστημάτων καταγραφής υπόληψης. Μελετά ένα συγκεκριμένο σενάριο αγοραστών-πωλητών όπου οι αγοραστές αξιολογούν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από τους πωλητές, και στο σύνολο των αγοραστών υπάρχουν και ορισμένοι που παρέχουν σκόπιμα άδικες αξιολογήσεις, εξετάζοντας δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη πιο απλή θεωρεί ότι η υπόληψη του πωλητή παραμένει σταθερή στο χρόνο και επομένως οι συνεργατικοί αλγόριθμοι φιλτραρίσματος μπορούν να λάβουν υπόψη όλες τις αξιολογήσεις στη βάση δεδομένων τους, ανεξάρτητα από παλαιότητα τους. Στη δεύτερη πιο σύνθετη περίπτωση συζητούνται κάποιοι πρόσθετοι προβληματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται στα περιβάλλοντα όπου η συμπεριφορά των πωλητών, και επομένως η φήμη τους, μεταβάλλεται στη διάρκεια του χρόνου. Σε αυτή την περίπτωση, όπως άλλωστε αναφέρουμε και στην ενότητα 3.6.5 Διακυμάνσεις στη Ποιότητα στη Διάρκεια του Χρόνου, όπου αναλύεται το πρόβλημα της διακύμανσης της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών στη διάρκεια του χρόνου, οι άδικοι αξιολογητές διαθέτουν μερικές επιπρόσθετες στρατηγικές άδικων αξιολογήσεων, που προκύπτουν από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να μετριαστεί το πρόβλημα της διακύμανσης της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών στη διάρκεια του χρόνου. Οι στρατηγικές αυτές μπορούν να αποβούν πολύ αποδιοργανωτικές μέσα σε τέτοια περιβάλλοντα. Αναλύεται μόνο το πρόβλημα του γεμίσματος κάλπης καθώς το πρόβλημα της συκοφάντησης είναι απόλυτα συμμετρικό²⁹.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταδεικνύουν το πολύ σημαντικό γεγονός ότι ακόμη και ένας σχετικά μικρός αριθμός άδικων αξιολογητών δύναται να

²⁹ Υπενθυμίζουμε ότι ο Dellarocas ανήκει στην μεριά εκείνη των μελετητών που θεωρεί τους όρους *γέμισμά κάλπης* και *συκοφάντησή* με διακριτούς, δίνοντας στον όρο *γέμισμα κάλπης* την έννοια της παροχής πολύ μεγάλου αριθμού μονάχα θετικών εκτιμήσεων και όχι την έννοια της παροχής γενικότερα πολύ μεγάλου αριθμού εκτιμήσεων (θετικών και αρνητικών) και στον όρο *συκοφάντηση* αντίστοιχα την έννοια της παροχής πολύ μεγάλου αριθμού αρνητικών εκτιμήσεων.

συμβάλλει ουσιαστικά στην υποβάθμιση της αξιοπιστίας των βασισμένων στο συνεργατικό φιλτράρισμα συστημάτων καταγραφής υπόληψης. Αυτό απαιτεί την ανάπτυξη αποτελεσματικών μέτρων για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων. Η επόμενη ενότητα προτείνει και αναλύει διάφορα τέτοια μέτρα.

3.7. Μηχανισμοί για την προστασία των σε απευθείας σύνδεση συστημάτων καταγραφής υπόληψης ενάντια σε συμπεριφορά άδικων αξιολογήσεων.

Αναγνωρίζοντας το πρόβλημα των άδικων αξιολογήσεων ως πραγματικό και ιδιαίτερα σημαντικό, αυτό το τμήμα προτείνει διάφορους μηχανισμούς για την εξάλειψη ή τη σημαντική άμβλυνση των δυσμενών επιπτώσεων τους στην αξιοπιστία των σε απευθείας σύνδεσης συστημάτων καταγραφής υπόληψης.

Ο χειρισμός οποιουδήποτε είδους επιβλαβών *εξαιρέσεων*, δηλαδή αποκλίσεις από την επιθυμητή ή την φυσιολογική συμπεριφορά, πρωταρχικά περιλαμβάνει δύο κατηγορίες μηχανισμών: μηχανισμούς *αποφυγής*, οι οποίοι προσπαθούν από πριν να αποτρέψουν τέτοιου είδους συμπεριφορές από να εμφανιστούν και μηχανισμούς *αποκατάστασης*, οι οποίοι ανιχνεύουν τα περιστατικά αυτών των συμπεριφορών και προσπαθούν να μειώσουν τις επιβλαβείς συνέπειες τους για τα ενδιαφερόμενα συμβαλλόμενα μέρη και την κοινότητα γενικότερα. (Dellarocas και Klein, 2000). Με βάση αυτήν την διάκριση, ταξινομούμε τους διάφορους μηχανισμούς σε μηχανισμούς αποφυγής και σε μηχανισμούς αποκατάστασης.

3.7.1. Αποφυγή των αρνητικών άδικων εκτιμήσεων χρησιμοποιώντας την ελεγχόμενη ανωνυμία

Το κύριο επιχείρημα αυτού του τμήματος είναι ότι το καθεστώς ανωνυμίας μιας σε απευθείας σύνδεση κοινότητας δύναται να επηρεάσει τα είδη επιθέσεων που είναι δυνατά στα συστήματα υπόληψης. Ένα γεγονός που εκπλήσσει ελαφρώς είναι το ότι μια πλήρως διαφανής αγορά, όπου ο καθένας ξέρει την πραγματική

ταυτότητα του κάθε άλλου υφίσταται περισσότερους κινδύνους για απάτες από μια αγορά όπου οι αληθινές ταυτότητες των συναλλασσόμενων κρύβονται προσεκτικά ή μια από την άλλη αλλά είναι γνωστές στον δημιουργό της αγοράς

Η συκοφάντηση και οι αρνητικές διακρίσεις είναι βασισμένες στη δυνατότητα να επιλεγούν μερικά συγκεκριμένα θύματα και τους δοθούν άδικα φτωχές αξιολογήσεις ή αντίστοιχα να παρέχετε σε αυτούς φτωχό επίπεδο υπηρεσιών. Συνήθως, τα θύματα επιλέγονται βάση ιδιοτήτων που έχουν και αντιστοιχούν σε χαρακτηριστικά της πραγματικής τους οντότητας (παραδείγματος χάριν, επειδή είναι οι ανταγωνιστές μας ή λόγω θρησκευτικών ή φυλετικών προκαταλήψεων). Αυτή η δυσμενής διαδικασία επιλογής μπορεί να αποφευχθεί εάν η κοινότητα αποκρύπτει τις αληθινές ταυτότητες των αγοραστών και των πωλητών.

Σε ένα τέτοιο σχήμα ανωνυμίας, η αγορά ξέρει την αληθινή ταυτότητα όλων των συμμετεχόντων με την εφαρμογή κάποιας αποτελεσματικής διαδικασίας αυθεντικοποίησης προτού επιτρέψει την πρόσβαση σε οποιοδήποτε πράκτορα. Επιπλέον, κρατάει ένα αρχείο όλων των συναλλαγών και των αξιολογήσεων και δημοσιεύει την κατ' εκτίμηση υπόληψη των αγοραστών και των πωλητών αλλά κρατά τις ταυτότητες κρυφές (ή τους ορίζει ψευδώνυμα που αλλάζουν από τη μια συναλλαγή στην επόμενη, προκειμένου να καταστεί η ανίχνευση ταυτότητας πολύ δύσκολη). Με αυτόν τον τρόπο, οι αγοραστές και οι πωλητές λαμβάνουν τις αποφάσεις τους βασιζόμενοι μονάχα στους προσφερόμενους όρους της συναλλαγής καθώς επίσης στα δημοσιευμένα αποτελέσματα υπόληψης. Επειδή δεν μπορούν πλέον να αναγνωρίσουν τα θύματα τους η συκοφάντηση και η αρνητική διάκριση μπορεί να αποφευχθεί.

Είναι ενδιαφέρον να παρατηρηθεί ότι, ενώ, στις περισσότερες περιπτώσεις, η ανωνυμία στις on-line κοινότητες έχει αντιμετωπισθεί ως πηγή πρόσθετων κινδύνων (Kollock, 1999; Friedman και Resnick, 1999), εδώ έχουμε ένα παράδειγμα μιας κατάστασης όπου κάποιος ελεγχόμενος βαθμός ανωνυμίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξαλείψει μερικούς από τους κινδύνους μιας συναλλαγής.

Η απόκρυψη των ταυτοτήτων των αγοραστών και των πωλητών δεν είναι δυνατή σε όλες τις περιπτώσεις. Για παράδειγμα, η απόκρυψη της ταυτότητας των πωλητών δεν είναι δυνατή στις αξιολογήσεις εστιατορίων και ξενοδοχείων (αν και η απόκρυψη της ταυτότητας των αγοραστών είναι). Σε άλλες περιοχές, αυτό μπορεί να απαιτεί την δημιουργική παρέμβαση του συστήματος υπόληψης. Για παράδειγμα σε μια αγορά διανομέων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, μπορεί να χρειάζεται να υπάρχει ένας ενδιάμεσος κόμβος που θα βοηθάει να σβηστούν οι πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητα του πωλητή.

Εφόσον δεν δυνατόν να αποκρύπτουν οι ταυτότητες των δύο μερών μεταξύ τους, τότε μπορεί να είναι ακόμη χρήσιμο να αποκρύπτει η ταυτότητα του ενός μέρους μόνο. Πιο συγκεκριμένα, η απόκρυψη της ταυτότητας των αγοραστών μα όχι των πωλητών οδηγεί στην αποφυγή των αρνητικών διακρίσεων ενάντια σε επιλεγμένους αγοραστές μα όχι στην αποφυγή της συκοφάντησης επιλεγμένων πωλητών. Με ανάλογο τρόπο, η απόκρυψη της ταυτότητας των πωλητών αλλά όχι των αγοραστών οδηγεί στην αποφυγή της συκοφάντησης αλλά όχι της αρνητικής διάκρισης.

Μιλώντας γενικά, η απόκρυψη της ταυτότητας των αγοραστών συνήθως είναι ευκολότερη από την απόκρυψη της ταυτότητας των πωλητών (Dellarocas, 2002; Cranor και Reisman, 1999). Αυτό σημαίνει ότι η αρνητική διάκριση είναι ευκολότερο να αποφευχθεί από την συκοφάντηση. Επιπροσθέτως η απόκρυψη της ταυτότητας των πωλητών συνήθως είναι ευκολότερη προτού διενεργηθεί μια συναλλαγή από ότι αφού διενεργηθεί. Σε κοινότητες με αυτήν την ιδιότητα, η ελεγχόμενη ανωνυμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο στάδιο επιλογής πωλητή, ούτως ώστε, τουλάχιστον, να προστατευθούν οι πωλητές από το να επιλεγθούν σκοπίμως για μετέπειτα συκοφάντηση. Για παράδειγμα, στο προαναφερθέν παράδειγμα με τους διανομείς ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, θα μπορούσε κάποιος να κρατάει κρυφή την ταυτότητα των πωλητών μέχρι και αμέσως μετά το κλείσιμο μιας συναλλαγής. Υποθέτοντας ότι ο αριθμός των διανομέων για ένα συγκεκριμένο εξάρτημα είναι σχετικά μεγάλος, αυτή η στρατηγική θα καθιστούσε δύσκολο ή ακόμα και αδύνατο, για κακοπροαίρετους χρήστες να επιλέξουν σκοπίμως συγκεκριμένους διανομείς για να τους συκοφαντήσουν μετέπειτα.

Καθεστώς Ανωνυμίας		Κατηγορίες πιθανών άδικων συμπεριφορών			
Απόκρυψη ταυτότητας αγοραστή	Απόκρυψη ταυτότητας πωλητή	Συκοφάντηση	Αρνητική διάκριση	Γέμισμα κάλπης	Θετική διάκριση
ΟΧΙ	ΟΧΙ	X	X	X	X
ΟΧΙ	ΝΑΙ		X	X	X
ΝΑΙ	ΟΧΙ	X		X	X
ΝΑΙ	ΝΑΙ			X	X

Πίνακας 3.1. Επιδράσεις της ελεγχόμενης ανωνυμίας στην πρόληψη συγκεκριμένων ειδών άδικης συμπεριφοράς³⁰

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και όταν οι ταυτότητες των αγοραστών και των πωλητών αποκρύπτονται, οι αγοραστές και οι πωλητές που έχουν κίνητρο να γνωστοποιήσουν τις ταυτότητες τους ο ένας στον άλλον, μπορούν πάντα να βρουν έξυπνους τρόπους για να το κάνουν. Για παράδειγμα οι πωλητές που αναμιγνύονται στο *γέμισμα κάλπης* μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα συγκεκριμένο τρόπο στα ποσά που πλειοδοτούν (για παράδειγμα πόσα που τελειώνουν σε .33) προκειμένου να γνωστοποιήσουν την παρουσία τους στους συνωμότες τους. Συνεπώς, ενώ η ελεγχόμενη ανωνυμία μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή της συκοφάντησης και της αρνητικής διάκρισης, δεν μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή του γεμίματος κάλπης με θετικές αξιολογήσεις και των θετικών διακρίσεων. Όλα τα ανωτέρω συμπεράσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 3.1.

3.7.2. Ελάττωση των επιδράσεων των άδικων αξιολογήσεων με τη χρήση τεχνικών φιλτραρίσματος

Σε αυτή την ενότητα επιχειρείται μια προσπάθεια καταγραφής μηχανισμών φιλτραρίσματος που αποσκοπούν στην άμβλυνση των επιπτώσεων των άδικων αξιολογήσεων. Οι τεχνικές που θα παρουσιαστούν εδώ, *φιλτράρισμα στατιστικού μέσου* και *φιλτράρισμα συχνότητων* εφαρμόζονται με επιτυχία και στην περίπτωση του *γεμίματος κάλπης*.

³⁰ Να επισημανθεί ότι οι όροι *Συκοφάντηση* και *Γέμισμα κάλπης* στον πίνακα χρησιμοποιούνται με διακριτή και όχι αλληλεπικαλυπτόμενη σημασία (βλέπε ενότητα 3.6.7. Γέμισμα Κάλπης) και οι όροι *Αρνητική Διάκριση*, *Θετική Διάκριση* έννουν την μεροληπτική συμπεριφορά εκ μέρους του πωλητή (βλέπε ενότητα 3.6.6. Διακρίσεις - Προκατάληψη).

➤ **Μείωση των επιδράσεων των άδικων αξιολογήσεων με τη χρήση φιλτραρίσματος του στατιστικού μέσου.**

Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται στατιστικές τεχνικές για τον υπολογισμό του αποτελέσματος υπόληψης βασισμένες στον στατιστικό μέσο. Με τη χρήση μαθηματικών μεθόδων ο (Dellarocas, 2002) αποδεικνύει ότι η χρήση του στατιστικού μέσου καθιστά ένα on-line σύστημα καταγραφής υπόληψης ιδιαίτερα ανθεκτικό στο πρόβλημα των άδικων αξιολογήσεων.

➤ **Χρήση φιλτραρίσματος συχνότητας για την εξάλειψη του πλημμυρίσματος άδικων αξιολογήσεων.**

Στα πραγματικά περιβάλλοντα των συστημάτων καταγραφής υπόληψης η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών ενός χρήστη και κατά συνέπεια και η υπόληψη του παρουσιάζει διακυμάνσεις στη διάρκεια του χρόνου. Αυτό σημαίνει ότι ο υπολογισμός της υπόληψης του θα πρέπει να βασιστεί στις πρόσφατες αξιολογήσεις, απορρίπτοντας τις παλαιότερες. Ουσιαστικά αυτό αδρανοποιεί τις ευεργετικές επιδράσεις της τεχνικής του φιλτραρίσματος άδικων αξιολογήσεων με τη χρήση του στατιστικού μέσου. Όπως αναφέραμε και πρωτύτερα στις ενότητες 3.6.7 Γέμισμα Κάλπης και 3.6.5 Διακυμάνσεις στη Ποιότητα στη Διάρκεια του Χρόνου, η χρήση αυτού του χρονικού παραθύρου καθίστα την αξιοπιστία του συστήματος ιδιαίτερα ευάλωτη στο πλημμύρισμα των άδικων αξιολογήσεων. Αντίθετα η μέθοδος του φιλτραρίσματος συχνότητας ανοσοποιεί αποτελεσματικά ένα σε απευθείας σύνδεση σύστημα καταγραφής υπόληψης ενάντια στο πλημμύρισμα των άδικων αξιολογήσεων. Η κύρια ιδέα είναι να φιλτραριστούν οι αξιολογητές στο κοντινότερο σύνολο γειτόνων βάση της συχνότητας υποβολής των αξιολογήσεων τους.

Μια πιθανή κριτική της προσέγγισης φιλτραρίσματος συχνότητας είναι ότι αποβάλλει ενδεχομένως εκείνους τους δίκαιους αγοραστές που πραγματοποιούν συναλλαγές πολύ συχνά με έναν δεδομένο πωλητή. Στην πραγματικότητα, σε περίπτωση απουσίας άδικων αξιολογητών, όλοι οι αξιολογητές που θα φιλτράρονται βάση της υψηλής συχνότητας τους υποβολής αξιολογήσεων θα είναι δίκαιοι αξιολογητές. Εντούτοις, αυτή η ιδιότητα της μεθόδου δεν αποτελεί απαραίτητα και αδυναμία της προσέγγισης. Αν δεχθούμε σαν πραγματικότητα το

προφανές γεγονός ότι οι καλύτεροι πελάτες ενός πωλητή λαμβάνουν συχνά προνομιακή μεταχείριση, η οποία κατά έναν τρόπο δύναται να θεωρηθεί μια μορφή θετικής διάκρισης από τη πλευρά του πωλητή. Επομένως, πιστεύουμε ότι η πιθανή εξάλειψη τέτοιων αξιολογητών από τον τελικό υπολογισμό του αποτελέσματος υπόληψης στην πραγματικότητα ευνοεί την οικοδόμηση περισσότερο αμερόληπτων εκτιμήσεων υπόληψης, προς όφελος ενδεχόμενων για πρώτη φορά αγοραστών.

3.8. Πολιτικές Αρχικοποίησης Υπόληψης και η Επίδραση τους στην Αντιμετώπιση των Σημαντικότερων Προβλημάτων

Τόσο οι επιθέσεις υπόληψης, όσο επίσης και οι τεχνικές ανοσοποίησης που περιγράφονται στην προηγούμενη ενότητα, αναλύθηκαν μόνο στην περίπτωση όπου κατά τον χρόνο της επίθεσης έχει υποτεθεί ότι μια οντότητα είχε ήδη οικοδομήσει την υπόληψη της όπως αυτή είχε διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση της με διάφορες άλλες οντότητες. Αυτό το τμήμα θα εξετάσει τι συμβαίνει εάν υποθέσουμε ότι οι επιθέσεις αρχίζουν *αμέσως άμα την εμφάνιση μιας νέας οντότητας στο σύστημα*. Η ανάλυσή αυτή έχει μερικές σημαντικές επιπτώσεις για τον καθορισμό της βέλτιστης πολιτικής καθορισμού αρχικής υπόληψης μιας κοινότητας παρουσία πιθανών άδικων αξιολογητών.

Οι (Friedman και Resnick, 1999) έχουν προτείνει δύο εναλλακτικές πολιτικές αρχικοποίησης υπόληψης: (1) ορίστε *ελάχιστη* υπόληψη σε όλους τους νεοφερμένους και αφήστε τους να κερδίσουν βαθμιαία την πραγματική τους υπόληψη με την προσφορά καλών υπηρεσιών, ή (2) απαιτείστε από τους νεοφερμένους να καταβάλλουν δίδακτρα εισόδου ως τρόπο *αγοράς* μονάδων υπόληψης. Οι αγορασμένες μονάδες υπόληψης χάνονται εάν ένας πωλητής αποφασίζει να εξαφανιστεί ή να αλλάξει την ταυτότητά του.

Οι Friedman και Resnick ενδιαφέρθηκαν κυρίως για το πρόβλημα των πωλητών που μπορούν εύκολα να εξαφανιστούν από μια αγορά μετά την προσφορά φτωχού

επιπέδου υπηρεσιών και έπειτα να επανεμφανιστούν με νέα ταυτότητα. Έχει δειχτεί ότι, ελλείψει άδικων αξιολογητών, και οι δύο πολιτικές είναι αποτελεσματικές στην υποβολή κόστους επανεμφάνισης που αποθαρρύνει τέτοια συμπεριφορά πωλητών. Σε αυτό το σημείο, μέλημα μας είναι να αναλυθούν τα αποτελέσματα κάθε πολιτικής αρχικοποίησης υπόληψης με την παρουσία άδικων αξιολογητών. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλύσουμε πώς κάθε πολιτική επιδρά στην αποτελεσματικότητα των τεχνικών φιλτραρίσματος στατιστικού μέσου και συχνότητας, εάν υποθέσουμε ότι οι επιθέσεις υπόληψης αρχίζουν αμέσως με την εμφάνιση ενός νέου πωλητή στην αγορά. Όπως θα δειχθεί, η ανάθεση ελάχιστης αρχικής υπόληψης είναι λιγότερο γερή από ανάθεση μέσης αρχικής υπόληψης, με την καταβολή των αμοιβών εισόδων εάν οι ταυτότητες των χρηστών δεν μπορούν να αυθεντικοποιηθούν πλήρως (Dellarocas, 2002).

3.8.1. Ανάθεση Ελάχιστης Αρχικής Υπόληψης

➤ Γέμισμα κάλπης

Όταν ο στόχος των άδικων αξιολογητών είναι να διογκωθεί η υπόληψη ενός νέου πωλητή αμέσως με την εμφάνιση του στο σύστημα, οι συνεργώντας με αυτόν αγοραστές θα αρχίσουν αμέσως να εμπλέκονται σε (ενδεχομένως πλαστές) συναλλαγές με αυτόν προκειμένου να υποβάλλουν πολύ θετικές αξιολογήσεις. Από τη στιγμή, που στην αρχή, όλες οι αξιολογήσεις θα είναι άδικες αξιολογήσεις, η εφαρμογή τόσο του φιλτραρίσματος στατιστικού μέσου όσο και του φιλτραρίσματος συχνότητας δεν θα έχει καμία επίδραση και η υπόληψη του συγκεκριμένου πωλητή θα διογκωθεί ιδιαίτερα. Αυτό θα παρακινήσει τους δίκαιους αγοραστές να αρχίζουν και αυτοί να πραγματοποιούν συναλλαγές με τον συγκεκριμένο πωλητή. Οι πρώτοι-πρώτοι αγοραστές που θα πραγματοποιήσουν συναλλαγές με αυτόν τον πωλητή θα λάβουν κατώτερη ποιότητα υπηρεσιών από αυτή που υπονοείται από την υπόληψη του και, επομένως, θα είναι πολύ δυσαρεστημένοι με την ακρίβεια του μηχανισμού καταγραφής υπόληψης της κοινότητας. Όταν αρκετοί δίκαιοι αγοραστές θα έχουν αλληλεπιδράσει με αυτόν τον πωλητή τουλάχιστον μία φορά, τότε η κατάσταση συγκλίνει στην σταθερή προαναφερθείσα περίπτωση (βλέπε ενότητα 3.7.2 Ελάττωση των επιδράσεων των

άδικων αξιολογήσεων με τη χρήση τεχνικών φιλτραρίσματος) και οι προσεγγίσεις φιλτραρίσματος που συζητούνται ανωτέρω αρχίζουν να είναι αποτελεσματικές.

Το ανωτέρω σενάριο είναι ισοδύναμο με μία πολιτική αρχικοποίησης υπόληψης, η οποία ορίζει τη *μέγιστη* δυνατή υπόληψη στους νεοφερμένους χωρίς κανένα κόστος. Από τους (Friedman και Resnick, 1999) ξέρουμε ότι αυτό δεν είναι μια βέλτιστη πολιτική. Επιπλέον, στις κοινότητες όπου οι πωλητές μπορούν εύκολα να προβούν σε αλλαγή ταυτότητας, έχουν τη δυνατότητα να εξαφανιστούν από την κοινότητα λίγο πριν η υπόληψη τους συγκλίνει στην πραγματική και δίκαιη τιμή της και να επανεμφανιστούν με μια νέα ταυτότητα και μέγιστη τιμή υπόληψης και να επαναλαμβάνουν την προαναφερθείσα διαδικασία όσες φορές θέλουν επ' άπειρον.

➤ Συκοφάντηση

Εάν οι συκοφάντες πράκτορες επιτεθούν αμέσως σε έναν νεοφερμένο στον οποίο έχει ανατεθεί ελάχιστη αρχική υπόληψη, τότε η υπόληψη του θα παραμείνει σε κατώτατα επίπεδα. Αυτό είναι πιθανό να αποθαρρύνει τους δίκαιους πράκτορες από το να συμμετέχουν σε συναλλαγές με το νέο πωλητή. Επομένως, η αναλογία των άδικων αξιολογητών που θα πραγματοποιούν συναλλαγές με αυτόν τον πωλητή είναι πιθανό να παραμείνει υψηλή, η υπόληψη του θα παραμείνει άδικα χαμηλή και ο πωλητής πιθανότατα τότε σύντομα θα αποτύχει. Πάλι, οι τεχνικές φιλτραρίσματος που περιγράφονται προηγουμένως δεν μπορούν να βοηθήσουν σε αυτό το σενάριο. Σαφώς, αυτή η πολιτική αρχικοποίησης υπόληψης δεν είναι ικανοποιητική παρουσία άδικων αξιολογητών

3.8.2. Ανάθεση Μέσης Αρχικής Υπόληψης

Σε αυτή τη περίπτωση όλοι οι καινούργιοι χρήστες που εισέρχονται στο σύστημα λαμβάνουν μια μέση αρχική τιμή υπόληψης ίση με το μέσο των αποτελεσμάτων υπόληψης όλων των υπόλοιπων χρηστών του συστήματος. Αυτή η πολιτική αρχικοποίησης υπόληψη καθιστά το φιλτράρισμα συχνότητας άμεσα αποτελεσματικό και επομένως περιορίζει το ποσοστό των άδικων αξιολογήσεων που συμμετέχουν στον τελικό υπολογισμό του αποτελέσματος υπόληψης. Αυτό

με τη σειρά του, επίσης κάνει αμέσως αποτελεσματικό το φιλτράρισμα στατιστικού μέσου. Το ουσιαστικό αποτέλεσμα είναι ότι το αποτέλεσμα υπόληψης θα συγκλίνει γρήγορα στα δίκαια επίπεδα του, σχετικά ανεπηρέαστο από την παρουσία άδικων αξιολογητών. Επιπλέον, εάν η ανάθεση μέσης αρχικής υπόληψης συνδυαστεί και με την ύπαρξη μιας αμοιβής για την είσοδο στο σύστημα, τότε ένα τέτοιο κόστος εμποδίζει τους χρήστες των οποίων η υπόληψη έχει πέσει αρκετά κάτω από τη μέση, από την προσπάθεια να εξαφανιστούν και να επανεμφανιστούν έπειτα με τη μέση τιμή υπόληψης. Επιπροσθέτως αποτρέπει τους νεοεισελθόντες χρήστες από το να παρέχουν χαμηλό επίπεδο αρχικών υπηρεσιών και να εξαφανιστούν γρήγορα προτού η υπόληψη τους φτάσει στα δίκαια επίπεδα της, επανεμφανιζόμενοι μετά από λίγο με μέσο επίπεδο υπόληψης.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι, παρουσία άδικων αξιολογητών, μια πολιτική αρχικοποίησης υπόληψης που χρεώνει αμοιβές για την είσοδο στο σύστημα και ορίζει μέση αρχική υπόληψη σε όλους τους νεοφερμένους μέσω της παραγωγής των τεχνητών αξιολογήσεων είναι προτιμητέα από μια στρατηγική ελάχιστης αρχικής υπόληψης (Dellarocas, 2002). Τέλος αξίζει να τονιστεί η σημασία της δυνατότητας για αυθεντικοποίηση της ταυτότητας των αξιολογητών. Κοινότητες όπου δεν μπορεί να αυθεντικοποιηθεί η ταυτότητα αυτών που παρέχουν τις αξιολογήσεις είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις επιθέσεις πλημμυρίσματος άδικων αξιολογήσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους

4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους

Όλα αυτά τα χρόνια έχουν προταθεί πολυάριθμα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης. Κάποια από αυτά έχουν υλοποιηθεί και χρησιμοποιούνται σε πραγματικές εμπορικές εφαρμογές (όπως για παράδειγμα σε ιστοτόπους δημοπρασίας και ηλεκτρονικού εμπορίου: eBay, Amazon, κ.α.), άλλα έχουν υλοποιηθεί χωρίς ωστόσο να έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη και ορισμένα έχουν μείνει απλά σαν προτεινόμενες λύσεις και απλά θεωρητικά μοντέλα και σχήματα εμπιστοσύνης στην σχετική βιβλιογραφία.. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν διαφορές και ομοιότητες στα χαρακτηριστικά τους (αρχή και τρόπος λειτουργίας, πεδίο εφαρμογής, σχεδιασμός κτλ) και με αυτόν τον τρόπο δύναται να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες και υποκατηγορίες. Ωστόσο ανάλογα με το πόση έμφαση δίνει κάποιος σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τους, με άλλα λόγια ποια θεωρεί ως πιο κρίσιμα, και από το πρίσμα υπό το οποίο τα αντιλαμβάνεται ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τις κατηγορίες και τις υποκατηγορίες των ΣΔΕ και με το σε ποια εντάσσεται ένα συγκεκριμένο ΣΔΕ. Υπάρχουν και συστήματα που θα μπορούσαν να τοποθετηθούν σε παραπάνω από μια κατηγορίες καθώς μπορεί να βρίσκουν πολλά πεδία εφαρμογής ή και να και να συνδυάζουν διάφορους τρόπους λειτουργίας ή να τοποθετείται σε διαφορετική κατηγορία ανάλογα με το αν δώσουμε έμφαση στον τρόπο λειτουργίας η στο πεδίο εφαρμογής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα ΣΔΕ: Community Based Reputation (ενότητα 4.3.2.1) που χρησιμοποιεί ένα δίκτυο συστάσεων, αναπτύχθηκε από την

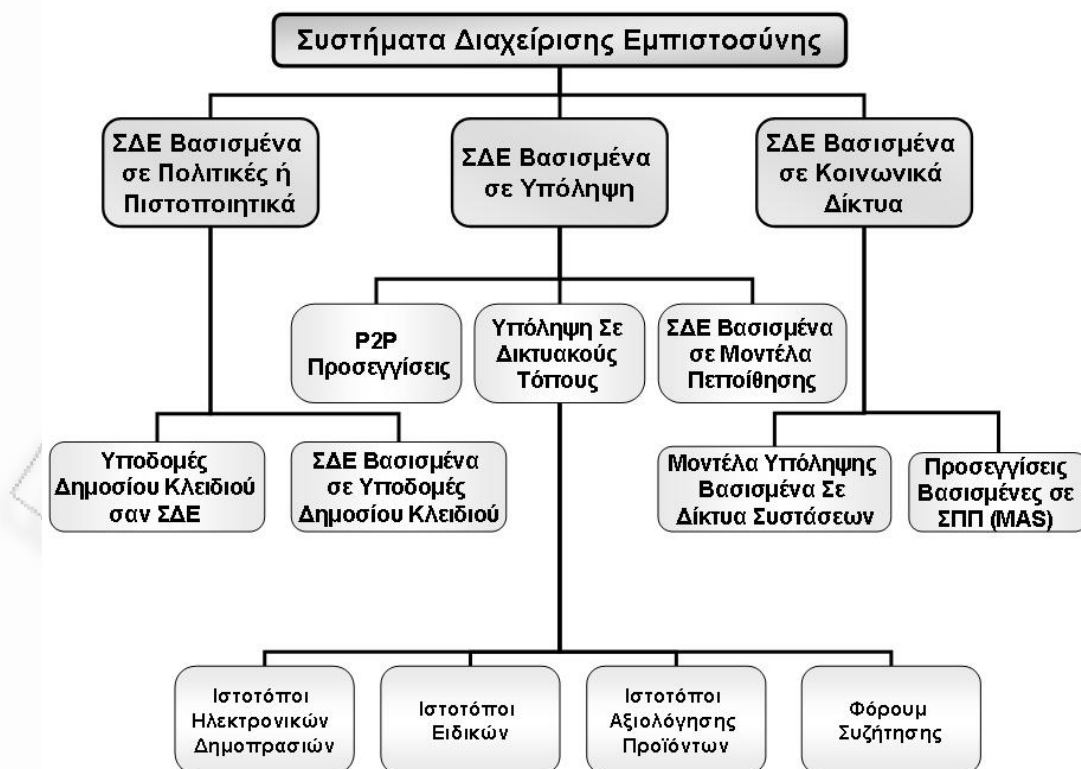
κοινότητα των ΣΠΠ και θα μπορούσε να βρει εφαρμογή στα P2P δίκτυα, το σύστημα των Despotovic και Aberer (ενότητα 4.3.1.3) που αναφέρεται στα P2P δίκτυα και ενσωματώνει πλήρως το δίκτυο συστάσεων, το XenoTrust (ενότητα 4.2.5) που χρησιμοποιεί τόσο μια κεντρική αρχή πιστοποιητικών όσο και βασισμένη στην υπόληψη εμπιστοσύνη, το NICE (ενότητα 4.2.2.6) που στρέφεται προς ένα πλήρως αποκεντρωμένο P2P δίκτυο, προσαρμόζει την ιδέα του κοινωνικού δικτύου στις βασισμένες στον πράκτορα προσεγγίσεις, και είναι και εξοπλισμένο με μια υποδομή δημοσίου κλειδιού PKI, το TrustMe (ενότητα 4.2.2.2) που υιοθετεί την αρχή της απόκτησης αναφορών-συστάσεων για ένα κόμβο, χρησιμοποιείται σε P2P δίκτυα και χρησιμοποιεί ζεύγη δημόσιων-ιδιωτικών κλειδιών. Επιπλέον ορισμένοι μελετητές εμβαθύνουν περισσότερο την ανάλυση τους είτε γενικότερα είτε σε μια συγκεκριμένη κατηγορία, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο περισσότερες υποκατηγορίες, ενώ άλλοι αρκούνται σε πιο πρώιμο στάδιο ανάλυσης.

Πέρα από την αρχική προφανή ταξινόμηση τους σε ΣΔΕ που βασίζονται σε πολιτικές ή πιστοποιητικά και σε ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη, από εκεί και έπειτα υπάρχουν ορισμένες διαφορετικές προσεγγίσεις στην σχετική βιβλιογραφία. Για παράδειγμα οι (Suryanarayana και Taylor, 2004) θεωρώντας ιδιαίτερα σημαντικά τα κοινωνικά χαρακτηριστικά των σχέσεων ανάμεσα στις οντότητες, δημιουργούν μια ξεχωριστή κατηγορία για τέτοια συστήματα (π.χ. REGRET). Αντίθετα οι (Silaghi, Arenas και Silva, 2007), εμβαθύνοντας στα βασισμένα στην υπόληψη ΣΔΕ δημιουργούν αρκετές υποκατηγορίες για αυτά και εντάσσουν και τέτοιου είδους συστήματα σε αυτές τις υποκατηγορίες (Μοντέλα Υπόληψης Βασισμένα σε Δίκτυα Συστάσεων και Προσεγγίσεις Βασισμένες σε ΣΠΠ - MAS) των ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη. Παρότι στην παρούσα εργασία ακολουθήσαμε την πρώτη προσέγγιση διότι θεωρήσαμε ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι τα συστήματα αυτού του είδους προσπαθούν να βρουν εναλλακτικούς τρόπους για να καθορίσουν την υπόληψη ενός μέλους μιας κοινότητας σε μια προσπάθεια ανεξάρτησης από την ανατροφοδότηση μετά από τη συναλλαγή, δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η δεύτερη προσέγγιση είναι λάθος, καθώς τα συστήματα αυτά παράγουν εμπιστοσύνη υπολογίζοντας αποτελέσματα υπόληψης. Όπως προαναφέραμε η επιλογή εξαρτάται από το ποια

χαρακτηριστικά των συστημάτων θεωρεί κάποιος ως περισσότερο σημαντικά και από την σκοπιά που τα εξετάζει. Επιπροσθέτως οι (Patil και Shyamasundar, 2005) διαχωρίζουν τα πρώιμα ΣΔΕ τα οποία αναφέρουν σαν απλές υποδομές δημοσίου κλειδιού από τα μετέπειτα ΣΔΕ που βασίζονται σε υποδομές δημοσίου κλειδιού κατατάσσοντας τα σε διαφορετικές αρχικές κατηγορίες. Επιπλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί και η μελέτη των (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007) οι οποίοι επικεντρώνονται στα ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη των εμπορικών ιστοτόπων ταξινομώντας τα περαιτέρω σε διάφορες υποκατηγορίες ανάλογα με το εκάστοτε πεδίο εφαρμογής. Εκτός από την δυσκολία διάκρισης ανάμεσα στα συστήματα υπόληψης και στα συστήματα που βασίζονται στο κοινωνικό δίκτυο, μπορούν φυσικά να υπάρξουν συστήματα εμπιστοσύνης που ενσωματώνουν τα στοιχεία των συστημάτων υπόληψης και αντίστροφα, έτσι ώστε δεν είναι πάντοτε σαφές πώς τα δεδομένα συστήματα πρέπει να κατηγοριοποιηθούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος αποτελεί το XenTrust (ενότητα 4.2.5) που χρησιμοποιεί τόσο μια κεντρική αρχή πιστοποιητικών όσο και βασισμένη στην υπόληψη εμπιστοσύνη που χτίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κόμβων.

Προσπαθήσαμε να λάβουμε υπόψη μας όλες τις διαφορετικές προσεγγίσεις που απαντώνται στην σχετική βιβλιογραφία (Patil και Shyamasundar, 2005; Jøsang, Ismail και Boyd, 2007; Suryanarayana και Taylor, 2004; Silaghi, Arenas και Silva, 2007; Grandison, 2003; Artz και Gil, 2007; Ramchurn, Huynh και Jennings, 2004; Sabater και Sierra, 2005), συνδυάζοντας τις λεπτομερείς αναλύσεις συγκεκριμένων κατηγοριών και υποκατηγοριών ΣΔΕ με τις οποίες καταπιάστηκαν ορισμένοι συγγραφείς και συμβιβάζοντας τες όπου αυτό ήταν εφικτό με σκοπό μια όσο το δυνατόν πιο αναλυτική ταξινόμηση των ΣΔΕ. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.1 ταξινομούμε τα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης σε τρεις αρχικές κατηγορίες: συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης βασισμένα σε πολιτικές ή πιστοποιητικά, συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης βασισμένα στην υπόληψη και συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης βασισμένα σε κοινωνικά δίκτυα. Αυτή η κατηγοριοποίηση βασίζεται στην προσέγγιση που υιοθετείται για την καθιέρωση και αξιολόγηση των σχέσεων εμπιστοσύνης μεταξύ των χρηστών.

Στα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης που βασίζονται σε πολιτικές ή πιστοποιητικά και παρουσιάζονται στην ενότητα 4.1 οι κόμβοι χρησιμοποιούν εξακρίβωση πιστοποιητικών για να καθιερώσουν μια σχέση εμπιστοσύνης με άλλους κόμβους. Ο αρχικός στόχος τέτοιων συστημάτων είναι να κάνουν δυνατό τον έλεγχο πρόσβασης. Επομένως η αντίληψη τους σχετικά με την έννοια της διαχείρισης εμπιστοσύνης περιορίζεται στην επαλήθευση των πιστοποιητικών και τον περιορισμό της πρόσβασης στους πόρους σύμφωνα με την εφαρμογή καθορισμένων πολιτικών (Grandison και Sloman, 2000). Ο ιδιοκτήτης των πόρων παρέχει σε έναν αιτούντα κόμβο πρόσβαση σε περιορισμένους πόρους μόνο εάν μπορεί να επαληθεύσει τη γνησιότητα των πιστοποιητικών του αιτούντα κόμβου είτε άμεσα είτε μέσω ενός ιστού εμπιστοσύνης (Khare, 1997). Αυτό είναι χρήσιμο από μόνο του μόνο για εκείνες τις εφαρμογές που υποθέτουν την υπονοούμενη εμπιστοσύνη στον ιδιοκτήτη των πόρων. Από τη στιγμή που αυτοί οι βασισμένοι στις πολιτικές ελέγχου πρόσβασης μηχανισμοί εμπιστοσύνης δεν ενσωματώνουν την ανάγκη του αιτούντα κόμβου να εγκαθιδρύσει την εμπιστοσύνη του στον ιδιοκτήτη των πόρων, αυτοί οι ίδιοι από μόνοι τους δεν παρέχουν μια πλήρη γενική λύση διαχείρισης εμπιστοσύνης για όλες τις αποκεντρωμένες εφαρμογές.



Εικόνα 4.1. Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Διαχείρισης Εμπιστοσύνης

Τα βασισμένα στην υπόληψη συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης (ενότητα 4.2) από την άλλη, παρέχουν έναν μηχανισμό με τον οποίο ένας κόμβος που ζητά έναν πόρο μπορεί να αξιολογήσει την εμπιστοσύνη του στην αξιοπιστία του πόρου και του κόμβου που παρέχει τον πόρο. Οι κόμβοι σε τέτοια συστήματα εγκαθιδρύουν σχέσεις εμπιστοσύνης με άλλους κόμβους και ορίζουν τιμές εμπιστοσύνης σε αυτές τις σχέσεις (Zacharia και Maes, 2000). Η αξία εμπιστοσύνης που ορίζεται σε μια σχέση εμπιστοσύνης είναι μια λειτουργία συνδυασμού της γενικότερης υπόληψης ενός κόμβου και της αντίληψης που έχει ο αξιολογώντας κόμβος για εκείνον τον κόμβο. Η πλειονότητα των συστημάτων αυτής της κατηγορίας βασίζεται στην ανατροφοδότηση (*feedback*), δηλαδή μετά την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής οι συναλλασσόμενοι αξιολογούν ο ένας τον άλλο και από αυτές τις αξιολογήσεις με διάφορες τεχνικές προκύπτει ένα αποτέλεσμα υπόληψης για κάθε κόμβο.

Το τρίτο είδος συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης (ενότητα 4.3) βασίζεται και αυτό στην υπόληψη, αλλά επιπροσθέτως χρησιμοποιεί τις κοινωνικές σχέσεις μεταξύ των κόμβων όταν υπολογίζει τιμές εμπιστοσύνης και υπόληψης. Για αυτό το λόγο όπως τονίστηκε και προηγουμένως θα μπορούσαν να αποτελέσουν και υποκατηγορία των βασισμένων στην υπόληψη ΣΔΕ αλλά επειδή προσπαθούν να βρουν εναλλακτικούς τρόπους για να καθορίσουν την υπόληψη ενός μέλους μιας κοινότητας σε μια προσπάθεια ανεξάρτησης από την ανατροφοδότηση μετά από τη συναλλαγή τοποθετούνται σε ξεχωριστή κατηγορία από τα βασισμένα στην υπόληψη ΣΔΕ. Αυτά τα συστήματα αναλύουν ένα κοινωνικό δίκτυο που αντιπροσωπεύει τις σχέσεις που υπάρχουν εντός μιας κοινότητας και σχηματίζει συμπεράσματα για τις υπολήψεις των κόμβων βασισμένα σε διαφορετικές πτυχές του κοινωνικού δικτύου. Εδώ υπάρχουν δύο κύριες υποκατηγορίες συστημάτων. Αυτά που βασίζονται σε δίκτυα συστάσεων, στα οποία η οντότητα προσπαθεί να εκμεταλλευτεί το κοινωνικό της δίκτυο προκειμένου να λάβει συστάσεις από αυτό και τα συστήματα εκείνα που βασίζονται σε δίκτυα πρακτόρων και στα κοινωνικά τους χαρακτηριστικά. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των συστημάτων της δεύτερης υποκατηγορίας χρησιμοποιεί τη μέθοδο του δικτύου συστάσεων για την παραγωγή αποτελεσμάτων υπόληψης, αλλά επειδή έχουν προταθεί από την ερευνητική κοινότητα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων

(*Multi Agents Systems - MAS*) με κύριο γνώμονα την εξυπηρέτηση τέτοιων συστημάτων εντάσσονται σε αυτήν την διαφορετική υποκατηγορία. Παραδείγματα τέτοιων συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης περιλαμβάνουν το Regret (παράγραφος 3.2.3.2) που προσδιορίζει τις ομάδες χρησιμοποιώντας το κοινωνικό δίκτυο, και το NodeRanking (ενότητα 3.2.3.3) που προσδιορίζει τους ειδικούς – εμπειρογνώμονες χρησιμοποιώντας το κοινωνικό δίκτυο.

4.1. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Πολιτικές ή Πιστοποιητικά

Τα ΣΔΕ που βασίζονται σε πολιτικές ή πιστοποιητικά αποτελούν τις πρώτες μορφές ΣΔΕ και χρησιμοποιούν πιστοποιητικά τα οποία πρέπει να επικυρωθούν για να οικοδομηθεί εμπιστοσύνη ανάμεσα στις οντότητες. Στα συστήματα αυτά μπορούμε να διακρίνουμε δυο επιμέρους κατηγορίες (Patil και Shyamasundar, 2005). Τις υποδομές δημοσίου κλειδιού (Public Key Infrastructures – PKIs) που χρησιμοποιούνται σαν ΣΔΕ και τα καθαρά ΣΔΕ που βασίζονται σε υποδομές δημοσίου κλειδιού PKIs. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια στις δυο επόμενες ενότητες (4.1.1 και 4.1.2), οι υποδομές δημοσίου κλειδιού (Public Key Infrastructures – PKIs) που χρησιμοποιούνται σαν ΣΔΕ είναι επαρκείς μόνο για απλές δομές όπου κύριο και πρωταρχικό μέλημα αποτελούν οι λειτουργίες αυθεντικοποίησης και ως ένα βαθμό έγκρισης ενεργειών. Αντίθετα τα ΣΔΕ που βασίζονται σε PKIs μπορούν να λειτουργήσουν και σε πιο σύνθετες οργανώσεις (ενδεχομένως κατανεμημένες) όπου απαιτείται πραγματικά η εγκαθίδρυση εμπιστοσύνης ανάμεσα στις οντότητες της οργάνωσης.

4.1.1. Υποδομές Δημοσίου Κλειδιού σαν Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης

Οι υποδομές δημοσίου κλειδιού (Public Key Infrastructures – PKIs) παρέχουν ένα συστηματικό πλαίσιο που παράγει, διανέμει, και διατηρεί τα κρυπτογραφικά ζευγάρια κλειδών που απαιτούνται για την επίτευξη ιδιοτήτων όπως επικύρωση,

έγκριση, εμπιστευτικότητα δεδομένων, ακεραιότητα δεδομένων, μη παρέκκλιση των επικοινωνιών μέσω του Διαδικτύου. Αυτά τα πλαίσια χρησιμοποιούν μια δομή δεδομένων, αποκαλούμενη ψηφιακό πιστοποιητικό, για να παραγάγουν το κρυπτογραφικό κλειδί και άλλα πιστοποιητικά του χρήστη. Οι μέθοδοι για να διανεμηθούν και να διατηρηθούν τα ψηφιακά πιστοποιητικά μπορεί να διαφέρουν σε κάθε ένα από αυτά τα πλαίσια. Αυτό είναι ένα πολύ χρήσιμο πλαίσιο για την καθιέρωση, αύξηση και επιβολή της εμπιστοσύνης. Ένα ψηφιακό πιστοποιητικό εκδίδεται από μια αρχή πιστοποίησης και πιστοποιεί ότι ένα δημόσιο κλειδί ανήκει σε μια συγκεκριμένη οντότητα. Η αρχή πιστοποίησης δεν βεβαιώνει την αξιοπιστία του κατόχου του κλειδιού, αλλά απλά επικυρώνει την ταυτότητα του κατόχου. Αυτό είναι απαραίτητο για να καθιερωθεί μια σχέση εμπιστοσύνης πρόσβασης πόρων ή παροχής υπηρεσιών και μπορεί υπονοούμενα να μειώσει τον κίνδυνο στον οποίο υποβάλλεται ο εμπιστευτής κατά την ανάμειξη του με τον εμπιστευόμενο (Povey, 1999A). Εντούτοις, η πολιτική που καθορίζει σε ποιούς πόρους ή υπηρεσίες ο εμπιστευτής επιτρέπεται να έχει πρόσβαση δεν χειρίζεται από την υποδομή πιστοποιητικών, αλλά αυτό αφήνεται στην εκάστοτε εφαρμογή.

Σε αυτήν την υποενότητα, θα συζητήσουμε τρία προεξέχοντα πλαίσια PKI που διαφοροποιούνται από την αρχιτεκτονική τους, παρέχοντας κατά συνέπεια τρία ευδιάκριτα μοντέλα εμπιστοσύνης.

4.1.1.1. Pretty Good Privacy (PGP)

Το PGP δημιουργήθηκε με στόχο κυρίως για ασφαλή επικοινωνία μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Είναι ένα πρότυπο μηδέν παραμετροποίησης (Patil και Shyamasundar, 2005), δηλ. χωρίς οποιαδήποτε προ-διαμορφωμένη εγκατάσταση υποδομής, οι χρήστες μπορούν να συμμετέχουν σε αυτό. Οι χρήστες του PGP παράγουν ένα ασύμμετρο ζευγάρι κλειδιών από μόνοι τους και διανέμουν το δημόσιο-κλειδί τους μέσω δισκετών ή εφημερίδων (ή γενικότερα οποιουδήποτε άλλου μη απευθείας σύνδεσης μέσου), έτσι ώστε οι άλλοι να μπορούν να επικοινωνήσουν ασφαλώς με αυτούς. Οι χρήστες διατηρούν τα δημόσια κλειδιά άλλων χρηστών σε μια τοπική βάση δεδομένων, αποκαλούμενη *μπρελόκ (keyring)*. Προσθέτοντας έναν νέο χρήστη και το αντίστοιχο δημόσιο

κλειδί του στο μπρελόκ, ο ιδιοκτήτης του μπρελόκ ορίζει επίσης μια μη αρνητική τιμή εμπιστοσύνης σε αυτή την εισαγωγή, τονίζοντας έτσι την εμπιστοσύνη του σε αυτή την αντιστοιχία. Είναι προφανές ότι κλειδιά που ανταλλάσσονται προσωπικά λαμβάνουν υψηλότερες τιμές εμπιστοσύνης, αντίθετα από τα κλειδιά που ανακτώνται χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο ως μέσο ανταλλαγής.

Οι χρήστες του PGP μπορούν να ανακτήσουν τα δημόσια-κλειδιά που τους ενδιαφέρουν από τα μπρελόκ άλλων χρηστών, οι οποίοι έχουν υψηλές τιμές εμπιστοσύνης στην τοπική βάση δεδομένων. Κατά συνέπεια, οι χρήστες του PGP διαμορφώνουν μια αποκεντρωμένη βάση δεδομένων αντιστοιχιών ονόματος χρήστη με κλειδί συνδεδεμένων με μια μη αρνητική τιμή εμπιστοσύνης. Οι χρήστες ανεξάρτητα ενημερώνουν τα μπρελόκ τους και δύναται να τα μοιραστούν με άλλους. Αυτό το πλέγμα των αντιστοιχιών ονομάτων-κλειδιών που διαμορφώνονται από τους πολύ στενά συνδεδεμένους χρήστες καλείται *Web-of-Trust*. Δεν υπάρχει κάποια κεντριοποιημένη ή ιεραρχική σχέση μεταξύ των αρχών πιστοποίησης όπως συμβαίνει στο X.509 (υποενότητα 4.1.1.2).

Οι ελλοχεύουσες υποθέσεις του προτύπου είναι ότι ένας εμπιστευτής μπορεί να εμπιστευθεί άλλες οντότητες, μπορεί να επικυρώσει τα πιστοποιητικά από άλλες οντότητες ή μπορεί να εμπιστευθεί τρίτους για να επικυρώσουν τα πιστοποιητικά. Ένας *introducer* είναι μια οντότητα που υπογράφει το δημόσιο κλειδί κάποιου άλλου (και βεβαιώνει έτσι για μια αντιστοιχία ονόματος-δημόσιου κλειδιού). Ένας *meta-introducer* μπορεί να υπογράψει κλειδιά καθώς επίσης και να διευκρινίσει ποιος είναι (εμπιστευμένος) *introducer*. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε οντότητα μπορεί να λειτουργήσει ως αρχή πιστοποίησης. Κάθε κλειδί που ένας χρήστης εμπιστεύεται ή υπογράφει πρέπει να έχει ένα βαθμό εμπιστοσύνης συνδεδεμένο με αυτό ονομαστικά: *άγνωστο, αναξιόπιστο, οριακά αξιόπιστο ή απόλυτα αξιόπιστο*. Επίσης υποτίθεται ότι ένας χρήστης έχει μια υπονοούμενη εμπιστοσύνη (η υψηλότερη μορφή εμπιστοσύνη σε αυτό το πρότυπο) στο δικό του κλειδί. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν αυτές οι ετικέτες για να καθοριστούν σύνθετα κριτήρια σχετικά με την αξιοπιστία των κλειδιών. Παραδείγματος χάριν, ένας χρήστης μπορεί να διευκρινίσει ότι εμπιστεύεται εντελώς ένα κλειδί μόνο εάν αυτό θεωρείται οριακά αξιόπιστο από έναν meta-

introducer και απόλυτα αξιόπιστο από έναν introducer που αυτός εμπιστεύεται. Μόλις καταχωρηθούν τα κλειδιά (μαζί με το βαθμό εμπιστοσύνης τους) στο σύστημα PGP, κατόπιν υπολογίζεται ένα αποτέλεσμα εγκυρότητας (αυτό μετρά πόσο βέβαιοι είμαστε ότι αυτό το κλειδί ανήκει σε αυτόν τον χρήστη). Πλέον αποτελεί ευθύνη της κάθε οντότητας να επερωτήσει το σύστημα και αποκτήσει τα κλειδιά που χρειάζεται.

Οι χρήστες αυτού του μοντέλου διατρέχουν τον κίνδυνο να παραπλανηθούν από λανθασμένες ή πολυδιατηρημένες πληροφορίες που παρέχονται από τα μέλη του *Web-of-Trust*. Διαφορετικά, αυτό το πλαίσιο μπορεί να παρέχει επαληθεύσιμα μέσα για να γίνει η επικύρωση της ταυτότητας ενός χρήστη και μπορεί να υποστηρίξει εμπιστευτικότητα μηνυμάτων και ακεραιότητα.

4.1.1.2. X.509

Το μοντέλο εμπιστοσύνης X.509 (Adams και Farrell, 1999) είναι ένα αυστηρά ιεραρχικό μοντέλο εμπιστοσύνης που χρησιμοποιείται για αυθεντικοποίηση. Κάθε οντότητα πρέπει να έχει ένα πιστοποιητικό που να υπογράφεται από την κεντρική αρχή πιστοποίησης ή άλλη αρχή, η οποία άμεσα ή έμμεσα έχει πιστοποιηθεί από αυτήν. Αυτό το πρότυπο υποθέτει ότι οι αρχές πιστοποίησης οργανώνονται σε ένα καθολικό δέντρο αρχών πιστοποίησης και ότι τα πιστοποιητικά εντός μιας τοπικής κοινότητας θα υπογραφούν από μια αρχή πιστοποίησης που μπορεί να είναι συνδεδεμένη σε αυτό το δέντρο (Blaze, Feigenbaum και Lacy, 1996).

Η αρχική διαμόρφωση περιλαμβάνει μια *αρχή πιστοποίησης (Certification Authority - CA)*, μια καθολικά εμπιστευμένη αρχή, υπεύθυνη για την έκδοση και την ανάκληση των ψηφιακών πιστοποιητικών. Έχοντας το δημόσιο-κλειδί αυτής της αρχής οι χρήστες αυτού του πλαισίου, εγγυάται η δυνατότητα τους να ανακτούν σωστά άλλα δημόσια-κλειδιά. Η διαγώνιος-πιστοποίηση μεταξύ των αρχών πιστοποίησης αυξάνει πολύ τη δυνατότητα των χρηστών να επικυρώνουν άλλους χρήστες που βρίσκονται κάτω από αυτούς. Ωστόσο και αυτό το σχήμα πάσχει επίσης από την ανικανότητα εξασφάλισης της φρεσκάδας των δημόσιων κλειδιών των χρηστών και τελικά των πιστοποιητικών που συνδέονται με αυτά.

Στο X.509, οι αυθεντικοποιήσεις μπορούν μόνο να κατευθυνθούν από μια αρχή πιστοποίησης προς τα υποκείμενα του πιστοποιητικού και κατά συνέπεια, διαμορφώνει μια άκαμπτη δομή (ιεραρχική ή κεντροποιημένη). Περαιτέρω, επικύρωση μεταξύ των χρηστών περιλαμβάνει την αναπόφευκτη υπονοούμενη εμπιστοσύνη στις ενδιάμεσες αρχές επικύρωσης, το οποίο δεν είναι ένας αποδεκτός και εφαρμόσιμος κανόνας για ηλεκτρονικές συναλλαγές ή κατανεμημένες εφαρμογές. Αλλά αυτό το πλαίσιο παρέχει όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που αποτελούν τη βάση του σχηματισμού εμπιστοσύνης.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι κανένα από αυτά τα μοντέλα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μοντελοποιήσει την εμπιστοσύνη σε όλους τους τομείς (Grandison, 2003). Λόγω της έλλειψης επίσημων μηχανισμών για τη δημιουργία, την απόκτηση και τη διανομή πιστοποιητικών το PGP θεωρείται αναξιόπιστο για το ηλεκτρονικό εμπόριο, αλλά κατάλληλο για προσωπική επικοινωνία. Η άκαμπτη ιεραρχική δομή του X.509 μπορεί να οδηγήσει σε αφύσικες επιχειρησιακές συμμαχίες μεταξύ των ανταγωνιστικών επιχειρήσεων που παραβιάζουν τη φυσική τάξη της εμπιστοσύνης. Μερικές εφαρμογές, όπως τα συστήματα διανομής πληροφοριών αναφοράς χρειάζονται από τα πιστοποιητικά να έχουν μια διάρκεια ζωής μακρύτερη από είναι αυτήν που επιτρέπεται από καθένα από τα προαναφερθέντα σχήματα υποδομής δημοσίου κλειδιού. Επιπλέον, οι τρέχουσες υλοποιήσεις υποδομών δημοσίου κλειδιού δεν περιέχουν κάποια συστηματική και αξιόπιστη μέθοδο για συλλογή στοιχείων για τις οντότητες που περιλαμβάνονται σε μια διαδικτυακή συναλλαγή (Jøsang και Tran, 2000).

4.1.1.3. SPKI/SDSI

Το *Simple Public Key Infrastructure - SPKI* (Elison et al., 1997) παρέχει το μηχανισμό αυθεντικοποίησης και έγκρισης σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον και προτείνει ένα τυποποιημένο σχήμα για τα πιστοποιητικά έγκρισης θεωρώντας ότι τα πιστοποιητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα και για την έγκριση παρά απλά για αυθεντικοποίηση. Εντούτοις, τα πιστοποιητικά του SPKI δεν είναι πλήρως προγραμματίσιμα. Είναι δομές δεδομένων με τους ακόλουθους πέντε τομείς: Εκδότης (η πηγή της έγκρισης), Υποκείμενο (η οντότητα που εγκρίνεται

για να κάνει κάτι), Αντιπροσώπευση (μια λογική τιμή που διευκρινίζει εάν ή όχι το θέμα επιτρέπεται να μεταβιβάσει την έγκριση προς άλλες οντότητες), Έγκριση (μια προδιαγραφή της δύναμης την οποία ο εκδότης παρέχει στο θέμα), και Ημερομηνίες Ισχύος.

Το σχήμα πιστοποιητικών SPKI είναι συμβατό με το σχήμα του τοπικού χώρου ονομάτων του μοντέλου *Simple Distributed Security Infrastructure (SDSI)* που προτάθηκε από τους (Lampson και Rivest, 1997), και οι (Elison et al., 1997) εξηγούν πώς ενσωματώνονται τα δύο. Στο SPKI αντί μιας αρχής πιστοποίησης που καθορίζει τη σύνδεση ονόματος και έγκρισης όπως στο συμβαίνει στο X.509, οι κόμβοι του συστήματος επιτρέπεται να εκδώσουν πιστοποιητικά. Είναι μια από κάτω προς τα επάνω προσέγγιση από την επινόηση μιας PKI, στο οποίο μικρά αυτόνομα νησιά εμπιστευμένων κόμβων μπορούν να διαμορφώσουν μια εξελικτική κατανομημένη PKI με την έκδοση των πιστοποιητικών που συνδέονται σε κόμβους σε άλλα αυτόνομα νησιά. Αντίθετα από X.509, οι κόμβοι μπορούν ανεξάρτητα να διαχειριστούν τους τοπικούς χώρους ονομάτων τους και μπορούν να αναφερθούν στα ονόματα που καθορίζονται στους χώρους ονομάτων άλλων κόμβων. Τα πιστοποιητικά ονόματος χρησιμοποιούνται καθαρά για δεσμευτική σχέση μεταξύ του εκδότη του πιστοποιητικού και του υποκειμένου του πιστοποιητικού. Τα πιστοποιητικά έγκρισης εξετάζουν την αντιπροσώπευση μιας ιδιαίτερης έγκρισης που αναφέρεται στο πιστοποιητικό από τον εκδότη του προς το υποκείμενο ή μια ομάδα υποκειμένων που καθορίζεται σε αυτό. Εκδίδοντας ένα πιστοποιητικό έγκρισης ο εκδότης επίσης διευκρινίζει εάν το υποκείμενο του πιστοποιητικού μπορεί περαιτέρω να μεταβιβάσει την έγκριση ή όχι με το να κρατήσει μια σημαία στη θέση on ή στη θέση off. Σε αυτό το πλαίσιο, το βάρος της επικύρωσης και της απόδειξης της έγκρισης για να γίνει κάτι αφήνεται στο χρήστη. Στο μέρος του χρήστη, η σύνταξη της απόδειξης έγκρισης είναι μια ιδιαίτερα κατανομημένη διαδικασία από την άποψη της εύρεσης των μελών της ομάδας και τις κατάλληλες συνδέσεις αυθεντικοποίησης από τους διάφορους κόμβους που μπορεί να βοηθήσουν στη διαμόρφωση μιας αλυσίδας (μερικές φορές περισσότερες της μίας) πιστοποιητικών που υπονοούν την απόδειξη της έγκρισης. Ο χρήστης μπορεί να υποβάλει μια από τις αλυσίδες πιστοποιητικών (ενδεχομένως αυτή που αποκαλύπτει μόνο τις απαραίτητες πληροφορίες για την

επιτυχία της συναλλαγής (Patil και Shyamasundar, 2003) στο φορέα παροχής υπηρεσιών ως απόδειξη συμμόρφωσης στην πολιτική ασφάλειας. Κατά συνέπεια, παρόλο που ένα τέτοιο πλαίσιο ασφάλειας παρέχει στους χρήστες του πολλή ευελιξία, υποφέρει από τα προβλήματα που είναι έμφυτα σε όλες τις PKIs (που προκύπτουν λόγω της στατικής φύσης των ψηφιακών πιστοποιητικών).

Δεν υπάρχει κάτι σαν δυνατότητα απόσυρσης/άμεσης ανάκλησης της έγκρισης σε αυτό το πλαίσιο. Επομένως, οι εγκρίσεις παρέχονται στα υποκείμενα βάση των επιπέδων εμπιστοσύνης κατά την διάρκεια της έκδοσης και παραμένουν στατικά έγκυρες έως ότου λήξει το πιστοποιητικό. Από τη στιγμή που ένας κόμβος εκδίδει ένα πιστοποιητικό έγκρισης, δεν έχει κανέναν έλεγχο της μελλοντικής συμπεριφοράς του υποκειμένου εκείνης της έγκρισης. Το υποκείμενο μπορεί να δανείσει την έγκρισή του σε άλλες αναρμόδιες οντότητες ή ακόμα παραπάνω να αντιπροσωπεύσει (εάν η αντιπροσώπευση επιτρέπεται) εκείνη την έγκριση χωρίς να συμμορφωθεί στην πολιτική ή τη σύμβαση υπό τις οποίες έχει αποκτήσει την έγκριση, παραβιάζοντας την εμπιστοσύνη του εκδότη. Μέσω μιας ευφυούς χρήσης εκτεταμένων ονομάτων, ομάδων και κατώτατων ορίων στις εγκρίσεις, είναι δυνατόν να κρατηθεί ένας έλεγχος στη συμπεριφορά των κόμβων, εντούτοις αυτό γίνεται δυσκίνητο στα υψηλά κατανεμημένα περιβάλλοντα και δεν θα είναι πάντα εφικτό για έναν διαχειριστή υπηρεσιών να γράφει τις πολιτικές ή συμβάσεις πρόσβασης εκ των προτέρων, για την αποφυγή ανεπιθύμητων σεναρίων. Με άλλα λόγια, τέτοια σχήματα δεν είναι αυξομειώσιμα (Patil και Shyamasundar, 2005). Ο Πίνακας 4.1 κάτωθι παρέχει μια συγκριτική άποψη των ανωτέρω συζητημένων PKIs όσον αφορά μερικές από τις απαιτήσεις των μοντέλων διαχείρισης εμπιστοσύνης.

Η τεκμηρίωση του SPKI (Elison et al., 1997) δηλώνει ότι:

Η επεξεργασία των πιστοποιητικών και των σχετικών αντικειμένων για να παραχθεί μια έγκριση είναι ευθύνη του υπεύθυνου για την ανάπτυξη της εφαρμογής ή του συστήματος. Το σχέδιο επεξεργασίας που παρουσιάζεται εδώ είναι ένα παράδειγμα που μπορεί να ακολουθηθεί, αλλά ο αρχικός σκοπός του είναι να διευκρινίσει τη σημασιολογία ενός πιστοποιητικού SPKI και ο τρόπος που αυτό και

τα διάφορα άλλα είδη πιστοποιητικού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραγάγουν ένα αποτέλεσμα έγκρισης.

	PGP	X.509	SPKI/SDSI
Αρχιτεκτονική	Από κάτω προς τα πάνω	Από πάνω προς τα κάτω	Από κάτω προς τα πάνω
Πιστοποιητικά	Μόνο πιστοποιητικά ονομάτων	Ένα απλό πιστοποιητικό περιέχει πληροφορίες ονομάτων και εξουσιοδότησης	Ξεχωριστά πιστοποιητικά ονόματος και εξουσιοδότησης
Χαρακτηριστικά κεντρικής αρχής εξουσιοδότησης	Web-of-Trust	Ιεραρχική	Κάθε δημόσιο κλειδί μπορεί να ενεργεί σαν κεντρική αρχή εξουσιοδότησης
Εξουσιοδότηση Αντιπροσώπευση	Μη διαθέσιμη	Αυστηρά από την κεντρική αρχή προς τα υποκείμενα	Αυθαίρετα ανάμεσα στους χρήστες
Περιβάλλον εκτέλεσης λειτουργίας	Αποκεντρωμένο	Κεντρικοποιημένο	Αποκεντρωμένο
Καταλληλότητα σαν μοντέλο διαχείρισης εμπιστοσύνης	Ανεπαρκής	Αποδεκτή	Αποδεκτή, πιο εκφραστική από το X.509

Πίνακας 4.1. Σύγκριση ανάμεσα στα PGP, X.509, SPKI/SDSI

Κατά συνέπεια το SPKI δεν είναι ένας μηχανισμός διαχείρισης εμπιστοσύνης με την αυστηρή έννοια του όρου, επειδή ο έλεγχος συμμόρφωσης στην πολιτική ασφάλειας (που αναφέρεται ανωτέρω ως *επεξεργασία των πιστοποιητικών και των σχετικών αντικειμένων*) μπορεί να γίνει με έναν εξαρτημένο από την εκάστοτε εφαρμογή τρόπο. Εάν το σχέδιο επεξεργασίας που παρουσιάστηκε στο (Elison et al., 1997) υιοθετούνταν παγκοσμίως, τότε το SPKI θα αποτελούσε ένα μηχανισμό διαχείρισης εμπιστοσύνης. Βέβαια η έννοια του ελέγχου συμμόρφωσης στην πολιτική ασφάλειας θα ήταν σημαντικά πιο περιορισμένη από ότι σε άλλους μηχανισμούς διαχείρισης εμπιστοσύνης όπως το PolicyMaker (βλέπε ενότητα 4.1.2.1) καθώς αναγκαστικά οι αποδείξεις συμμόρφωσης θα έπαιρναν τη μορφή αλυσίδων πιστοποιητικών .

4.1.2. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Υποδομές Δημοσίου Κλειδιού

Από τα προαναφερθέντα στην προηγούμενη ενότητα (4.1.1) είναι εμφανές ότι τα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης που βασίζονται καθαρά και μόνο στα πλαίσια PKI είναι επαρκή για απλές δομές όπου κύριο και πρωταρχικό μέλημα αποτελούν οι λειτουργίες της αυθεντικοποίησης και ως ένα βαθμό της έγκρισης ενεργειών. Σε πιο σύνθετες οργανώσεις (ενδεχομένως καταναμημένες), αυτά τα μοντέλα αποτυγχάνουν να συλλάβουν τη μελλοντικές συμπεριφορά ή τις εκβάσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα των ενεργειών που εκτελούνται από τις οντότητες που περιλαμβάνονται στην οργάνωση. Οι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να αναπτύξουν τέτοιες πολιτικές και τα αντίστοιχα μοντέλα με την πρόταση πλαισίων όπως τα PolicyMaker (Blaze, Feigenbaum και Strauss, 1998), KeyNote (Blaze et al., 1999B) κ.λπ.. Μια επισκόπηση αυτών των σχεδίων δίνεται κατωτέρω στις ακόλουθες υποενότητες.

4.1.2.1. PolicyMaker

Το PolicyMaker (Blaze, Feigenbaum και Strauss, 1998; Blaze et al., 1999A; Blaze, Ioannidis και Keromytis, 1999; Feigenbaum, 1998) είναι μια εφαρμογή διαχείρισης εμπιστοσύνης, που αναπτύχθηκε στα AT&T Research Laboratories, η οποία καθορίζει τι εξουσιοδοτείται να κάνει ένα δημόσιο κλειδί (Blaze, Feigenbaum, και Lacy, 1996). Θεωρείται το πρώτο παράδειγμα μηχανισμού διαχείρισης εμπιστοσύνης (Blaze et al., 1999A). Εξέτασε το πρόβλημα έγκρισης άμεσα, παρά να χειριστεί το πρόβλημα έμμεσα μέσω της αυθεντικοποίησης και του ελέγχου πρόσβασης, και παρείχε έναν ανεξάρτητο από την εφαρμογή ορισμό της έννοιας *απόδειξη συμμόρφωσης (proof of compliance)* για να ταιριάζει μαζί αιτήματα, πιστοποιητικά, και πολιτικές ασφάλειας. Το PolicyMaker παρουσιάστηκε στην αρχική εργασία για τη διαχείριση εμπιστοσύνης από τους (Blaze, Feigenbaum, και Lacy, 1996), και ο αλγόριθμος συμμόρφωσης-ελέγχου του αποσαφηνίστηκε αργότερα (Blaze, Feigenbaum και Strauss, 1998). Μια πλήρης περιγραφή του συστήματος μπορεί να βρεθεί στο (Blaze, Feigenbaum, και

Lacy, 1996), και η εμπειρία από τη χρησιμοποίησή του σε διάφορες εφαρμογές καταγράφηκε στα (Blaze et al., 1997; Lacy, Snyder και Maher, 1997).

Τα παραδοσιακά πλαίσια πιστοποιητικών όπως το PGP (βλέπε ενότητα 4.1.1.1) και το X.509 (βλέπε ενότητα 4.1.1.2) δεν συνδέουν τα δικαιώματα πρόσβασης με τον ιδιοκτήτη του δημόσιου κλειδιού μέσα στο πλαίσιο του πιστοποιητικού. Σχήματα όπως αυτά απαιτούν μια διαδικασία δύο βημάτων: α) σύνδεση ενός δημόσιου κλειδιού με τον ιδιοκτήτη του, το οποίο γίνεται μέσα στο πλαίσιο του πιστοποιητικού, και β) σύνδεση των δικαιωμάτων πρόσβασης στον προσδιορισμένο ιδιοκτήτη του κλειδιού, το οποίο συμβαίνει έξω από το πλαίσιο του πιστοποιητικού. Στο PolicyMaker, και τα δύο γίνονται σε ένα ενιαίο βήμα που δεσμεύει τα δικαιώματα πρόσβασης σε ένα δημόσιο κλειδί. Το σύστημα PolicyMaker είναι ουσιαστικά μια μηχανή επερώτησης που μπορεί είτε να ενσωματωθεί στις εφαρμογές (μέσω μιας συνδεδεμένης βιβλιοθήκης) ή να τρέχει σαν *daemon service*. Ουσιαστικά αξιολογεί εάν μια προτεινόμενη δράση είναι σύμφωνη με την τοπική πολιτική ασφάλειας (Blaze et al., 1997). Οι εισαγωγές στο διερμηνέα του PolicyMaker είναι η τοπική πολιτική, τα λαμβανόμενα πιστοποιητικά και μια συμβολοσειρά δράσης (που διευκρινίζει τις ενέργειες που το δημόσιο κλειδί θέλει να εκτελέσει). Η απάντηση του διερμηνέα στην εφαρμογή μπορεί είτε να είναι ναι ή όχι είτε ένας κατάλογος περιορισμών που θα καθιστούσε τη δράση αποδεκτή. Στο PolicyMaker τα πιστοποιητικά και οι πολιτικές είναι πλήρως προγραμματίσιμα και μαζί τα πιστοποιητικά και οι πολιτικές αναφέρονται ως ισχυρισμοί. Χοντρικά, ισχυρισμοί θα μπορούσαμε να πούμε ότι παριστάνονται ως ζευγάρια (f,s) , όπου το s είναι η πηγή της εξουσιοδότησης, και f είναι ένα πρόγραμμα που περιγράφει τη φύση της εξουσιοδότησης (τι αφορά, κάτω από ποιους περιορισμούς, κτλ) καθώς επίσης και των οντοτήτων στις οποίες χορηγείται. Μια πολιτική είναι ένας ισχυρισμός εμπιστοσύνης που γίνεται από το τοπικό σύστημα και θεωρείται εκ των προτέρων και άνευ όρων αξιόπιστος από το σύστημα. Ένα πιστοποιητικό είναι ένας υπογεγραμμένος ισχυρισμός εμπιστοσύνης που γίνεται από άλλες οντότητες και οι υπογραφές πρέπει να εξακριβωθούν πριν μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν τα πιστοποιητικά. Οι πολιτικές και τα πιστοποιητικά γράφονται σε μια γλώσσα ισχυρισμού. Η σύνταξη ενός ισχυρισμού είναι:

Πηγή BEBAIΩΝΕΙ Δομή Αρχής ΟΠΟΥ Φίλτρο

Η Πηγή αντιπροσωπεύει την πηγή του ισχυρισμού, η Δομή Αρχής αντιπροσωπεύει το δημόσιο κλειδί(α) στο οποίο εφαρμόζεται ο ισχυρισμός και το φίλτρο είναι αυτό το οποίο αναγκαία οι συμβολοσειρές δράσης πρέπει να ικανοποιήσουν για να είναι ευσταθής ο ισχυρισμός. Ουσιαστικά τα φίλτρα είναι ερμηνευμένα προγράμματα που μπορούν να δεχτούν ή να απορρίψουν τις συμβολοσειρές δράσης. Το PolicyMaker δεν ορίζει ότι μια συγκεκριμένη γλώσσα φίλτρων (ή γλώσσα ισχυρισμού) πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Οποιαδήποτε ασφαλής ερμηνευμένη γλώσσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εφαρμόσει καθεμία από αυτές τις γλώσσες. Τα προγράμματα φίλτρων παίρνουν ως εισαγωγή, την τρέχουσα συμβολοσειρά δράσης και το περιβάλλον, το οποίο περιέχει πληροφορίες για το τρέχον πλαίσιο (π.χ. ημερομηνία, χρόνος, όνομα εφαρμογής, κ.λπ.). Αυτές οι πληροφορίες περιβάλλοντος μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το φίλτρο για να επιβάλει τους βασισμένους σε αυτές περιορισμούς όπως οι χρόνοι λήξης. Ένα φίλτρο έχει επίσης πρόσβαση στις πληροφορίες για το υπόλοιπο της αλυσίδας στην οποία αξιολογείται, όποιος το καθιστά πιθανό να σχεδιάσει τα πιστοποιητικά που περιορίζουν το βαθμό στον οποίο η αρχή τους μπορεί αναβάλλεται. Αν και ο γλωσσικός διερμηνέας φίλτρων είναι εξωτερικός στο PolicyMaker, το όνομα της γλώσσας δίνεται στους ισχυρισμούς και πρέπει να είναι γνωστό στον καθέναν που χρειάζεται να χρησιμοποιήσει τον ισχυρισμό. Οποιοσδήποτε άγνωστες ή μη υποστηριζόμενες γλώσσες φίλτρων αγνοούνται από PolicyMaker.

Το πρωτότυπο για το PolicyMaker είχε τρεις σχετιζόμενες γλώσσες ισχυρισμού: AWKWARD (μία ασφαλή έκδοση της AWK), Java και Safe-TCL. Αναμενόταν ότι αφήνοντας τη γλώσσα ισχυρισμού ένα ανοικτό ζήτημα θα σήμαινε ευελιξία και μεγαλύτερη προγραμματιστική δυνατότητα για το PolicyMaker. Εντούτοις, έγινε αντιληπτό ότι η επιλογή μιας γλώσσας ισχυρισμού μπορεί να έχει επιπτώσεις στην επεξεργασία απόφασης μέσα στο PolicyMaker. Για μια τοπική πολιτική, η πηγή παίρνει πάντα σαν τιμή τη λέξη κλειδί *πολιτική*. Η ακόλουθη πολιτική διευκρινίζει ότι οποιοσδήποτε γιατρός που δεν είναι πλαστικός χειρουργός μπορεί να εμπιστευθεί για να διενεργήσει μια γενική ιατρική εξέταση.

πολιτική

ΒΕΒΑΙΩΝΕΙ *δημόσιο κλειδί γιατρού*

ΟΠΟΥ *φίλτρο που επιτρέπει την γενική ιατρική εξέταση εάν ο τομέας δεν είναι πλαστική χειρουργική*

Για να μπορέσει το PolicyMaker να λάβει μια απόφαση πρέπει να υπάρξει τουλάχιστον μια πολιτική στην είσοδο που παρέχεται σε αυτό από την καλούμενη εφαρμογή. Αυτές διαμορφώνουν τη βάση δεδομένων εμπιστοσύνης, δηλαδή την απόλυτη πηγή εξουσιοδοτήσεων που καθορίζει την απόφαση για κάποιο αίτημα.

Σε έναν ισχυρισμό πιστοποιητικού, η πηγή είναι το δημόσιο κλειδί της εκδόσας αρχής. Τα πιστοποιητικά πρέπει να υπογράφονται από τους εκδότες τους, και αυτές οι υπογραφές πρέπει να εξακριβώνονται προτού να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν τα πιστοποιητικά. Το ακόλουθο πιστοποιητικό δηλώνει ότι το BMA βεβαιώνει ότι το πρόσωπο με το κλειδί 0x1234δbcd δεν είναι πλαστικός χειρουργός.

BMA_key

ΒΕΒΑΙΩΝΕΙ *0x1234δbcd*

ΟΠΟΥ *φίλτρο που επιστρέφει 'όχι πλαστικός χειρουργός', εάν ο τομέας δεν είναι πλαστική χειρουργική*

Ένας ισχυρισμός (είτε πολιτική, είτε πιστοποιητικό) δηλώνει ότι η πηγή εμπιστεύεται τα δημόσια κλειδιά της δομής αρχής να συνδεθούν με συμβολοσειρές δράσης που ικανοποιούν το φίλτρο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι ισχυρισμοί μπορούν να τροποποιήσουν τις συμβολοσειρές δράσης που δέχονται, μέσω της χρήσης των *Σχολιασμών*. Οι *Σχολιασμοί* είναι ουσιαστικά ένας μηχανισμός για την επικοινωνία μεταξύ των ισχυρισμών, καθώς επίσης και για την επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής και των πιστοποιητικών. Η επικοινωνία μεταξύ των ισχυρισμών στο PolicyMaker γίνεται μέσω μιας απλής μόνο προς εγγραφής δομής δεδομένων στην οποία όλοι οι συμμετέχοντες ισχυρισμοί καταγράφουν τα ενδιάμεσα αποτελέσματα. Αυτό επιτρέπει στο PolicyMaker να επισυνάψει συνθήκες στις συμβολοσειρές δράσης, εάν είναι

απαραίτητο. Μια επερώτηση στο διερμηνέα του PolicyMaker έχει την ακόλουθη μορφή:

κλειδί1, κλειδί2, κλειδί3,... ΑΙΤΕΙΤΑΙ ΣυμβολοσειράΔράσης

Για να ελέγξει εάν το κλειδί 0x1234δbcd επιτρέπεται να διενεργήσει μια γενική ιατρική εξέταση, ο διερμηνέας επερωτάται:

0x1234δbcd ΑΙΤΕΙΤΑΙ ‘διενέργεια γενικής ιατρικής εξέτασης’

Ένας στόχος του PolicyMaker ήταν να γίνει η μηχανή διαχείρισης εμπιστοσύνης ελαφριά και αναλύσιμη. Τα αρχιτεκτονικά όρια τέθηκαν έτσι ώστε ένα δίκαιο ποσό ευθύνης τοποθετήθηκε στην καλούντα εφαρμογή παρά στον μηχανισμό διαχείρισης εμπιστοσύνης. Η σημασιολογία της συμβολοσειράς δράσης δεν είναι γνωστή στο PolicyMaker. Η επεξεργασία των συμβολοσειρών δράσης, καθώς επίσης και η εξακρίβωση των υπογραφών, αφήνονται εξ ολοκλήρου στην καλούντα εφαρμογή. Οι συμβολοσειρές δράσης παράγονται και ερμηνεύονται από τις καλώντας εφαρμογές. Τα φίλτρα εντούτοις πρέπει να έχουν γνώση των συμβολοσειρών δράσης. Το γεγονός ότι η επαλήθευση των υπογραφών γίνεται με την κλήση της εφαρμογής σημαίνει ότι οποιοδήποτε σχήμα υπογραφών μπορεί να χρησιμοποιηθεί, από τη στιγμή που η εφαρμογή παράσχει τα κατάλληλα προγράμματα για να εκτελεσθεί η επαλήθευση. Αυτό επιτρέπει στο PolicyMaker να εκμεταλλευτεί ήδη υπάρχοντα σχήματα υπογραφών. Το PolicyMaker χρησιμοποιεί τα πιστοποιητικά που δίνονται σε αυτό για να αποδείξει ότι ζητούμενη δράση συμμορφώνεται με την πολιτική. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται ως *έλεγχος συμμόρφωσης - compliance checking* (Blaze, Feigenbaum και Strauss, 1998). Με λίγα λόγια, μια εφαρμογή δίνει στη μηχανή του PolicyMaker, ένα σύνολο αιτούμενων δράσεων, ένα σύνολο πιστοποιητικών και μια πολιτική και η μηχανή προσπαθεί να αποδείξει ότι τα πιστοποιητικά περιέχουν μια απόδειξη οι ζητούμενες δράσεις συμμορφώνονται με την πολιτική.

Άλλη μια σημαντική ευθύνη που δόθηκε στην καλούντα εφαρμογή είναι η συλλογή των πιστοποιητικών. Η είσοδος που δίνεται στο PolicyMaker προϋποθέτει ότι το σύνολο των πιστοποιητικών που παρέχεται περιέχει την

απόδειξη ότι η ζητούμενη δράση συμμορφώνεται με την τοπική πολιτική ασφάλειας. Ο μηχανισμός διαχείρισης εμπιστοσύνης δεν αναμένεται να είναι σε θέση να ανακαλύψει για παράδειγμα ότι από το σύνολο των πιστοποιητικών λείπει μόνο ένα απαιτούμενο πιστοποιητικό για να ολοκληρωθεί η απόδειξη και να αναζητήσει εκείνο το πιστοποιητικό από π.χ., την εταιρική βάση δεδομένων, τον ιστοτόπο του εκδότη, τον ίδιο τον αιτούντα ή αλλού. Πιο πρόσφατα μοντέλα διαχείρισης εμπιστοσύνης, όπως τα KeyNote (Blaze et al., 1999B) (βλέπε ενότητα 4.1.2.2) και το REFEREE (Chu et al., 1997) (βλέπε ενότητα 4.1.2.3) διαιρούν την ευθύνη μεταξύ της καλούντος εφαρμογής και της μηχανής διαχείρισης εμπιστοσύνης με διαφορετικό τρόπο από αυτόν τη διαιρεί το PolicyMaker.

Συνοψίζοντας το PolicyMaker αποτελεί μια ενοποιημένη προσέγγιση για τον καθορισμό και την ερμηνεία πολιτικών, πιστοποιητικών, και σχέσεων ασφάλειας που επιτρέπουν την άμεση έγκριση ενέργειες κρίσιμων για την ασφάλεια. Οι γενικές αρχές του είναι:

- ενοποιημένος μηχανισμός: παρέχει μια κοινή γλώσσα για τις πολιτικές, τα πιστοποιητικά, και τις σχέσεις,
- ευελιξία: περιεκτικότητα, το πλαίσιο ενσωματώνει τα πιστοποιητικά PGP (βλέπε ενότητα 4.1.1.1) και X.509 (βλέπε ενότητα 4.1.1.2) με τετριμμένες τροποποιήσεις,
- τοπικότητα ελέγχου: αποφεύγει τη μονολιθική ιεραρχία των αρχών πιστοποίησης
- διαίρεση του μηχανισμού από την πολιτική: ο μηχανισμός εξακρίβωσης πιστοποιητικών δεν εξαρτάται από τα ίδια τα πιστοποιητικά ή από τη σημασιολογία των εφαρμογών που τα χρησιμοποιούν.

Η δυνατότητα του PolicyMaker να εκφράζει τα πιστοποιητικά και τις πολιτικές ασφάλειας χωρίς να απαιτεί από την εφαρμογή να επιτύχει μια αντιστοίχιση μεταξύ της προσωπικής ταυτότητας και της εξουσιοδότησης είναι ιδιαίτερα βολική στα συστήματα που εμπερικλείουν την ανωνυμία ως απαίτηση ασφάλειας. Παρέχει επίσης τρόπους για να εκφραστούν οι συνθήκες κάτω από τις οποίες

δείχνεται εμπιστοσύνη σε ένα άτομο ή μια αρχή και οι όροι υπό τους οποίους η εμπιστοσύνη δύναται να πειθαρχεί.

4.1.2.2. KeyNote

Το KeyNote (Blaze, Feigenbaum και Keromytis, 1998; Blaze, 1999; Blaze et al., 1999A; Blaze et al., 1999B), ο διάδοχος του PolicyMaker, αναπτύχθηκε για να βελτιωθούν οι αδυναμίες από τις οποίες έπασχε το PolicyMaker από τα ερευνητικά εργαστήρια AT&T. Έχει τις ίδιες σχεδιαστικές αρχές με το PolicyMaker χρησιμοποιώντας ισχυρισμούς και επερωτήσεις και πιστοποιητικά που εγκρίνουν άμεσα τις ενέργειες αντί να διαιρεί τη διαδικασία της έγκρισης σε αυθεντικοποίηση και έλεγχο πρόσβασης. (Blaze et al., 1999A; Blaze, 1999; Blaze et al., 1999B). Ωστόσο ο σχεδιασμός του προσπαθεί να εκπληρώσει δύο πρόσθετους στόχους, τυποποίηση και ευκολία ολοκλήρωσης (Blaze et al., 1999B). Για την επίτευξη αυτών των στόχων, στο KeyNote περισσότερα γίνονται στο μηχανισμό διαχείρισης εμπιστοσύνης, παρά στην καλούντα εφαρμογή (όπως συνέβαινε στο PolicyMaker). Η επαλήθευση των υπογραφών γίνεται στη μηχανή του KeyNote και μια καθορισμένη γλώσσα ισχυρισμού χρησιμοποιείται. Το PolicyMaker επέτρεπε την επιλογή οποιασδήποτε γλώσσας ισχυρισμού για την συγγραφή πολιτικών και πιστοποιητικών, γεγονός που καθιστούσε τον έλεγχο συμμόρφωσής δύσκολο να ενσωματωθεί στις εφαρμογές. Η προκαθορισμένη γλώσσα ισχυρισμού του KeyNote επιτρέπει απλούστερη ολοκλήρωση με τον ελεγκτή συμμόρφωσής διευκολύνοντας την αποδοτικότητα, τη διαλειτουργικότητα και τη διαδεδομένη χρήση προσεκτικά γραμμένων πιστοποιητικών και πολιτικών.

Στη μηχανή του KeyNote μπαίνει σαν είσοδος από την καλούντα εφαρμογή ένας κατάλογος πιστοποιητικών, πολιτικές, τα δημόσια κλειδιά του αιτούντος και ένα *Περιβάλλον Δράσης* (που είναι ουσιαστικά ένας κατάλογος ζευγαριών ιδιότητας-αξίας, παρόμοιο κατά κάποιο τρόπο στο περιβάλλον του κελύφους του Unix). Το περιβάλλον δράσης παράγεται από την εφαρμογή και περιέχει όλες τις σχετικές με το αίτημα πληροφορίες, και οπότε απεικονίζει ακριβώς τις απαιτήσεις ασφάλειας της εφαρμογής. Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων αυτού του

περιβάλλοντος είναι η ουσιαστική εργασία στην ενσωμάτωση του KeyNote σε οποιαδήποτε εφαρμογή (Blaze et al., 1999A). Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αξιολόγησης του KeyNote είναι μια καθορισμένη από την εφαρμογή συμβολοσειρά (ίσως κάποιες φορές και με μερικές πρόσθετες πληροφορίες), με την απλούστερη απάντηση που μπορεί να επιστραφεί πίσω στην εφαρμογή να είναι *εξουσιοδοτείται*. Το σχήμα ισχυρισμών του KeyNote είναι παρόμοιο με τις επικεφαλίδες του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και περιγράφεται στο (Blaze et al., 1999B). Ένα παράδειγμα ενός ισχυρισμού (με τεχνητά σύντομα κλειδιά και υπογραφές για αναγνωσιμότητα) που λαμβάνεται από το (Blaze et al., 1999A) είναι:

```
KeyNote-Version: 1
Authorizer: rsa-pkcs-hex:"1023abcd"
Licensees: dsa-hex "986512a1" || rsa-pkcs1-hex:"19abcd02"
Comment: Authorizer delegates read access to either of the Licensees
Conditions: ($file == "etc/passwd" && $access == "read") -> {return "ok2}
Signature: rsa-md5-pkcs1-hex:"f00f5673"
```

Όπως και στο PolicyMaker, οι πολιτικές και τα πιστοποιητικά (συλλογικά αποκαλούμενα ισχυρισμοί) έχουν την ίδια μορφή. Η μόνη διαφορά μεταξύ των πολιτικών και των πιστοποιητικών είναι ότι μια πολιτική (δηλαδή ένας ισχυρισμός με την λέξη κλειδί *ΠΟΛΙΤΙΚΗ* στο πεδίο *Authorizer*) εμπιστεύεται τοπικά (από τον ελεγκτή συμμόρφωσης) και έτσι δεν χρειάζεται καμία υπογραφή. Στο KeyNote οι ισχυρισμοί είναι δομημένοι έτσι ώστε το πεδίο *Licensees* να διευκρινίζει ρητά την αρχή ή τις αρχές στις οποίες μεταβιβάζεται η εξουσία. Συντακτικά, το πεδίο *Licensees* είναι ένας τύπος στον οποίο τα ορίσματα είναι δημόσια κλειδιά και οι πράξεις είναι σύνδεση, αποσύνδεση, και κατώτατο όριο. Η σημασιολογία αυτών των εκφράσεων διευκρινίζεται στο (Blaze et al., 1999B). Τα προγράμματα στο KeyNote κωδικοποιούνται στο πεδίο *Conditions* και είναι ουσιαστικά δοκιμές των μεταβλητών του περιβάλλοντος δράσης. Αυτές οι δοκιμές αποτελούν συγκρίσεις συμβολοσειρών, αριθμητικές διαδικασίες και συγκρίσεις.

Μια απλή, ελαφριά γλώσσα ισχυρισμών χωρίς βρόχους ή αναδρομές χρησιμοποιείται στο KeyNote προκειμένου να επιβληθούν οι περιορισμοί χρήσης των πόρων³¹. Ο λόγος είναι ότι μια τέτοιου είδους γλώσσα επιτρέπει στους ισχυρισμούς να γίνουν εύκολα κατανοητοί από τους ανθρώπους και να ερμηνεύονται εύκολα από γλώσσες υψηλού επιπέδου, κ.λπ. (Blaze et al., 1999A). Επιπλέον μια τέτοια γλώσσα θεωρείται επαρκής για το Keynote (Blaze et al., 1999A) λόγω του τρόπου που επιτυγχάνεται ο έλεγχος συμμόρφωσης σε αυτό. Ο έλεγχος συμμόρφωσης στο PolicyMaker απαιτεί επαναλαμβανόμενη αξιολόγηση των ισχυρισμών, μαζί με αποθήκευση των ενδιάμεσων αποτελεσμάτων και επικοινωνία μεταξύ των ισχυρισμών, ενώ ο έλεγχος συμμόρφωσης στο KeyNote περιλαμβάνει μια πρώτη αναζήτηση σε βάθος που προσπαθεί (χρησιμοποιώντας αναδρομή) να ικανοποιήσει τουλάχιστον μια πολιτική. Το KeyNote δε διαθέτει κανένα μηχανισμό επικοινωνίας ανάμεσα στους ισχυρισμούς. Η ικανοποίηση ενός ισχυρισμού συνεπάγεται την ικανοποίηση τόσο του πεδίου Conditions όσο και του πεδίου Licensees. Η τρέχουσα υλοποίηση του περιβάλλοντος του KeyNote είναι γραμμένη στη γλώσσα προγραμματισμού C.

Το PolicyMaker και το KeyNote χρησιμοποιούν το X.509 σαν υποβόσκουσα υποδομή ασφάλειας και είναι και τα δύο σε θέση να γράψουν πιο σύνθετους ισχυρισμούς από ότι το X.509 από μόνο του. Από την άλλη κανένα σύστημα (PolicyMaker και KeyNote) δεν εξετάζει το πρόβλημα του το πώς να ανακαλυφθούν τα πιστοποιητικά που λείπουν, και επίσης κανένα σύστημα δεν υποστηρίζει τους αρνητικούς ισχυρισμούς. Οι συντάκτες υποστήριξαν ότι και τα δύο αυτά τα συστήματα αποτελούν γενικότερη λύση στο πρόβλημα διαχείρισης εμπιστοσύνης από τα πιστοποιητικά δημοσίου κλειδιού (Blaze et al., 1999A). Εντούτοις, όπως αναφέρει ο (Grandison, 2003) εξετάζουν μόνο την εξουσιοδότηση που βασίζεται στα δημόσια κλειδιά, η οποία ακόμα δεν καλύπτει περιεκτικά ολόκληρο το πρόβλημα της διαχείρισης εμπιστοσύνης. Εστιάζουν στην καθιέρωση της εμπιστοσύνης πρόσβασης πόρων, και ενδεχομένως στην

³¹ Η AWK μια από τις πρώτες γλώσσες ισχυρισμών που χρησιμοποιήθηκαν στο PolicyMaker είχε κατηγορηθεί ως ιδιαίτερα βαριά και απαιτητική για τις σχετικές εφαρμογές (Blaze et al., 1999 1 δικό μου).

εμπιστοσύνη παροχής υπηρεσιών. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι το KeyNote, όπως και άλλα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης, δεν *επιβάλλουν άμεσα* την πολιτική ασφάλειας αλλά παρέχουν μόνο τις συμβουλές στις εφαρμογές που τα καλούν. Το KeyNote υποθέτει ότι η ίδια η εφαρμογή είναι αξιόπιστη και ότι οι ισχυρισμοί πολιτικής είναι σωστοί. Τίποτα δεν αποτρέπει μια εφαρμογή από την υποβολή παραπλανητικών ισχυρισμών στο KeyNote ή από το να αγνοήσει το KeyNote συνολικά.

4.1.2.3. REFERRE

Το REFEREE (Rule-controlled Environment For Evaluation of Rules and Everything Else), (Chu et al., 1997; Chu, 1997) είναι ένα σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης για τη λήψη αποφάσεων πρόσβασης σχετικές με έγγραφα Ιστού, που αναπτύχθηκε από τον Yang-Hua Chu, βασισμένο στο PolicyMaker. Θεωρεί μια ετικέτα όμοια με αυτή του συστήματος PICS ως στερεότυπο πιστοποιητικό Ιστού και χρησιμοποιεί το ίδιο θεωρητικό πλαίσιο με το PolicyMaker για να ερμηνεύσει τις πολιτικές εμπιστοσύνης και να διαχειριστεί τα πρωτόκολλα εμπιστοσύνης, τα οποία αντιπροσωπεύονται από υπομονάδες λογισμικού. Όπως το PolicyMaker και το KeyNote, το REFEREE είναι μια βασισμένη στις συστάσεις, μηχανή επερωτήσεων, και σαν αποτέλεσμα πρέπει να ενσωματωθεί σε μια host εφαρμογή. Αξιολογεί τα αιτήματα και επιστρέφει τρεις δυνατές τιμές και έναν κατάλογο δηλώσεων, που αποτελεί την αιτιολόγηση για την απάντηση. Οι τρεις δυνατές τιμές είναι είτε αληθές, είτε ψευδές είτε άγνωστο. *Αληθές* σημαίνει ναι, η δράση μπορεί να εκτελεστεί επειδή υπάρχουν επαρκή ικανοποιητικά πιστοποιητικά για να εγκριθεί η δράση, *ψευδές* σημαίνει όχι, η δράση δεν μπορεί να εκτελεστεί επειδή υπάρχουν επαρκή ικανοποιητικά πιστοποιητικά για να μην εγκριθεί η δράση και το *άγνωστο* σημαίνει ότι το σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης δεν ήταν ικανό να βρει ικανοποιητικά πιστοποιητικά είτε για να εγκρίνει είτε για να αρνηθεί τη ζητούμενη δράση. Οι λογικοί τελεστές τροποποιήθηκαν για να επιτρέψουν συλλογισμούς με τριπλοτιμές και ειδικοί χειριστές προστέθηκαν για να δημιουργήσουν ένα πλήρες λογικό πλαίσιο για τις τριπλοτιμές. Παραδείγματος χάριν, αληθές-εάν-άγνωστο και ψευδές-εάν-άγνωστο

τελεστές ορίστηκαν για να εξομοιώσουν την άρνηση της *άγνωστης* αξίας. Ένας ταξινομημένος κατάλογος δηλώσεων ορίζει τις πληροφορίες που αποκτιούνται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των υπομονάδων. Αυτές οι πληροφορίες αποτελούν το μέσο με το οποίο πραγματοποιείται η επικοινωνία ανάμεσα στις υπομονάδες. Όλες οι δηλώσεις είναι εκφράσεις δύο στοιχείων παρόμοιες με τα ζεύγη τιμών ιδιοτήτων. Το πρώτο στοιχείο διευκρινίζει το πλαίσιο της δήλωσης και το δεύτερο το περιεχόμενο της δήλωσης. Παραδείγματος χάριν, η δήλωση ότι ο A είναι μη εμπιστεύσιμος, σε ένα πιστοποιητικό μιας υπομονάδας του REFEREE θα ήταν: ((“certification module”)(“A” (untrustworthy yes))).

Το σύστημα REFEREE είναι ουσιαστικά μια συλλογή υπομονάδων ως βασικές δομικές μονάδες, κάθε μια από τις οποίες εξετάζει μια συγκεκριμένη πολιτική απόφασης. Μια υπομονάδα μπορεί να εξουσιοδοτήσει άλλες υπομονάδες να εκτελέσουν υποεργασίες για λογαριασμό της και να λάβει αποφάσεις βασισμένες στους επιστρεφόμενους ισχυρισμούς. Όλες οι ενότητες έχουν την ίδια διεπαφή όπως το REFEREE, δηλαδή δέχονται εισόδους και επιστρέφουν μια τριπλοτιμή και έναν κατάλογο δηλώσεων. Οι εισοδοί είναι το όνομα μιας ενέργειας και άλλα επιχειρήματα που παρέχουν πληροφορίες για την ενέργεια και διαμορφώνουν τη βάση δεδομένων εμπιστοσύνης της υπομονάδας. Για παράδειγμα, μια υπομονάδα επιλογής περιεχομένου μπορεί να έχει είτε ένα URL είτε τα κλειδιά των αξιολογητών που κάνουν τους ισχυρισμούς για το URL ως είσοδο της και η έξοδος της να είναι μια τριπλοτιμή με έναν κατάλογο δηλώσεων. Σε επίπεδο υλοποίησης, μια υπομονάδα αποτελείται από μια πολιτική και μηδέν ή περισσότερους διερμηνείς. Μια πολιτική είναι ένα τμήμα κώδικα που γράφεται σε μια γλώσσα πολιτικής εμπιστοσύνης και οι διερμηνείς είναι προγράμματα για την διερμηνεία της πολιτικής άλλων διερμηνέων. Το σύνολο των διερμηνέων σε μια υπομονάδα είναι ιεραρχικό: η πολιτική της υπομονάδας ερμηνεύεται από τον διερμηνέα του υψηλότερου επιπέδου, ο οποίος στη συνέχεια ερμηνεύεται από έναν χαμηλότερου επιπέδου διερμηνέα κοκ.

Το REFERRE περνά από δύο φάσεις στη διάρκεια ζωής του. Στη φάση εκκίνησης, όπου η host εφαρμογή του δίνει τους άνευ όρων εμπιστευμένους ισχυρισμούς και μια βάση δεδομένων για την υπομονάδα. Μια βάση δεδομένων

υπομονάδας είναι μια αποθήκη των ονομάτων ενεργειών, παρόμοια με έναν εξυπηρετητή συστήματος ονομάτων χώρου (DNS Server) στο ότι επιτρέπει σε μια υπομονάδα να αναφέρεται από ένα όνομα ενέργειας. Στη φάση επερωτήσεων, η host εφαρμογή παρέχει την ενέργεια και άλλα επιχειρήματα όπως πιστοποιητικά, τα οποία περνούν στην κατάλληλη υπομονάδα από την βάση δεδομένων της υπομονάδας. Το REFEREE τρέχει το διερμηνέα της υπομονάδας με την πολιτική και τον κατάλογο των επιχειρημάτων, κάτι που μπορεί να οδηγήσει στην επίκληση άλλων υπομονάδων, κατόπιν επιστρέφει μια απάντηση στην host εφαρμογή.

Το Profiles-0.92 είναι μια βασισμένη στους κανόνες γλώσσα πολιτικής εμπιστοσύνης, με σκοπό να συνεργαστεί με το REFEREE, στην οποία κάθε κανόνας είναι μια έκφραση με έναν τελεστή ως πρώτο στοιχείο που ακολουθείται από τους τελεστές. Οι κανόνες αξιολογούνται από πάνω προς τα κάτω και η επιστρεφόμενη τιμή του τελευταίου κανόνα αποτελεί και την επιστρεφόμενη τιμή της πολιτικής. Οι κανόνες επιστρέφουν τριπλοτιμές και καταλόγους δηλώσεων. Για τη σύνταξη μπορεί κανείς να ανατρέξει στο (Chu, 1997). Οι ακόλουθες πολιτικές επισημαίνουν ορισμένα από τα χαρακτηριστικά αυτής της γλώσσας.

```
( threshold-and
```

```
2
```

```
(not (url-match URL (“http://www.cam.ac.uk” “http://www.bath.ac.uk”)))
```

```
(url-match URL (“http://www.ic.ac.uk”))
```

```
unknown
```

```
)
```

Η ανωτέρω πολιτική δηλώνει ότι όλο το υλικό από το Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ και το Πανεπιστήμιο του Bath θα εμποδιστεί, και μόνο υλικό από το Imperial College θα κατεβαίνει αυτόματα. Ο χρήστης θα ερωτάται σχετικά με το κατέβασμα όλου του υπόλοιπου υλικού.

```
( invoke “load-label” STATEMENT-LIST URL
```

```
“http://web.mit.edu/ratings/CodeSafety.html”
```

```
(“http://bureau.mit.edu” “http://bureau.cmu.edu”)
```

```

)
( match
(("load-label")
(((version "PICS-1.1") *
(service "http://web.mit.edu/ratings/CodeSafety.html") *
(ratings (RESTRICT > virus 8))
)))
STATEMENT-LIST
)

```

Αυτή η πολιτική δηλώνει ότι οι ετικέτες από τα γραφεία MIT και CMU πρέπει να χρησιμοποιηθούν και μόνο οι σελίδες με ετικέτες που δηλώνουν ότι το έγγραφο έχει ελεγχθεί λεπτομερώς για τους ιούς μπορούν να κατεβούν.

Το σύστημα REFEREE (Chu et al., 1997) μοιάζει με το PolicyMaker στο ότι υποστηρίζει πλήρη προγραμματισμότητα των ισχυρισμών (πολιτικές και πιστοποιητικά). Εντούτοις, διαφέρει με διάφορους σημαντικούς τρόπους. Επιτρέπει στον μηχανισμό διαχείρισης εμπιστοσύνης, ενώ αξιολογεί ένα αίτημα, να προσκομίσει πρόσθετα πιστοποιητικά και να εκτελέσει εξακρίβωση κρυπτογραφικής υπογραφής. Θυμηθείτε ότι το PolicyMaker τοποθετεί την ευθύνη και για τις δύο αυτές λειτουργίες στην καλούντα εφαρμογή και επιμένει ότι πρέπει να γίνουν προτού να αρχίσει η αξιολόγηση ενός αιτήματος. Επιπλέον, η έννοια της απόδειξης συμμόρφωσης του REFEREE είναι πιο σύνθετη από ότι του PolicyMaker. Το σύστημα απόδειξης του REFEREE υποστηρίζει μια πιο περίπλοκη μορφή επικοινωνίας ανάμεσα στους ισχυρισμούς από ότι το PolicyMaker. Ειδικότερα, το περιβάλλον εκτέλεσης του REFEREE επιτρέπει στα προγράμματα ισχυρισμού να καλούν το ένα το άλλο ως υπομονάδες και να περνούν διαφορετικά επιχειρήματα στις διαφορετικές υπομονάδες, ενώ το περιβάλλον εκτέλεσης του PolicyMaker απαιτεί από κάθε πρόγραμμα ισχυρισμού να γραφτεί οιαδήποτε πληροφορία που θέλει να περάσει σε ένα παγκόσμιο πίνακα που μπορεί να διαβαστεί από όλους τους άλλους ισχυρισμούς.

Το REFEREE σχεδιάστηκε με γνώμονα τη διαχείριση εμπιστοσύνης για την περιήγηση στον ιστό, αλλά είναι μια γενικής χρήσης γλώσσα και θα μπορούσε να

χρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές. Μερικές από τις επιλογές σχεδιασμού που έγιναν στο REFEREE επηρεάστηκαν από την αναφερόμενη στο (Blaze et al., 1997) εμπειρία της χρησιμοποίησης του PolicyMaker για το φιλτράρισμα ιστοσελίδων βασισμένο στις ετικέτες PICS³².

4.1.2.4. Fidelis

Το Fidelis (Yao, 2003) είναι ένα βασισμένο στην πολιτική πλαίσιο διαχείρισης εμπιστοσύνης που προέρχεται από την εργασία για το OASIS (Open Architecture for Secure Internetworking Services) (Yao, Moody και Bacon, 2001; Hayton, Bacon και Moody, 1998; Bacon, Moody και Yao, 2001), που είναι μια βασισμένη στους ρόλους αρχιτεκτονική για κατανεμημένη διαχείριση έγκρισης. Ο (Yao, 2003 124) δηλώνει ότι το πλαίσιο πολιτικών του Fidelis είναι μία αφηρημένη, εννοιολογική θεμελίωση η οποία χρησιμοποιείται ως εναρκτήριο σημείο αναφοράς για την εφαρμογή μιας γλώσσας πολιτικών.

Εννοιολογικά, το πλαίσιο του Fidelis υποθέτει την ίδια άποψη της διαχείρισης εμπιστοσύνης όπως τα βασισμένα στο PolicyMaker συστήματα που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Εντούτοις, Fidelis καθορίζει τις πολιτικές και τα πιστοποιητικά διαφορετικά από τα βασισμένα στο PolicyMaker συστήματα και περιλαμβάνει τις έννοιες του δικτύου εμπιστοσύνης και της μεταβίβασης εμπιστοσύνης. Τα πιστοποιητικά είναι ισχυρισμοί που δεν έχουν καμία σημασιολογικά επεξεργασία και οι πολιτικές ερμηνεύουν τα πιστοποιητικά με την τοπικά-καθορισμένη σημασιολογία. Οι πολιτικές διευκρινίζονται ανεξάρτητα και χωριστά από την αρχή που καθορίζει και εκδίδει τα πιστοποιητικά. Οι αρχές αντιπροσωπεύουν μεμονωμένα αναγνωρίσιμα άτομα ή διαδικασίες. Το Fidelis, που είναι προσανατολισμένο σε υποδομή δημοσίου κλειδιού, υιοθετεί τρεις τύπους αρχών: απλές, ομαδικές και κατωφλίου. Μια απλή αρχή είναι ένα απλό δημόσιο κλειδί, ενώ οι ομαδικές και οι αρχές κατωφλίου είναι μία ή περισσότερες απλές αρχές που ομαδοποιούνται σε μια λογική μονάδα.

³² Το PICS είναι ένα σύστημα ετικετών που αναπτύχθηκε από το W3c για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της προστασίας των παιδιών από την πορνογραφία στο Internet.

Η βασική δομή του πλαισίου Fidelis είναι η δήλωση εμπιστοσύνης, η οποία είναι ένα πρότυπο ισχυρισμού το οποίο μπορεί να ενεργοποιηθεί για να δημιουργήσει ένα στιγμιότυπο εμπιστοσύνης, όπου ένα στιγμιότυπο εμπιστοσύνης αντιπροσωπεύει την συγκεκριμένη εμπιστοσύνη που μια αρχή έχει όσον αφορά μια άλλη αρχή (Yao, 2003 124). Ένα στιγμιότυπο εμπιστοσύνης έχει τη μορφή:

$$A.t(v_1, v_2, \dots, v_n) : B \rightarrow C$$

Όπου το $A.t(v_1, v_2, \dots, v_n)$ είναι ένας ισχυρισμός, το A είναι μια αρχή, το t είναι ένα προσδιοριστικό δήλωσης εμπιστοσύνης που καθορίζεται από το A , το v_i είναι η αξία του i -οστού χαρακτηριστικού του $A.t$, το B (ο εμπιστευτής) είναι η αρχή που εκδίδει το στιγμιότυπο εμπιστοσύνης και το C (το αντικείμενο) είναι η αρχή με την οποία το στιγμιότυπο εμπιστοσύνης συσχετίζεται.

Ένα δίκτυο εμπιστοσύνης είναι μια συλλογή των στιγμιότυπων εμπιστοσύνης. Η μεταβίβαση εμπιστοσύνης αναφέρεται στην πράξη της μεταβίβασης ενός στιγμιότυπου εμπιστοσύνης από μία αρχή σε μία άλλη. Μια πολιτική είναι ένα σύνολο κανόνων. Οι πολιτικές εμπιστοσύνης καθορίζουν την έκδοση των στιγμιότυπων εμπιστοσύνης και οι πολιτικές δράσης καθορίζουν την επίκληση των ενεργειών. Δεν υπάρχουν κανένα στάνταρ πρότυπο για τον καθορισμό των προδιαγραφών των πολιτικών στο πλαίσιο. Οι πολιτικές είναι τοπικές και εκφρασμένες στη γλώσσα ή το μηχανισμό που χρησιμοποιείται από μία αρχή. Το πρότυπο αξιολόγησης πολιτικών του Fidelis ελέγχει ότι μια πολιτική Π , ισχύει για ένα δίκτυο εμπιστοσύνης T (συμβολικά $T \vdash \Pi$).

Η γλώσσα πολιτικής του Fidelis (Fidelis Policy Language - FPL), που περιγράφεται από τον (Yao, 2003 124), είναι μια γλώσσα που επιτρέπει την αντιπροσώπευση αρχών, δηλώσεων εμπιστοσύνης, ενεργειών, πολιτικών εμπιστοσύνης, πολιτικών δράσης και τους συνθηκών εγκυρότητας. Η σύνταξη και η σημασιολογία της FPL έχουν έναν ισχυρό δεσμό με την first-order λογική κατηγορήματος. Τα πρωταρχικά ζητήματα σχετικά με το Fidelis είναι ότι: 1) δεν φαίνεται να υπάρχει καμία διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών βαθμών εμπιστοσύνης 2) αν και μια πολιτική ελέγχεται σε σχέση με το δίκτυο εμπιστοσύνης, δεν φαίνεται να υπάρχει κανένα μέσο αυθαίρετης ανάλυσης των πολιτικών αναφορικά με το δίκτυο εμπιστοσύνης, 3) δεν είναι σαφές το πώς το σύστημα Fidelis θα χειριζόταν

τις προδιαγραφές των πολιτικών από αρχές που χρησιμοποιούν διαφορετικές τοπικές γλώσσες προκειμένου να εκτελεσθεί η αξιολόγηση των πολιτικών, και 4) η υπόθεση ότι η αφηρημένη φύση του πλαισίου αποδυναμώνεται από την βασισμένη σε υποδομές κλειδιού προοπτική που χρησιμοποιείται στον καθορισμό των βασικών συστατικών του.

4.2. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα στην Υπόληψη

Τα ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη αποτελούν την πολυπληθέστερη κατηγορία συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης. Ο όρος υπόληψη μπορεί να γίνει καταληπτός ως η γενικότερη αντίληψη που επικρατεί για την αξιοπιστία μιας οντότητας. Οι κόμβοι σε τέτοια συστήματα εγκαθιδρύουν σχέσεις εμπιστοσύνης με άλλους κόμβους και ορίζουν τιμές εμπιστοσύνης σε αυτές τις σχέσεις (Zacharia και Maes, 2000). Η αξία εμπιστοσύνης που ορίζεται σε μια σχέση εμπιστοσύνης είναι μια λειτουργία συνδυασμού της γενικότερης υπόληψης ενός κόμβου και της αντίληψης που έχει ο αξιολογώντας κόμβος για εκείνον τον κόμβο. Η βασική ιδέα είναι να αφεθούν τα συμβαλλόμενα μέρη να αξιολογήσουν το ένα το άλλο, παραδείγματος χάριν μετά από την ολοκλήρωση μιας συναλλαγής, και να χρησιμοποιηθούν οι αθροισμένες εκτιμήσεις για ένα δεδομένο συμβαλλόμενο μέρος για να παραχθεί ένα αποτέλεσμα υπόληψης, το οποίο μπορεί να βοηθήσει άλλα συμβαλλόμενα μέρη στην απόφαση να πραγματοποιήσουν ή όχι συναλλαγές με εκείνο το συμβαλλόμενο μέρος στο μέλλον.

Στα συστήματα αυτά διακρίνουμε και αρκετές υποκατηγορίες (Εικόνα 4.1) ανάλογα είτε το πεδίο εφαρμογής τους (εμπορικοί ιστοτόποι ηλεκτρονικού εμπορίου, δημοπρασιών, κ.τ.λ., P2P δίκτυα), είτε με τον τρόπο λειτουργίας τους όπως αυτά που στηρίζονται σε *μοντέλα πεποίθησης* (βλέπε ενότητα 3.5.4). Ένα σημαντικό πλήθος βασισμένων στην υπόληψη ΣΔΕ χρησιμοποιεί σε μεγάλο βαθμό κοινωνικά κριτήρια για να υπολογίσει την υπόληψη και κατ' επέκταση την

αξία εμπιστοσύνης ενός κόμβου. Παρόλο που ορισμένοι συγγραφείς (Silaghi, Arenas και Silva, 2007) εντάσσουν αυτά τα συστήματα σε υποκατηγορίες (π.χ. Μοντέλα Υπόληψης Βασισμένα σε Δίκτυα Συστάσεων και Προσεγγίσεις Βασισμένες σε ΣΠΠ-MAS) των ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη, επειδή θεωρούμε ιδιαίτερα σημαντική την εκτεταμένη χρήση των κοινωνικών χαρακτηριστικών των σχέσεων ανάμεσα στις οντότητες στον καθορισμό της υπόληψης και επειδή με αυτόν τον τρόπο τα συστήματα αυτά προσπαθούν να απεξαρτηθούν από την ανάγκη για ανατροφοδότηση που διακατέχει την πλειονότητα των ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη, στην παρούσα εργασία θα ακολουθήσουμε την προσέγγιση των (Suryanarayana και Taylor, 2004), και θα δημιουργήσουμε μια ξεχωριστή κατηγορία (βλέπε ενότητα 4.3. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Κοινωνικά Δίκτυα) για τέτοια συστήματα όπως είναι π.χ. το REGRET και το NodeRanking.

4.2.1. Υπόληψη Σε Δικτυακούς Τόπους

Οι ιστοτόποι στο διαδίκτυο χρησιμοποιούν κυρίως συστήματα υπόληψης που βασίζονται στην απλή άθροιση (βλέπε ενότητα 3.5.1) . Αυτά τα συστήματα είναι βασισμένα στην καταμέτρηση όλων των ψήφων ή των βαθμών που μια οντότητα λαμβάνει. Οι ψήφοι μπορούν να καταμετρηθούν απλά για λογαριασμό του χρήστη ή μπορεί να υπολογιστούν απλά ο μέσος όρος τους ή ένας σταθμισμένος με βάρη μέσος όρος τους. Δεδομένου ότι τα βασισμένα στην άθροιση συστήματα υπόληψης χρησιμοποιούνται κυρίως στις αγορές ηλεκτρονικού εμπορίου και στις συναφείς με αυτήν ηλεκτρονικές δραστηριότητες (δημοπρασίες, αξιολόγηση προϊόντων, ιστοτόποι ειδικών), είναι κυρίως συγκεντρωτικά (κεντρικοποιημένα). Το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι η απλότητα του σχήματος υπόληψης. Αυτό καθίστα την τιμή υπόληψης φήμης να γίνεται εύκολα κατανοητή από τους συμμετέχοντες και επιτρέπει μια άμεση μετατροπή μεταξύ της αξιολόγησης της υπόληψης και της εμπιστοσύνης. Το πιο ευρέως γνωστό σύστημα υπόληψης αυτού του είδους είναι το eBay (βλέπε ενότητα 4.2.1.1.1). Άλλα τέτοια συστήματα που περιγράφονται στις ακόλουθες υποενότητες είναι τα Amazon, Epinions, BizRate, κ.α..

Στην παρούσα ενότητα περιγράφονται οι πιο γνωστές εφαρμογές on-line συστημάτων υπόληψης. Η ταξινόμηση σε υποενότητες βασίστηκε στο πεδίο υλοποίησης των συστημάτων, δηλαδή στο είδος του δικτυακού τόπου στον οποίο βρίσκουν εφαρμογή. Όλα τα αναλυθέντα συστήματα ακολουθούν κεντρικοποιημένη αρχιτεκτονική. Ο υπολογισμός της αξία της υπόληψης, όπως προαναφέρθηκε βασίζεται στην απλή άθροιση ή στον μέσο όρο στην πλειονότητα των περιπτώσεων. Ωστόσο ορισμένα από τα μοντέλα που περιγράφονται στις ακόλουθες υποενότητες, ονομαστικά τα Advogato, Appleseed, PageRank βασίζονται σε *μοντέλα ροής* (βλέπε ενότητα 3.5.6).

4.2.1.1. Ιστοτόποι Ηλεκτρονικών Δημοπρασιών

Οι ιστοτόποι ηλεκτρονικών δημοπρασιών αποτελούν ίσως την πιο χαρακτηριστική μορφή ιστοτόπων που είναι απαραίτητη η λειτουργία ενός μοντέλου υπόληψης. Αυτό συμβαίνει προφανώς διότι η μόνη εγγύηση που μπορεί να έχει ο αγοραστής του προϊόντος για την ποιότητά του είναι η αξιοπιστία του πωλητή. Επομένως η λειτουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος υπόληψης αποτελεί επιτακτική ανάγκη σε παρόμοιες περιπτώσεις. Ο δημοφιλέστερος εκπρόσωπος αυτής της κατηγορίας είναι φυσικά το πολύ γνωστό σε όλους eBay, ενώ άλλοι γνωστοί εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι οι ιστοτόποι eBid, OnlineAuction, WeBidz, uBid³³, κ.τ.λ.. Παρακάτω θα περιοριστούμε στην ανάλυση του συστήματος υπόληψης του eBay μιας και τα συστήματα υπόληψης και των υπόλοιπων ιστοτόπων δημοπρασίας βασίζονται σε παρόμοιο σχήμα ανατροφοδότησης

4.2.1.1.1. eBay

Η απλοϊκότερη προσέγγιση για την αξιολόγηση της υπόληψης είναι το σχήμα αθροίσματος του eBay. Το eBay³⁴ είναι ένας δημοφιλής και ευρύτατα γνωστός ιστοτόπος ηλεκτρονικού εμπορίου βασισμένος στην μέθοδο της δημοπρασίας για

³³Στον ιστοτόπο <http://online-auction-sites.toptenreviews.com/> παρέχεται μια επισκόπηση των κυριότερων ιστοτόπων ηλεκτρονικής δημοπρασίας.

³⁴ <http://www.ebay.com>

τους πωλητές και τους αγοραστές με εκατομμύρια αντικείμενα για τα οποία μπορεί κάποιος να κάνει μια προσφορά. Επιτρέπει στους πωλητές να απαριθμήσουν αντικείμενα για πώληση, και στους αγοραστές να υποβάλουν προσφορές για αυτά τα αντικείμενα. Το σύστημα διαχείρισης της υπόληψης είναι βασισμένο στην συναλλαγή. Αυτό σημαίνει ότι μετά από το τέλος μιας δημοπρασίας, ο αγοραστής και ο πωλητής έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν ο ένας τον άλλον είτε με 1 (θετικό), 0 (ουδέτερο) και -1 (αρνητικό) ή όπως αναφέρεται στην αργκό του e-Bay να παρέχουν ανατροφοδότηση (provide feedback). Οι αγοραστές και οι πωλητές έχουν επίσης τη δυνατότητα να αφήσουν σχόλια σχετικά με τη συναλλαγή όπως *Απροβλημάτιστη Συναλλαγή, Ευχαριστώ!* που είναι χαρακτηριστικό στις θετικές περιπτώσεις ή *Αγοραστής Προσοχή!* στις σπάνιες αρνητικές περιπτώσεις. Η υπόληψη ενός χρήστη είναι το άθροισμα αυτών των ξεχωριστών ανατροφοδοτήσεων (θετικές μείον αρνητικές) και αποτελεί μια δημόσια πληροφορία του συστήματος. Το σύστημα αποθηκεύει και διαχειρίζεται την υπόληψη κεντρικά συλλέγοντας αυτές τις ξεχωριστές ανατροφοδοτήσεις και υπολογίζοντας το αποτέλεσμα της υπόληψης. Προκειμένου να παρασχεθούν οι πληροφορίες για την πιο πρόσφατη συμπεριφορά ενός συμμετέχοντος, το σύνολο θετικών, αρνητικών και ουδέτερων εκτιμήσεων είναι διαθέσιμες στον οποιοδήποτε για τρία διαφορετικά χρονικά παράθυρα i) μετά από έξι μήνες, ii) μετά από το μήνα, και iii) μετά από 7 ημέρες.

Οι νέοι χρήστες δεν λαμβάνουν καμία υπόληψη και ένας χρήστης μπορεί να αφήσει το σύστημα και να επανασυνδεθεί με μια άλλη ταυτότητα. Το πλεονέκτημα από αυτό το σχήμα υπόληψης είναι ότι η μετρική της υπόληψης γίνεται εύκολα καταληπτή από τους συμμετέχοντες και επομένως, οι πληροφορίες υπόληψης μπορούν να μετασχηματιστούν γρήγορα σε γνώση εμπιστοσύνης.

Υπάρχουν πολλές εμπειρικές μελέτες του συστήματος υπόληψης του eBay. Μια επισκόπηση τους είναι διαθέσιμη από τους (Resnick et al., 2002). Γενικά οι παρατηρηθείσες αξιολογήσεις στο eBay είναι εκπληκτικά θετικές. Οι αγοραστές παρέχουν τις εκτιμήσεις για τους πωλητές στο 51,7% του χρόνου, και οι πωλητές παρέχουν εκτιμήσεις για τους αγοραστές στο 60,6% του χρόνου (Resnick και

Zeckhauser, 2002). Από όλες τις παρεχόμενες εκτιμήσεις, λιγότερες από 1% είναι αρνητικές, λιγότερες από 0,5% είναι ουδέτερες και περίπου 99% είναι θετικές. Επίσης διαπιστώνεται ότι υπάρχει ένας υψηλός συσχετισμός μεταξύ των εκτιμήσεων αγοραστών και πωλητών (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007), γεγονός που ενδεχομένως υποδεικνύει ότι υφίσταται ένα είδος ανταπόδοσης θετικών ή αρνητικών αξιολογήσεων ανάμεσα σε αγοραστές και πωλητές. Αυτό αποτελεί πρόβλημα εάν η λήψη τίμιων και δίκαιων εκτιμήσεων αποτελεί στόχο, και μια πιθανή θεραπεία θα μπορούσε να είναι να μην επιτρέπεται στους πωλητές να αξιολογούν τους αγοραστές.

Το πρόβλημα του γεμίματος της κάλπης (βλέπε ενότητα 3.6.7), δηλ. ότι οι εκτιμήσεις μπορούν να επαναληφθούν πολλές φορές, π.χ. για να μεγαλώσουν άδικα το αποτέλεσμα υπόληψης κάποιου, φαίνεται να είναι σχετικά ασήμαντο και δευτερεύον πρόβλημα στο eBay επειδή οι συμμετέχοντες έχουν την άδεια να αξιολογήσουν ο ένας τον άλλον μόνο μετά από την ολοκλήρωση μια συναλλαγής, η οποία ελέγχεται από το eBay. Είναι φυσικά δυνατό να δημιουργηθούν πλαστές συναλλαγές, αλλά επειδή το eBay χρεώνει μια αμοιβή οποτεδήποτε κάποιος υποβάλει αντικείμενα προς πώληση, υπάρχει ένα συνδεδεμένο κόστος με αυτήν την πρακτική. Εντούτοις, άδικες αξιολογήσεις για τις γνήσιες συναλλαγές, δύναται να μην αποφευχθούν.

Στο eBay, το μεγαλύτερο μέρος της ανατροφοδότησης όπως προαναφέραμε είναι θετικό. Οι πωλητές λαμβάνουν αρνητική ανατροφοδότηση μόνο στο 1% των χρόνων και οι αγοραστές μόνο στο 2% (Resnick και Zeckhauser, 2002). Επομένως, οι αρνητικές πληροφορίες είναι οι πολυτιμότερες στη βάση δεδομένων υπόληψης. Οι (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007) ταξινομούν αυτό το σύστημα υπόληψης ως πρωτόγονο και θεωρούν ότι μπορεί να είναι αρκετά παραπλανητικό. Αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι με τόσο λίγες αρνητικές εκτιμήσεις, ένας συμμετέχων με 100 θετικές και 10 αρνητικές εκτιμήσεις θα έπρεπε κανονικά να εμφανίζετε πολύ λιγότερο αξιόπιστος από έναν συμμετέχοντα με 90 θετικές 0 αρνητικές αξιολογήσεις, αλλά στο eBay έχουν το ίδιο συνολικό αποτέλεσμα υπόληψης. Εντούτοις στη συνέχεια δηλώνουν ξεκάθαρα ότι παρά τα μειονεκτήματα και την πρωτόγονη φύση του, το σύστημα υπόληψης του eBay

φαίνεται να έχει έναν ισχυρό θετικό αντίκτυπο στην λειτουργία του eBay ως αγορά. Οποιοδήποτε σύστημα που διευκολύνει την αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αποκρίνονται σε αυτό, και οι άνθρωποι εμφανίζονται να αποκρίνονται καλά στο σύστημα eBay και το τμήμα υπόληψης του. Οι (Resnick et al., 2006) αποδεικνύουν ότι αυτό το πρωτόγονο σύστημα υπόληψης επικυρώνεται από τη μακροχρόνια ύπαρξή του, επιβεβαιώνοντας το νόμο του *Yhprums*: τα συστήματα που δεν αναμένεται να δουλέψουν, κάποιες φορές τα καταφέρνουν ή τουλάχιστον δουλεύουν σχετικά καλά.

Παρόμοιες μέθοδοι αθροίσματος ανατροφοδοτήσεων προτάθηκαν και σε άλλους ιστοχώρους ηλεκτρονικού εμπορίου. Εκτός από την άθροιση, εξετάζεται επίσης ο υπολογισμός του μέσου όρου των ανατροφοδοτήσεων ή η στάθμιση του με χρήση κατάλληλων βαρών.

4.2.1.2. Ιστοτόποι Ειδικών

Οι ιστοτόποι ειδικών διαθέτουν μια ομάδα ατόμων που είναι πρόθυμα να απαντήσουν σε ερωτήσεις πάνω στους τομείς εξειδίκευσης τους, και τα συστήματα υπόληψης σε αυτούς τους ιστοτόπους είναι εκεί για να αξιολογήσουν αυτούς τους εμπειρογνώμονες. Ανάλογα με την ποιότητα μιας απάντησης, το πρόσωπο που υπέβαλε την ερώτηση μπορεί να βαθμολογήσει τον ειδικό σε διάφορες πτυχές της απάντησης όπως η σαφήνεια, η ορθότητα και ο χρόνος που μεσολάβησε.

4.2.1.2.1. Advogato

Το Advogato³⁵ (Levien και Aiken, 2005) είναι μια κοινότητα προγραμματιστών ανοικτού κώδικα. Τα μέλη αξιολογούν κάθε ένα το άλλο σύμφωνα με πόσο ειδικευμένο αντιλαμβάνονται ο ένας τον άλλον να είναι, χρησιμοποιώντας το

³⁵ <http://www.advogato.org/>

σχήμα εμπιστοσύνης³⁶ του Advogato, το οποίο είναι στην ουσία ένα κεντρικοποιημένο σύστημα υπόληψης βασισμένο σε ένα μοντέλο ροής (βλέπε ενότητα 3.5.6). Η μηχανή υπόληψης του Advogato υπολογίζει τη ροή της υπόληψης διάμεσο ενός δικτύου όπου τα μέλη αποτελούν τους κόμβους και οι ακμές αποτελούν τις συστάσεις μεταξύ των κόμβων. Το μοντέλο του Advogato δεν παρέχει υποστήριξη για την τοποθέτηση βαρών στις σχέσεις εμπιστοσύνης. Σε κάθε κόμβο μέλους ορίζεται μια χωρητικότητα μεταξύ 800 και 1 ανάλογα με την απόσταση από τον κόμβο πηγής που ανήκει στον Raph Levien που είναι ο δημιουργός του Advogato. Ο κόμβος πηγής έχει μια χωρητικότητα 800 και όσο απομακρυνόμαστε από τον κόμβο πηγής, τόσο μικραίνει η χωρητικότητα. Τα μέλη μπορούν να αξιολογήσουν το ένα το άλλο με τη κατάσταση του *Apprentice* (χαμηλότερη), *Journeyer* (μέση), *Master* (υψηλότερη). Μια χωριστή γραφική παράσταση ροής υπολογίζεται για κάθε τύπο σύστασης. Ένα μέλος θα πάρει την υψηλότερη θέση για την οποία υπάρχει θετική ροή προς τον κόμβο του. Παραδείγματος χάριν εάν η γραφική παράσταση ροής των συστάσεων ενός Master και η γραφική παράσταση ροής των συστάσεων ενός Apprentice φτάνουν και οι δύο σε ένα μέλος A, τότε το μέλος θα έχει την θέση του Master, αλλά εάν μόνο η γραφική παράσταση ροής από τον Apprentice φθάνει στο μέλος A, τότε το μέλος θα έχει τη θέση Apprentice. Τα συστήματα φήμης του Advogato δεν έχουν οποιοδήποτε άμεσο σκοπό άλλο από το να ενισχύσουν το εγώ των μελών της κοινότητας, και να αποτελούν ένα τονωτικό και διεργετικό ερέθισμα για κοινωνική και επαγγελματική δικτύωση εντός της κοινότητας του Advogato.

4.2.1.2.2. AllExperts – AskMe

Το AllExperts³⁷ παρέχει μια ελεύθερη υπηρεσία εμπειρογνομόνων για το κοινό στο διαδίκτυο με ένα επιχειρησιακό πρότυπο βασισμένο στη διαφήμιση. Το σύστημα υπόληψης του AllExperts χρησιμοποιεί τις πτυχές: *Γνώση Του Θέματος*, *Σαφήνεια Της Απάντησης*, *Χρόνος Απόκρισης* και *Ευγένεια* όπου οι αξιολογήσεις μπορούν να δοθούν μέσα στο διάστημα τιμών [1, 10]. Το αποτέλεσμα σε κάθε

³⁶ <http://www.advogato.org/trust-metric.html>

³⁷ <http://www.allexperts.com/>

πτυχή είναι απλά ο αριθμητικός μέσος όρος των λαμβανόμενων εκτιμήσεων. Ο αριθμός ερωτήσεων που ένας εμπειρογνώμονας έχει δεχθεί επιδεικνύεται επίσης εκτός από ένα αποτέλεσμα *Γενικού Γόητρου* που είναι απλά το άθροισμα όλων των μέσων εκτιμήσεων που ένας εμπειρογνώμονας έχει λάβει. Οι περισσότεροι εμπειρογνώμονες λαμβάνουν βαθμολογίες κοντά στο 10 σε όλες τις πτυχές και σαν αποτέλεσμα το γενικό γόητρο είναι συνήθως κοντά στο 10 πολλαπλασιασμένο με τον αριθμό των λαμβανόμενων ερωτήσεων. Ο ιστοτόπος παρέχει επίσης τη δυνατότητα να δει κάποιος τα διαγράμματα των αξιολογήσεων κατά τη διάρκεια περιόδου από 2 μήνες έως 1 έτος.

Το AskMe³⁸ είναι ένας ιστοτόπος ειδικών για μια κλειστή ομάδα χρηστών που αποτελείται από επιχειρήσεις και τους υπαλλήλους τους, και το επιχειρησιακό πρότυπο είναι βασισμένο στη χρέωση μιας αμοιβής για τη συμμετοχή στο δίκτυο του AskMe. Δεν παρέχει δημόσια απολύτως καμία πληροφορία ως προς τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος.

4.2.1.3. AppleSeed

Το Appleseed (Ziegler και Lausen, 2004) μπορεί να θεωρηθεί ως βελτίωση του μοντέλου εμπιστοσύνης Advogato, που παρουσιάστηκε προηγουμένως στην ενότητα 4.2.1.2.1, από την άποψη του υπολογισμού της μετρικής της τοπικής εμπιστοσύνης και της διάδοσης της. Παρουσιάζει επίσης ομοιότητα στον τρόπο λειτουργίας του και στον τρόπο υπολογισμού της μετρικής για την υπόληψη με τον αλγόριθμο αξιολόγησης PageRank του Google (βλέπε ενότητα 4.2.1.4), (Page et al., 1998), καθώς ο τελευταίος είναι βασισμένος σε ένα *μοντέλο ροής* (βλέπε ενότητα 3.5.6).

Ένα χαρακτηριστικό σενάριο εφαρμογής για το ανωτέρω αναφερθέν βασισμένο στην υπόληψη πλαίσιο μπορεί να περιγραφεί ως ακολούθως: μια αρχή θα επιθυμούσε να αλληλεπιδράσει με έναν κόμβο, για να κατεβάσει ένα συγκεκριμένο αρχείο, ο οποίος εξυπηρετεί άλλους κόμβους στην όλη δομή για πολύ καιρό με ικανοποιητική ποιότητα υπηρεσίας και ενάντια στον οποίο δεν έχει

³⁸ <http://www.askmecorp.com>

ακούσει οποιαδήποτε καταγγελία από την κοινότητα. Μπορεί επίσης να θεωρήσει και την προηγούμενη εμπειρία της με εκείνο τον κόμβο λαμβάνοντας μια απόφαση σχετικά με την τρέχουσα απαίτηση. Αλλά παρόλα αυτά ακόμα υφίσταται το ενδεχόμενο να εξαπατηθεί κατεβάζοντας ένα αρχείο με τον κώδικα ενός ιού αντί του προοριζόμενου αρχείου. Αυτό είναι ο κίνδυνος στον οποίο το εξαρτώμενο συμβαλλόμενο μέρος εκτίθεται ακόμα κι αν υπάρχει ένας αντιληπτός κίνδυνος που συνδέεται με τη συναλλαγή.

4.2.1.4. Σύστημα Αξιολόγησης Ιστοσελίδων του Google (Αλγόριθμος PageRank)

Οι πρόωρες μηχανές αναζήτησης του ιστού όπως το Altavista απλά παρουσίαζαν κάθε ιστοσελίδα που ταίριαζε με τις λέξεις κλειδιά που εισάγονταν από το χρήστη, γεγονός που συχνά οδηγούσε σε πάρα πολλές και άσχετες σελίδες που περιλαμβάνονταν στα αποτελέσματα της αναζήτησης. Η πρόταση του Altavista για αυτό το πρόβλημα ήταν να προσφερθούν προηγμένοι τρόποι αναζήτησης για να συνδυάζονται οι λέξεις κλειδιά βάση της δυαδικής λογικής. Αυτό ήταν πάρα πολύ πολύπλοκο για τους χρήστες και επομένως δεν αποτέλεσε μια εφαρμόσιμη λύση.

Ο αλγόριθμος PageRank που προτάθηκε από τους (Page et al., 1998) αντιπροσωπεύει έναν τρόπο αξιολόγησης των καλύτερων αποτελεσμάτων μιας αναζήτησης βάση της υπόληψης των ιστοσελίδων. Χοντρικά, το PageRank αξιολογεί μια σελίδα σύμφωνα με το πόσες άλλες σελίδες δείχνουν σε αυτήν. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο ο μηχανισμός υπολογισμού της υπόληψης που χρησιμοποιεί μπορεί να καταταχθεί στα *μοντέλα ροής* (βλέπε ενότητα 3.5.6). Αυτό μπορεί να περιγραφεί σαν σύστημα υπόληψης, επειδή η συλλογή των συνδέσμων υπέρ-κειμένου που δείχνουν σε μια δεδομένη σελίδα μπορεί να θεωρηθούν ως δημόσιες πληροφορίες που μπορούν μετέπειτα να συνδυαστούν για να παραγάγουν ένα αποτέλεσμα υπόληψης.

Ένας απλός σύνδεσμος υπέρ-κειμένου σε μια δεδομένη ιστοσελίδα μπορεί να θεωρηθεί ως θετική αξιολόγηση αυτής της ιστοσελίδας. Η μηχανή αναζήτησης

του Google³⁹ είναι βασισμένη στον αλγόριθμο PageRank και η γρήγορα αυξανόμενη δημοτικότητα του Google εις βάρος του Altavista προκλήθηκε προφανώς από τα ανώτερα αποτελέσματα αναζήτησης που ο αλγόριθμος PageRank παρείχε. Χωρίς να διευκρινίζει πολλές λεπτομέρειες, το Google δηλώνει ότι ο αλγόριθμος PageRank που χρησιμοποιεί λαμβάνει επίσης και άλλα στοιχεία υπόψη, με σκοπό να καταστεί δύσκολο ή ακριβό να επηρεάσει κάποιος σκόπιμα τα αποτελέσματα του αλγόριθμου

Προκειμένου να παρασχεθεί μια σημασιολογική ερμηνεία μιας επιστρεφόμενης τιμής του PageRank, ένας σύνδεσμος υπέρ-κειμένου μπορεί να θεωρηθεί ως θετική σύσταση της σελίδας στην οποία δείχνει. Οι αρνητικές παραπομπές δεν υφίστανται στον PageRank. Πριν το Google με τον αλγόριθμο PageRank εισέλθει στην αγορά των μηχανών αναζήτησης, μερικοί διαχειριστές ιστοσελίδων προήγαγαν διάφορους ιστοχώρους με έναν τρόπο που θυμίζει *spam* με το να γेमίζουν μια ιστοσελίδα με μεγάλα ποσά συνήθως χρησιμοποιημένων λέξεων κλειδιών ως αόρατο κείμενο ή ως μεταδεδομένα ούτως ώστε η σελίδα να έχει υψηλή πιθανότητα να επιλεγεί από μια μηχανή αναζήτησης ανεξάρτητα από το τι έβγαζε ο χρήστης. Αν και αυτό μπορεί ακόμα να συμβεί, ο αλγόριθμος PageRank φαίνεται να περιορίζει αυτό το πρόβλημα επειδή απαιτείται επίσης και υψηλή τιμή αξιολόγησης, πέρα από το ταίριασμα των βασικών λέξεων για να παρουσιαστεί μια σελίδα στον χρήστη.

Το PageRank εφαρμόζει την αρχή της μεταβατικότητας της εμπιστοσύνης στα άκρα επειδή οι τιμές αξιολόγησης μπορούν να ρέουν μέσω βρόχων αυθαίρετα μακριών αλυσίδων συνδέσμων υπέρ-κειμένου. Μερικά θεωρητικά μοντέλα συμπεριλαμβανομένων των EigenTrust⁴⁰ (Kamvar, Schlosser και Garcia-Molina 2003), Advogato⁴¹ (Levien, 2004) και AppleSeed⁴² (Ziegler και Lausen, 2004) επιτρέπουν επίσης και άπειρη μεταβατικότητα.

³⁹ <http://www.google.com/>

⁴⁰ Βλέπε ενότητα 4.2.2.3

⁴¹ Βλέπε ενότητα 4.2.1.2.1

⁴² Βλέπε ενότητα 4.2.1.3

4.2.1.5. Scientometrics

Ο όρος *Scientometrics* (Hood και Wilson, 2001) χρησιμοποιείται για να περιγραφεί η μελέτη της μέτρησης του αποτελέσματος της ερευνητικής διαδικασίας και του αντίκτυπου που προκύπτει εξ' αυτού με βάση την επιστημονική βιβλιογραφία. Τα επιστημονικά έγγραφα παραπέμπουν το ένα στο άλλο, και κάθε παραπομπή μπορεί να θεωρηθεί σαν μια σύσταση άλλων επιστημονικών εγγράφων, των συντακτών τους και των επιστημονικών περιοδικών όπου τα έγγραφα αυτά δημοσιεύονται. Η βασική αρχή για την αξιολόγηση επιστημονικών εγγράφων είναι η απλή καταμέτρηση του αριθμού των φορών που ένα έγγραφο έχει αναφερθεί από ένα άλλο επιστημονικό έγγραφο, και η βαθμολόγηση τους αναλόγως. Τα επιστημονικά περιοδικά μπορούν να αξιολογηθούν με παρόμοιο τρόπο συνοψίζοντας όλες τις παραπομπές όλων των άρθρων που δημοσιεύονται σε κάθε περιοδικό και να αξιολογηθούν αναλόγως. Παρόμοια με τον αλγόριθμο PageRank του Google που εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα 4.2.1.4, μόνο θετικές συστάσεις είναι πιθανές με τις διαγώνιες παραπομπές. Πρόκειται δηλαδή για ένα μοντέλο ροής (βλέπε ενότητα 3.5.6), όσον αφορά τον τρόπο υπολογισμού της υπόληψης. Αυτό σημαίνει ότι έγγραφα που, παραδείγματος χάριν, είναι γνωστά ως λογοκλοπές ή περιέχουν λανθασμένα αποτελέσματα δεν μπορούν να εντοπιστούν εύκολα με τη μέθοδο scientometrics.

Όπως επισημαίνεται από τον (Makino, 1998), αν και το scientometrics φυσιολογικά παρέχει λογικούς δείκτες ποιότητας και υπόληψης, μερικές φορές ενδέχεται να παράγει παραπλανητικά αποτελέσματα. Υπάρχει μια προφανής ομοιότητα μεταξύ των υπερσυνδέσμων στις ιστοσελίδες και των διαγώνιων παραπομπών στην επιστημονική βιβλιογραφία, και συνεπώς θα ήταν ενδιαφέρον να εφαρμοστούν οι αρχές του PageRank στη μέθοδο scientometrics προκειμένου να προκύψει ένας νέος τρόπος αξιολόγησης των συντακτών και των επιστημονικών περιοδικών. Πάντως όπως αναφέρουν οι (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007 27) προς το παρόν δεν γνωστοποιηθεί οποιαδήποτε προσπάθεια σε αυτήν την κατεύθυνση.

4.2.1.6. Ιστοτόποι Αξιολόγησης Προϊόντων

Οι ιστοτόποι αξιολόγησης προϊόντων έχουν μια ομάδα μεμονωμένων αξιολογητών που παρέχουν τις πληροφορίες για τους καταναλωτές με σκοπό τη λήψη των καλύτερων αποφάσεων αγορών. Τα συστήματα υπόληψης σε αυτούς τους ιστοχώρους ισχύουν τόσο για τα προϊόντα καθώς επίσης και για τους ίδιους τους αξιολογητές.

4.2.1.6.1. Epinions

Το Epinions⁴³ που ιδρύθηκε το 1999 είναι ένας ιστοτόπος αξιολόγησης προϊόντων και καταστημάτων με ένα επιχειρηματικό μοντέλο βασισμένο κυρίως στο αποκαλούμενο *κόστος-ανά-κλικ online μάρκετινγκ*, το οποίο σημαίνει ότι Epinions χρεώνει τους κατασκευαστές προϊόντων και τα online καταστήματα από τον αριθμό των κλικ που παράγουν οι καταναλωτές ως αποτέλεσμα της ανάγνωσης για τα προϊόντα τους στον ιστοχώρο του Epinions. Το Epinions παρέχει επίσης τις κριτικές και τις αξιολογήσεις των προϊόντων και σε άλλους ιστοχώρους έναντι αμοιβής.

Το Epinions έχει μια ομάδα των μελών που γράφουν τις κριτικές των προϊόντων και των καταστημάτων. Οποιοσδήποτε από το κοινό μπορεί να γίνει μέλος απλά με μια εγγραφή. Οι κριτικές των προϊόντων και των καταστημάτων που γράφονται από τα μέλη αποτελούνται από το πεζό κείμενο και τις ποσοτικές εκτιμήσεις από 1 έως 5 αστέρια για ένα σύνολο πτυχών όπως η *ευκολία της χρήσης, ποιότητα συναρμογής, κλπ.* σε περίπτωση προϊόντων, και *ευκολία παραγγελίας, εξυπηρέτηση πελατών, έγκαιρη παράδοση, κτλ* στην περίπτωση των καταστημάτων. Άλλα μέλη μπορούν να αξιολογήσουν αυτές τις κριτικές ως *μη χρήσιμες, κάπως χρήσιμες, χρήσιμες, και πολύ χρήσιμες*, και με αυτόν τον τρόπο συμβάλλουν στον καθορισμό του πόσο εμφανής θα είναι η κριτική καθώς επίσης

⁴³ <http://www.epinions.com/>

και στην απόδοση στον κριτικό/αξιολογητή μιας υψηλότερης θέσης. Ένα μέλος μπορεί να αποκτήσει τις εξής θέσεις: *σύμβουλος*, *κορυφαίος κριτικός* ή *αρχηγός κατηγορίας* (η υψηλότερη θέση) ως συνέπεια των συσσωρευμένων αξιολογήσεων του σε όλες τις κριτικές του κατά τη διάρκεια μιας περιόδου. Απαιτείται ιδιαίτερη προσπάθεια καλών αξιολογήσεων για να αποκτηθεί μια θέση επάνω από το μέλος, και τα περισσότερα μέλη δεν έχουν οποιαδήποτε θέση.

Οι αρχηγοί κατηγορίας επιλέγονται κατά την κρίση του προσωπικού του Epinions κάθε τετράμηνο. Οι κορυφαίοι κριτικοί επιλέγονται αυτόματα κάθε μήνα και η επιλογή τους βασίζεται στο πόσο καλά εκτιμώνται οι αναθεωρήσεις τους, καθώς επίσης και στο σχήμα εμπιστοσύνης του Epinions, το *Epinion's Web of Trust* (βλ. κατωτέρω), όπου ένα μέλος μπορεί να *εμπιστευθεί* ή να *εμποδίσει* ένα άλλο μέλος. Οι σύμβουλοι επιλέγονται με τον ίδιο τρόπο όπως οι κορυφαίοι κριτικοί, αλλά με χαμηλότερο κατώφλι για τις αξιολογήσεις των κριτικών. Το Epinions δεν δημοσιεύει τις ακριβείς τιμές κατωφλίου για να γίνει κάποιος κορυφαίος κριτικός ή σύμβουλος, προκειμένου να αποθαρρυνθούν τα μέλη από την προσπάθεια να επηρεάσουν την διαδικασία επιλογής.

Το Epinions Web of Trust είναι ένα απλό μοντέλο, με το οποίο τα μέλη μπορούν να αποφασίσουν είτε να *εμπιστευθούν* είτε να *εμποδίσουν* ένα άλλο μέλος. Ο κατάλογος των εμπιστευμένων μελών ενός μέλους αντιπροσωπεύει το προσωπικό Web of Trust εκείνου του μέλους. Όπως ήδη αναφέρθηκε, το Web of Trust επηρεάζει την αυτοματοποιημένη επιλογή των κορυφαίων κριτικών και των συμβούλων. Ο αριθμός των μελών (και η θέση τους) που εμπιστεύονται ένα δεδομένο μέλος, θα συμβάλουν ώστε εκείνο το μέλος να πάρει μια υψηλότερη θέση. Αντίστοιχα ο αριθμός των μελών (και η θέση τους) που εμποδίζουν ένα άλλο μέλος θα ασκήσει αρνητική επίδραση στην λήψη υψηλότερης θέσης από εκείνο το μέλος.

Το Epinions διαθέτει και σύστημα κινήτρου για τους κριτικούς, με το οποίο τα μέλη μπορούν να κερδίσουν τα χρήματα. Τα χρήματα που κερδίζει το κάθε μέλος καθορίζεται αυτόματα από τη χρήση των κριτικών του. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι σύμφωνα το σύστημα κινήτρου του Epinions ένα μέλος κερδίζει τα ίδια χρήματα τόσο όταν βοηθάει κάποιον να πραγματοποιήσει μια επιτυχημένη

αγορά υποβάλλοντας μια θετική αξιολόγηση, όσο και όταν τον βοηθάει να αποφύγει κάποια ανεπιτυχή αγορά με μια αρνητική αξιολόγηση. Ο λόγος είναι ότι με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η υποβολή μη αντικειμενικών κριτικών με αποκλειστικό σκοπό το κέρδος.

Η παροχή υψηλής ποιότητας κριτικών και αξιολογήσεων στους καταναλωτές είναι ο κύριος στόχος του Epinions, και το σύστημα υπόληψης συμβάλλει θεμελιωδώς στην επίτευξη αυτού του στόχου. Το σύστημα υπόληψης μπορεί να χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερα φιλοσοφημένο λόγω του βασισμένου στο εισόδημα μηχανισμού κινήτρου. Όταν άλλα συστήματα φήμης στο διαδίκτυο παρέχουν μόνο ασήμαντο κίνητρα όπως θέση ή karma, το σύστημα του Epinions να παρέχει οικονομικά οφέλη.

4.2.1.6.2. BizRate

Ο ιστοτόπος BizRate ασχολείται με την αξιολόγηση ηλεκτρονικών καταστημάτων και χρησιμοποιεί την τεχνική του *Πιστοποιητικού Πελατών*. Σύμφωνα με αυτή οι καταναλωτές που αγοράζουν από ένα κατάστημα καταγεγραμμένο στον κατάλογο του BizRate αξιολογούν τομείς όπως πλοήγηση στον ιστοτόπο, επιλογές αγοράς, τιμές και γενικότερα το πόσο ικανοποιημένοι έμειναν από την αγοραστική τους εμπειρία. Οι καταναλωτές που συμμετέχουν γίνονται εγγραμμένα μέλη του BizRate. Ένα πιστοποιητικό πελατών χορηγείται σε έναν έμπορο εάν ένας ικανοποιητικά επαρκής αριθμός αξιολογήσεων στη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου είναι θετικός, και αυτό επιτρέπει στον έμπορο να επιδεικνύει το πιστοποιητικό πελατών που του χορηγήθηκε από το BizRate στο ηλεκτρονικό του κατάστημα. Σαν ένα κίνητρο για να συμπληρώνουν τις φόρμες αξιολόγησης του BizRate, δίνονται στα μέλη εκπτώσεις στα καταγεγραμμένα καταστήματα.

Το BizRate διαθέτει επίσης μια υπηρεσία αξιολόγησης προϊόντων παρόμοια με αυτή του Epinions, αλλά που χρησιμοποιεί ένα πολύ απλούστερο σύστημα υπόληψης. Τα μέλη μπορούν να υποβάλουν αξιολογήσεις προϊόντων στο BizRate, και οποιοσδήποτε μπορεί να γίνει μέλος απλά με μια εγγραφή. Οι χρήστες,

συμπεριλαμβανομένων των μη μελών, μπορούν να αξιολογήσουν μια κριτική προϊόντος ως *χρήσιμη, μη χρήσιμη ή εκτός θέματος*, και το σύστημα υπόληψης σταματά εκεί. Οι κριτικές είναι διαταγμένες σύμφωνα με την αναλογία των χρήσιμων προς τις συνολικές αξιολογήσεις, έτσι ώστε οι κριτικές με τις υψηλότερες αναλογίες να τοποθετούνται πρώτες. Οι κριτικοί δεν κερδίζουν οποιαδήποτε θέση ή χρήματα με το γράψιμο αξιολογήσεων για το BizRate. Υπάρχει έτσι λιγότερο κίνητρο για υποβολή κριτικών στο BizRate από ότι στο Epinions, αλλά είναι απροσδιόριστο το πώς αυτό επηρεάζει την ποιότητα των αναθεωρήσεων (Jøsang, Ismail και Boyd, 2007). Το γεγονός ότι οποιοσδήποτε μπορεί να εγγραφεί ως μέλος και να γράφει κριτικές και ότι οποιοσδήποτε συμπεριλαμβανομένων και των μη μελών μπορεί να αξιολογήσει την χρησιμότητα των κριτικών καθιστά αυτό το μοντέλο υπόληψης ιδιαίτερα τρωτό σε επίθεσις. Μια απλή επίθεση θα μπορούσε να αποτελείται από το γράψιμο πολλών θετικών κριτικών για ένα προϊόν κατακλύζοντας το έτσι με ψήφους (*Γέμισμα Κάλπης*— βλέπε ενότητα 3.6.7), έτσι ώστε να παρουσιάζονται πρώτοι με αποτέλεσμα ένα υψηλό μέσο σκορ για εκείνο το προϊόν.

4.2.1.6.3. Amazon

Στο Amazon⁴⁴ το ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο, η υπόληψη αφορά τα βιβλία και τους κριτικούς. Όσον αφορά τα βιβλία, η υπόληψη ενός βιβλίου είναι το μέσο αποτέλεσμα που το βιβλίο λαμβάνει από τους κριτικούς του. Ένας κριτικός μπορεί να ορίσει σε ένα βιβλίο υπόληψη μεταξύ 1 και 5 αστεριών. Κάθε κριτικός έχει την υπόληψη του. Κάθε φορά που μια κριτική θεωρείται *χρήσιμη* από έναν χρήστη, ο κριτικός λαμβάνει μια ψήφο. Οι κριτικοί βαθμολογούνται βάση των ψήφων που έλαβαν από τους χρήστες. και εκείνοι οι κριτικοί που είναι μεταξύ των 1000 υψηλότερων παίρνουν ορισμένοι τη θέση των Top 1000, Top 500, Top 100, Top 50, Top 10 ή #1 κριτικός. Το Amazon επίσης έχει ένα σύστημα *αγαπημένων ανθρώπων*, όπου κάθε μέλος μπορεί να επιλέξει άλλα μέλη ως αγαπημένους κριτικούς, και ο αριθμός άλλων μελών που απαριθμεί έναν κριτικό ως αγαπημένο επηρεάζει την αξιολόγηση του κριτικού. Πέρα από αυτό το

⁴⁴ <http://www.amazon.com>

Amazon δεν παρέχει οποιαδήποτε οικονομικά κίνητρα. Εντούτοις υπάρχουν προφανώς άλλα οικονομικά κίνητρα εκτός του Amazon που μπορεί να διαδραματίσουν έναν σημαντικό ρόλο. Είναι παραδείγματος χάριν εύκολο να φανταστεί κανείς γιατί οι εκδότες θα ήθελαν να πληρώσουν ανθρώπους για να γράφουν καλές κριτικές για τα βιβλία τους στο Amazon. Υπάρχουν πολλές αναφορές επιθέσεων στο σχήμα υπόληψης του Amazon όπου διάφορα είδη γεμίσματος κάλπης έχουν τεχνητά ανυψώσει διάφορους κριτικούς ως top κριτικούς, ή διάφορα είδη συκοφάντησης έχουν υποβιβάσει κορυφαίους κριτικούς. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη λόγω του ότι οι χρήστες μπορούν να ψηφίσουν χωρίς να γίνουν μέλη. Για παράδειγμα ο #1 κριτικός είναι συνήθως κάποιος που γράφει περισσότερες κριτικές από όσες οποιοδήποτε ζωντανό πρόσωπο θα μπορούσε ενδεχομένως να γράψει εφόσον θα έπρεπε πρώτα να διαβάσει κάθε βιβλίο, δείχνοντας κατά συνέπεια ότι η κοινή προσπάθεια μιας ομάδας ανθρώπων, που παρουσιάζεται ως εργασία ενός μεμονωμένου προσώπου απαιτείται για να φτάσει κάποιος στην κορυφή. Επίσης, κριτικοί που έχουν φθάσει στην τάξη των Top 100 έχουν αναφέρει μια ξαφνική αύξηση στις αρνητικές ψηφοφορίες γεγονός που υποδεικνύει ότι υπάρχει μια διαμάχη ανάμεσα στους κορυφαίους κριτικούς.

Παρόμοιο με του eBay, το σύστημα υπόληψης του Amazon είναι συγκεντρωτικό, η υπόληψη είναι μια κοινή γνώση και έχει το πλεονέκτημα της απλότητας. Εν πάση περιπτώσει, στο Amazon, η υπόληψη δεν ασκεί τόσο μεγάλη επίδραση στο σύνολο της αγοράς, δεδομένου ότι μπορεί μόνο να έχει επιπτώσεις στην απόφαση για την πραγματοποίηση ή μη της αγοράς, και όχι στην τιμή στην οποία η συναλλαγή θα συμβεί. Αναμένεται επίσης ότι οι κριτικοί θα λάβουν θετική ανατροφοδότηση, αλλά, αντίθετα από το eBay, το Amazon δεν επιδεικνύει πόσες αρνητικές ψήφους λαμβάνουν οι κριτικοί. Το σύστημα υπόληψης του Amazon δεν είναι βασισμένο στην συναλλαγή, δεδομένου ότι κάποιος μπορεί να ψηφίσει έναν κριτικό ακόμη και χωρίς να έχει αγοράσει το στοιχείο για το οποίο έχει υποβάλει κριτική ο συγκεκριμένος κριτικός. Το Epinions⁴⁵, που εξετάστηκε προηγουμένως στην ενότητα 4.2.1.6.1, είναι ένα άλλο σύστημα που προσφέρει

⁴⁵ <http://www.epinions.com>

κριτικές για προϊόντα και υπηρεσίες με έναν παρόμοιο τρόπο όπως το Amazon. Θεμελιώδες χαρακτηριστικό αυτού του είδους συστημάτων υπόληψης είναι ότι δεν επιτρέπουν στην υπόληψη να επηρεάσει άμεσα την εκτέλεση μιας συναλλαγής στο σύστημα.

4.2.1.7. Φόρουμ Συζήτησης

Τα φόρουμ συζήτησης είναι ιστοτόποι όπου οι χρήστες μπορούν να δημοσιεύσουν άρθρα και σχόλια επί των άρθρων σχετικά με την εκάστοτε θεματολογία. Συνήθως μόνο οι εγγεγραμμένοι χρήστες ενός φόρουμ μπορούν να δημοσιεύουν άρθρα, ενώ ο καθένας μπορεί να υποβάλει σχόλια πάνω σε αυτά. Το μείζον πρόβλημα σε τέτοιους ιστοτόπους είναι η ύπαρξη χρηστών που μπορεί να δημοσιεύουν παραπλανητικά ή άσχετα με το θέμα άρθρα ή σχόλια, κατακλύζοντας με αυτόν το τρόπο το σύστημα με θόρυβο, δυσχεραίνοντας κατά πολύ έτσι την προσπάθεια άλλων χρηστών να αναζητήσουν και να εντοπίσουν πραγματικά χρήσιμες πληροφορίες. Για αυτό το λόγο σε τέτοιου είδους ιστοτόπους απαιτείται η ύπαρξη ενός μηχανισμού που θα μπορεί να φιλτράρει τις χρήσιμες πληροφορίες και πιθανώς να εμποδίζει τις παραπλανητικές και συνάμα θα είναι ανθεκτικός σε επιθέσεις.

Τα συστήματα υπόληψης μπορούν να διαδραματίσουν έναν τέτοιο ρόλο, αναθέτοντας αποτελέσματα υπόληψης στους χρήστες και επιτρέποντας μόνο σε πληροφορίες από *ευπόληπτους* χρήστες να δημοσιεύονται ή παρέχοντας την δυνατότητα στους υπόλοιπους χρήστες να επιλέξουν τέτοιου τύπου πληροφορίες. Υπάρχουν αμέτρητα φόρουμ συζήτησης στο διαδίκτυο, τα περισσότερα από τα οποία διαθέτουν μηχανισμούς υπόληψης, άλλοτε απλοϊκούς άλλοτε πιο σύνθετους, στη συντριπτική πλειονότητα των περιπτώσεων όμως παρόμοιους μεταξύ τους καθώς στηρίζονται στην ίδια βασική ιδέα της αξιολόγησης των άρθρων και των σχολίων που δημοσιεύει ένας χρήστης από άλλους χρήστες και ακόμα στην αξιολόγηση των αξιολογήσεων των χρηστών. Στις παρακάτω υποενότητες θα εξετάσουμε δυο εκπροσώπους του είδους, το Slashdot και το Kuro5hin που τα συστήματα υπόληψης τους παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

4.2.1.7.1. Slashdot

Το Slashdot⁴⁶ είναι ένα φόρουμ για την ανάρτηση άρθρων και σχολίων προς τα άρθρα Άρχισε το 1997 σαν ένας “news for nerds” πίνακας μηνυμάτων όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν οι δημιουργοί του. Τον πρώτο καιρό όταν η κοινότητα ήταν μικρή, η αναλογία θορύβου προς σήματος ήταν πολύ χαμηλή. Όπως συμβαίνει με όλες τις λίστες ηλεκτρονικών μηνυμάτων (mailing lists) και τα φόρουμ συζήτησης όπου ο αριθμός μελών αυξάνεται γρήγορα, το spam και η ανάρτηση χαμηλής ποιότητας μηνυμάτων αναδείχθηκε ένα μείζον πρόβλημα, και αυτό ανάγκασε Slashdot να υιοθετήσει μια διαδικασία διαχείρισης των μηνυμάτων και των σχολίων (moderation). Αρχικά υπήρξε μια ομάδα 25 διαχειριστών που μετά από λίγο αυξήθηκε σε 400 για να συμβαδίσει με τον αυξανόμενο αριθμό χρηστών και το ποσό του spam που επακολούθησε. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα δημοκρατικότερο και υγιέστερο σχήμα διαχείρισης, υιοθετήθηκε μια διαδικασία αυτοματοποιημένης επιλογής διαχειριστών, και το σύστημα υπόληψης του Slashdot αποτελεί ένα αναπόσπαστο τμήμα αυτού όπως εξηγείται κατωτέρω. Το σχήμα διαχείρισης ουσιαστικά αποτελείται από δύο στρώματα όπου το M1 είναι για τη διαχείριση των σχολίων στα άρθρα, και το M2 είναι για τη διαχείριση των διαχειριστών του M1 στρώματος.

Τα άρθρα που αναρτώνται στο Slashdot επιλέγονται κατά την κρίση του προσωπικού του Slashdot με βάση τις υποβολές από την κοινότητα του Slashdot. Μόλις ένα άρθρο αναρτηθεί, ο καθένας μπορεί να κάνει σχόλια σε εκείνο το άρθρο. Οι χρήστες του Slashdot μπορεί να είναι συνδεδεμένοι χρήστες ή απλά ανώνυμοι χρήστες του ιστού. Οποιοσδήποτε μπορεί να γίνει συνδεδεμένος χρήστης του Slashdot με μια απλή εγγραφή. Η ανάγνωση των άρθρων και των σχολίων καθώς επίσης και το γράψιμο σχολίων στα άρθρα μπορούν να γίνουν ανώνυμα. Ακριβώς επειδή οποιοσδήποτε μπορεί να γράψει σχόλια, αυτά πρέπει να υποβληθούν σε μια διαδικασία διαχείρισης, και μόνο οι καταγεγραμμένοι χρήστες είναι επιλέξιμοι για να γίνουν διαχειριστές.

⁴⁶ <http://slashdot.org/>

Τακτικά (τυπικά κάθε 30 λεπτά), το Slashdot επιλέγει αυτόματα μια ομάδα M1 διαχειριστών μεταξύ των μακροχρόνιων τακτικών καταγεγραμμένων χρηστών, και δίνει σε κάθε διαχειριστή 3 ημέρες για να ξοδέψουν έναν δεδομένο αριθμό (τυπικά 5) πόντων διαχείρισης. Κάθε ένας πόντος μπορεί να ξοδευτεί αξιολογώντας 1 σχόλιο δίνοντας του μια εκτίμηση που επιλέγεται από έναν κατάλογο αρνητικών (εκτός θέματος, φωτοβολίδα, νάνος, πλεονάζων, υπερτιμημένο) ή θετικών (οξυδερκές, ενδιαφέρων, πληροφοριακό, αστείο, υποτιμημένο) χαρακτηρισμών. Για κάθε σχόλιο διατηρείται ένα ακέραιο σκορ της κλίμακας $[-1, 5]$. Το αρχικό αποτέλεσμα είναι κανονικά 1 αλλά μπορεί επίσης να επηρεαστεί από το Κάρμα του σχολιαστή όπως εξηγείται κατωτέρω. Το σκορ ενός σχόλιου που αξιολογείται θετικά ανεβαίνει κατά 1 και αντίστοιχα ενός σχόλιου που αξιολογείται αρνητικά κατεβαίνει κατά 1, πάντα όμως μέσα στην κλίμακα $[-1, 5]$.

Κάθε καταγεγραμμένος χρήστης διατηρεί ένα *Κάρμα* που μπορεί να πάρει μια από τις ακόλουθες διακριτές τιμές *Απαίσιος*, *Κακός*, *Ουδέτερος*, *Θετικός*, *Καλός* και *Άριστος*. Ένας νεοεισελθών στο σύστημα χρήστης ξεκινά με ουδέτερο κάρμα, δηλαδή με μέση υπόληψη (βλέπε ενότητα 3.8). Τα σχόλια από τους χρήστες με πολύ υψηλό Κάρμα θα λάβουν αρχικό σκορ 2 ενώ τα σχόλια από τους χρήστες με πολύ χαμηλό Κάρμα θα λάβουν αρχικό σκορ 0 ή ακόμα και -1. Οι χρήστες με πολύ Κάρμα θα πάρουν περισσότερους πόντους διαχείρισης και οι χρήστες με χαμηλό Κάρμα θα πάρουν λιγότερους πόντους διαχείρισης για να διαθέσουν όταν επιλεγθούν ως διαχειριστές. Ο σκοπός του σκορ ενός σχόλιου είναι να καταστεί δυνατόν να φιλτραριστούν τα καλά σχόλια από τα κακά για να επιτραπεί στους χρήστες να θέτουν κατώτατα όρια κατά την ανάγνωση αναστηθέντων άρθρων και σχολίων στο Slashdot. Ένας χρήστης που θέλει να διαβάσει μόνο τα καλύτερα σχόλια μπορεί να θέσει το κατώφλι στο 5 ενώ ένας χρήστης που θέλει να διαβάσει όλα τα σχόλια μπορεί να θέσει το κατώφλι σε -1.

Για να αντιμετωπιστεί το ζήτημα των άδικων διαχειριστών, το Slashdot έχει εισαγάγει ένα στρώμα μετά-διαχείρισης που καλείται M2 (το στρώμα διαχείρισης που περιγράφεται ανωτέρω καλείται M1) με σκοπό την αξιολόγηση των M1 διαχειριστών. Οποιοσδήποτε μακροχρόνιος καταγεγραμμένος χρήστης μπορεί να

αξιολογήσει τους M1 διαχειριστές αρκετές φορές ανά ημέρα εάν το επιθυμεί. Η διαδικασία της μεταδιαχείρισης περιλαμβάνει την αξιολόγηση των M1 αξιολογήσεων (δηλαδή αξιολογήσεων σε σχόλια) σε 10 αναρτηθέντα σχόλια που επιλέγονται τυχαία. Ο μεταδιαχειριστής αποφασίζει εάν η εκτίμηση ενός διαχειριστή ήταν δίκαιη, άδικη ή τίποτα από τα δύο. Αυτή η διαδικασία αξιολόγησης έχει επιπτώσεις στο Κάρμα των M1 διαχειριστών που με τη σειρά του επηρεάζει την δυνατότητα εκλεξιμότητας τους για να γίνουν M1 διαχειριστές στο μέλλον.

Το σύστημα υπόληψης του Slashdot αναγνωρίζει ότι οι προσωπικές προτιμήσεις ενός διαχειριστή δύναται να επηρεάσουν το πώς αξιολογεί ένα σχόλιο. Με το να παρέχει ένα σύνολο θετικών και ένα σύνολο αρνητικών εκτιμήσεων, κάθε ένα με διαφορετικούς τύπους επιλογών αξιολόγησης εξαρτώμενων από τις προσωπικές προτιμήσεις, λαμβάνει υπόψη του αυτό το πρόβλημα και στοχεύει στην επίλυση του. Η ιδέα είναι ότι διαχειριστές με διαφορετικές προτιμήσεις θα δώσουν μεν διαφορετικές εκτιμήσεις (π.χ. οξυδερκές ή αστείο) σε ένα σχόλιο που έχει αξία, αλλά σε κάθε περίπτωση η δοθείσα αξιολόγηση θα είναι θετική. Ομοίως, διαχειριστές με διαφορετικές προτιμήσεις μπορεί να δώσουν διαφορετικές εκτιμήσεις (π.χ. εκτός θέματος ή υπερτιμημένο) σε ένα σχόλιο χωρίς ουσιαστική αξία, αλλά πάλι κάθε αξιολόγηση θα είναι αρνητική. Το προσωπικό του Slashdot διαθέτει την δυνατότητα να ξοδέψει αυθαίρετα ποσά πόντων διαχείρισης. Το γεγονός αυτό καθιστά αυτούς τους ανθρώπους παντοδύναμους και με αυτόν τον τρόπο ικανούς να σταθεροποιήσουν χειροκίνητα το σύστημα σε περίπτωση που το Slashdot δεχθεί επίθεση από ακραίες ποσότητες spam και άδικων αξιολογήσεων.

Το σύστημα υπόληψης Slashdot κατευθύνει και παρακινεί ογκώδεις μαζικές συνεργατικές προσπάθειες διαχείρισης χιλιάδων αναρτήσεων κάθε ημέρα. Το σύστημα συνεχώς βελτιώνεται και τροποποιείται και δύναται να περιγραφεί σαν ένα τρέχων πείραμα στην αναζήτηση του καλύτερου πρακτικού τρόπου να προωθηθούν αναρτήσεις ποιότητας, να αποθαρρυνθεί ο θόρυβος και να καταστεί το Shlashdot όσο το δυνατόν πιο ευανάγνωστο και χρήσιμο για μια μεγάλη κοινότητα.

4.2.1.7.2. Kuro5hin

Το Kuro5hin⁴⁷ είναι ένας ιστοχώρος για τη συζήτηση της τεχνολογίας και της κουλτούρας πολιτισμού που δημιουργήθηκε το 1999, Επιτρέπει στα μέλη να δημοσιεύσουν άρθρα και σχόλια με παρόμοιο τρόπο με αυτόν του Slashdot. Το σύστημα υπόληψης του Kuro5hin καλείται *Mojo*. Υποβλήθηκε σε σημαντικές αλλαγές τον Οκτώβριο του 2003 επειδή ήταν ανίκανο να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά αναρτήσεις θορύβου από *throwaway*⁴⁸ λογαριασμούς, και επειδή οι επιτιθέμενοι υποτίμησαν σχόλια στοχευμένων μελών με σκοπό να τους κάνουν να χάσουν τα υψηλά αποτελέσματα υπόληψης τους. Μερικές από τις αλλαγές που εισήχθησαν στο Mojo για να λυθούν αυτά τα προβλήματα ήταν να αφήνεται στο σκορ ενός σχολίου να επηρεάσει το Mojo ενός χρήστη (δηλαδή το αποτέλεσμα υπόληψης του) μόνο όταν υπάρχουν τουλάχιστον έξι αξιολογήσεις που συμβάλλουν σε αυτό, και να επιτρέπεται μόνο μια αξιολόγηση από οποιαδήποτε IP διεύθυνση.

Είναι πιθανόν ότι τα προβλήματα που βιώθηκαν από Kuro5hin θα μπορούσαν να είχαν αποφευχθεί εάν είχε χρησιμοποιηθεί η αρχή του Slashdot που επιτρέπει μόνο στα μακροχρόνια μέλη να αξιολογούν, διότι οι *throwaway* λογαριασμοί θα ήταν πολύ λιγότερο αποτελεσματικοί σαν εργαλείο επίθεσης.

4.2.2. P2P Προσεγγίσεις

Στα P2P συστήματα μια κύρια ανησυχία είναι ο προσδιορισμός των κακόβουλων χρηστών που παρέχουν παραπλανητικές υπηρεσίες. Τα μοντέλα εμπιστοσύνης μπορεί να αποτρέψουν τέτοια συμπεριφορά και να βελτιώσουν την αξιοπιστία και την ανοχή σφαλμάτων του συστήματος. Στις P2P προσεγγίσεις, η πρόκληση είναι το πώς να αθροίσει κανείς τις τοπικές τιμές εμπιστοσύνης χωρίς να έχει τη δυνατότητα συγκεντρωτικής διαχείρισης και αποθήκευσης των δεδομένων. Εκτός από αυτό, δύο είδη ερωτήσεων εξετάζονται από τις P2P προσεγγίσεις: ποια

⁴⁷ <http://www.kuro5hin.org/>

⁴⁸ Λογαριασμοί *throwaway* (λογαριασμοί για πέταμα) ουσιαστικά καλούνται εκείνοι οι λογαριασμοί που δημιουργούνται με μόνο σκοπό την πρόκληση θορύβου σε φόρουμ συζητήσεων με το να κατακλύζουν τέτοιους ιστοτόπους με χαμηλής ποιότητας δημοσιεύσεις.

μετρική εμπιστοσύνης πρέπει να χρησιμοποιηθεί και πως είναι δυνατόν να αποθηκευθούν αξιόπιστα και με ασφάλεια οι τιμές εμπιστοσύνης εντός του δικτύου.

4.2.2.1. Gupta, Judge και Ammar

Τα περισσότερα P2P δίκτυα είναι πλήρως αποκεντρωμένα και μη δομημένα και ο διαμοιρασμός αρχείων είναι ο στόχος τους. Οι (Gupta, Judge και Ammar, 2003) προτείνουν ένα σύστημα υπόληψης για να καταγράψει την παρελθούσα συμπεριφορά των χρηστών και να επιτρέψει τη λήψη αποφάσεων όπως από ποιους χρήστες να αναζητήσει κάποιος άλλος χρήστης το περιεχόμενο που επιθυμεί. Βασίζουν το σύστημά τους στις έμφυτες ιδιότητες ενός τέτοιου δικτύου, όπου οι σημαντικότερες δραστηριότητες είναι η αναζήτηση περιεχομένου και η μεταφορά του. Ένας στόχος του προτεινόμενου συστήματος υπόληψης είναι να δοθεί μια ιδέα για το επίπεδο συμμετοχής των κόμβων στο σύστημα. Το σύστημα που προτείνεται από τους (Gupta, Judge και Ammar, 2003) είναι βασισμένο στην συναλλαγή, αντίθετα με τη βασισμένη στον χρήστη προσέγγιση του TrustMe (Singh και Liu, 2003), που περιγράφεται στην ακόλουθη υποενότητα (4.2.2.2).

Σε αυτό το μοντέλο, η φήμη ενός κόμβου εξαρτάται (1) από τη συμπεριφορά του που αξιολογείται σύμφωνα με τη συμβολή του στην αναζήτηση και μεταφορά περιεχομένου και (2) από την ικανότητά του, που εκφράζεται υπό την άποψη της επεξεργαστικής ισχύος και μνήμης, του εύρους ζώνης και της ικανότητας αποθήκευσης. Κάθε κόμβος στο δίκτυο κερδίζει πόντους για (1) την επεξεργασία των μηνυμάτων απάντησης ερωτήσεων, (2) την συμβολή του στην μεταφορά περιεχομένου και (3) την παροχή στο δίκτυο σπάνιου και συνεπώς δύσκολου προς εύρεση περιεχομένου. Η συμβολή στην μεταφορά περιεχομένου και η παροχή δύσκολων προς εύρεση αρχείων αξιολογείται βάση της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας (από την άποψη του εύρους ζώνης και του μεγέθους των αρχείων). Για κάθε κατέβασμα αρχείου, ο κάθε κόμβος χάνει τόσους πόντους από την υπόληψη όσους και εάν προέβαινε στην παροχή του ίδιου περιεχομένου. Το αποτέλεσμα υπόληψης είναι απλά το άθροισμα των λαμβανόμενων πόντων με ή χωρίς την αφαίρεση των χρεωμένων πόντων.

Κάθε κόμβος θα μπορούσε να διατηρήσει και να υπολογίσει την υπόληψη του τοπικά. Εντούτοις, επειδή υπάρχει μια προφανής απειλή παραπλανητικού υπολογισμού σχετικά με αυτή τη λειτουργία, ένας κόμβος υπολογισμού υπόληψης - *Reputation Computation Agent (RCA)* παρέχεται για το P2P δίκτυο με το στόχο της παρακολούθησης των συναλλαγών και των αμοιβών και των χρεώσεων για κάθε κόμβο στο δίκτυο. Ένας κόμβος μπορεί να επιλέξει αν θα συμμετέχει στο σύστημα υπόληψης και έπειτα θα πρέπει να συνεργαστεί με τον RCA, ή να μείνει εκτός του συστήματος υπόληψης, οπότε σε αυτήν τη περίπτωση η υπόληψη του είναι η ελάχιστη (0). Ο RCA διατηρεί μια κατάσταση των συναλλαγών του συστήματος και διαθέτει έναν πλήρη κατάλογο από τις συναλλαγές και τους πόντους που χορηγούνται για εκείνες τις συναλλαγές σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Κάθε κόμβος επικοινωνεί με τον RCA χρησιμοποιώντας έναν κλασικό μηχανισμό κρυπτογράφησης δημοσίου κλειδιού. Μετά από κάθε συναλλαγή, ο κάθε κόμβος υποβάλλει μια έκθεση για την συναλλαγή στον RCA. Κατά διαστήματα οι κόμβοι έρχονται σε επαφή με τον RCA για την χορήγηση πόντων για τις συναλλαγές τους. Ο RCA είναι ένα κεντρικό σημείο αποτυχίας μόνο για το σχήμα διαχείρισης της υπόληψης. Επομένως, η γενικότερη λειτουργία του P2P δικτύου δεν θα επηρεαστεί εάν το RCA αποτύχει, καθώς αυτό επιτελεί μόνο με μια συμπληρωματική λειτουργία.

Το σύστημα είναι απλοϊκό, αλλά καλύπτει καλά και επαρκώς τις ιδιότητες των δικτύων P2P στα οποία και απευθύνεται και δεν παρεμποδίζει τη λειτουργία τους. Αν και κάποιες δυσλειτουργίες είναι ακόμα δυνατές, μιας και οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να υποβάλουν εκθέσεις με ανακριβείς λεπτομέρειες συναλλαγών, το σύστημα προσπαθεί να μειώσει το κίνητρο των πολλαπλών ταυτοτήτων επειδή ένας νεοεισερχόμενος χρήστης πάντα λαμβάνει μηδενική υπόληψη.

4.2.2.2. TrustMe

Το TrustMe (Singh και Liu, 2003) είναι μια άλλη προσέγγιση για αποκεντρωμένα και μη δομημένα P2P δίκτυα. Αντίθετα με την προσέγγιση των (Gupta, Judge και Ammar, 2003) που περιγράφηκε στην προηγούμενη υποενότητα (4.2.2.1) η οποία είναι βασισμένη στην συναλλαγή, το TrustMe είναι

μια προσέγγιση βασισμένη στον χρήστη, υιοθετώντας την αρχή της απόκτησης αναφορών-συστάσεων για ένα κόμβο, προτού εμπλακούμε σε μια συναλλαγή με εκείνο τον κόμβο. Γενικά μιλώντας, το TrustMe λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο: κάθε κόμβος είναι εξοπλισμένος με μερικά ζευγάρια δημόσιων -ιδιωτικών κλειδιών. Οι τιμές εμπιστοσύνης ενός κόμβου B αποθηκεύονται τυχαία σε έναν άλλο κόμβο (ΤΗΑ) στο δίκτυο. Οποιοσδήποτε κόμβος ενδιαφέρεται για την τιμή εμπιστοσύνης του B στέλνει μια ερώτηση σε όλο το δίκτυο και ο ΤΗΑ απαντά σε αυτήν την ερώτηση. Με βάση τη λαμβανόμενη τιμή εμπιστοσύνης, ο κόμβος A αποφασίζει εάν θα εμπλακεί ή σε συναλλαγή με τον κόμβο B. Μετά από την αλληλεπίδραση, ο κόμβος A αρχειοθετεί μια έκθεση για τον κόμβο B που δείχνει τη νέα αξία εμπιστοσύνης για τον B και επομένως ο ΤΗΑ μπορεί να τροποποιήσει την αξία εμπιστοσύνης του B αναλόγως. Το TrustMe χρησιμοποιεί έναν έξυπνο μηχανισμό κρυπτογράφησης κλειδιού για να παρέχει την ασφάλεια, αξιοπιστία και υπευθυνότητα

Το TrustMe αφήνει την ελεύθερη την επιλογή για την μετρική της εμπιστοσύνης και εστιάζει στην ανάπτυξη ενός ασφαλούς πρωτόκολλου ανταλλαγής μηνυμάτων για την προστασία των πληροφοριών και των πηγών της στο δίκτυο. Μερικές ιδιότητες του προτεινόμενου πρωτοκόλλου τους είναι επιμονή, μη απαίτηση για καμία κεντρική εμπιστευμένη αρχή, μικρός χρόνος απόφασης και ευκολία της συμβολής. Η ανάπτυξη των λεπτομερειών του πρωτοκόλλου ξεφεύγει από τα όρια της παρούσης εργασίας.

Συγκρίνοντας αυτήν την προσέγγιση με αυτή από των (Gupta, Judge και Ammar, 2003) το κόστος εύρους ζώνης αυξάνεται, δεδομένου ότι κάθε κόμβος πρέπει να ασχοληθεί επίσης με τις αιτήσεις που σχετίζονται με την υπόληψη, πέρα από τις συνηθισμένες εργασίες του για αναζήτηση και μεταφορά περιεχομένου.

4.2.2.3. EigenTrust

Σύμφωνα με τους (Kamvar, Schlosser και Garcia-Molina, 2003), τα ακόλουθα ζητήματα είναι σημαντικά στα P2P συστήματα υπόληψης: (1) αυτό-αστυνόμευση: καμία κεντρική αρχή δεν πρέπει να υπάρχει και οι κόμβοι πρέπει

να επιβάλουν την ηθική συμπεριφορά μόνοι τους, (2) ανωνυμία: η υπόληψη ενός κόμβου πρέπει να συνδέεται με ένα αδιαφανές προσδιοριστικό, (3) το σύστημα δεν πρέπει να αναθέτει κέρδος στους νεοφερμένους, (4) ελάχιστο γενικά κόστος και (5) γερό και ανθεκτικό στις κολεκτίβες κακόβουλων κόμβων. Το EigenTrust (Kamvar, Schlosser και Garcia-Molina,) στην βασική μορφή του, σκοπεύει στην μείωση του αριθμού κατεβάσματος μη-αυθεντικών αρχείων σε ένα P2P δίκτυο διανομής αρχείων χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο υπόληψης. Σε αυτό το σχήμα, σε κάθε κόμβο ορίζεται μια μοναδική συνολική τιμή εμπιστοσύνης, που υπολογίζεται με βάση το ιστορικό συναλλαγών του κόμβου.

Η προσέγγισή τους είναι βασισμένη στην έννοια της *μεταβατικής εμπιστοσύνης*: ένας κόμβος έχει καλή γνώμη για εκείνους τους κόμβους που του έχουν παράσχει καλές υπηρεσίες και επομένως, είναι πιθανό ο ίδιος κόμβος να εμπιστευθεί τις απόψεις εκείνων των κόμβων. Οι (Kamvar, Schlosser και Garcia-Molina, 2003) θεωρούν ότι κάθε κόμβος αποθηκεύει τοπικά τις τιμές εμπιστοσύνης του για το υπόλοιπο των κόμβων. Δεν επιβάλουν μια μέθοδο για την απόκτηση αυτών των τιμών, αλλά προτείνουν ότι οι τιμές εμπιστοσύνης θα μπορούσαν να ληφθούν με την αξιολόγηση κάθε προηγούμενης συναλλαγής μεταξύ των κόμβων, οπότε αυτό είναι μια μορφή άμεσης εμπιστοσύνης. Κάθε κόμβος ομαλοποιεί αυτές τις τιμές εμπιστοσύνης λαμβάνοντας τιμές στο διάστημα $[0, 1]$, με το 1 να ανατίθεται σε ένα πλήρως εμπιστευμένο/αξιόπιστο κόμβο. Προκειμένου να ληφθεί μια σφαιρική άποψη για το συνολικό δίκτυο, όπως στο μοντέλο των Yu και Singh που αναλύεται μετέπειτα στην ενότητα 4.2.3.2, κάθε κόμβος μπορεί να ζητήσει συστάσεις από τους γείτονές⁴⁹ του σχετικά με έναν τρίτο κόμβο. Οι λαμβανόμενες τιμές εμπιστοσύνης μπορούν να αθροιστούν χρησιμοποιώντας τις τοπικές τιμές εμπιστοσύνης για το γείτονα που παρείχε τις λαμβανόμενες τιμές εμπιστοσύνης ως βάρη. Στη συνέχεια μπορεί να ζητήσει συστάσεις και από τους γείτονες των γειτόνων και να αθροίσει τις λαμβανόμενες τιμές εμπιστοσύνης με βάρη τις τιμές εμπιστοσύνης τους για αυτούς του κόμβους κοκ.. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα *μοντέλο ροής* (βλέπε ενότητα 3.5.6) με επαναλαμβανόμενη μεταβατικότητα. Ο παραπάνω αλγόριθμος επιτρέπει σε έναν χρήστη να

⁴⁹ Με τον όρο γείτονες εννοούμε εκείνους τους κόμβους τους οποίους εμπιστευόμαστε πλήρως, έχουν δηλαδή τιμή εμπιστοσύνης 1.

υπολογίσει σφαιρικές τιμές εμπιστοσύνης στο κατανεμημένο περιβάλλον. Όπως αναφέρουν και οι (Patil και Shyamasundar, 2005) επιτρέποντας στους κόμβους χρησιμοποιούν αυτές τις συνολικές τιμές εμπιστοσύνης για να επιλέξουν τους κόμβους από τους οποίους κατεβάζουν, το δίκτυο προσδιορίζει αποτελεσματικά τους κακόβουλους κόμβους και τους απομονώνει από το δίκτυο.

4.2.2.4. PeerTrust

Το PeerTrust (Xiong και Liu, 2004) βασίζεται σε 5 σημαντικές παραμέτρους που συνεισφέρουν σε μια γενική μετρική εμπιστοσύνης, οι οποίες είναι (1) η ανατροφοδότηση που ένας κόμβος λαμβάνει από άλλους κόμβους, (2) το πεδίο ανατροφοδότησης που μετριέται ως ο αριθμός των συνολικών συναλλαγών που ένας κόμβος έχει με άλλους κόμβους, (3) ο παράγοντας αξιοπιστίας για την πηγή ανατροφοδότησης, (4) ο παράγοντας πλαισίου συναλλαγής διακρίνει τις συναλλαγές μεταξύ κρίσιμων και μη κρίσιμων συναλλαγών και (5) ο παράγοντας πλαισίου της κοινότητας που εξετάζει τα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την κοινότητα. Στην πραγματικότητα, όπως αποκαλύπτεται από το γενικό τους τύπο για την μετρική της εμπιστοσύνης, η μετρική εμπιστοσύνης για έναν κόμβο συντίθεται από την μετρική του παράγοντα πλαισίου της κοινότητας και τη σταθμισμένη ικανοποίηση που λαμβάνεται για προηγούμενες συναλλαγές.

Ανεξάρτητα από το σχήμα ανατροφοδότησης που χρησιμοποιείται από τους κόμβους, η ανατροφοδότηση πρέπει να μεταφράζεται σε έναν συνεχές $[0, 1]$ αριθμητικό μέτρο ικανοποίησης, που αντιπροσωπεύει τις δύο πρώτες προαναφερθείσες πηγές πληροφοριών. Για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας, μια πρώτη επιλογή που προτείνουν οι (Xiong και Liu 2003) είναι να χρησιμοποιηθούν κατ' επανάληψη οι υπάρχουσες τιμές εμπιστοσύνης των κόμβων, υπολογίζοντας με αυτόν τον τρόπο μια μετρική μέσου όρου. Η δεύτερη επιλογή είναι να κατασκευαστεί η μετρική αξιοπιστίας από την ομοιότητα των διανυσμάτων ικανοποίησης που συλλέγονται από άλλους κόμβους που αλληλεπίδρασαν και με τους δύο κόμβους που συμμετέχουν σε μια συναλλαγή. Ο παράγοντας πλαισίου της συναλλαγής θα μπορούσε να είναι στην πραγματικότητα μια λειτουργία στάθμισης χρονικής αποσύνθεσης, που επιτρέπει στις πιο πρόσφατες συναλλαγές

να ασκούν μεγαλύτερη επιρροή. Ο παράγοντας πλαισίου της κοινότητας μπορεί να έχει μια πολύ μεγάλη σημασία για το μοντέλο υπόληψης, και ο κύριος σκοπός του είναι να παράσχει έναν τρόπο για να πειστούν οι κόμβοι να παρέχουν ανατροφοδότηση για τις προηγούμενες συναλλαγές τους. Επομένως, προτείνουν ως μετρική την αναλογία του αριθμού των συναλλαγών για τις οποίες δίνεται ανατροφοδότηση προς τον συνολικό αριθμό συναλλαγών. Όσον αφορά τη την κατανομή από το μοντέλο εμπιστοσύνης, κάθε κόμβος έχει έναν διαχειριστή εμπιστοσύνης που είναι αρμόδιος για την υποβολή ανατροφοδότησης, για την αξιολόγηση της εμπιστοσύνης και μια βάση δεδομένων που αποθηκεύει ένας μέρος των συνολικών στοιχείων εμπιστοσύνης. Διάφοροι καταναμημένοι αλγόριθμοι προτείνονται για τον υπολογισμό διάφορων τύπων που απαιτούνται από το μοντέλο εμπιστοσύνης.

Εκτέλεσαν ορισμένα πειράματα προσομοίωσης πάνω σε διάφορες οργανώσεις P2P δικτύων με ποικίλο αριθμό κόμβων προκειμένου να βρεθεί η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων τύπων και αλγορίθμων. Θεώρησαν επίσης και ελαττωματική συμπεριφορά ενός μέρους των κόμβων. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όταν η επιλογή των κόμβων βάση της εμπιστοσύνης υιοθετείται σε μια προσέγγιση με κακόβουλους κόμβους επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα και μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχών συναλλαγών σε σύγκριση με μια τυποποιημένη οργάνωση χωρίς επιλογή βασισμένη στην εμπιστοσύνη. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρουν και οι (Silaghi, Arenas και Silva, 2007) η σημασία του μοντέλου αυτού είναι η επίδειξη του ότι ένας βασισμένος στην εμπιστοσύνη μηχανισμός για την επιλογή συνεργατών σε μια συναλλαγή αξίζει να ληφθεί υπόψη σε προσεγγίσεις P2P δικτύων. Επίσης καταδεικνύουν ότι η χρήση πληροφοριών από τρίτους (υπόληψη – έμμεση εμπιστοσύνη) είναι πολυτιμότερη από μόνο την ύπαρξη της προσωπικής εμπειρίας. Το μοντέλο βασίζεται στην ανατροφοδότηση, εμπνεόμενο από το eBay.

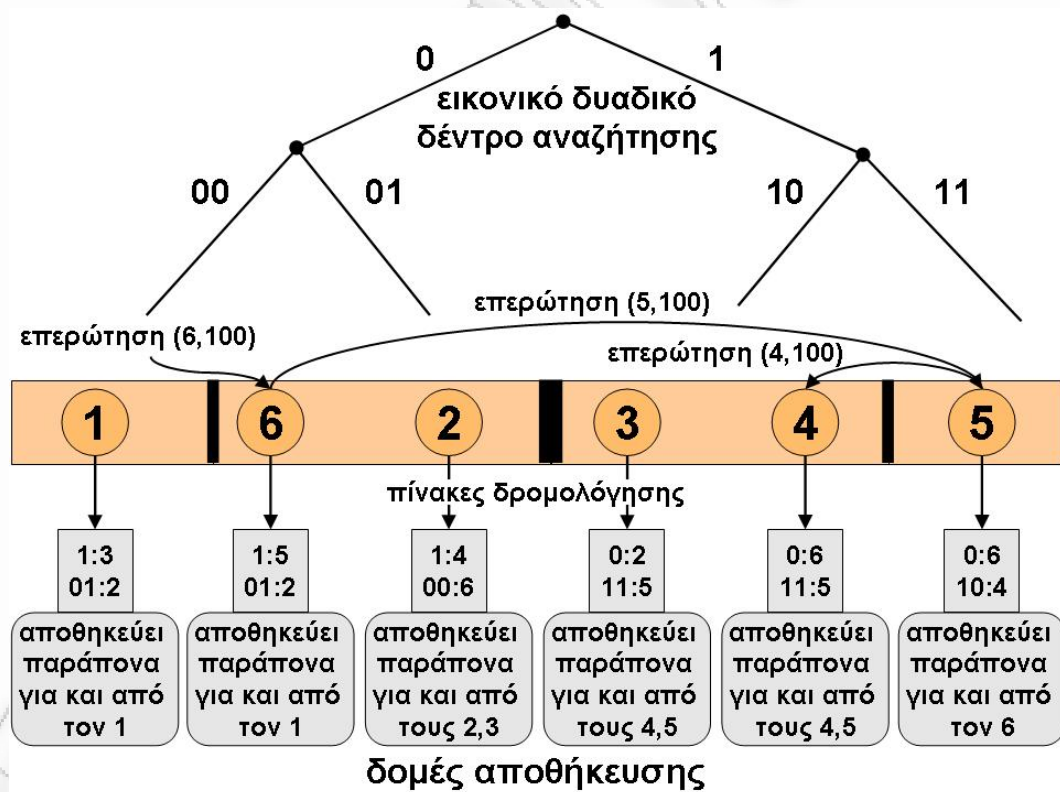
4.2.2.5. P-Grid Trust Model

Η προσέγγιση διαχείρισης εμπιστοσύνης του μοντέλου P-Grid εστιάζει σε μια αποδοτική τεχνική διαχείρισης δεδομένων για να κατασκευαστεί ένα

κλιμακούμενο μοντέλο εμπιστοσύνης για κατανεμημένες εφαρμογές (Aberer και Despotovic, 2001). Αντιμετωπίζουν την υπόληψη ως αξιολόγηση της πιθανότητας ότι ένας κόμβος θα προβεί σε παραπλανητική συμπεριφορά. Για να υπολογίσουν τη φήμη χρησιμοποιούν την ανάλυση δεδομένων των προηγούμενων συναλλαγών. Η εμπιστοσύνη στο μοντέλο τους είναι δυαδική, ένας πράκτορας μπορεί να εκτελέσει μια συναλλαγή σωστά ή όχι. Θεωρούν ότι η συνηθισμένη εμπιστοσύνη υπάρχει, και επομένως διακρίνουν και διαδίδουν μόνο τις πληροφορίες για ανέντιμη συμπεριφορά ως σχετικές. Ονομάζουν αυτές τις πληροφορίες **παράπονα**. Τα παράπονα είναι τα μόνα στοιχεία συμπεριφοράς που χρησιμοποιούνται σε αυτό το μοντέλο εμπιστοσύνης. Επομένως, ένας κόμβος A αφού ανιχνεύσει μια κακόβουλη συμπεριφορά ενός άλλου κόμβου B θα αποθηκεύσει ένα παράπονο $c(A, B)$. Η συνολική εμπιστοσύνη ενός κόμβου A ορίζεται ως ο αριθμός των παραπόνων που έχει αποθηκεύσει αυτός ο πράκτορας πολλαπλασιασμένος με τον αριθμό των παραπόνων για τον κόμβο A που έχουν αποθηκευθεί από άλλους πράκτορες. Υψηλές τιμές για αυτήν την τιμή εμπιστοσύνης υποδεικνύουν το γεγονός ότι ο πράκτορας A δεν είναι αξιόπιστος. Οι πληροφορίες σχετικά με την ανέντιμη συμπεριφορά ενός κόμβου μπορούν να στέλνονται και στους υπόλοιπους κόμβους. Η υπόληψη ενός κόμβου είναι βασισμένη στη γενικότερη σφαιρική γνώση σχετικά με τα παράπονα. Ενώ είναι εύκολο για έναν κόμβο να έχει πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες για τις αλληλεπιδράσεις του με άλλους κόμβους, σε ένα κατανεμημένο αποκεντρωμένο σενάριο, είναι πολύ δύσκολο για έναν κόμβο να προσεγγίσει όλα τα παράπονα που αφορούν άλλους κόμβους. Αυτό απαιτεί ένα αποδοτικό πρότυπο αποθήκευσης δεδομένων, αποκαλούμενο P-Grid (Aberer, 2001), για να αποθηκεύονται τα σχετικά με την εμπιστοσύνη δεδομένα.

Όπως προαναφέραμε το γενικό σφαιρικό μοντέλο εμπιστοσύνης που περιγράφεται, είναι βασισμένο στη δυαδική εμπιστοσύνη και υλοποιείται μέσω του P-Grid. Το P-Grid είναι περίπου ένα δυαδικό δέντρο αναζήτησης, όπου κάθε φύλλο στο δέντρο συνδέεται με έναν κόμβο από το δίκτυο. Κάθε κόμβος εκτός από τα παράπονα αποθηκεύει επίσης και κάποιες πληροφορίες δρομολόγησης για να μπορεί να ανακατευθύνει την αναζήτηση σε έναν συμπληρωματικό κόμβο όταν κάτι τέτοιο απαιτείται.

Η Εικόνα 4.2 παρουσιάζει χαρακτηριστική δομή δεδομένων στο P-Grid. Ο πίνακας δρομολόγησης του κόμβου 1 περιέχει μια είσοδο για το κόμβο 3 για τα μονοπάτια που αρχίζουν από 1. Έτσι εάν μια επερώτηση που ξεκινάει από το bit 1 φτάσει στο κόμβο 1, αυτός την προωθεί στον κόμβο 3. Ο κόμβος 3 μπορεί να εξετάσει την επερώτηση ή να τον προωθήσει με τη σειρά του σε έναν άλλο κόμβο ανάλογα με την επόμενη ακολουθία bit στην επερώτηση κ.ο.κ.. Ομοίως, όταν η επερώτηση (6,100) φθάνει στο κόμβο 6, αυτός ανατρέχει στον πίνακα δρομολόγησης του και διαβιβάζει την επερώτηση στον κόμβο 5, δεδομένου ότι σύμφωνα με τον πίνακα δρομολόγησης του, όλες οι επερωτήσεις που αρχίζουν από 1 εξετάζονται από τον κόμβο 5. Όταν η ερώτηση (5,100) φθάνει στο κόμβο 5, παίρνει τα πρώτα δύο bits 10, ανατρέχει πίνακα δρομολόγησης του και προωθεί την επερώτηση στον κόμβο 4 ο οποίος και απαντά την ερώτηση.



Εικόνα 4.2. Δομή αποθήκευσης στο μοντέλο P-Grid

Η εμπιστοσύνη υπολογίζεται με τη χρησιμοποίηση του P-Grid ως δομή αποθήκευσης για τα παράπονα. Ένας κόμβος μπορεί να αρχειοθετήσει ένα παράπονο για έναν άλλο κόμβο και να το στείλει σε άλλους κόμβους χρησιμοποιώντας μια λειτουργία που ονομάζεται *εισαγωγή μηνυμάτων*. Όταν ένας

κόμβος θέλει να εκτιμήσει την εμπιστοσύνη ενός άλλου κόμβου, ψάχνει για παράπονα σχετικά με αυτόν και προσδιορίζει τους κόμβους που διατηρούν αποθηκευμένα αυτά τα παράπονα. Δεδομένου ότι αυτοί οι κόμβοι μπορούν να είναι κακόβουλοι η εμπιστοσύνη τους πρέπει να διευκρινιστεί. Προκειμένου να περιοριστεί αυτή η διαδικασία και για να αποτραπεί μια πιθανή εξερεύνηση όλου του δικτύου, εάν παρόμοιες πληροφορίες εμπιστοσύνης σχετικά με έναν συγκεκριμένο κόμβο παραληφθούν από έναν ικανοποιητικό αριθμό κόμβων, τότε κανένας περαιτέρω έλεγχος δεν πραγματοποιείται.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι έχει έναν αποδοτικό τρόπο αποθήκευσης και ανάκτησης των δεδομένων εμπιστοσύνης και δεν πλημμυρίζει κάθε κόμβο στο σύστημα με ερωτήσεις σχετικά με άλλους κόμβους, περιορίζοντας κατά συνέπεια το κόστος αποθήκευσης και εύρους ζώνης. Επομένως είναι από τις προσεγγίσεις που μεταδίδουν τις ερωτήσεις εμπιστοσύνης χωρίς να ρωτούν όλους τους κόμβους στο σύστημα. Το κύριο μειονέκτημα εντούτοις, είναι ότι ένας κόμβος αναγκάζεται να αποθηκεύσει στοιχεία που ανήκουν σε άλλους κόμβους και σαν συνέπεια δεν έχει τον τοπικό έλεγχο της επεξεργασίας εκείνων των στοιχείων. Κατά συνέπεια το σύστημα στην πραγματικότητα δεν είναι αποκεντρωμένο επειδή οι κόμβοι πρέπει σιωπηρά να συμφωνήσουν να μην τροποποιούν τα δεδομένα που ανήκουν σε άλλους κόμβους. Επιπροσθέτως δεν χρησιμοποιεί οποιοδήποτε είδος μηχανισμού για αυθεντικοποίηση των μηνυμάτων και δεν προστατεύει ρητά την ταυτότητα των κόμβων.

Το μοντέλο εμπιστοσύνης P-Grid χρησιμοποιεί τα παράπονα για να αναφέρει τις συμπεριφορές των κόμβων και στηρίζεται έτσι σε ένα σχήμα βασισμένο στην αρνητική υπόληψη. Σφαιρικές πληροφορίες εμπιστοσύνης υπό μορφή καταγγελιών αποθηκεύονται στους κόμβους. Αυτό οδηγεί σε δύο προβλήματα. Το πρώτο είναι ότι η είσοδος και η αναχώρηση των κόμβων από το σύστημα μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια σημαντικών πληροφοριών εμπιστοσύνης, με συνέπεια τη μείωση της ανοχής λαθών του συστήματος. Το δεύτερο έχει επιπτώσεις στην αξιοπιστία δεδομένου ότι είναι δυνατόν ένας κόμβος να καταλήξει να αποθηκεύει καταγγελίες για τον εαυτό του, τις οποίες μπορεί να παρακινήσει να

αλλάξει ή να καταστρέψει. Το P-Grid αντιμετωπίζει αυτές τις δύο ανησυχίες με να καθιστά τα δεδομένα εμπιστοσύνης πλεονάζοντα⁵⁰ στους κόμβους βελτιώνοντας τόσο την ανοχή στα σφάλματα όσο και την αξιοπιστία.

Οι κόμβοι μπορούν να προστατευθούν από τις ανέντιμες ενέργειες με την πρόσβαση των παραπόνων που αρχειοθετούνται ενάντια στους ψευδείς κόμβους. Η χρησιμοποίηση των στοιχείων εμπιστοσύνης που είναι τουλάχιστον διπλαποθηκευμένα στους κόμβους προστατεύει από την πιθανότητα ότι ένα παράπονο έχει τροποποιηθεί από έναν κακόβουλο κόμβο. Η διαστρέβλωση και η συνέργια αντιμετωπίζονται περαιτέρω και με τον έλεγχο της αξιοπιστίας του κόμβου που αποθηκεύει το παράπονο και του κόμβου που ανέφερε το παράπονο, και με συνδυασμό των απόψεων που προέρχονται από πολλαπλούς αξιόπιστους κόμβους. Η απειλή της προσθήκης νεοεισερχόμενων απαντάται με το να εμπιστευόμαστε όλους τους νέους κόμβους μέχρι να αναφερθούν παράπονα εναντίον τους.

Αξιολόγησαν το μοντέλο εμπιστοσύνης τους σε έναν πληθυσμό 128 κόμβων, με το διαφορετικό αριθμό κακόβουλων χρηστών κάθε φορά και μεγάλο αριθμό αλληλεπιδράσεων (6400 ή 12800). Καλή ποιότητα για την μετρική εμπιστοσύνης λαμβάνεται, και αυτή η ποιότητα μπορεί να αυξηθεί μόνο με την αύξηση του πλεονασμού των δεδομένων πληροφοριών στο P-Grid. Το μοντέλο έχει επίσης την ικανότητα του να διακρίνει καλά τους ανέντιμους κόμβους.

4.2.2.6. NICE Trust Inference Model

Το NICE⁵¹ (Lee et al., 2003) είναι μια πλατφόρμα για την υλοποίηση καταναμημένων συνεργατικών εφαρμογών. Παρέχει τρεις κύριες υπηρεσίες: διαφήμιση και εντοπισμός πόρων, ασφαλείς ανταλλαγές των πόρων και πραγματοποίηση συναλλαγών με αυτούς, και καταναμημένη αξιολόγηση εμπιστοσύνης. Η αξιολόγηση εμπιστοσύνης είναι απαραίτητη δεδομένου ότι οι κακόβουλοι κόμβοι μπορούν να απειλήσουν την αξιόπιστη λειτουργία του

⁵⁰ Αποθηκεύει τα ίδια δεδομένα σε παραπάνω από έναν κόμβους.

⁵¹ Το NICE είναι ένα αναδρομικό ακρώνυμο που σημαίνει *NICE is the Internet Cooperative Environment*

συνεταιριστικού συστήματος. Συνεπώς, ο σκοπός του μοντέλου εμπιστοσύνης είναι α) να προσδιορίσει συνεργατικούς χρήστες έτσι ώστε μπορούν να διαμορφώσουν γερές συνεταιριστικές ομάδες, και β) να αποτρέψει τους κακόβουλους κόμβους και τις συστάδες τους να επιδράσουν σημαντικά στην εργασία των συνεταιριστικών ομάδων.

Το NICE χρησιμοποιεί δύο μηχανισμούς εμπιστοσύνης για να προστατεύσει την ακεραιότητα των συνεταιριστικών ομάδων, τιμολόγηση βασισμένη στην εμπιστοσύνη και όρια συναλλαγών βασισμένα στην εμπιστοσύνη. Στην τιμολόγηση βασισμένη στην εμπιστοσύνη, οι πόροι είναι διατιμημένοι σύμφωνα με την αμοιβαία αντιληπτή εμπιστοσύνη. Παραδείγματος χάριν, εάν ένας κόμβος A εμπιστεύεται έναν κόμβο B λιγότερο από ότι ο B εμπιστεύεται τον A, ο A θα πραγματοποιήσει μια συναλλαγή με τον B μόνο εάν ο B προσφέρει σημαντικά περισσότερους πόρους από ότι ο A. Με την τέλεση επιτυχών συναλλαγών μεταξύ τους στις επόμενες συναλλαγές με τον B, ο A θα έχει περισσότερη εμπιστοσύνη στον B και έτσι η διαφορά στους προσφερθέντες πόρους θα είναι λιγότερη. Στα όρια συναλλαγών βασισμένα στην εμπιστοσύνη, αντί της διακύμανσης στην τιμή του πόρου, διαφέρει το ποσό των πόρων που ανταλλάσσεται. Αυτό εξασφαλίζει ότι κατά την πραγματοποίηση συναλλαγών με έναν λιγότερο εμπιστευμένο κόμβο, ένας κόμβος μπορεί να θέσει όρια στο ποσό πόρων που χάνει.

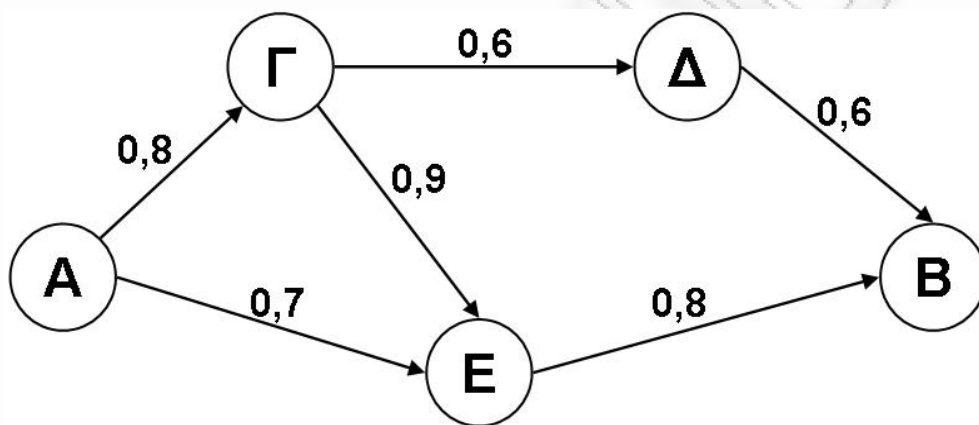
Κατά την άποψη των δημιουργών του, η αξία εμπιστοσύνης ενός κόμβου B για έναν κόμβο A είναι ένα μέτρο του πόσο πιθανό ο κόμβος A θεωρεί ότι μια συναλλαγή με τον κόμβο B θα αποβεί επιτυχής (Sherwood, Seungjoon και Bhattacharjee, 2006). Προσάρμοσαν την ιδέα του κοινωνικού δικτύου που περιγράφεται στις βασισμένες σε ΣΠΠ προσεγγίσεις (βλέπε ενότητα 4.3.2) στη δομή και στις απαιτήσεις ασφάλειας ενός πλήρως αποκεντρωμένου P2P δικτύου, εξοπλισμένου με μια υποδομή δημοσίου κλειδιού PKI. Κάθε κόμβος-πράκτορας έρχεται στο σύστημα με ένα ζευγάρι δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών και τα μηνύματα υπογράφονται από τους κόμβους που τα δημιουργούν. Επομένως, μετά από κάθε συναλλαγή μεταξύ ενός κόμβου πελάτη A και ενός κόμβου εξυπηρετητή B, ο κόμβος A παράγει ένα cookie με την αντιληπτή σε αυτόν ανατροφοδότηση (αξία εμπιστοσύνης) για τη συναλλαγή. Οι τιμές εμπιστοσύνης

κυμαίνονται από 0 έως 1. Ο κόμβος A στέλνει το cookie στον B και ο κόμβος B μπορεί να αποθηκεύσει το cookie ως αναφορά της αποτελεσματικότητάς του σε άλλες συναλλαγές, καταδεικνύοντας έτσι την αξιοπιστία του. Ο κόμβος B μπορεί να αποφασίσει ποια cookies θα αποθηκεύσει και για πόσο καιρό. Περισσότερο, κάθε κόμβος θα μπορούσε να διαθέτει τον δικό του αλγόριθμό του για να ενημερώνει και να αποθηκεύει τις τιμές. Μηχανισμοί φιλτραρίσματος παρουσιάζονται όσον αφορά την παραγωγή αιτημάτων cookies. Ένας από αυτούς είναι να επιτρέπει στους χρήστες να αποθηκεύουν τα αρνητικά cookies. Είναι προφανές ότι μετά από μια ελαττωματική συναλλαγή, όταν ο κόμβος A θα παράγει ένα cookie για τον κόμβο B με χαμηλή αξία εμπιστοσύνης, ο B απλά θα απορρίψει το εν λόγω cookie, αφού δεν τον ωφελεί. Αλλά αντί' αυτού, ο κόμβος A μπορεί να διατηρήσει το cookie σε μια μαύρη λίστα, και ποτέ να μην εμπλακεί σε συναλλαγές με τον κόμβο B

Όταν ένας κόμβος A επιθυμεί να ξεκινήσει μια συναλλαγή με έναν κόμβο B, μπορεί να υπάρχει ένα cookie μεταξύ του A και του B και σε αυτήν τη περίπτωση, αυτό το cookie περιέχει την εμπιστοσύνη που ο κόμβος A έχει για τον B. Εάν προηγούμενες συναλλαγές δεν υπήρξαν ήδη ή απορρίφθηκαν και οπότε δεν υπάρχει κάποιο τέτοιο cookie, ο A θα ρωτήσει τους συνεργάτες του εάν έχουν αυτοί cookies για τον B και οι συνεργάτες θα συνεχίσουν να διαδίδουν το αίτημα στο δίκτυο μέχρις ότου να καθιερωθεί ένα μονοπάτι μεταξύ του A και του B. Σαν απάντηση στο αίτημά του, ο κόμβος ο A θα συλλέξει τα cookies που τον συνδέουν με τον B και επομένως, θα έχει τον γράφο της δομής του κοινωνικού δικτύου, τον επονομαζόμενο γράφο εμπιστοσύνης (Εικόνα 4.3. Ο γράφος εμπιστοσύνης του NICE. Τα βάρη στις ακμές εκφράζουν τον βαθμό εμπιστοσύνης της πηγής προς τον προορισμό).

Ο αλγόριθμος εξαγωγής συμπεράσματος εμπιστοσύνης μπορεί να εκφραστεί χρησιμοποιώντας αυτήν την κατευθυνόμενη γραφική παράσταση. Σε ένα τέτοιο γράφο εμπιστοσύνης, κάθε κόμβος του αντιστοιχεί σε έναν κόμβο εντός του συστήματος. Μια κατευθυνόμενη ακμή από τον κόμβο A στον κόμβο B υπάρχει εάν και μόνο εάν ο B διαθέτει ένα cookie υπογεγραμμένο από τον A που υπονοεί ότι τουλάχιστον μια συναλλαγή πραγματοποιήθηκε μεταξύ τους μεταξύ τους. Η

αξία αυτής της ακμής δηλώνει τον βαθμό της εμπιστοσύνης που ο A έχει στο B και εξαρτάται από σύνολο των cookies του A που κατέχει ο B. Εάν, εντούτοις, ο A και ο B δεν αλληλεπίδρασαν ποτέ σε μια συναλλαγή και ο A θέλει να υπολογίσει την εμπιστοσύνη του στον B, μπορεί να συμπεράνει μια αξία εμπιστοσύνης για τον B με τη χρησιμοποίηση κατευθυνόμενων μονοπατιών που καταλήγουν στον B. Σε τέτοιες γραφικές δομές τα μονοπάτια από τον A στον B αξιολογούνται είτε επιλέγοντας την ελάχιστη τιμή εμπιστοσύνης στο μονοπάτι, είτε πολλαπλασιάζοντας τις τιμές εμπιστοσύνης. Συνεπώς το δυνατότερο μονοπάτι μπορεί να επιλεγεί.



Εικόνα 4.3. Ο γράφος εμπιστοσύνης του NICE. Τα βάρη στις ακμές εκφράζουν τον βαθμό εμπιστοσύνης της πηγής προς τον προορισμό

Σε άλλα μοντέλα εμπιστοσύνης, είναι ευθύνη του ιδιοκτήτη των πόρων, ας πούμε του B ελέγξει την εμπιστοσύνη του αιτούντα κόμβου, ας πούμε του A, είτε χρησιμοποιώντας το ιστορικό των δικών του εμπειριών με τον A είτε με την έναρξη μιας αναζήτησης για αναφορές σχετικές με τον A μέσω των κόμβων που εμπιστεύεται. Αυτό υπόκειται εντούτοις σε μια πιθανή επίθεση άρνησης εξυπηρέτησης (denial of service attack) από έναν κακόβουλο κόμβο, ο οποίος μπορεί συνεχώς να ζητάει από τους άλλους κόμβους να ελέγχουν την ταυτότητά του. Ο αλγόριθμος εξαγωγής συμπεράσματος εμπιστοσύνης το αποτρέπει αυτό με την τοποθέτηση της ευθύνης για την απόκτηση των απαραίτητων πιστοποιητικών επάνω στον A, τον αιτούντα κόμβο δηλαδή. Επομένως, ο A πρέπει να ψάξει για cookies υπογεγραμμένα από τον B και να τα εκθέσει σε αυτόν εάν θέλει να χρησιμοποιήσει τους πόρους του B. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα είναι ότι αφού κάθε κόμβος αποθηκεύει μόνο τα cookies που ρητά τον ωφελούν, οι κόμβοι έχουν

σημαντικό κίνητρο για να αποθηκεύουν τα cookies, τα οποία ουσιαστικά αποτελούν τις πληροφορίες εμπιστοσύνης του συστήματος. Αυτό το είδος κινήτρου λείπει από άλλα μοντέλα εμπιστοσύνης. Εντούτοις, ένα έμφυτο μειονέκτημα στην ευχέρεια των κόμβων να αποθηκεύουν τιμές εμπιστοσύνης για τους εαυτούς τους, είναι ότι μπορεί να τείνουν να απορρίψουν τα cookies που υποβαθμίζουν την υπόληψη τους. Όπως αναφέρθηκε ήδη, προκειμένου να αντιμετωπιστεί αυτό, το NICE επιτρέπει στους κόμβους να αποθηκεύουν οι ίδιοι τα αρνητικά cookies που εκδίδουν για έναν άλλο κόμβο.

Η αποθήκευση των αρνητικών cookies επιτρέπει στις πληροφορίες που αφορούν κακόβουλους κόμβους να διαδίδονται σε άλλους κόμβους στο σύστημα. Αυτό καθιστά τους κόμβους ενήμερους για την ύπαρξη ανέντιμων κόμβων. Όταν ένας κόμβος A αρχίζει μια αναζήτηση αρνητικών cookies για έναν συγκεκριμένο κόμβο B, στηρίζεται μόνο στα αρνητικά cookies που παραλαμβάνει από τους αξιόπιστους κόμβους. Κατά συνέπεια ακόμα κι αν ένας κακόβουλος κόμβος επρόκειτο να δηλώσει ψευδώς την εμπιστοσύνη του στο κόμβο B, ο συνδυασμός των απόψεων άλλων κόμβων θα βοηθήσουν τον A να αποφύγει τη διαστρέβλωση. Δεν υπάρχει καμία καθορισμένη με σαφήνεια λύση στο πρόβλημα της προσθήκης νεοεισερχόμενων. Δεν υπάρχουν καθόλου cookies κατά την έναρξη του συστήματος και οι κόμβοι ενισχύουν τη φήμη τους μόνο με τη περάτωση επιτυχών συναλλαγών.

Μια από τις κύριες συνεισφορές της προσέγγισης του NICE είναι η δυνατότητα των καλών κόμβων να διαμορφώνουν ομάδες και να απομονώνουν τους κακόβουλους κόμβους. Για να διαμορφώσουν τέτοιες ομάδες αποτελεσματικά, οι κόμβοι διατηρούν έναν κατάλογο ενδεχομένως προτιμητέων αξιόπιστων κόμβων που κατασκευάζεται βασισμένος στις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις και παρατηρήσεις. Αυτή η δυνατότητα να διαμορφωθούν οι γερές συνεταιριστικές ομάδες, μαζί με το κίνητρο για τη αποθήκευση cookies, βελτιώνει την αξιοπιστία του συστήματος. Το NICE υιοθετεί τη χρήση και των θετικών και των αρνητικών cookies για να επιτύχει ένα πιο γερό και στέρεο σχήμα υπόληψης. Λειτουργεί με καθαρά αποκεντρωμένη λογική και κάθε κόμβος αποθηκεύει και ελέγχει πλήρως τα δεδομένα που τον ωφελούν. Επομένως το κόστος αποθήκευσης ακόμη και στη

χειρότερη περίπτωση είναι περιορισμένο από τον αριθμό των αλληλεπιδράσεων με άλλους κόμβους. Περαιτέρω, για να βελτιώσει την αποδοτικότητα του μηχανισμού αναζήτησης cookies και να περιορίσει τις δαπάνες του εύρους ζώνης, το NICE υιοθετεί έναν πιθανολογικό βασισμένο στο πλημμύρισμα μηχανισμό αναζήτησης. Αυτοί οι παράγοντες μαζί βελτιώνουν την κλιμάκωση του συστήματος. Το τελευταίο αποδεικνύεται και από πειράματα που εκτέλεσαν οι συγγραφείς με διάφορες διαμορφώσεις του συστήματος (Silaghi, Arenas και Silva, 2007). Αφήνοντας κάθε χρήστη να αποθηκεύει το μέγιστο 40 cookies και ορίζοντας τον αριθμό των κόμβων που λαμβάνουν το ίδιο μήνυμα μιας επερώτησης για κάποιο cookie σε 5, έδειξαν ότι η επερώτηση το πολύ-πολύ 3 κόμβων σε βάθος είναι αρκετή για να ληφθεί μια καλή αντιπροσώπευση για το κοινωνικό δίκτυο.

Κάθε cookie που περιέχει πληροφορίες εμπιστοσύνης για τον αιτούντα υπογράφεται από τον ιδιοκτήτη και επικυρώνεται από τον ιδιοκτήτη με την παραλαβή. Προσδιοριστικά και δημόσια κλειδιά χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν τα πιστοποιητικά του αιτούντος αλλά δεν υπάρχει καμία παροχή να προστατευθεί η ανωνυμία των κόμβων. Δεδομένου ότι οι κόμβοι στο NICE είναι υπεύθυνοι για την αποθήκευση των cookies υπόληψης τους οι ίδιοι, η είσοδος και η αναχώρησή τους από το δίκτυο δεν έχουν σημαντικές επιπτώσεις σε άλλους κόμβους. Ενώ αυτό υποστηρίζει τη βελτιωμένη ανοχή στα σφάλματα, υπάρχουν δύο εξαιρέσεις. Η πρώτη είναι όταν πρόσθετες αναφορές που απαιτούνται είναι μη διαθέσιμες λόγω απουσίας των κόμβων. Η δεύτερη είναι όταν ένας κόμβος που αποθηκεύει ένα αρνητικό cookie φεύγει από το σύστημα ενθαρρύνοντας έτσι τον ενδιαφερόμενο κακόβουλο κόμβο να συνεχίσει τις δραστηριότητές του.

4.2.2.7. X-Rep Reputation Protocol

Η προσέγγιση του μοντέλου XREP (Damiani et al., 2002) εστιάζει πρώτιστα στις P2P εφαρμογές διανομής αρχείων. Εκτός από τη μοντελοποίηση των υπολήψεων των κόμβων στο σύστημα, κάθε κόμβος αξιολογεί επίσης τους πόρους που προσεγγίζονται από άλλους κόμβους. Δεύτερον, ένας κατανεμημένος αλγόριθμος ψηφοφορίας χρησιμοποιείται για να επιτρέψει σε αυτές τις τιμές υπόληψης να

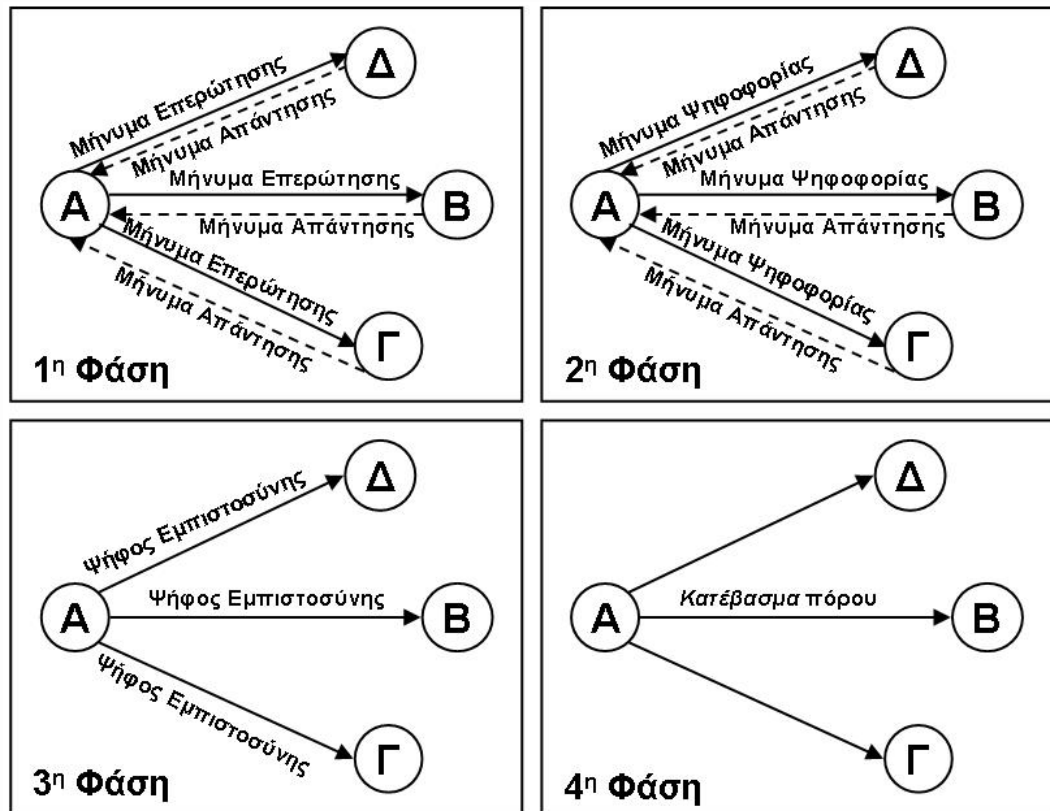
μοιραστούν μεταξύ των κόμβων, έτσι ώστε ένας κόμβος που ζητά έναν πόρο να μπορεί να αξιολογήσει την αξιοπιστία του πόρου που προσφέρεται από έναν κόμβο πριν χρησιμοποιεί αυτόν τον πόρο. Μια παρόμοια προσέγγιση έχει ακολουθηθεί επίσης στο μοντέλο εμπιστοσύνης Poblano (Chen και Yeager), (βλέπε ενότητα 4.2.2.8).

Κάθε κόμβος στην εφαρμογή καλείται *servent* δεδομένου ότι διαδραματίζει το ρόλο τόσο του εξυπηρετητή (*server*) όσο και του πελάτη (*client*) με την παροχή και την πρόσβαση πόρων αντίστοιχα. Κάθε ένας *servent* διατηρεί πληροφορίες της εμπειρίας του για τους πόρους και άλλους τους κόμβους, τις οποίες μπορεί να διαθέσει σε άλλους *servents* κατόπιν αιτήσεως. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε δύο *αποθήκες*: μια αποθήκη των πόρων που συνδέει μια μοναδική ταυτότητα πόρων με μια δυαδική αξία υπόληψης, και μια *servent* αποθήκη που συνδέει κάθε μοναδική *servent* ταυτότητα με τον αριθμό επιτυχών και ανεπιτυχών μεταφορτώσεων.

Το XREP είναι ένα κατανεμημένο πρωτόκολλο που επιτρέπει σε αυτές τις τιμές υπόληψης να διατηρούνται και να μοιράζονται μεταξύ των *servents*. Αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις: αναζήτηση πόρων, επιλογή πόρων και ανάρτηση ψηφοφορίας, αξιολόγηση ψηφοφορίας, έλεγχος καλύτερου *servent*, και μεταφορά (*download*) πόρων όπως διευκρινίζεται στην Εικόνα 4.4. Κατά την αναζήτηση πόρων ο *servent* αναμεταδίδει σε όλους τους γείτονές του το *Μήνυμα Ερώτησης* που περιέχει τις λέξεις κλειδιά της αναζήτησης. Όταν ένας *servent* λαμβάνει ένα *Μήνυμα Επερώτησης*, αποκρίνεται με ένα *Μήνυμα Απάντησης*. Στην επόμενη φάση όταν λάβει τα *Μηνύματα Απάντησης*, ο δημιουργός της επερώτησης επιλέγει τον καλύτερα ταιριάζουν πόρο μεταξύ όλων των πιθανών προσφερθέντων πόρων. Σε αυτό το σημείο, ο δημιουργός ξαναρωτάει άλλους κόμβους χρησιμοποιώντας ένα *Μήνυμα Ψηφοφορίας* για να ερευνήσει την άποψή τους για τον πόρο ή για τον *servent* που προσφέρει τον πόρο. Με τη λήψη ενός *μηνύματος ψηφοφορίας*, κάθε κόμβος μπορεί να αποκριθεί με τις απόψεις του για τον πόρο και τον *servent* που τον προσφέρει με τη χρησιμοποίηση ενός *Μηνύματος Απάντησης Ψηφοφορίας*. Με τη βοήθεια αυτών των μηνυμάτων ένας κόμβος προσδιορίζει τους

αξιόπιστους πόρους από τους αναξιόπιστους, και τους έντιμους servents από τους ανέντιμους.

Στην τρίτη φάση, ο δημιουργός συλλέγει ένα σύνολο ψήφων για τους ερωτημένους πόρους και τους αντίστοιχους servents. Κατόπιν αρχίζει μια λεπτομερή διαδικασία ελέγχου που περιλαμβάνει την επαλήθευση της αυθεντικότητας των μηνυμάτων *Απάντησης Ψηφοφορίας*, για να αντιμετωπιστεί η επίδραση μιας ομάδας κακόβουλων κόμβων που ενεργούν συνεργατικά. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας ελέγχου, βασισμένος στις λαμβανόμενες ψηφοφορίες εμπιστοσύνης ο κόμβος μπορεί να αποφασίσει εάν θα κατεβάσει τον συγκεκριμένο πόρο. Εντούτοις, από τη στιγμή που πολλαπλοί servents μπορούν να προσφέρουν τον ίδιο πόρο, ο κόμβος πρέπει ακόμα να επιλέξει το τον πιο αξιόπιστο servent. Αυτό γίνεται στην τέταρτη φάση όπου ο κόμβος έρχεται σε επαφή με τον servent με την καλύτερη φήμη με για να ελέγξει το γεγονός ότι αυτός ο servent όντως διαθέτει τον συγκεκριμένο πόρο. Με τη λήψη θετικής απάντησης από τον servent, ο δημιουργός έρχεται σε πλήρη επικοινωνία με τον τελικά επιλεγμένο servent και ζητά τον πόρο. Ενημερώνει επίσης τις αποθήκες του σχετικά με την άποψή με τον μεταφερθέντα πόρο και τον servent που τον πρόσφερε.



Εικόνα 4.4. Οι φάσεις του XREP

Κάθε αποκεντρωμένος κόμβος έχει τον τοπικό έλεγχο των πληροφοριών εμπιστοσύνης του. Το κόστος αποθήκευσης είναι οφειλόμενο στην εμπειρία του servernt και το μέγεθος των αποθηκών που διατηρούνται από κάθε κόμβο περιορίζεται από τις άμεσες αλληλεπιδράσεις του κόμβου. Από την άλλη, οι υψηλές δαπάνες εύρους ζώνης του μοντέλου διαχείρισης εμπιστοσύνης XREP αποτελούν το κύριο μειονέκτημα του. Αυτό οφείλεται σε δύο κύριους λόγους. Ο πρώτος είναι ότι οι ερωτήσεις ψηφοφορίας αναμεταδίδονται σε όλο το δίκτυο κάθε φορά που πρέπει να ανακαλύψει ένας κόμβος την υπόληψη ενός πόρου ή ενός servernt, το οποίο με τη σειρά του έχει επιπτώσεις στην εξελξιμότητα και κλιμάκωση του μοντέλου εμπιστοσύνης επειδή μια αύξηση στον αριθμό κόμβων στο σύστημα μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε εκθετική αύξηση στον αριθμό των ερωτήσεων και απαντήσεων ψηφοφορίας ρωτά οδηγώντας σε πιθανή συμφόρηση του δικτύου. Ο δεύτερος λόγος είναι η χρήση των *Μηνυμάτων Εμπιστοσύνης Ψήφου*. Δεν υπάρχει επίσης καμία παροχή για να προστατευθεί η ανωνυμία των κόμβων στο σύστημα. Επιπλέον απουσιάζει ένας μηχανισμός που να αξιολογεί τη δυνατότητα των κόμβων στην παροχή συστάσεων. Ο περιορισμός

κατά συνέπεια της διαστρέβλωσης περιορίζεται στη χρησιμοποίηση των απόψεων από πολλαπλούς κόμβους. Το XREP υποθέτει ότι οι πόροι μεταφέρονται από πολλαπλούς κόμβους και ως εκ τούτου ένας σημαντικός αριθμός έγκυρων τιμών υπόληψης υφίσταται. Κατά συνέπεια, η αναχώρηση των κόμβων από το σύστημα δεν έχει κάποιον δυσμενή αντίκτυπο. Εντούτοις, αυτή η υπόθεση αποτυγχάνει εάν οι καλοί κόμβοι επρόκειτο να φύγουν από το σύστημα και οι συνεργώντας κόμβοι να τροποποιήσουν τις τιμές υπόληψης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, κατάλληλα μέτρα απαιτούνται για να εξασφαλίσουν τη διαθεσιμότητα δεδομένων υπόληψης κρίσιμων και αναγκαίων για να αντιμετωπιστούν αυτές οι απειλές. Η απουσία τέτοιων μέτρων μειώνει την δυνατότητα ανοχής σφαλμάτων του XREP. Οι νέοι κόμβοι που μπαίνουν στο σύστημα μπορούν να κατεβάσουν τους πόρους με υψηλή υπόληψη και στη συνέχεια να τους προσφέρουν για να αυξήσουν τη φήμη τους

4.2.2.8. Poblano

Το Poblano (Chen και Yeager, 2000) αποτελεί μια προσπάθεια των Chen και Yeager της εταιρείας Sun Microsystems να δημιουργήσουν ένα αποκεντρωμένο μοντέλο εμπιστοσύνης βασισμένο στην πλατφόρμα JXTA. Το έργο JXTA ασχολείται με το σχεδιασμό και την υλοποίηση ελεύθερου λογισμικού που θα επέτρεπε την εύκολη δημιουργία, χρήση και συντήρηση P2P δικτύων. Το Poblano είναι βασισμένο στην υπόθεση ότι κάθε άτομο έχει την δική του άποψη σχετικά με την αξιοπιστία ενός άλλου ατόμου. Θεωρείται ότι αυτές οι απόψεις μπορούν να συλλεχθούν, να ανταλλαχθούν και να αξιολογηθούν. Οι αρχικοί τομείς εφαρμογής για αυτό το καταναμημένο μοντέλο εμπιστοσύνης ήταν 1) σύστημα αναζήτησης καθοδηγούμενο από την υπόληψη, και 2) ένα σύστημα συστάσεων για λόγους ασφάλειας. Ο ευρύτερος στόχος αυτού του προγράμματος είναι να επιτραπεί σε αυτό το μοντέλο να προσαρμόζεται έτσι ώστε να δουλεύει σε οποιοδήποτε σενάριο όπου χρησιμοποιούνται καταναμημένες σχέσεις εμπιστοσύνης. Το μοντέλο περιγράφει σχέσεις εμπιστοσύνης μεταξύ των κόμβων και επίσης μεταξύ των κόμβων και του κώδικα με τα δεδομένα, ένα πρωτόκολλο που επιτρέπει τη διάδοση της εμπιστοσύνης και των αλγορίθμων για την

ενημέρωση της εμπιστοσύνης. Κάθε κόμβος έχει πληροφορίες διαθέσιμες σχετικά την εμπιστοσύνη του, περιλαμβανομένων και πληροφοριών κινδύνου. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες, το μοντέλο περιγράφει τους τύπους και τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για να υπολογίσει τις τιμές εμπιστοσύνης και να διαδώσει τις πληροφορίες εμπιστοσύνης.

Το πρώτο πρόβλημα με το μοντέλο εμπιστοσύνης Poblano είναι ότι οι εξισώσεις για τον υπολογισμό/ενημέρωση της εμπιστοσύνης είναι απλές και αυθαίρετες. Κατά συνέπεια, η ακρίβεια και η γενικότερη δυνατότητα εφαρμογής αυτού του τύπου είναι αμφισβητήσιμες. Το δεύτερο πρόβλημα με το μοντέλο έγκειται στο ότι φαίνεται να είναι συγκεκριμένα σχεδιασμένο για την επίλυση του προβλήματος της αναζήτησης σε καταναμημένα δίκτυα και της επικύρωσης των αποτελεσμάτων και των πηγών αναζήτησης. Τέλος, το πλαίσιο του Poblano εμφανίζεται να μην έχει καμία δυνατότητα για τον προσδιορισμό των περιορισμών. Αυτό θέτει σοβαρά όρια στην δυνατότητα χρησιμοποίησής του. Σαν αποτέλεσμα, το Poblano δεν μπορεί να προσαρμοστεί εύκολα για να δούλεψει σε περιοχές εφαρμογών που είναι ανόμοιες με αυτήν. Το τρίτο πρόβλημα είναι ότι μπορεί να υποφέρει από τα ίδια βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν και τα πιστοποιητικά δημόσιου κλειδιού

4.2.3. ΣΔΕ Βασισμένα σε Μοντέλα Πεποίθησης

Αυτή η κατηγοριοποίηση απορρέει από τον μηχανισμό που χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η υπόληψη στο σύστημα (βλέπε ενότητα 3.5.4 Μοντέλα Πεποίθησης). Τέτοιου είδους μοντέλα κρατούν έγκυρες τις βασικές υποθέσεις των δικτύων συστάσεων. Αναθεωρούν και αναπροσαρμόζουν τα ανωτέρω περιγεγραμμένα πρότυπα με την εισαγωγή μιας περιπλοκότερης τεχνικής για τον υπολογισμό της αξίας εμπιστοσύνης. Η κύρια αφετηρία είναι ότι η εμπιστοσύνη είναι μια ανθρώπινη πεποίθηση που περιλαμβάνει ένα υποκείμενο και ένα αντικείμενο και ότι η εμπιστοσύνη σε ένα σύστημα είναι μια υποκειμενική μέτρηση. Λόγω της ατελούς γνώσης για την πραγματικότητα, κάποιος μπορεί να έχει μόνο μια άποψη σχετικά με την εμπιστοσύνη του σε ένα αντικείμενο και αυτή η άποψη θα μπορούσε να είναι μια πεποίθηση, μια δυσπιστία και μια

αβεβαιότητα (Jøsang και Knapskog, 1998). Οι ρίζες αυτής της προσέγγισης είναι στη θεωρία των στοιχείων των Dempster-Shafer. Επιπροσθέτως, αυτή η προσέγγιση είναι σύμφωνη με τη θεωρία του (Marsh, 1994), επιτρέποντας την ύπαρξη δύο κατώτατων ορίων για την έκφραση πεποιθήσεων εμπιστοσύνης και μη-εμπιστοσύνης. Οι τιμές εμπιστοσύνης είναι συνεχείς σε αυτήν την περίπτωση και το πρότυπο αποθήκευσης μπορεί να είναι κατανομημένο στα επίπεδα των κόμβων του συστήματος.

4.2.3.1. Υποκειμενική Λογική του Jøsang

Η υποκειμενική λογική του Jøsang (Jøsang, 2001; Jøsang και Knapskog, 1998) είναι τριμερής, μια άποψη θα μπορούσε να έχει 3 βαθμούς τιμών: πεποίθηση (b), δυσπιστία (d) και αβεβαιότητα (u), όπου $b, d, u \in [0, 1]$ και $b + d + u = 1$. Η αξιολόγηση των b, d, u από την προηγούμενη εμπειρία του πράκτορα με το αντικείμενο της εμπιστοσύνης (το οποίο μπορεί να είναι ένας άλλος πράκτορας ή ένας πόρος) μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την beta συνάρτηση κατανομής πυκνότητας πιθανότητας (beta PDF), η οποία ισχύει σε ένα διάστημα όπου κάθε γεγονός δύναται να είναι επιτυχές ή ανεπιτυχές. Μια πιο λεπτομερής ανάλυση του τρόπου υπολογισμού της τιμής υπόληψης σε αυτό το μοντέλο, μαζί με ένα αντίστοιχο παράδειγμα δίνεται στην ενότητα 3.5.4 Μοντέλα Πεποίθησης.

Η υποκειμενική λογική Jøsang εισάγει τους ακόλουθους τελεστές, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν στο εσωτερικό επίπεδο του πράκτορα προκειμένου να παραχθεί το εσωτερικό μοντέλο εμπιστοσύνης του πράκτορα.

- ο *τελεστής συνένωσης* (conjunction operator) προκειμένου να προκύψει ένα συμπέρασμα για μια πρόταση, για την οποία υπάρχουν δυο απόψεις
- ο *τελεστής συναίνεσης* (consensus operator) μεταξύ των ανεξάρτητων και εξαρτώμενων απόψεων
- ο *τελεστής σύστασης* (recommendation operator), που επιτρέπει στον πράκτορα να συμπεριλάβει στην αλυσίδα συμπεράσματος τις συστάσεις που λαμβάνονται από μια παραπομπή.

Η κύρια συμβολή της υποκειμενικής λογικής του Josang είναι μια σαφής αντιπροσώπευση της λογικής που κάθε κόμβος στο δίκτυο πρέπει να κατέχει προκειμένου να διαχειριστεί την εμπειρία και τις λαμβανόμενες παραπομπές. Στο (Josang, 1999) ο συγγραφέας παρουσιάζει τη συμβατότητα μεταξύ της υποκειμενικής λογικής και του συστήματος αυθεντικοποίησης του PGP, επιδεικνύοντας τη χρήση των τιμών εμπιστοσύνης δικτυακά περιβάλλοντα με πλέγματα. Οι (Wishart et al., 2005) εφάρμοσαν αυτόν τον μηχανισμό υπόληψης για την βελτίωση της αναζήτησης υπηρεσιών σε ένα P2P περιβάλλον, συνδυάζοντας τον υπολογισμό της υπόληψης με τη κατανεμημένη δομή δρομολόγησης πίνακα κατακερματισμού. Σε αυτήν την προσέγγιση, οι συστάσεις δεν χρησιμοποιούνται, και η οικοδόμηση της υπόληψης βασίζεται μόνο στην εμπειρία και τη λαμβανόμενη ανατροφοδότηση.

4.2.3.2. Yu και Singh

Το μοντέλο των (Yu και Singh, 2002) θα μπορούσε να είναι πιο εκφραστικό από ότι του Josang δεδομένου ότι επιτρέπουν τις συνεχείς τιμές προκειμένου να αξιολογήσουν την έκβαση μιας συναλλαγής. Συμφωνά με την προσέγγιση του (Marsh, 1994 35 από 14), οι Yu και Singh εξετάζουν δύο κατώτατα όρια (χαμηλό και υψηλό) για την αξιολόγηση της πίστης ή της δυσπιστίας σε μια σχέση εμπιστοσύνης. Στο πρότυπό τους, χρησιμοποιούν άμεσα τον κανόνα συνδυασμού του Dempster προκειμένου να αθροιστούν 2 συναρτήσεις πεποίθησης που στηρίζονται στα διαφορετικά στοιχεία⁵². Αυτός ο τελεστής έχει την ίδια έννοια με τον τελεστή συνένωσης στο μοντέλο του Josang (ενότητα 4.2.3.1).

Εξετάζοντας την προηγούμενη προσέγγιση τους (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) που βασίζεται στα δίκτυα συστάσεων και παρουσιάζεται παρακάτω στην ενότητα 4.3.1.2, και βασιζόμενοι μόνο στον τελεστή του κανόνα συνδυασμού του Dempster⁵³ προσαρμοσμένου σε αυτό το περιβάλλον, περιγράφουν πλήρως ένα

⁵² Όπως προαναφέρθηκε και στην ενότητα 3.5.4 Μοντέλα Πεποίθησης, όπου δίνεται μια πιο αναλυτική και μαθηματική περιγραφή του τρόπου υπολογισμού της υπόληψης που χρησιμοποιείται στο μοντέλο των Yu και Singh.

⁵³ Ο κανόνας του Dempster αποτελεί τον κλασσικό τελεστή για τον συνδυασμό δεδομένων από διαφορετικές πηγές.

μοντέλο τοπικών αποφάσεων πρακτόρων για την επιλογή ενός συνεργάτη συναλλαγής. Με σκοπό να κρατηθεί ο γράφος συστάσεων περιορισμένος (επειδή όσο μεγαλύτερη είναι η αλυσίδα συστάσεων, τόσο λιγότερη υπόληψη έχουν οι ληφθείσες πληροφορίες), εισήγαγαν ένα όριο στο βάθος του γράφου συστάσεων.

Επέκτειναν τα προηγούμενα πειράματά τους, που είχαν διενεργηθεί κατά την εξέταση του προηγούμενου μοντέλου τους (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) το οποίο περιγράφεται κατωτέρω στην ενότητα 4.3.1.2, σε έναν μεγαλύτερο αριθμό πρακτόρων (100 έως 500), διατηρώντας το ίδιο διανυσματοειδές διάστημα πληροφοριών για την πραγματογνωμοσύνη και τον ίδιο μέσο αριθμό γειτόνων. Εισήγαγαν μια νέα παράμετρο στα πειράματα: τον παράγοντα συνεργατικότητας: ένας πράκτορας, αφού επιλεγεί, μπορεί να δεχτεί να εκτελέσει μια συναλλαγή με έναν ορισμένο βαθμό *προθυμίας*. Υπολογίζοντας τη συνολική υπόληψη των πρακτόρων στα πειράματα, έφθασαν στο συμπέρασμα ότι η συνολική υπόληψη σταθεροποιείται σε μια αξία ισορροπίας. Εξομοίωσαν επίσης τη συμπεριφορά ενός μόνο πράκτορα που στην αρχή ήταν πολύ συνεργατικός κερδίζοντας έτσι μια πολύ καλή αξία υπόληψης. Μετά από αυτό, εάν ο παράγοντας συνεργατικότητας του μειώθηκε για να ανταποκριθεί στην κατάχρηση της κατοχής μιας υψηλής υπόληψης, αποδείχθηκε ότι και η υπόληψή του μειώθηκε ταχύτατα.

4.2.4. Trust-Recommendation Model

Οι (Abdul-Rahman και Hailes, 1997) υποστηρίζουν μια προσέγγιση βασισμένη στο συνδυασμό ενός κατανεμημένου μοντέλου εμπιστοσύνης με ένα πρωτόκολλο συστάσεων. Η εστίαση της προσέγγισης είναι στους ακόλουθους τέσσερις στόχους: αποκέντρωση, γενίκευση εμπιστοσύνης, ρητή εμπιστοσύνη, και συστάσεις.

Η αποκέντρωση επιτρέπει σε κάθε κόμβο να πάρει την ευθύνη των πολιτικών εμπιστοσύνης του και αφαιρεί την ανάγκη να κοινοποιούνται εκείνες οι πολιτικές σε άλλους κόμβους. Κατά συνέπεια επιτρέπει σε κάθε κόμβο να διαχειριστεί μόνος του την εμπιστοσύνη του. Η γενίκευση εμπιστοσύνης αφορά τον προσδιορισμό ότι υπάρχουν διαφορετικές διαστάσεις στην εμπιστοσύνη, οι

αποκαλούμενες κατηγορίες εμπιστοσύνης, και η εμπιστοσύνη στους διάφορους κόμβους διαφέρει ανάλογα με αυτές τις διαστάσεις. Η εμπιστοσύνη πρέπει επίσης να φέρει σημασιολογική έννοια, έτσι ώστε οι τιμές εμπιστοσύνης να μπορούν να συγκριθούν. Τέλος, σε ένα μεγάλο αποκεντρωμένο σύστημα, μπορεί να είναι αδύνατον για έναν κόμβο να έχει γνώση για όλους τους άλλους κόμβους. Επομένως, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα που προκύπτει λόγω της αλληλεπίδρασης με άγνωστους κόμβους, ένας κόμβος πρέπει να στηριχθεί στις συστάσεις από τους γνωστούς κόμβους για αυτούς τους άγνωστους κόμβους.

Σε αυτό το μοντέλο, μια σχέση εμπιστοσύνης είναι πάντα μεταξύ ακριβώς δύο οντοτήτων, είναι μη συμμετρική, και υπό όρους μεταβατική. Η αμοιβαία εμπιστοσύνη αντιπροσωπεύεται ως δύο ευδιάκριτες σχέσεις εμπιστοσύνης. Δύο διαφορετικοί τύποι σχέσεων εμπιστοσύνης διακρίνονται. Όταν ένας κόμβος εμπιστεύεται έναν άλλο, αυτό αποτελεί μια άμεση σχέση εμπιστοσύνης. Αλλά εάν ένας κόμβος εμπιστεύεται έναν άλλο κόμβο για να παρέχει συστάσεις σχετικά με την εμπιστοσύνη ενός άλλου κόμβου, τότε εκεί υπάρχει μια σχέση εμπιστοσύνης συστάσεων μεταξύ των δύο. Οι σχέσεις εμπιστοσύνης υπάρχουν μόνο μέσα στη βάση δεδομένων κάθε κόμβου και ως εκ τούτου δεν υπάρχει κανένας γενικός συγκεντρωτικός χάρτης των σχέσεων εμπιστοσύνης. Σε αντιστοιχία με τους δύο τύπους σχέσεων εμπιστοσύνης, δύο τύποι δομών δεδομένων διατηρούνται από κάθε κόμβο - ένας για τις άμεσες σχέσεις εμπιστοσύνης και ένας για τις σχέσεις εμπιστοσύνης συστάσεων. Η εμπιστοσύνη συστάσεων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης μόνο όταν δεν υπάρχει καμία άμεση εμπειρία εμπιστοσύνης με έναν συγκεκριμένο κόμβο⁵⁴.

Οι κατηγορίες εμπιστοσύνης χρησιμοποιούνται από τους κόμβους για να ταξινομήσουν την εμπιστοσύνη προς τους άλλους κόμβους ανάλογα με ποια πτυχή εκείνης της οντότητας είναι υπό εξέταση. Παραδείγματος χάριν, ένας κόμβος μπορεί να εμπιστευθεί έναν άλλο κόμβο σε ένα ορισμένο ζήτημα αλλά δεν μπορεί να τον εμπιστευθεί σε ένα άλλο πλαίσιο. Ομοίως, από τη στιγμή που ένας κόμβος μπορεί να εμπιστευθεί έναν συγκεκριμένο κόμβο περισσότερο από

⁵⁴ Για αυτό το λόγο αυτό το ΣΔΕ τοποθετείται σε αυτά που βασίζονται στην υπόληψη και όχι σε αυτά που βασίζονται σε δίκτυα συστάσεων.

ότι άλλους κόμβους, συγκρίσιμες τιμές εμπιστοσύνης χρειάζονται. Η υπόληψη ορίζεται ως ο συνδυασμός του ονόματος ενός κόμβου, της κατηγορίας εμπιστοσύνης και της συγκεκριμένης αξίας εμπιστοσύνης. Μια σύσταση ορίζεται ως πληροφορία εμπιστοσύνης προς επικοινωνία που περιέχει πληροφορίες υπόληψης .

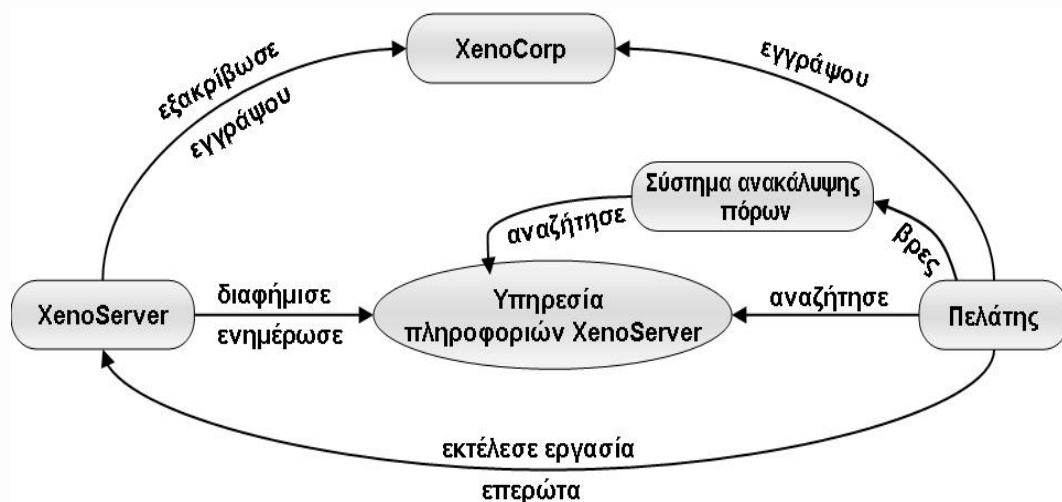
Αυτή η προσέγγιση υποθέτει την αποκεντρωμένη φύση των οντοτήτων ως αναπόσπαστο τμήμα του μοντέλου εμπιστοσύνης της. Κάθε κόμβος αποθηκεύει τις δικές του τιμές εμπιστοσύνης του και έχει αυτονομία πάνω στις δικές του πολιτικές. Κάθε κόμβος χρησιμοποιεί επίσης βασισμένη σε κλειδιά κρυπτογράφηση των μηνυμάτων έτσι ώστε οι πληροφορίες συστάσεων να μην λαμβάνονται εύκολα από τους κακόβουλους κόμβους. Εντούτοις, δεν υπάρχει καμία παροχή να προστατευθεί η ταυτότητα των κόμβων. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος εμπιστοσύνης που υιοθετείται κάνει διάφορες υποθέσεις που ανταλλάσσουν την ακρίβεια με την απλότητα. Αυτό μειώνει την αξιοπιστία του μοντέλου εμπιστοσύνης. Η κυκλοφορία στο δίκτυο προκαλείται πρώτιστα λόγω των αιτημάτων και των απαντήσεων για συστάσεις. Τα αιτήματα στέλνονται μόνο σε εμπιστευμένους κόμβους, και έτσι οι δαπάνες εύρους ζώνης είναι περιορισμένες. Παρόλο που αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί ουσιαστικά θετική υπόληψη, παρέχει επίσης τη ρητή ανάκληση της υπόληψης για να αντιμετωπιστούν οι ψευδείς ενέργειες των κακόβουλων κόμβων. Επιπλέον, η αντίσταση στις επιθέσεις διαστρέβλωσης και συνέργιας περιορίζεται στη μείωση της εμπιστοσύνης συστάσεων των ενδιαφερόμενων κόμβων.

Κάθε κόμβος αξιολογεί τις συστάσεις και υπολογίζει τις υπολήψεις χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις δομές δεδομένων της άμεσης εμπιστοσύνης του και της εμπιστοσύνης συστάσεων του. Μόλις έχει ένας κόμβος αποκτήσει άμεσες τιμές εμπιστοσύνης για έναν ορισμένο κόμβο, δεν αξιολογεί τις συστάσεις για εκείνο τον κόμβο. Το κόστος αποθήκευσης καθορίζεται από το μέγεθος της άμεσης εμπιστοσύνης και των τιμών εμπιστοσύνης από τις συστάσεις, και είναι άμεσα εξαρτώμενο από την συμπεριφορά αλληλεπίδρασης του κόμβου. Υποθέτοντας ότι μια αύξηση στο μέγεθος του συστήματος έχει σαν αποτέλεσμα ότι κάθε κόμβος πλέον θα αλληλεπιδρά με μεγαλύτερο αριθμό κόμβων, οι

δαπάνες αποθήκευσης σε κάθε κόμβο τείνουν επίσης να αυξηθούν, επιδρώντας ενδεχομένως στην εξελξιμότητα και κλιμάκωση του συστήματος. Περαιτέρω, δεν υπάρχουν μηχανισμοί για να εξασφαλίσουν τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών σύστασης σε περίπτωση που ένας συστήνουν κόμβος αποσυνδέεται ή αφήνει το σύστημα απότομα. Η κατοχή συστάσεων για κάθε κόμβο από πολλούς διαφορετικούς κόμβους το αντισταθμίζει αυτό, αλλά αυτό ούτε ενθαρρύνεται ούτε επιβάλλεται από το μοντέλο εμπιστοσύνης και έτσι η δυνατότητα ανοχής στα σφάλματα επηρεάζεται αρνητικά. Οι νέοι κόμβοι που εισέρχονται στο σύστημα είναι εξοπλισμένοι με έναν αρχικό κατάλογο εμπιστευμένων κόμβων με τους οποίους μπορούν να αλληλεπιδράσουν και σιγά σιγά να ενισχύσουν τη φήμη τους μέσω καλών αλληλεπιδράσεων.

4.2.5. XenoTrust

Το XenoTrust (Dragovic et al., 2003B) είναι μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική διαχείρισης εμπιστοσύνης και υπόληψης που χρησιμοποιείται στην ανοικτή πλατφόρμα XenoServer (Dragovic et al, 2003A) η όποια είναι μια δημόσια υποδομή για ευρείας περιοχής υπολογισμό. Όπως διευκρινίζεται στην Εικόνα 4.5 η *Ανοικτή Πλατφόρμα XenoServer* αποτελείται από τρεις κύριες οντότητες: XenoServer, XenoCorp, και υπηρεσία πληροφοριών XenoServer. Οι XenoServers παρέχουν υπηρεσίες στους πελάτες, η XenoCorp ενεργεί ως συγκεντρωτική αρχή πιστοποιητικών που εμπιστεύονται τόσο οι εξυπηρετητές όσο και οι πελάτες. Η υπηρεσία πληροφοριών XenoServer είναι αρμόδια για την διαβίβαση των αναπροσαρμογών και των ενημερώσεων στους εξυπηρετητές και χρησιμοποιεί μια δομή δεδομένων, αποκαλούμενη XenoStore, για να αποθηκεύονται προσωρινά τις ενημερώσεις. Δεδομένου ότι αυτή η πλατφόρμα είναι ανοικτή και δημόσια, ποικίλοι μηχανισμοί ασφάλειας και εμπιστοσύνης απαιτούνται. Ο σκοπός του XenoTrust είναι να διαμορφώσει, να διαχειριστεί και να διανείμει την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων (κόμβοι) στην Ανοικτή Πλατφόρμα XenoServer. Υπάρχουν δύο επίπεδα εμπιστοσύνης στο XenoTrust: εμπιστοσύνη αρχής και εμπιστοσύνη βασισμένη στην υπόληψη.



Εικόνα 4.5. Η δομή της ανοιχτής πλατφόρμας Xenoserver

Η εμπιστοσύνη αρχής βασίζεται στην επαλήθευση της ταυτότητας ενός κόμβου χρησιμοποιώντας τα πιστοποιητικά που εκδίδονται από τη Xenoserver. Πιο ενδιαφέρουσα είναι η βασισμένη στην υπόληψη εμπιστοσύνη που χτίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κόμβων βασιζόμενη σε μεμονωμένες εμπειρίες των ιδίων. Προκειμένου να διευκολύνει τους νεοφερμένους στο σύστημα που δεν έχουν καμία αρχική εμπειρία με άλλους συνεργάτες, ανταλλαγή των πληροφοριών υπόληψης μεταξύ των συνεργατών υποστηρίζεται. Αλλά αντί της αποθήκευσης των διανυσμάτων υπόληψης σε κάθε συμμετέχοντα και της χρησιμοποίησης μια καθαρής αυτούσιας P2P προσέγγισης για να διευκολύνει αυτήν την ανταλλαγή πληροφοριών, τα διανύσματα υπόληψης μετακινούνται και αποθηκεύονται στο ίδιο το Xenoserver. Κατά συνέπεια, όλες οι πληροφορίες συσσωρεύονται στο Xenoserver. Αυτές οι πληροφορίες ενημερώνονται όταν νέες πληροφορίες υπόληψης παραλαμβάνονται από τους κόμβους.

Η βασική αδυναμία του Xenoserver είναι ότι δεν είναι ένα καθαρό αποκεντρωμένο σύστημα. Αντί να καταναίμει τη πρόσβαση και των έλεγχου των δεδομένων εμπιστοσύνης ανάμεσα στους κόμβους, το Xenoserver δρα όπως ένας κεντρικός εξυπηρετητής εμπιστοσύνης που συσσωρεύει και αποθηκεύει όλα τα δεδομένα εμπιστοσύνης εκ μέρους των κόμβων. Σαν αποτέλεσμα το Xenoserver πάσχει από τις χαρακτηριστικές ανεπάρκειες, τυπικές για οποιοδήποτε συγκεντρωτικό σύστημα, συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας ενός μόνο ενιαίου σημείου αποτυχίας, γεγονός που μπορεί να έχει σφοδρές επιπτώσεις στην αξιοπιστία του.

Επίσης δεν δίνει στους κόμβους τη δυνατότητα να διατηρούν τη μυστικότητα των απόψεών τους σχετικά με τις υπολήψεις των άλλων κόμβων. Αν και η συγκεντρωτική αρχιτεκτονική του Xenotrust δεν είναι ανεκτική στα σφάλματα, η αναχώρηση των κόμβων από το Xenotrust δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις στο σύστημα επειδή κανένας κόμβος δεν αποθηκεύει οποιαδήποτε στοιχεία που μπορούν να χαθούν. Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν τις μειωμένες δαπάνες εύρους ζώνης λόγω της χρήσης μηχανισμού δημοσίευσης/συνδρομής (Carzaniga et al., 2001), ελάχιστες δαπάνες αποθήκευσης που αναλαμβάνονται από κάθε κόμβο, υπογραφή των πακέτων για να αποτραπεί η παραποίηση τους, και έναν πιο εξελικτικό και κλιμακούμενο μηχανισμό επικοινωνίας (δημοσίευσης/συνδρομής) από τα παραδοσιακά σχήματα ψηφοφορίας.

Το δεδομένα υπόληψης που αναφέρονται από τους κόμβους και που αποθηκεύεται στον εξυπηρετητή εμπιστοσύνης του Xenotrust χρησιμοποιούνται από την υπηρεσία για να αναγνωριστούν και να απομακρυνθούν οι κακόβουλοι κόμβοι. Αυτό επιτυγχάνεται με προσεκτική ανάλυση των δεδομένων υπόληψης που λαμβάνονται από πολλαπλούς κόμβους για προστασία από τη διαστρέβλωση. Ένα άλλο παράδειγμα διαστρέβλωσης συμβαίνει όταν η φήμη ενός κόμβου υπερβάλλεται θετικά από εκείνους με παρόμοια συμφέροντα (γέμισμα κάλπης). Προκειμένου να το αντιμετωπίσουν αυτό, οι κόμβοι συνδυάζουν τις απόψεις από πολλούς άλλους κόμβους στο σύστημα. Ωστόσο, στην περίπτωση της συνέργειας κακόβουλων κόμβων, αυτό θα λειτουργήσει μόνο εάν ο αριθμός των σωστά αναφερόμενων τιμών υπόληψης είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των ανακριβώς αναφερόμενων τιμών υπόληψης. Το Xenotrust παρέχει οικονομικά κίνητρα στους κόμβους για να εκθέτουν δεδομένα υπόληψης. Αυτό επιτρέπει τη συνάθροιση δεδομένων υπόληψης στον κεντρικό υπολογιστή του Xenotrust και παρέχει επίσης στους νέους κόμβους τη δυνατότητα επερωτήσεων για δεδομένα εμπιστοσύνης. Οι νέοι κόμβοι μπορούν έτσι να προσδιορίσουν και να πραγματοποιήσουν συναλλαγές με αξιόπιστους κόμβους του συστήματος..

4.3. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Κοινωνικά Δίκτυα

Στην παρούσα ενότητα θα εξεταστούν βασισμένα στην υπόληψη ΣΔΕ που όμως χρησιμοποιούν το κοινωνικό δίκτυο στο οποίο ανήκει μια οντότητα προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για την υπόληψη της και κατά συνέπεια για την αξιοπιστία της. Το κοινωνικό δίκτυο ουσιαστικά αποτελεί μια αντιπροσώπευση των σχέσεων που υφίστανται εντός μιας κοινότητας. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο κύριες υποκατηγορίες συστημάτων: 1) Αυτά που βασίζονται σε δίκτυα συστάσεων, στα οποία η οντότητα προσπαθεί να εκμεταλλευτεί το κοινωνικό της δίκτυο προκειμένου να λάβει συστάσεις από αυτό και 2) τα συστήματα εκείνα που βασίζονται σε δίκτυα πρακτόρων και στα κοινωνικά τους χαρακτηριστικά. . Εδώ αξίζει να επισημάνουμε ξανά⁵⁵ ότι η πλειονότητα των συστημάτων της δεύτερης υποκατηγορίας χρησιμοποιεί τη μέθοδο του δικτύου συστάσεων για την παραγωγή αποτελεσμάτων υπόληψης, αλλά επειδή έχουν προταθεί από την ερευνητική κοινότητα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων (*Multi Agents Systems - MAS*) με κύριο γνώμονα την εξυπηρέτηση τέτοιων συστημάτων εντάσσονται σε αυτήν την διαφορετική υποκατηγορία.

Τα βασισμένα στο κοινωνικό δίκτυο ΣΔΕ προσπαθούν να απεξαρτηθούν από την ανάγκη για την ανατροφοδότηση που λαμβάνεται από άλλους χρήστες, και να ανακαλύψουν αντί αυτού άλλους τρόπους που μπορούν να διαμορφώσουν την υπόληψη. Αυτός, όπως άλλωστε έχουμε αναφέρει και προηγουμένως⁵⁶, είναι και ο κύριος λόγος που τοποθετούνται σε ξεχωριστή κατηγορία από τα βασισμένα στην υπόληψη ΣΔΕ, παρόλο που και αυτά παράγουν εμπιστοσύνη υπολογίζοντας αποτελέσματα υπόληψης. Στη σχετική βιβλιογραφία μάλιστα υπάρχουν μελετητές που δεν αποδίδουν τόση σημασία στα *κοινωνικά* χαρακτηριστικά των οντοτήτων ακολουθούν αυτήν την προσέγγιση θεωρώντας αυτού του είδους τα συστήματα σαν υποκατηγορία των βασισμένων στην υπόληψη ΣΔΕ (Silaghi, Arenas και Silva, 2007). Τα συστήματα λοιπόν που βασίζονται στο κοινωνικό δίκτυο βλέπουν

⁵⁵ Βλέπε ενότητα 4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους.

⁵⁶ Βλέπε ενότητα 4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους

το σύνολο των χρηστών ως μια κοινότητα και χρησιμοποιούν τις κοινωνικές-κοινοτικές πτυχές των κόμβων και τη θέση τους στην κοινότητα για να καθορίσουν την υπόληψη τους. Το μοντέλο που ίσως ανταποκρίνεται καλύτερα σε αυτόν το στόχο είναι το NodeRanking (βλέπε ενότητα 4.3.2.6), το οποίο μάλιστα δεν βασίζεται σε δίκτυα συστάσεων αλλά χρησιμοποιεί ένα μοντέλο ροής (βλέπε ενότητα 3.5.6) για τον υπολογισμό της τιμής υπόληψης ενός κόμβου. Ωστόσο πάσχει από τη πολύ σημαντική ανεπάρκεια του να είναι συγκεντρωτικό και κατά συνέπεια να μην ενδείκνυται ιδιαίτερα για αποκεντρωμένα περιβάλλοντα.

4.3.1. Μοντέλα Υπόληψης Βασισμένα Σε Δίκτυα Συστάσεων

Η οικοδόμηση της εμπιστοσύνης μπορεί να βασιστεί όχι μόνο στις προηγούμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οντοτήτων (δηλαδή στην υπόληψη που αποκτάται μέσω πρότερης εμπειρίας) αλλά, εξετάζοντας επίσης τα κοινωνικά δίκτυα στα οποία η οντότητα ανήκει και τις συστάσεις που η οντότητα μπορεί να λάβει με τη χρησιμοποίηση του κοινωνικού της δικτύου. Στο ερευνητικό πεδίο των συστημάτων πολλαπλών-πρακτόρων, οι (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) καθόρισαν τις έννοιες των κοινοτήτων πρακτόρων και των κοινωνικών δικτύων. Τα μέλη μιας σε απευθείας σύνδεση (on-line) κοινότητας παρέχουν υπηρεσίες και συστάσεις για τις υπηρεσίες η μια στην άλλη. Ένας συμμετέχων σε ένα κοινωνικό δίκτυο αποκτάει υπόληψη τόσο για την *πραγματογνωμοσύνη* του (παροχή καλών υπηρεσιών) όσο και για την *κοινωνικότητα* (παροχή καλών συστάσεων). Αυτή η προσέγγιση εξετάζεται ευρέως στην ερευνητική κοινότητα των δικτύων πράκτορα.

Το δίκτυο συστάσεων που περιγράφεται από τους (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) είναι μια αφαιρετική προσέγγιση του συστήματος των πρακτόρων για το μοντέλο εμπιστοσύνης που προτείνεται από τους (Abdul-Rahman και Hailes, 2000). Και οι δύο προσεγγίσεις προτείνουν ένα πρότυπο εκμάθησης υπόληψης που ενημερώνει την υπόληψη κοινωνικότητας ενός χρήστη σύμφωνα με την έκβαση της αλληλεπίδρασης με εκείνο τον χρήστη. Πολλή έρευνα αναπτύχθηκε βάση αυτής της προσέγγισης. Τα υπό μελέτη στοιχεία είναι ο τρόπος που η

υπόληψη αποθηκεύεται στο σύστημα, το πώς οι πληροφορίες συστάσεων συναθροίζονται και ποιο μοντέλο εκμάθησης χρησιμοποιείται. Αυτή η ενότητα θα επικεντρωθεί σε αυτό το είδος των συστημάτων συστάσεων.

4.3.1.1. Abdul-Rahman και Hailes

Οι Abdul-Rahman και Hailes (Abdul-Rahman και Hailes, 2000) προτείνουν ένα μοντέλο για τον υπολογισμό της εμπιστοσύνης για έναν πράκτορα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο βασισμένο στα κοινωνιολογικά χαρακτηριστικά της εμπιστοσύνης. Το μοντέλο αυτό, όπως άλλωστε και το Trust-Recommendation Model (βλέπε ενότητα 4.2.4) που είχαν προτείνει οι ίδιοι νωρίτερα βασίζεται στην εμπειρία και στις συστάσεις ή αλλιώς πληροφορίες υπόληψης όπως τις αναφέρουν οι συγγραφείς. Ωστόσο διαφέρουν στο γεγονός ότι αυτό το μοντέλο επικεντρώνεται στα κοινωνιολογικά χαρακτηριστικά της εμπιστοσύνης, υιοθετώντας για παράδειγμα την έννοια της εμπιστοσύνης συστάσεων.

Όπως και με τα μοντέλα συνάθροισης, οι τιμές που μπορεί να πάρει η εμπιστοσύνη είναι διακριτές⁵⁷: πολύ αξιόπιστος, αξιόπιστος, αναξιόπιστος και πολύ αναξιόπιστος. Κάθε πράκτορας αποθηκεύει τις τιμές εμπιστοσύνης για τους πράκτορες που αλληλεπιδρά, επομένως, το μοντέλο εμπιστοσύνης είναι κατανεμημένο. Κάθε πράκτορας αποθηκεύει επίσης την εμπιστοσύνη συστάσεων αναφορικά με τον άλλο πράκτορα. Προτείνουν μια μέθοδο για την εκτίμηση και τον συνδυασμό των συστάσεων και την ενημέρωση της αξίας εμπιστοσύνης. Δεδομένου ότι το μοντέλο είναι βασισμένο στην καθορισμένη θεωρία, κάθε πράκτορας πρέπει να αποθηκεύσει όλη την ιστορία των προηγούμενων εμπειριών του από τις αλληλεπιδράσεις με άλλους πράκτορες και τις λαμβανόμενες συστάσεις. Σε ένα σύστημα με πολλούς συμμετέχοντες και συχνές συναλλαγές, κάθε πράκτορας θα πρέπει να διαθέτει έναν σεβαστό αποθηκευτικό χώρο. Όσον αφορά την δικτυακή κυκλοφορία, αυτή προκαλείται από τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των πρακτόρων προκειμένου να αποκτηθούν οι πληροφορίες υπόληψης. Οι συγγραφείς παρέχουν ένα παράδειγμα αξιολόγησης

⁵⁷ Όπως άλλωστε προαναφέραμε και στην ενότητα 3.5.3 Διακριτά Μοντέλα Εμπιστοσύνης

συστάσεων για συγγραφείς βιβλίων σαν εφαρμογή του σχήματος διαχείρισης εμπιστοσύνης, αλλά δεν δίνεται καμία υπολογιστική ανάλυση.

4.3.1.2. Singh, Yu και Venkatraman

Θεωρώντας τις ίδιες βασικές υποθέσεις με τους Abdul-Rahman και Hailes (Abdul-Rahman και Hailes, 2000), οι (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) διευρύνουν και καθορίζουν περαιτέρω το μοντέλο συστάσεων. Οι (Yu και Singh, 2000) ήταν από τους πρώτους που ερεύνησαν την επίδραση που ασκούν στην υπόληψη οι κοινωνικές σχέσεις ανάμεσα στους κόμβους που ανήκουν σε μια απευθείας σύνδεση κοινότητα. Αντιλήφθηκαν ότι αυτό οδηγεί στην διαμόρφωση μιας ηλεκτρονικής κοινότητας ως κοινωνικό δίκτυο και πρότειναν ένα μοντέλο υπόληψης το *Community Based Reputation* βασισμένο στις κοινωνικές πτυχές μιας ηλεκτρονικής κοινότητας, η δομή του οποίου όμως στρέφεται προς τα δίκτυα πολλαπλών πρακτόρων και για αυτό μελετάται στην αντίστοιχη ενότητα (4.3.2.1).

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω, στο παρόν μοντέλο οι (Singh, Yu και Venkatraman, 2001) υποθέτουν ότι ένας πράκτορας τοποθετεί επερωτήσεις για υπηρεσίες και οι απαντήσεις είναι δύο τύπων: πραγματογνωμοσύνη υπηρεσίας και σύσταση. Κάθε ερώτηση και απάντηση εκφράζονται ως διάνυσμα της απαιτούμενης πραγματογνωμοσύνης. Οι απαντήσεις αξιολογούνται με βάση την ομοιότητα μεταξύ των λαμβανόμενων απαντήσεων πραγματογνωμοσύνης υπηρεσίας και των λαμβανόμενων συστάσεων που σταθμίζονται με εμπιστοσύνη (κοινωνικότητα) σε εκείνο τον πράκτορα. Σύμφωνα με αυτήν την αντίπροσώπευση κάθε πράκτορας πρέπει να αποθηκεύει τον τομέα πραγματογνωμοσύνης του και τα μοντέλα των άλλων πρακτόρων, συμπεριλαμβανομένων της πραγματογνωμοσύνης και της κοινωνικότητας τους. Κάθε πράκτορας ενημερώνει την πραγματογνωμοσύνη ενός άλλου πράκτορα, αφότου εξακριβώσει (από άμεση εμπειρία) την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών από εκείνον τον πράκτορα. Εάν η παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών είναι κακή, τότε για ολόκληρη την αλυσίδα των πρακτόρων που παρείχαν καλές συστάσεις για αυτόν τον πράκτορα (δηλαδή τον εμπειρείχαν στο εσωτερικό τους μοντέλο), μειώνεται η τιμή της κοινωνικότητας τους. Περιοδικά, κάθε ένας ο πράκτορας

αποφασίζει ποιοι άλλοι πράκτορες αξίζει να κρατηθούν στο εσωτερικό μοντέλο τους. Επομένως, ο χώρος αποθήκευσης σε κάθε πράκτορα διατηρείται εντός λογικών ορίων.

Οι συγγραφείς εξέτασαν το μοντέλο σε ένα περιβάλλον εξομοίωσης με 20 έως 60 πράκτορες με πραγματογνωμοσύνη σε 5 τομείς. Ο μέσος αριθμός δικτύων επιλέχτηκε να είναι 4. Τα κύρια αποτελέσματα είναι τα ακόλουθα: (1) η ποιότητα του κοινωνικού δικτύου βελτιώνεται κατά τη πάροδο του χρόνου, (2) το κοινωνικό δίκτυο σταθεροποιεί σε μια βελτιωμένη ποιότητα, (3) όταν δίνονται οι συστάσεις, η ποιότητα του συστήματος είναι υψηλότερη απ' ό,τι χωρίς τις συστάσεις και (4) ένας νέος πράκτορας που προστίθεται σε ένα υπάρχον σταθερό δίκτυο θα παρασύρει θετικά τους γειτονικούς του, από τους οποίους και θα λαμβάνει βελτιωμένη ποιότητα. Ένα άλλο αποτέλεσμα που αναφέρεται από τους συγγραφείς θεωρεί την ύπαρξη μερικών προνομιούχων πρακτόρων στο δίκτυο με μεγαλύτερο αριθμό γειτόνων. Εάν αυτή η υπόθεση εκπληρωθεί, η γενικότερη ποιότητα του συστήματος συνολικά θα μπορούσε να βελτιωθεί. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι με μικρό αριθμό συμμετεχόντων στο δίκτυο, που χρησιμοποιούν τους μηχανισμούς υπόληψης έχουμε αξιοσημείωτο όφελος στην ποιότητα της υπηρεσίας.

4.3.1.3. Despotovic και Aberer

Αν και το μοντέλο που προτείνουν οι (Despotovic και Aberer, 2005) αναφέρεται στα P2P δίκτυα, επειδή ενσωματώνει πλήρως το δίκτυο συστάσεων ως μια πηγή για τη λήψη των συστάσεων, κατατάσσουμε αυτό το μοντέλο στην παρούσα ενότητα των συστημάτων υπόληψης που βασίζονται σε δίκτυα συστάσεων (ενότητα 4.3.1). Το σύστημα που προτείνουν παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με το μοντέλο εμπιστοσύνης P-Grid (βλέπε ενότητα 4.2.2.5) που είχαν δημιουργήσει επίσης οι ίδιοι ως προς το ότι πάλι καταπιάνονται με την ανέντιμη συμπεριφορά των κόμβων και ως προς το ότι και εκείνο στοχεύει στα P2P δίκτυα. Από την άλλη το P-Grid χρησιμοποιεί την προηγούμενη συμπεριφορά των κόμβων και μάλιστα όπως προείπαμε την ανέντιμη με τη μορφή παραπόνων, ενώ το παρόν μοντέλο βασίζεται σε μια πιθανολογική προσέγγιση. Επιπλέον μεγάλο μέρος του

μοντέλου εμπιστοσύνης P-Grid, από αυτήν την ιδιότητα άλλωστε προκύπτει και το όνομα του, επικεντρώνεται στον τρόπο διάδοσης των πληροφοριών εμπιστοσύνης (δηλαδή των παραπόνων) σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον ούτως ώστε να υπάρχει μειωμένη δικτυακή κυκλοφορία.

Στο παρόν πρότυπο οι Despotovic και Aberer χρησιμοποιούν μια πιθανολογική προσέγγιση για να εκτιμήσουν την αξιοπιστία των κόμβων σε ένα P2P δίκτυο, υποθέτοντας την ύπαρξη δυο πλαισίων αλληλεπίδρασης: μια άμεση σχέση όπου ένας κόμβος προορισμού εκτελεί μια εργασία, με άλλα λόγια προσφέρει μια υπηρεσία και τις συστάσεις όταν κόμβος προορισμού πράττει ως συνιστών άλλων κόμβων στο δίκτυο. Αντί να χρησιμοποιήσουν την τυποποιημένη αρχιτεκτονική των P2P δικτύων, όπου συνήθως σταθμίζουν μια σύσταση από την αξιοπιστία του συνιστών, αναπαριστούν την ικανότητα ενός κόμβου να υποβάλει συστάσεις, κάτι το οποίο είναι διαφορετικό από την αξιοπιστία του κόμβου.

Κάθε κόμβος A συνδέεται με έμφυτες πιθανότητες για να συμπεριφέρεται τίμια ή ανέντιμα με τους άλλους. Οι άλλοι κόμβοι όταν ερωτηθούν για την απόδοση του A μπορεί πάλι να πουν ψέματα και να δώσουν παραπλανητική αναφορά. Υποθέτοντας μια πιθανότητα P_B ότι ο κόμβος B ψεύδεται, μπορεί κάποιος να αντλήσει την πιθανότητα μιας καλής ή κακής αναφοράς από τον κόμβο B για τον κόμβο A. Δεδομένου ενός δείγματος ανεξάρτητων αναφορών για τον κόμβο A, δύναται να υπολογιστεί η πιθανή συμπεριφορά του A, η οποία με τη σειρά της, εξαρτάται από την εσωτερική πιθανότητα του κόμβου A να συμπεριφέρεται τίμια. Μεγιστοποιώντας αυτό το ενδεχόμενο, κάποιος μπορεί να λάβει την πιθανότητα που συνδέεται με έναν κόμβο.

Οι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι καλές προβλέψεις μπορούν να ληφθούν με την ανάκτηση 10-20 αναφορών (άμεσων συστάσεων). Η όλη δομή εξομοιώθηκε σε ένα περιβάλλον με 128 κόμβους, με τον αριθμό των τυχαίων άμεσων αλληλεπιδράσεων να ποικίλει (από 20 έως 100) και κυμαινόμενο ποσοστό ψευτών (από 0,1 έως 0.5). Το μέσο απόλυτο σφάλμα πρόβλεψης είναι χαμηλό όταν η αναλογία των ψευτών είναι μικρή. Τα χειρότερα αποτελέσματα αποκομίζονται όταν ο μισός πληθυσμός ψεύδεται και ο αριθμός άμεσων αλληλεπιδράσεων είναι μειωμένος (20).

4.3.2. Προσεγγίσεις Βασισμένες σε Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων (Multi Agents Systems)

Ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (*Multi Agents Systems - MAS*) είναι ένα σύστημα που αποτελείται από τους πολλαπλούς αλληλεπιδρώντες ευφυείς πράκτορες. Ένας ευφυής πράκτορας (*Intelligent Agent - IA*) είναι μια αυτόνομη οντότητα που παρατηρεί και ενεργεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και κατευθύνει τη δραστηριότητά της προς την επίτευξη των στόχων. Ο όρος αυτόνομη σημαίνει ότι οι ευφυείς πράκτορες μπορούν να έχουν ικανότητες όπως επιλογή στόχου, καθορισμός προτεραιοτήτων, συμπεριφορά κατευθυνόμενη προς την επίλυση ενός στόχου και λήψης αποφάσεων χωρίς ανθρώπινη επέμβαση. Οι ευφυείς πράκτορες μπορούν επίσης να προσαρμοστούν στα μεταβολές του περιβάλλοντος λειτουργίας τους (*ικανότητα αμέσου αντιδράσεως*, οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το πλαίσιο στο οποίο λειτουργούν και ανταποκρίνονται σε αυτό κατάλληλα), να μάθουν και να χρησιμοποιούν τη γνώση τους για να επιτυγχάνουν τους στόχους τους. Μπορούν να είναι πολύ απλοί ή πολύ σύνθετοι. Η έννοια ενός πράκτορα παρέχει έναν κατάλληλο και ισχυρό τρόπο να περιγραφεί μια σύνθετη οντότητα λογισμικού που είναι σε θέση να δράσει εξ ονόματος του χρήστη της (και όχι κατόπιν παρέμβασης του) με έναν ορισμένο βαθμό αυτονομίας προκειμένου να ολοκληρωθούν οι στόχοι του χρήστη της. Φέρει ομοιότητες με την έννοια των κλάσεων και των αντικειμένων του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού (*Object Oriented Programming – OPP*), αλλά αντίθετα από τα αντικείμενα, που καθορίζονται από την άποψη των μεθόδων και των ιδιοτήτων, ένας πράκτορας καθορίζεται από την άποψη της συμπεριφοράς του. Οι ευφυείς πράκτορες φέρουν *κοινωνικές δυνατότητες*, δηλαδή είναι σε θέση να δεσμεύσουν άλλα συστατικά και πόρους μέσω κάποιου είδους επικοινωνίας και συντονισμού μεταξύ τους και μπορούν να συνεργαστούν για την επίτευξη ενός στόχου. Αυτά τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λύσουν προβλήματα που είναι δύσκολο ή αδύνατο να αντιμετωπιστούν από έναν μεμονωμένο πράκτορα. Τα παραδείγματα των προβλημάτων που είναι κατάλληλα για έρευνα από τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων περιλαμβάνουν το

ηλεκτρονικό εμπόριο, διαχείριση κρίσεων, και μοντελοποίηση κοινωνικών δομών.

Η εμπιστοσύνη είναι ένα ουσιαστικό μέλημα στα μεγάλης κλίμακας ανοικτά καταναμημένα συστήματα. Βρίσκεται στον πυρήνα όλων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οντοτήτων που πρέπει να λειτουργήσουν σε τέτοια αβέβαια και συνεχώς μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Γενικά μιλώντας, η ερευνητική κοινότητα συστημάτων πρακτόρων θεωρεί το παράδειγμα των πρακτόρων ως ένα καλό φορμαλισμό για μια ευρεία ποικιλία καταναμημένων συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των πλεγμάτων, του σημασιολογικού Ιστού και των P2P δικτύων (Huynh, Jennings και Shadbolt, 2006). Το σημαντικότερο επιχείρημα τους είναι το γεγονός ότι τα ΣΠΠ είναι ανοικτά και καταναμημένα, το γεγονός ότι οι πράκτορες ενδιαφέρονται για το σύστημα και τον εαυτό τους, είναι δυναμικοί, ξέρουν μόνο ένα τοπικό μέρος του ενεργού κόσμου και καμία κεντρική αρχή δεν περιορίζει τις συμπεριφορές όλων των πρακτόρων. Η εμπιστοσύνη και η υπόληψη είναι θεμελιώδους σημασίας στις αποτελεσματικές αλληλεπιδράσεις στα ανοικτά συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (Multi Agents Systems - MAS) στα οποία οι πράκτορες λογισμικού (software agents) εισέρχονται και εξέρχονται συνεχώς από το σύστημα (Huynh, Jennings και Shadbolt, 2006). Αυτό το γεγονός σημαίνει ότι τα υπάρχουσα μοντέλα εμπιστοσύνης και υπόληψης δεν μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν δεδομένου ότι η απόδοσή τους υποφέρει όταν συμβαίνουν στο περιβάλλον διάφορες μη αντιληπτές αλλαγές. Συνεπώς πρέπει να εξεταστούν μοντέλα εμπιστοσύνης και υπόληψης που ενσωματώνουν διάφορες πηγές πληροφοριών για να παραγάγουν μια γενική αξιολόγηση της πιθανής απόδοσης ενός πράκτορα στα ανοικτά αυτά συστήματα. Οι συνηθισμένοι μηχανισμοί υπόληψης στηρίζονται στην ανατροφοδότηση μετά από την αλληλεπίδραση μεταξύ των οντοτήτων. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι η υπόληψη να συσχετίζεται με τη θέση κάθε μέλους μιας κοινότητας μέσα στο αντίστοιχο κοινωνικό δίκτυο. Αυτή η ενότητα θα ερευνήσει τα κύρια μοντέλα υπόληψης που αναπτύσσονται από την ερευνητική κοινότητα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων και τα οποία όπως έχουμε προαναφέρει θα μπορούσαν να ενταχθούν και σε άλλες κατηγορίες (βλέπε ενότητα 4.3, 4.2 και κεφάλαιο 4).

4.3.2.1. Community Based Reputation

Οι (Yu και Singh, 2000) ήταν από τους πρώτους που ερεύνησαν την επίδραση των κοινωνικών σχέσεων ανάμεσα στους κόμβους που ανήκουν σε μια σε απευθείας σύνδεση κοινότητα, στην υπόληψη σε αποκεντρωμένα περιβάλλοντα. Αυτό διαμορφώνει μια ηλεκτρονική κοινότητα ως κοινωνικό δίκτυο. Οι κόμβοι μπορούν να έχουν υπόληψη για την παροχή καλών υπηρεσιών και συστάσεων. Αν και η προσέγγιση αυτή στρέφεται προς συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, μπορεί να αντιστοιχηθεί και σε ένα P2P σύστημα με την αντιπροσώπευση ενός πράκτορα ως κόμβου. Σε ένα τέτοιο σύστημα, οι κόμβοι πράκτορες βοηθούν τους χρήστες που εργάζονται μαζί τους με δύο τρόπους. Κατ' αρχάς, τους βοηθούν να αποφασίσουν εάν ή πώς να ανταποκριθούν στα αιτήματα που λαμβάνονται από άλλους κόμβους πράκτορες που ανήκουν στο σύστημα. Δεύτερον, τους βοηθούν να αξιολογήσουν τις υπηρεσίες και τις παραπομπές που παρέχονται από άλλους κόμβους προκειμένου να επιτραπεί στον χρήστη να έρθει σε επαφή με τις συστάσεις που προέρχονται από τον πιο αξιόπιστο κόμβο.

Σε αυτήν την προσέγγιση όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.6, ο κόμβος A ορίζει μια αξιολόγηση για τον B βασισμένος στην άμεση παρατήρηση του για τον B καθώς επίσης και στις εκτιμήσεις για τον B όπως αυτές δίνονται από τους γείτονες⁵⁸ του (συστάσεις) σε συνδυασμό με τις εκτιμήσεις του A για εκείνους τους γείτονες. Όταν ένας χρήστης θέτει μια ερώτηση στον αντίστοιχο του κόμβο πράκτορά, ο κόμβος χρησιμοποιεί το κοινωνικό δίκτυο για να προσδιορίσει ένα σύνολο πιθανών γειτονικών κόμβων που θεωρεί ότι έχουν την πείρα για να απαντήσουν σε εκείνη την ερώτηση. Η ερώτηση διαβιβάζεται έπειτα σε αυτό το σύνολο γειτόνων. Μια ερώτηση που στέλνεται σε έναν κόμβο περιέχει τρία πράγματα. την ερώτηση, την ταυτότητα και την διεύθυνση του αιτούντα κόμβου, και έναν αριθμό που διευκρινίζει το άνω όριο δεσμεύσεων στον αριθμό των ζητούμενων συστάσεων. Όταν μια επερώτηση παραλαμβάνεται από έναν κόμβο πράκτορα, αυτός αποφασίζει εάν η επερώτηση ταιριάζει στον χρήστη και εάν πρέπει να παρουσιαστεί στο χρήστη. Ο κόμβος πράκτορας απαντά μόνο εάν είναι

⁵⁸ Με τον όρο γείτονες ενός κόμβου εννοούμε τους κόμβους εκείνους με τους οποίους ο συγκεκριμένος κόμβος έχει αλληλεπιδράσει άμεσα στο παρελθόν και έχει επομένως προσωπική άποψη για την υπόληψη τους.

βέβαιος ότι η πραγματογνωμοσύνη του ανταποκρίνεται στην ερώτηση. Ο κόμβος μπορεί επίσης να αποκριθεί με συστάσεις προς άλλους εμπιστευμένους χρήστες που θεωρεί ότι έχουν την απαραίτητη πραγματογνωμοσύνη για να απαντήσουν στην ερώτηση. Κατά συνέπεια, μια απάντηση μπορεί να περιλαμβάνει μια απάντηση στην ερώτηση, ή μια παραπομπή, ή και οι δύο, ή τίποτα από όλα αυτά. Όταν μια τέτοια απόκριση παραλαμβάνεται από τον αρχικό κόμβο, αυτός μπορεί να την χρησιμοποιήσει με δύο τρόπους. Εάν η απόκριση περιέχει μια απάντηση, χρησιμοποιεί την απάντηση για να αξιολογήσει την πραγματογνωμοσύνη του αποκρινόμενου κόμβου. Αυτή η αξιολόγηση μπορεί να οδηγήσει σε μια αλλαγή της αντίληψης για την πραγματογνωμοσύνη του αποκρινόμενου κόμβου και εκείνων των κόμβων που μπορεί να είχαν δώσει συστάσεις για τον αποκρινόμενο κόμβο. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια αντίστοιχη αλλαγή στο κοινωνικό δίκτυο. Εάν η απάντηση περιέχει μια παραπομπή, ο αρχικός κόμβος μπορεί να επιλέξει να την ακολουθήσει.



Εικόνα 4.6. Υπολογισμός υπόληψης (για να υπολογίσει την υπόληψη του B ο A εξαρτάται τόσο στην άμεση αλληλεπίδραση με τον B, όσο και στις συστάσεις που παρέχονται από τους γείτονες του B, τον Γ και τον Δ)

Οι προσομοιώσεις με την ανωτέρω προσέγγιση έχουν δείξει ότι οι υπολήψεις εγωιστικών και ανεπιθύμητων κόμβων πρακτόρων μειώνονται δραματικά, και το

αρχικό εμπόδιο εισόδου στο σύστημα είναι χαμηλό έτσι ώστε παρόλο που ένας νέος κόμβος στο σύστημα αρχίζει με μηδενική φήμη, μπορεί να αυξήσει τη φήμη του σταθερά μέσω συνεργασίας με άλλους κόμβους. Ένα άλλο πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι η αρνητική κατάθεση για έναν κακόβουλο κόμβο διαδίδεται γρήγορα και στους άλλους κόμβους. Αυτό καθιστά το σύστημα ενήμερο για τους ψευδείς κόμβους. Το μοντέλο εμπιστοσύνης στηρίζεται στην πληροφοριοδότηση από τους αξιόπιστους κόμβους και στο συνδυασμό πολλαπλάσιων απαντήσεων για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της διαστρέβλωσης. Εντούτοις, αυτή η τεχνική μπορεί να αντιμετωπίσει το φαινόμενο της συνέργιας μόνο εάν οι καλοί κόμβοι ξεπερνούν αριθμητικώς τους κακούς κόμβους. Αυτό περιορίζει το βαθμό στον οποίο το πρότυπο εμπιστοσύνης μπορεί να αντιμετωπίσει τη συνέργια, και συνεπώς έχει επιπτώσεις στην αξιοπιστία του.

Η προσέγγιση είναι τελείως αποκεντρωμένη και κάθε κόμβος διατηρεί ένα διάνυμα ενδιαφέροντος, ένα διάνυμα πραγματογνωμοσύνης, και ένα σύνολο πληροφοριών πραγματογνωμοσύνης και υπόληψης μόνο για μερικούς από τους γείτονές του. Το κόστος αποθήκευσης επομένως είναι χαμηλό και δεν αυξάνεται με το μέγεθος του συστήματος από τη στιγμή που κάθε κόμβος διατηρεί πληροφορίες μόνο για μερικούς από τους γείτονες του. Δεδομένου ότι οι ερωτήσεις διαβιβάζονται μόνο στους γείτονες με την ιδιαίτερη πραγματογνωμοσύνη, ο μηχανισμός επικοινωνίας διαθέτει αποδοτικό εύρος ζώνης και αυξάνει την εξελιξιμότητα και κλιμάκωση του συστήματος. Αυτή η προσέγγιση ενθαρρύνει την ενεργή διάδοση των πληροφοριών υπόληψης για να εξασφαλίσει ότι πολλαπλάσιοι κόμβοι περιέχουν πλεονάζουσες πληροφορίες υπόληψης. Το γεγονός αυτό αυξάνει την ικανότητα ανοχής σφαλμάτων του μοντέλου εμπιστοσύνης. Εντούτοις, δεν υπάρχει καμία παροχή για την επαλήθευση των απαντήσεων των επερωτήσεων ή για την προστασία της ιδιωτικότητας των κόμβων.

4.3.2.2. SPORAS και HISTOS

Τα συστήματα που προτάθηκαν από τους (Zacharia και Maes, 2000) ήταν μια από τις πρώτες προσπάθειες να δημιουργηθεί ένα σύστημα βασισμένο στην υπόληψη,

με στόχο να ξεπεραστούν τα υπάρχοντα προβλήματα εμπιστοσύνης στις on-line εφαρμογές και στις εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου. Οι ιδέες τους ενσωματώθηκαν αργότερα μέσα στα μοντέλα εμπιστοσύνης που βασίζονται στην υπόληψη.

Αρχικά, πρότειναν το σύστημα SPORAS, βασισμένο μόνο στις αξιολογήσεις των άμεσων συναλλαγών μεταξύ των χρηστών. Οι χρήστες αξιολογούν ο ένας τον άλλο μετά από μια συναλλαγή με συνεχείς τιμές από 0,1 έως 1. Οι εκτιμήσεις που παραλαμβάνονται για έναν χρήστη αθροίζονται επαναληπτικά, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο μια τιμή υπόληψης που λαμβάνει τιμές από 0 έως 3000 και μια απόκλιση υπόληψης που αξιολογεί την αξιοπιστία της τιμής υπόληψης. Ο αναδρομικός τύπος για την ενημέρωση της υπόληψης είναι βασισμένος στην ακόλουθη αρχή: οι χρήστες με πολύ υψηλή υπόληψη θα υποστούν πολύ μικρότερες αλλαγές στην τιμή της υπόληψης τους μετά από κάθε αναπροσαρμογή και οι αξιολογήσεις απορρίπτονται με τη πάροδο του χρόνου. Το μοντέλο αυτό της χρονικής απόρριψης χρησιμοποιήθηκε περαιτέρω στο σύστημα FIRE (βλέπε ενότητα 4.3.2.5), (Huynh, Jennings και Shadbolt, 2006).

Το σύστημα HISTOS λαμβάνει υπόψη επιπλέον το κοινωνικό δίκτυο που δημιουργείται μεταξύ των χρηστών μέσω της εκτέλεσης συναλλαγών. Το μοντέλο υπόληψης για το χρήστη A από τη σκοπιά του χρήστη B λαμβάνει υπόψη όλα τα μονοπάτια στο γράφο του κοινωνικό δικτύου μεταξύ αυτών των 2 χρηστών. Μόνο πορείες με θετική (μεγαλύτερη από 0.5) αξιολόγηση εξετάζονται. Όσο πιο μακριά μια εκτίμηση είναι από τον υπό συζήτηση χρήστη, τόσο χαμηλότερη είναι η επιρροή της στη συνολική κοινωνική αξιολόγηση. Το ίδιο είδος κοινωνικής δικτύωσης χρησιμοποιήθηκε μετέπειτα στις προσεγγίσεις των (Despotovic και Aberer, 2005⁵⁹; Sherwood, Seungjoon και Bhattacharjee, 2006).

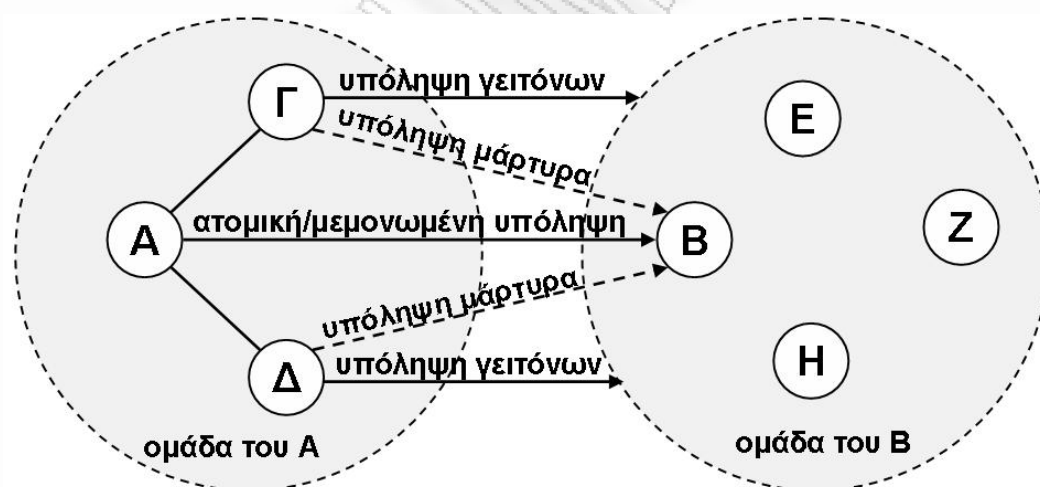
Κατά την αξιολόγηση των SPORAS και HISTOS, οι συγγραφείς εξέθεσαν καλύτερα αποτελέσματα από τις κλασικές προσεγγίσεις του eBay και του Amazon. Εντούτοις, τα αποτελέσματά τους ξεπεράστηκαν από πιο πρόσφατες μελέτες.

⁵⁹ Βλέπε ενότητα 4.3.1.3

4.3.2.3. ReGreT

Οι Sabater και Sierra (Sabater και Sierra, 2001, Sabater και Sierra, 2002) πρότειναν ένα μοντέλο, ονόματι Regret που είναι παρόμοιο στην αντίληψη με το TrustNet (Schillo et al., 2000) και περιλαμβάνει την κοινωνική διάσταση των πρακτόρων και των απόψεων τους στο μοντέλο υπόληψης του. Αλλά αντί να στηρίζεται μόνο στο αντίστοιχο κοινωνικό δίκτυο όπως το TrustNet υιοθετεί τη θέση ότι η συνολική υπόληψη ενός πράκτορα είναι συνάθροιση των διαφορετικών κομματιών πληροφορίας. Θεωρεί τις ακόλουθες διαστάσεις της υπόληψης: *την ατομική διάσταση*: η οποία είναι η άμεση εμπιστοσύνη που λαμβάνεται από την προηγούμενη εμπειρία με έναν άλλο πράκτορα, *την κοινωνική διάσταση* που αναφέρεται στην εμπιστοσύνη ενός πράκτορα σε σχέση με μια ομάδα και *την οντολογική διάσταση* που απεικονίζει τις υποκειμενικές ιδιαιτερότητες ενός ατόμου. Συνδυάζει αυτές τις τρεις διαστάσεις για να παραγάγει μια ενιαία τιμή υπόληψης. Όταν ένα μέλος εξαρτάται μόνο από την άμεση αλληλεπίδρασή του με άλλα μέλη στην κοινωνία για να αξιολογήσει την υπόληψη του, τότε χρησιμοποιεί την *ατομική διάσταση*. Εάν ο πράκτορας χρησιμοποιεί επίσης τις πληροφορίες για έναν άλλο πράκτορα που παρέχονται από άλλα μέλη της κοινωνίας, τότε χρησιμοποιεί την *κοινωνική διάσταση*. Η κοινωνική διάσταση είναι παρόμοια με την *βασισμένη στην τακτικότητα εμπιστοσύνη* που περιγράφεται στον (Minsky, 2003). Η κοινωνική διάσταση στηρίζεται στις σχέσεις της ομάδας. Ειδικότερα, δεδομένου ότι ένας πράκτορας κληρονομεί τη φήμη της ομάδας στην οποία ανήκει, η ομάδα και οι σχετικές πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιτευχθεί μια αρχική κατανόηση της συμπεριφοράς του πράκτορα όταν οι άμεσες πληροφορίες είναι μη διαθέσιμες. Κατά συνέπεια, υπάρχουν τρεις πηγές πληροφοριών που βοηθούν έναν κόμβο A να αποφασίσει σχετικά με την υπόληψη ενός κόμβου B: η μεμονωμένη διάσταση μεταξύ του A και του B, οι πληροφορίες που η ομάδα στην οποία ανήκει ο A έχει για τον B που καλούνται *υπόληψη μάρτυρα*, και οι πληροφορίες που η ομάδα του A έχει για την ομάδα που ανήκει ο B, οι οποίες καλούνται *υπόληψη γειτόνων*. Το σχήμα 8 επεξηγεί αυτές τις διάφορες σχέσεις υπόληψης.

Το Regret αντίθετα από το TrustNet θεωρεί την υπόληψη πολύπλευρη και παρουσιάζει το ακόλουθο παράδειγμα προς επιβεβαίωση- η φήμη μιας καλής αεροπορικής εταιρείας αποτελείται από την υπόληψη της κατοχής καλών αεροπλάνων, την υπόληψη του να μη χάνονται ποτέ αποσκευές, και την υπόληψη του σερβιρίσματος καλού φαγητού. Ανάλογα κάθε μια από αυτές τις υπολήψεις μπορεί να αποτελείται από τις υπολήψεις άλλων εξαρτώμενων παραγόντων. Οι διαφορετικοί τύποι υπολήψεων και το πώς αυτοί συνδυάζονται για να παραγάγουν τους νέους τύπους υπόληψης ορίζεται σαν *οντολογική διάσταση*. Σαφώς, δεδομένου ότι η υπόληψη είναι υποκειμενική, κάθε οντότητα χαρακτηριστικά έχει μια διαφορετική οντολογική δομή για να συνδυάσει τις υπολήψεις και έχει έναν διαφορετικό τρόπο να δώσει βαρύτητα στις διάφορες υπολήψεις όταν αυτές συνδυάζονται. Χρησιμοποιεί δηλαδή συγκεκριμένες μετρικές για τον υπολογισμό τους αποτελέσματος υπόληψης. Τέτοιου είδους μετρικές περιγράφηκαν προηγουμένως στην ενότητα 3.5.5 Συγκεκριμένα Ασαφή Μοντέλα.



Εικόνα 4.7. Ατομικές και κοινωνικές διαστάσεις της υπόληψης στο Regret

Το μοντέλο εμπιστοσύνης Regret είναι καθαρώς αποκεντρωμένο και επιτρέπει σε κάθε κόμβο να διατηρεί τοπικό έλεγχο στα δεδομένα του. Είναι ένα πληρέστερο πρότυπο εμπιστοσύνης δεδομένου ότι εξετάζει επίσης την υπόληψη της ομάδας και την οντολογική διάσταση στον υπολογισμό της υπόληψης. Αυτό αυξάνει την ευελιξία και την αξιοπιστία του Regret. Εντούτοις, είναι ακόμα περιορισμένο υπό την έννοια ότι ένας κόμβος δεν μπορεί να διασχίσει τα όρια της ομάδας του για να επηρεάσει τους κόμβους άλλων ομάδων για την υπόληψη ενός άλλου κόμβου.

Δικαιολογημένα βέβαια συμβαίνει αυτό, διότι εάν επρόκειτο να εφαρμοστεί, το μοντέλο υπόληψης θα γινόταν αρκετά σύνθετο και θα απαιτούσε τη αυξημένη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων. Επιπροσθέτως, ενώ το υπάρχον μοντέλο είναι απλό, κάθε κόμβος υποθέτει μια υπονοούμενη εμπιστοσύνη στους άλλους κόμβους που ανήκουν στην ίδια ομάδα, μένοντας εκτεθειμένος κατά συνέπεια στην κακόβουλη δραστηριότητα άλλων κόμβων εντός της ομάδος του.

Το Regret εκφράζει την εμπιστοσύνη χρησιμοποιώντας τόσο θετικά όσο και αρνητικά επίπεδα υπόληψης. Από τη στιγμή που κάθε κόμβος αποθηκεύει τις πληροφορίες ομάδας εκτός από τις δικές του πληροφορίες, πρόσθετος αποθηκευτικός χώρος απαιτείται. Οι κύριες ανεπάρκειες του Regret είναι η έλλειψη εξακρίβωσης πιστοποιητικών, τεχνικών για να προστατευθεί η ανωνυμία των χρηστών, και μηχανισμοί ανοχής λαθών. Με την ανίχνευση κακόβουλων ενεργειών, οι επηρεασθέντες κόμβοι μπορούν να τροποποιήσουν όχι μόνο την υπόληψη του κακόβουλου κόμβου αλλά και αυτών των μαρτύρων που σύστησαν τον κακόβουλο κόμβο. Αυτές οι αλλαγμένες τιμές θα προειδοποιήσουν άλλους πράκτορες στο μέλλον. Εκτός από τη χρησιμοποίηση αυτής της τεχνικής, ένας κόμβος μπορεί να συνδυάσει τις απόψεις πολλών μαρτύρων για να ανιχνεύσει παραπλανητικές συστάσεις. Όπως άλλα μοντέλα εμπιστοσύνης, η συνέργια μπορεί να αποτραπεί με τη χρησιμοποίηση του ανωτέρω κοινωνικού μηχανισμού υπόληψης, εφ' όσον ο αριθμός των καλών κόμβων είναι επαρκώς μεγαλύτερος από τον αριθμό κακόβουλων κόμβων. Νέοι κόμβοι που εντάσσονται στο σύστημα εκκινούν με μηδενική υπόληψη αλλά γρήγορα οικοδομούν την φήμη τους μέσω επιτυχών αλληλεπιδράσεων.

4.3.2.4. Ramchurn et al.

Θεωρώντας τις υποθέσεις των (Sabater και Sierra, 2001) για το ΣΔΕ REGRET έγκυρες, οι (Ramchurn et al., 2004) αναπροσαρμόζουν και καθορίζουν περαιτέρω το σύστημα δίνοντας περισσότερη έμφαση στους όρους ενός συμβολαίου (συμφωνία επίπεδου υπηρεσιών/service level agreement - SLA). Η πρόθεσή τους είναι να χτίσουν ένα μοντέλο εμπιστοσύνης που θα χρησιμοποιείται άμεσα στη διαπραγμάτευση ενός συμβολαίου. Δεδομένου ότι θεωρούν τη διαδικασία

διαπραγμάτευσης ως διαδοχική ανταλλαγή προσφορών και αντιπροσφορών, υποστηρίζουν ότι ένα πρότυπο εμπιστοσύνης μπορεί να ελαττώσει το μήκος της διαπραγμάτευσης και μπορεί να εξασφαλίσει καλύτερες διαπραγματευόμενες αξίες.

Οι προϋποθέσεις του μοντέλου είναι οι ακόλουθες: ολόκληρη η κοινωνία συντίθεται από ομάδες πρακτόρων και κάθε πράκτορας είναι μέλος μιας ομάδας. Μερικές δυναμικές σχέσεις υφίστανται μεταξύ των ομάδων. Δύο πράκτορες διαπραγματεύονται για ένα συμβόλαιο που αποτελείται από διάφορα επιμέρους ζητήματα, για κάθε ζήτημα η διαπραγμάτευση θα καθόριζε μια κοινά αποδεκτή αξία. Οι πράκτορες αναμένουν κάποιο κέρδος μετά την εφαρμογή μιας σύμβασης. Κάθε συνεργάτης σε μια σύμβαση θα πρέπει να έχει μερικές προσδοκίες για τις αξίες έκβασης των ζητημάτων. Στο περιβάλλον, όλοι οι πράκτορες πρέπει να εκπληρώσουν μερικούς *κοινωνικούς κανόνες* - κοινούς σε όλους τους πράκτορες, *κανόνες ομάδων* - κοινούς μόνο στους πράκτορες σε μια συγκεκριμένη ομάδα και *θεσμικούς κανόνες* - που προέρχονται από το περιβάλλον αλληλεπίδρασης στο οποίο οι δύο πράκτορες διαπραγματεύονται και εκτελούν τη σύμβαση. Κάθε πράκτορας αποθηκεύει το ιστορικό των συμφωνηθεισών συμβολαίων και του πλαισίου (που διαμορφώνεται από τους κανόνες) στο χρόνο που γινόταν η διαπραγμάτευση ενός συμβολαίου. Το μοντέλο εμπιστοσύνης συντίθεται από δύο συστατικά: *σιγουριά (confidence)* – ουσιαστικά αποτελεί την άμεση εμπιστοσύνη (που αποκτάται μόνο από την εμπειρία ενός πράκτορα) και *υπόληψη* – που πηγάζει από την εμπιστοσύνη που αποκτάται από το κοινωνικό περιβάλλον.

Η σιγουριά ενός πράκτορα σε ένα ζήτημα X το οποίο ελέγχεται από έναν άλλο πράκτορα είναι ένα μέτρο της βεβαιότητας που επιτρέπει στον πρώτο πράκτορα να αναμείνει ένα δεδομένο σύνολο αποκλίσεων από την επιθυμούντα έκβαση αφότου ο δεύτερος πράκτορας εκπληρώσει τους όρους του συμβολαίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η σιγουριά τόσο μικρότερες είναι οι αναμενόμενες αποκλίσεις. Η σιγουριά μπορεί να είναι κακή, μέση και καλή και κάθε μια από αυτές τις γλωσσολογικές ετικέτες συνδέεται με μια συγκεκριμένη συνάρτηση που αντιστοιχεί το σύνολο των αποκλίσεων σε στο σύνολο $[0, 1]$. Τα επίπεδα σιγουριάς για έναν πράκτορα αναφορικά με ένα ζήτημα συμβολαίου, εκτιμάται

από την ιστορία των προηγούμενων αλληλεπιδράσεων, με τη δημιουργία μιας συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας των αποκλίσεων των πρακτόρων. Υιοθετούν μια συνάρτηση ομοιότητας ανάμεσα στα αξίες των συμβολαίων προκειμένου να αποκλείσουν από το ιστορικό περιπτώσεις που δεν σχετίζονται με το πραγματικό πλαίσιο της διαπραγμάτευσης. Με αυτή την προσέγγιση αντιμετωπίζουν το πρόβλημα ενός πράκτορα που συμπεριφέρεται καλά σε ένα μακρύ ιστορικό συναλλαγών μικρής σημασίας και έπειτα συμπεριφέρεται ανέντιμα σε μία πολύ σημαντική συναλλαγή (Resnick και Zeckhauser, 2002).

Όσον αφορά την υπόληψη, έχουν μια παρόμοια άποψη όπως οι (Sabater και Sierra, 2001). Δεν εξετάζουν το πρόβλημα απόκτησης της υπόληψης από το κοινωνικό περιβάλλον, υποθέτοντας ότι κάποια μέθοδος υπάρχει για να αποκτηθεί (όπως η ζήτηση συστάσεων ή η ύπαρξη μιας κεντρικής αρχής διαχείρισης της υπόληψης για την ομάδα). Η μετρική υπόληψης είναι συνεχής, μεταξύ $[0, 1]$ και απεικονίζει την άποψη ενός πράκτορα για την υπόληψη ενός άλλου πράκτορα στο χειρισμό ενός ζητήματος μιας σύμβασης αναφορικά με ένα συγκεκριμένο επίπεδο σιγουριάς. Η υπόληψη της ομάδας υπολογίζεται συναθροιστικά όπως στο REGRET, άλλα χρησιμοποιώντας μεγαλύτερα βάρη για τις ισχυρότερες ομάδες. Η μέτρηση της υπόληψης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για έναν πράκτορα χωρίς προγενέστερη εμπειρία συναλλαγών μιας και μπορεί να βασίσει τη διαδικασία διαπραγμάτευσής του σε αυτήν. Η σιγουριά και η υπόληψη συναθροίζονται προκειμένου να ληφθεί το τελικό μοντέλο εμπιστοσύνης.

4.3.2.5. FIRE

Σύμφωνα με τους (Huynh, Jennings και Shadbolt, 2006) ένα μοντέλο εμπιστοσύνης πρέπει (1) να λάβει υπόψη μια ευρεία ποικιλία πηγών πληροφοριών, (2) οι πράκτορες πρέπει να είναι σε θέση να αξιολογήσουν την εμπιστοσύνη για τους εαυτούς τους (διανομή και τοπικός έλεγχος) και (3) το μοντέλο εμπιστοσύνης πρέπει να είναι στιβαρό και γερό. Εξετάζουν τις πρώτες 2 απαιτήσεις, χτίζοντας ένα μοντέλο εμπιστοσύνης που ενσωματώνει διάφορες πηγές πληροφοριών για να παραγάγει μια γενική αξιολόγηση της πιθανής απόδοσης ενός πράκτορα σε ανοικτά συστήματα. Συγκεκριμένα βασίζεται σε 4

διαφορετικά είδη εμπιστοσύνης: (1) εμπιστοσύνη αλληλεπίδρασης, (2) εμπιστοσύνη βασισμένη στο ρόλο, (3) υπόληψη μαρτύρων και (4) επικυρωμένη υπόληψη.

Η εμπιστοσύνη αλληλεπίδρασης χτίζεται εξετάζοντας την προηγούμενη εμπειρία των πρακτόρων, όπως στο Regret (βλέπε ενότητα 4.3.2.3). Οι εκτιμήσεις από μια προηγούμενη συναλλαγή είναι συνεχείς, επιλεγόμενες από το διάστημα τιμών $[-1, 1]$, μόνο οι X τελευταίες εκτιμήσεις όσον αφορά ένα ζήτημα και έναν άλλο πράκτορα αποθηκεύονται στην τοπική βάση δεδομένων και κατά τη συνάθροιση των προηγούμενων αξιολογήσεων υιοθετείται μια συνάρτηση απόρριψης χρόνου. Η *βασισμένη στο ρόλο εμπιστοσύνη* διαμορφώνει την εμπιστοσύνη ως αποτέλεσμα των βασισμένων στους ρόλους σχέσεων μεταξύ 2 πρακτόρων (π.χ. ανήκουν στην ίδια επιχείρηση, τη σχέση μεταξύ ενός φορέα παροχής υπηρεσιών και των χρηστών του, κ.τ.λ.). Προτείνουν μερικούς κανόνες προκειμένου να αξιολογηθεί η βασισμένη στο ρόλο εμπιστοσύνη. Αυτοί οι κανόνες είναι της ακόλουθης μορφής: εάν θεωρήσουμε 2 ρόλους, ένας κανόνας εκφράζει την αναμενόμενη απόδοση μεταξύ των πρακτόρων που ανήκουν σε αυτούς τους 2 ρόλους και την εμπιστοσύνη στην προ-αξιολογημένη αυτή προσδοκία. Η υπόληψη μάρτυρα λαμβάνεται από το κοινωνικό δίκτυο του πράκτορα, ακολουθώντας μια διαδικασία συστάσεων όπως αυτή που προτείνεται από τους (Yu και Singh, 2002), (βλέπε ενότητα 4.3.1.2). Επομένως, οι επερωτήσεις πρέπει να διαδοθούν μέσω του δικτύου προκειμένου να υπολογιστεί η υπόληψη μάρτυρα, γεγονός που υπονοεί ένα υψηλότερο κόστος εύρους ζώνης. Η επικυρωμένη φήμη ενός πράκτορα αποτελείται από διάφορες επικυρωμένες αναφορές για τη συμπεριφορά του σε μια συγκεκριμένη εργασία. Κάθε πράκτορας αποθηκεύει την δική του επικυρωμένη υπόληψη, με τη μορφή των επικυρωμένων αναφορών σχετικά με αυτόν από άλλους πράκτορες, και όταν θέλει να τις δει ένας άλλος πράκτορας, ο πράκτορας καθιστά τις αναφορές του διαθέσιμες. Από τη στιγμή που θα ζητηθεί από ένα πράκτορα να αποκαλύψει τις αναφορές που έχει για τις προηγούμενες εργασίες του, θα έχει κίνητρο να παρουσιάσει μόνο τις καλές αναφορές. Επομένως έχει νόημα να αποθηκεύσει μόνο την καλύτερη αναφορά που θα λάβει μετά από την εκπλήρωση μια συναλλαγής.

Για να αποκτήσει την τιμή εμπιστοσύνης για έναν πράκτορα, κάποιος πρέπει να αθροίσει κάθε κομμάτι της υπόληψης που αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι συγγραφείς προτείνουν την εισαγωγή βαρών σε κάθε συστατικό ώστε να απεικονιστεί η έμφαση που το μοντέλο ορίζει για κάθε μια από τις ανωτέρω πηγές πληροφοριών. Τα βάρη είναι ομαλοποιημένα. Κάθε τιμή εμπιστοσύνης συνοδεύεται από μια τιμή αξιοπιστίας που με τη σειρά της, είναι αποτελούμενη από δύο συνιστώσες: (1) μια αξιοπιστία αξιολόγησης που υπολογίζεται βάσει του βάρους που δίνεται για ένα ορισμένο συστατικό, μετρώντας με αυτόν τον τρόπο την ποιότητα της αξιοπιστίας και (2) μια αξιοπιστία απόκλισης που μετρά την αστάθεια των τιμών αξιολόγησης. Έδειξαν ότι κάθε συστατικό του μοντέλου προσθέτει μια βελτίωση στο πόσο αξιόπιστους και γρήγορους ένας πράκτορας βρίσκει τους συνεργάτες του στις συναλλαγές τους. Επιπλέον, σύγκριναν το μοντέλο με μια συγκεντρωτική προσέγγιση (που είναι υποτιθέμενη να αποδίδει καλύτερα δεδομένου ότι ολόκληρο το ποσό των πληροφοριών είναι διαθέσιμο σε ένα κεντρικό σημείο) και κατέδειξαν συγκρίσιμα επίπεδα απόδοσης.

Οι (Silaghi, Arenas και Silva, 2007) πιστεύουν ότι το FIRE είναι το πληρέστερο σύστημα εμπιστοσύνης από την σκοπιά της έρευνας συστημάτων πρακτόρων, συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα του προηγουμένως περιγραφέντων συστημάτων υπόληψης που βασίζονται στα δίκτυα πρακτόρων και περιλαμβάνοντας λίγα συμπληρωματικά κόστη καθώς τα περισσότερα συστατικά του μοντέλου απαιτούν περισσότερο αποθηκευτικό χώρο και η *υπόληψη μάρτυρα* απαιτεί κόστος εύρους ζώνης.

4.3.2.6. NodeRanking

Το NodeRanking, όπως και το Regret, χρησιμοποιεί τις κοινωνικές-κοινοτικές πτυχές των κόμβων για να καθορίσει την υπόληψη τους (Pujol et al., 2002). Οι περισσότεροι μηχανισμοί υπόληψης απαιτούν συχνή συμμετοχή και ανατροφοδότηση από τους χρήστες προκειμένου να είναι αξιόπιστοι και γεροί. Ο στόχος πίσω από συστήματα υπόληψης όπως το NodeRanking είναι να αφαιρεθεί η εξάρτηση από την ανατροφοδότηση που λαμβάνεται από άλλους χρήστες, και να ερευνηθούν αντ' αυτού άλλοι τρόποι που μπορούν να διαμορφώσουν την

υπόληψη. Το NodeRanking βλέπει το σύστημα ως κοινωνικό δίκτυο όπου κάθε κόμβος μέλος έχει μια θέση στην κοινότητα. Η θέση ενός δεδομένου μέλους μιας κοινότητας στο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις ιδιότητες για το βαθμό πραγματογνωμοσύνης του κόμβου ή την υπόληψη του. Τα μέλη που είναι εμπειρογνώμονες είναι γνωστά και μπορούν να προσδιοριστούν εύκολα ως πολυσυνδεδεμένοι κόμβοι στον γράφο του κοινωνικού δικτύου. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους κόμβους άμεσα αντί να πρέπει να προσφύγουν στις ρητές αξιολογήσεις που εκδίδονται από κάθε κόμβο.

Οι αλγόριθμος NodeRanking βοηθάει στην δημιουργία μια ταξινόμησης των τιμών υπόληψης των μελών της κοινότητας με τη χρησιμοποίηση του αντίστοιχου κοινωνικού δικτύου. Η τιμή υπόληψης που αντιστοιχίζεται σε έναν κόμβο είναι βασισμένη στην αρχή ότι κάθε κόμβος στη γραφική παράσταση έχει έναν σχετικό βαθμό εξουσίας που μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο σημαντικότητας. Όταν το σύστημα αρχίζει για πρώτη φορά, θεωρείται ότι όλοι οι κόμβοι έχουν την ίδια εξουσία. Ο αλγόριθμος NodeRanking έπειτα εκτελείται για να υπολογίσει τις τιμές εξουσίας όλων των κόμβων στο σύστημα. Το κοινωνικό δίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ως κατευθυνόμενος γράφος όπου κάθε ακμή έχει μια κατεύθυνση. Οι ακμές που ξεκινούν από έναν κόμβο καλούνται *έξω-ακμές* του και οι κόμβοι με τους οποίους τον συνδέουν καλούνται *έξω-κόμβοι* του. Ομοίως, οι ακμές που μπαίνουν σε έναν κόμβο καλούνται *μέσα-ακμές* του και οι κόμβοι από τους οποίους αρχίζουν καλούνται *μέσα-κόμβοι* του. Η κύρια ιδέα πίσω από το NodeRanking είναι ότι κάθε κόμβος έχει μια εξουσία και ένα μέρος αυτής της εξουσίας του διοχετεύεται στους έξω-κόμβους του μέσω των έξω-ακμών του. Κατά συνέπεια η εξουσία ενός κόμβου εξαρτάται από την εξουσία των μέσα-κόμβων του. Το μέτρο της εξουσίας ενός κόμβου υπολογίζεται ως συνάρτηση της συνολικής ποσότητας εξουσίας που υπάρχει στο δίκτυο και της εξουσίας των άλλων κόμβων που δείχνουν σε αυτόν. Κόμβοι που δεν δείχνονται από οποιοδήποτε άλλο κόμβο λαμβάνουν μια προεπιλεγμένη θετική τιμή εξουσίας. Οι επακόλουθες τιμές εξουσίας που αποκτώνται μετά από την εκτέλεση του αλγόριθμου NodeRanking χρησιμοποιούνται για να εξαχθεί η υπόληψη των κόμβων στην κοινότητα.

Η κύρια ανεπάρκεια του NodeRanking είναι ότι είναι συγκεντρωτικό. Ενώ ο αλγόριθμος του NodeRanking δεν απαιτεί από κάθε κόμβο να γνωρίζει για το υπόλοιπο του συστήματος, τα αποτελέσματα από κάθε κόμβο επιστρέφονται σε έναν κεντρικό κόμβο προκειμένου να κατασκευαστεί ο γράφος του κοινωνικού δικτύου. Αυτός ο κεντρικός κόμβος επερωτάται έπειτα για πληροφορίες υπόληψης από τους κόμβους. Όπως είναι φυσικό το NodeRanking κληρονομεί μειονεκτήματα έμφυτα σε οποιοδήποτε συγκεντρωτικό σχήμα, δηλαδή, μονό σημείο αποτυχίας και ζητήματα εξελισιμότητας και κλιμάκωσης του συστήματος. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία αυθεντικοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ του κεντρικού κόμβου και των υπόλοιπων κόμβων και κανένας μηχανισμός για να προστατεύσει τη μυστικότητα των κόμβων. Δεν υπάρχει κανένα σχέδιο για να αποτραπεί ένας κακόβουλος κόμβος από την παραποίηση της εξουσίας ή για να προστατεύσει το σύστημα από μια ομάδα συνεργούντων κακόβουλων κόμβων που μπορούν να δείξουν προς άλλους κόμβους της δικιάς τους κλίκας τους προκειμένου να αυξηθεί η εξουσία τους.

Το μέτρο της εξουσίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προειδοποιήσει ενάντια στους ψευδείς κόμβους. Εάν ένας κόμβος βρεθεί να προβαίνει σε ψευδείς και κακόβουλες ενέργειες, όπως η διανομή ανακριβούς γνώσης, οι κόμβοι στο σύστημα που τώρα δείχνουν σε αυτόν, θα αρχίσουν να δείχνουν σε άλλους κόμβους, μειώνοντας κατά συνέπεια την φήμη του. Το κόστος αποθήκευσης που αναλαμβάνεται από κάθε κόμβο είναι ελάχιστο. Η δικτυακή κυκλοφορία είναι μειωμένη αλλά συγκεντρώνεται γύρω από τον κεντρικό κόμβο, γεγονός που οδηγεί σε πιθανή συμφόρηση και καθυστερήσεις στην απάντηση. Κατά τρόπο ενδιαφέροντα, η αναχώρηση των κόμβων δεν έχει επιπτώσεις στην διαθεσιμότητα των πόρων επειδή κανένας κόμβος δεν αποθηκεύει οποιαδήποτε δεδομένα υπόληψης. Εντούτοις, ο γράφος του κοινωνικού δικτύου και οι αντίστοιχες τιμές υπόληψης πρέπει να υπολογιστούν ξανά για να ταιριάξουν με το τρέχων σύστημα. Κατά συνέπεια η αναχώρηση των κόμβων από το σύστημα αυξάνει τον φόρτο υπολογισμού και αποτελεί με αυτόν τον τρόπο μια απειλή στην αξιοπιστία του συστήματος. Η αξιοπιστία επηρεάζεται επίσης από το μονό σημείο αποτυχίας. Το NodeRanking ορίζει μια προεπιλεγμένη θετική τιμή εξουσίας σε έναν νέο κόμβο έτσι ώστε να αρχίζει με κάποια θετική τιμή υπόληψης και μέσω των επόμενων

αλληλεπιδράσεών του (όταν άλλοι κόμβοι χρησιμοποιούν την πραγματογνωμοσύνη του και όταν συμβουλευεται άλλους κόμβους) καθορίζει την πραγματική του εξουσία.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα

5. Συμπεράσματα

Η εμπιστοσύνη είναι μια έννοια γνωστή στον κάθε άνθρωπο. Αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό της καθημερινότητάς μας καθώς επηρεάζει τη λήψη σημαντικών ή μη αποφάσεων μας (πραγματοποίηση αγορών, προσωπικές δεσμεύσεις, διαπροσωπικές σχέσεις, επιλογές σχετικά με την εκπαίδευση την εργασία ή την καριέρα μας κ.τ.λ.). Ωστόσο η αντίληψη της εμπιστοσύνης και η αξιολόγηση των υπόλοιπων οντοτήτων σχετικά με την αξιοπιστία τους διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο ανάλογα με τα προσωπικά βιώματα, τις παρελθούσες εμπειρίες, το μορφωτικό υπόβαθρο και τον χαρακτήρα του κάθε ανθρώπου. Υποσυνείδητα και ουσιαστικά δίχως να το καταλαβαίνουμε στηρίζομαστε σε ένα πλήθος διαισθητικών στοιχείων βασισμένα στην ανθρώπινη επαφή (*seeing is believing*) (εμφάνιση, τρόπος ντυσίματος, συμπεριφορά, στάση και γλώσσα του σώματος) για να καθορίσουμε την εμπιστοσύνη μας στους άλλους. Από την στιγμή που οι ανθρώπινες δραστηριότητες μετεξελίσσονται με την ανάπτυξη του διαδικτύου και των on-line υπηρεσιών και μεταφέρονται στον ηλεκτρονικό κόσμο, το ίδιο πρέπει να συμβεί και με την εμπιστοσύνη. Όπως ακριβώς για να αλληλεπιδράσουμε με κάποιον στον πραγματικό κόσμο πρέπει να απολαμβάνει κάποιο βαθμό εμπιστοσύνης από εμάς, το ίδιο πρέπει να συμβαίνει και στον ηλεκτρονικό κόσμο. Το πρόβλημα έγκειται στο ότι εδώ απουσιάζουν όλα αυτά τα παραδοσιακά ενδεικτικά στοιχεία της εμπιστοσύνης στα οποία έχουμε μάθει να στηρίζομαστε. Εντούτοις ο ηλεκτρονικός κόσμος μας παρέχει πρόσθετες δυνατότητες που απουσιάζουν από τον πραγματικό και τις όποιες μπορούμε να εκμεταλλευτούμε στην προσπάθεια εγκαθίδρυσης σχέσεων εμπιστοσύνης ανάμεσα σε ηλεκτρονικά συναλλασσόμενες οντότητες.

Η σπουδαιότητα της εμπιστοσύνης στις υπηρεσίες και τις τεχνολογίες της πληροφορικής αυξάνεται διαρκώς στο σημερινό συνεχώς μεταβαλλόμενο διαδικτυακό περιβάλλον. Οι υπηρεσίες του Διαδικτύου χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στην καθημερινή ζωή για ηλεκτρονικές συναλλαγές, πρόσβαση πληροφοριών βασισμένη στον Ιστό και διαπροσωπικές αλληλεπιδράσεις μέσω ηλεκτρονικών μέσων, αλλά υπάρχει ακόμα σημαντική ανησυχία σχετικά με την εμπιστοσύνη αυτών των υπηρεσιών. Η εμπιστοσύνη είναι ένα ζωτικής σημασίας συστατικό σε κάθε διαδικτυακή συναλλαγή. Οι πελάτες πρέπει να εμπιστευθούν ότι οι πωλητές θα παρέχουν τις υπηρεσίες που διαφημίζουν, και ότι δεν θα αποκαλύψουν τις ιδιωτικές τους πληροφορίες (όνομα, η διεύθυνση, στοιχεία πιστωτικών καρτών, ιστορικό αγορών κ.λπ.). Η εμπιστοσύνη στην ικανότητα και την τιμότητα του προμηθευτή θα επηρεάσει την απόφαση του πελάτη ως προς το ποιον προμηθευτή να επιλέξει. Οι πωλητές πρέπει να εμπιστεύονται ότι ο αγοραστής είναι σε θέση να πληρώσει για τα αγαθά ή τις υπηρεσίες. Κατά συνέπεια, για να μπορέσουν οι διαδικτυακές υπηρεσίες να επιτύχουν τα ίδια επίπεδα αποδοχής όπως στην παραδοσιακή μορφή τους, π.χ. ηλεκτρονικό εμπόριο, η εμπιστοσύνη πρέπει να είναι να είναι ένα αναπόσπαστο στοιχείο των εφαρμογών Διαδικτύου. Η ανάπτυξη της εμπιστοσύνης μεταξύ επιχειρήσεων, καταναλωτών των και υπόλοιπων συμμετεχόντων στον διαδικτυακό κόσμο θεωρείται ιδιαίτερα κρίσιμη για την επέκταση του ηλεκτρονικού εμπορίου, των δικτύων P2P, των ηλεκτρονικών κοινοτήτων και των υπόλοιπων ηλεκτρονικών υπηρεσιών και την εκμετάλλευση του συνόλου των τεχνολογικών εξελίξεων σε αυτήν την περιοχή.

Εντούτοις, ο τρόπος με τον οποίο η εμπιστοσύνη μπορεί να κερδηθεί σε αυτό το πλαίσιο δεν έχει γίνει ακόμη ξεκάθαρα κατανοητός. Υπάρχει επομένως ανάγκη για ένα κοινό πλαίσιο ή γλώσσα που θα υποστηρίξουν μια κοινή κατανόηση της έννοιας της εμπιστοσύνης και θα επιτρέψουν την επεξεργασία των απαιτήσεων των διαφορετικών συμμετεχόντων. Είναι επιτακτικό να αναπτυχθούν υψηλού επιπέδου μέσα προσδιορισμού και διαχείρισης της εμπιστοσύνης, τα οποία να μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στις εφαρμογές και να χρησιμοποιηθούν σε οποιαδήποτε πλατφόρμα. Μπορούν να υπάρξουν διάφορα επίπεδα εμπιστοσύνης συνδεδεμένα με τη συναλλαγή με βάση την αξία της συναλλαγής, η οποία μπορεί να

εξαρτηθεί από παράγοντες όπως ο εμπλεκόμενος σχετικός κίνδυνος, οι πληροφορίες που αποκαλύπτονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας (μυστικότητα και εμπιστευτικότητα) κ.λπ. Περαιτέρω, τα ΣΔΕ δεν πρέπει να επιβαρύνουν το χρήστη καθώς ένα τέτοιο γεγονός θα λειτουργούσε αντίθετα προς την αποδοχή των ηλεκτρονικών και διαδικτυακών υπηρεσιών. Να τονιστεί και πάλι, ότι είναι επιβεβλημένο τα μοντέλα εμπιστοσύνης να είναι κλιμακούμενα μιας και ο όγκος των συναλλαγών στο Διαδίκτυο είναι αμετάβλητα μεγάλος. Επομένως υφίσταται μια επείγουσα και αδήριτη ανάγκη για την ανάπτυξη ΣΔΕ που να μπορούν να ανταπεξέλθουν με επιτυχία στις παραπάνω απαιτήσεις.

Το κύριο κίνητρο στη μελέτη της διαχείρισης της εμπιστοσύνης είναι να βοηθήσει τον καταναλωτή για να λάβει ενημερωμένες αποφάσεις. Η μετανάστευση από τα συγκεντρωτικά και κεντρικοποιημένα συστήματα πληροφοριών στις διαδικτυακές εφαρμογές σημαίνει ότι συναλλαγές πρέπει να επεκταθούν σε μια σειρά περιοχών και οργανώσεων (Khare και Rifkin, 1998), τις οποίες μια οντότητα δεν εμπιστεύεται στον ίδιο βαθμό. Στο χρόνο από την πρώτη εμφάνιση του όρου διαχείριση εμπιστοσύνης στη σχετική βιβλιογραφία (Blaze, Feigenbaum και Lacy, 1996), η έννοια έχει κερδίσει την ευρεία αποδοχή στην ερευνητική κοινότητα της ασφάλειας υπολογιστικών συστημάτων. Η διαχείριση εμπιστοσύνης έχει διάφορα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις της ασφάλειας όπως οι κατανομημένες λίστες ελέγχου πρόσβασης, οι κωδικογραμμένες πολιτικές ασφάλειας, και τα γενικά πιστοποιητικά ταυτότητας. Ένα ΣΔΕ παρέχει άμεση έγκριση ενεργειών κρίσιμων για την ασφάλεια και αποσυνδέει το πρόβλημα του καθορισμού πολιτικών και εξουσιοδοτήσεων από αυτό της απλής διανομής πιστοποιητικών.

Στην ερευνά μας αρχικά εξετάσαμε την έννοια της εμπιστοσύνης από τη θεωρητική της σκοπιά σε μια προσπάθεια αποσαφήνισης της. Μελετήσαμε τους ποικίλους ορισμούς της, τις ιδιότητες της, τις διάφορες κλάσεις και σκοπούς της και το πώς αυτά συνδέονται με την προσπάθεια ανάπτυξης μετρικών της που αργότερα θα χρησιμοποιηθούν στα ΣΔΕ στην προσπάθεια για έναν όσο το δυνατόν ακριβέστερο υπολογισμό της. Στη συνέχεια πράξαμε το ίδιο και για την άρρηκτα συνδεδεμένη με την εμπιστοσύνη έννοια της υπόληψης εμβαθύνοντας

ακόμη παραπάνω στις αρχιτεκτονικές και στη λειτουργία των μηχανών υπολογισμού της υπόληψης καθώς και στα προκύπτοντα προβλήματα και στις προτεινόμενες λύσεις τους. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι η υπόληψη μιας οντότητας είναι η αξιοπιστία αυτής της οντότητας, στην ειδική εκείνη περίπτωση όπου αυτή αξιολογείται βάσει των δεδομένων προγενέστερης συμπεριφοράς. Έπειτα επιχειρήσαμε μια λεπτομερή καταγραφή και ανάλυση των περισσότερων και σημαντικότερων ΣΔΕ και υπόληψης και μια προσπάθεια ταξινόμησης τους βάση διάφορων χαρακτηριστικών τους. Κατά τη γνώμη μας το σημαντικότερο συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι παρά το πλήθος των ερευνητών που καταπιάνονται με το ζήτημα υπάρχει μια έλλειψη συνάφειας και συνοχής τόσο αναφορικά με το θεωρητικό πλαίσιο της εμπιστοσύνης και της υπόληψης, όσο και με τους προτεινόμενους μηχανισμούς διαχείρισης εμπιστοσύνης και υπόληψης. Υπάρχουν βέβαια και προσπάθειες συγκέντρωσης και οργάνωσης της σχετικής με την εμπιστοσύνη έρευνας όπως αυτή των (Artz και Gil, 2007) όπου παρέχεται ένας αναλυτικός πίνακας με μια ταξινομημένη καταγραφή των κύριων ερευνητικών εργασιών στον τομέα της διαχείρισης εμπιστοσύνης. Ωστόσο, ειδικά στο κομμάτι των συστημάτων αυτή η σύγχυση γίνεται εντονότερη. Οι περισσότεροι ερευνητές προτείνουν μοντέλα κατασκευασμένα εξ' αρχής δίχως να λαβαίνουν υπόψη τους προηγούμενα μοντέλα και να προσπαθούν να επεκτείνουν τις δυνατότητες τους. Σαν αποτέλεσμα η ταξινόμηση των ΣΔΕ αποτέλεσε ίσως την πιο επίπονη διαδικασία στην παρούσα εργασία.

Ταξινομήσαμε τα συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης σε τρεις αρχικές κατηγορίες (βλέπε ενότητα 4. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης και οι Εφαρμογές τους): βασισμένα σε πιστοποιητικά και πολιτικές, βασισμένα στην υπόληψη, και βασισμένα στο κοινωνικό δίκτυο. Τα βασισμένα σε πιστοποιητικά και πολιτικές συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης στηρίζονται στην υπόθεση ότι οι φορείς παροχής υπηρεσιών και οι υπηρεσίες τους είναι πλήρως εμπιστευμένες, ενώ οι αιτούντες των πόρων δεν μπορούν να θεωρηθούν εκ των προτέρων αξιόπιστοι. Επομένως, οι φορείς παροχής υπηρεσιών χρησιμοποιούν τα πιστοποιητικά και τις πολιτικές για να καθορίσουν το επίπεδο εμπιστοσύνης που θα δείξουν προς τους αιτούντες και κατά συνέπεια τον βαθμό πρόσβασης τους στους πόρους και τις υπηρεσίες. Από την άλλη, τα βασισμένα στην υπόληψη

συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης, εστιάζουν στον καθορισμό της αξιοπιστίας των προμηθευτών των πόρων και των φορέων παροχής υπηρεσιών είτε μέσω των άμεσων αλληλεπιδράσεων είτε μέσω των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους άλλους συμμετέχοντες του συστήματος. Σε τέτοια συστήματα, είναι οι αιτούντες, και όχι οι κάτοχοι, των πόρων που είναι αρμόδιοι για την απόκτηση πληροφοριών για την υπόληψη των προμηθευτών των πόρων. Ο τρίτος τύπος συστημάτων διαχείρισης εμπιστοσύνης είναι βασισμένα στα κοινωνικά δίκτυα και στηρίζονται στις υπάρχουσες κοινωνικές σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων και τους διάφορους ρόλους που διαδραματίζονται από αυτούς προκειμένου να καθοριστεί η υπόληψη μιας οντότητας. Λόγω της φύσης του να χρησιμοποιεί τις κοινωνικές σχέσεις, ένα σύστημα εμπιστοσύνης βασισμένο στο κοινωνικό δίκτυο μπορεί να βρει εφαρμογή σε συγκεκριμένες μόνο κοινότητες.

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης μπορούν να περιγραφούν ως εξής: Τα συστήματα εμπιστοσύνης παράγουν ένα αποτέλεσμα που αντανάκλα την υποκειμενική άποψη του εξαρτώμενου συμβαλλόμενου μέρους για την αξιοπιστία μιας άλλης οντότητας, ενώ τα συστήματα υπόληψης παράγουν ένα (δημόσιο) αποτέλεσμα υπόληψης μιας οντότητας όπως αυτό γίνεται αντιληπτό από ολόκληρη την κοινότητα. Αφετέρου, η μεταβατικότητα είναι ρητό συστατικό στα συστήματα εμπιστοσύνης, ενώ τα συστήματα φήμης συνήθως παίρνουν τη μεταβατικότητα μόνο σιωπηρά υπόψη. Επιπλέον, τα συστήματα εμπιστοσύνης λαμβάνουν συνήθως υποκειμενικά και γενικά μέτρα της εμπιστοσύνης (αξιοπιστίας) ως είσοδο, ενώ πληροφορίες ή οι αξιολογήσεις σχετικά με συγκεκριμένα και αντικειμενικά γεγονότα όπως οι συναλλαγές, χρησιμοποιούνται ως εισαγωγή στη συστήματα υπόληψης. Επιπροσθέτως τα ΣΔΕ που βασίζονται σε πιστοποιητικά και πολιτικές παρέχοντας άμεση έγκριση ενεργειών κρίσιμων για την ασφάλεια και αποσυνδέοντας το πρόβλημα του καθορισμού πολιτικών και εξουσιοδοτήσεων από αυτό της απλής διανομής πιστοποιητικών να μεν παρουσιάζουν διάφορα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις της ασφάλειας όπως οι κατανεμημένες λίστες ελέγχου πρόσβασης αλλά απαιτούν την ύπαρξη μιας κεντρικής αρχής και κατά συνέπεια δεν ενδείκνυνται για αποκεντρωμένα περιβάλλοντα. Σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο (κατάσταση

μηδενικής διαμόρφωσης) όπως τα δίκτυα ομότιμων κόμβων (P2P) τα ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη ταιριάζουν ιδανικά. Οι χρήστες μπορούν να δουν από που φθάνουν οι πληροφορίες, καθώς επίσης και ανταλλάξουν απόψεις σχετικά με τις πληροφορίες που έχουν αποκτήσει και τους κόμβους από τους οποίους προέρχονται. Αυτές οι προσωπικές απόψεις μπορούν να συλλεχθούν, να ανταλλαχθούν, και να αξιολογηθούν. Επιπλέον, αυτές οι απόψεις, όταν αξιολογούνται, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατευθυντήριες γραμμές για την μετέπειτα αναζήτηση πληροφοριών, και τη σύσταση πηγών πληροφοριών δημιουργώντας κατ' επέκταση ένα αποκεντρωμένο, εξατομικευμένο δίκτυο πληροφοριών (*Web-of-Trust*). Κάθε χρήστης μιας τέτοιας αποκεντρωμένης διαμόρφωσης θα αναπτύξει μια υπόληψη μεταξύ των υπόλοιπων κόμβων. Η εμπιστοσύνη μετατρέπεται σε ένα κοινωνικό συμβόλαιο με κοινωνικές επιπτώσεις για τους συμμετέχοντες.

Τα ΣΔΕ που βασίζονται σε κοινωνικά δίκτυα τώρα ουσιαστικά είναι συστήματα υπόληψης, υπό την έννοια ότι και αυτά παράγουν ένα γενικό αποτέλεσμα υπόληψης, που χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό κοινωνικά κριτήρια θεωρώντας το σύνολο των χρηστών ως μια κοινότητα και χρησιμοποιώντας τις κοινωνικές-κοινωνικές πτυχές των κόμβων και τη θέση τους στην κοινότητα για να υπολογίσουν την υπόληψη και κατ' επέκταση την αξία εμπιστοσύνης ενός κόμβου. Γι αυτό το λόγο ορισμένοι συγγραφείς (Silaghi, Arenas και Silva, 2007) εντάσσουν αυτά τα συστήματα (π.χ. REGRET) σε υποκατηγορίες των ΣΔΕ που βασίζονται στην υπόληψη⁶⁰. Από την άλλη, επειδή τέτοιου είδους συστήματα βασίζονται στα κοινωνικά χαρακτηριστικά των σχέσεων ανάμεσα στις οντότητες χρησιμοποιώντας το άμεσο δίκτυο των γειτόνων ενός κόμβου, κυρίως υπό τη μορφή συστάσεων για να καθορίσουν την υπόληψη αυτού του κόμβου, άλλοι μελετητές (Suryanarayana και Taylor, 2004) δημιουργούν μια ξεχωριστή κατηγορία για τέτοια συστήματα (π.χ. REGRET)⁶¹. Παρότι στην παρούσα εργασία ακολουθήσαμε την δεύτερη προσέγγιση διότι θεωρήσαμε ιδιαίτερα σημαντικό το γεγονός ότι τα συστήματα αυτού του είδους προσπαθούν να βρουν εναλλακτικούς

⁶⁰ Βλέπε ενότητα 4.2 Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα στην Υπόληψη.

⁶¹ Βλέπε ενότητα 4.3. Συστήματα Διαχείρισης Εμπιστοσύνης Βασισμένα σε Κοινωνικά Δίκτυα.

τρόπους για να καθορίσουν την υπόληψη ενός μέλους μιας κοινότητας σε μια προσπάθεια απεξάρτησης από την ανατροφοδότηση μετά από τη συναλλαγή, **δεν** μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η πρώτη προσέγγιση είναι λάθος, καθώς τα συστήματα αυτά παράγουν εμπιστοσύνη υπολογίζοντας αποτελέσματα υπόληψης. Όπως προαναφέραμε στις ενότητες 4 και 4.3, η επιλογή εξαρτάται από το ποια χαρακτηριστικά των συστημάτων θεωρεί κάποιος ως περισσότερο σημαντικά και από την σκοπιά που τα εξετάζει. Τα συστήματα που βασίζονται στο κοινωνικό δίκτυο χωρίζονται σε δύο κύριες υποκατηγορίες συστημάτων. Αυτά που βασίζονται σε δίκτυα συστάσεων, στα οποία η οντότητα προσπαθεί να εκμεταλλευτεί το κοινωνικό της δίκτυο προκειμένου να λάβει συστάσεις από αυτό και τα συστήματα εκείνα που βασίζονται σε δίκτυα πρακτόρων και στα κοινωνικά τους χαρακτηριστικά. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των συστημάτων της δεύτερης υποκατηγορίας χρησιμοποιεί τη μέθοδο του δικτύου συστάσεων για την παραγωγή αποτελεσμάτων υπόληψης, αλλά επειδή έχουν προταθεί από την ερευνητική κοινότητα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων (*Multi Agents Systems - MAS*) με κύριο γνώμονα την εξυπηρέτηση τέτοιων συστημάτων εντάσσονται σε αυτήν την διαφορετική υποκατηγορία. Το γεγονός λοιπόν ότι επικρατεί μια σχετική σύγχυση και ασάφεια στον ερευνητικό τομέα της διαχείρισης εμπιστοσύνης τόσο σε θεωρητικό επίπεδο όσο και στην ανάπτυξη των διάφορων μοντέλων **αντικατοπτρίζεται ξεκάθαρα σε αυτήν την δυσκολία κατηγοριοποίησης των ΣΔΕ**. Κατά τη γνώμη μας το σύστημα που εκπροσωπεί καλύτερα την κατηγορία των ΣΔΕ που βασίζονται στο κοινωνικό δίκτυο είναι το NodeRanking (ενότητα 4.3.2.6) καθώς αυτό χρησιμοποιεί τη θέση ενός κόμβου για να καθορίσει την υπόληψη του. Μάλιστα δεν βασίζεται σε δίκτυα συστάσεων αλλά χρησιμοποιεί ένα μοντέλο ροής (βλέπε ενότητα 3.5.6) για τον υπολογισμό της τιμής υπόληψης ενός κόμβου. Ωστόσο πάσχει από τη πολύ σημαντική ανεπάρκεια του να είναι συγκεντρωτικό και κατά συνεπεία να μην ενδείκνυται ιδιαίτερος για αποκεντρωμένα περιβάλλοντα

Πέρα από την δυσκολία διάκρισης ανάμεσα σε αυτούς τους δύο τύπους συστημάτων, μπορούν φυσικά να υπάρξουν συστήματα εμπιστοσύνης που

ενσωματώνουν τα στοιχεία των συστημάτων υπόληψης και αντίστροφα⁶², έτσι ώστε δεν είναι πάντοτε σαφές πώς τα δεδομένα συστήματα πρέπει να κατηγοριοποιηθούν. Οι περιγραφές και η κατηγοριοποίηση των διάφορων συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης που μελετήθηκαν προηγουμένως πρέπει επομένως να αποτιμηθούν λαμβάνοντας αυτό το γεγονός υπόψη. Ορισμένοι συγγραφείς βέβαια έχουν δοκιμάσει να συμβάλλουν στην ανάπτυξη μιας αυστηρής πειθαρχίας για τον σχεδιασμό των μηχανισμών διαχείρισης εμπιστοσύνης στις on-line κοινότητες (Dellarocas, 2002). Η σημασία της ύπαρξης μιας τέτοιας πειθαρχίας είναι αδιαφιλονίκητη: η εμπιστοσύνη είναι μια προϋπόθεση για τη συνεχή ύπαρξη οποιοδήποτε αγοράς και εκπολιτισμένη κοινότητας γενικά. Επιπλέον, διάφορες ιδιότητες των ηλεκτρονικών αλληλεπιδράσεων προκαλούν τη συσσωρευμένη σοφία των κοινοτήτων μας στο πώς παράγετε η εμπιστοσύνη και απαιτούν την ανάπτυξη νέων μηχανισμών και συστημάτων.

Από μια κοινοτική προοπτική, η παραγωγή της εμπιστοσύνης, επομένως, απαιτεί την ύπαρξη μηχανισμών που βοηθούν τους πράκτορες να αξιολογήσουν με ακρίβεια την αξιοπιστία άλλων πρακτόρων. Οι παραδοσιακές κοινότητες χρησιμοποιούν ποικίλους μηχανισμούς για αυτόν το σκοπό, συμπεριλαμβανομένης της καθιέρωσης κανόνων συμπεριφοράς που υποστηρίζονται από τις θεσμικές εγγυήσεις, της χρήσης έμμεσων διαισθητικών στοιχείων και τη διάδοση των δεδομένων προηγούμενης συμπεριφοράς ως τρόπο πρόβλεψης της μελλοντικής συμπεριφοράς μιας οντότητας. Από αυτές τις κατηγορίες μηχανισμών, οι θεσμικές εγγυήσεις και η εξάρτηση στα έμμεσα διαισθητικά στοιχεία είναι οι λιγότεροι ενδεικνυόμενοι σ' αυτό το στάδιο εξέλιξης των on-line κοινοτήτων. Αφ' ετέρου, η δυνατότητα των on-line κοινοτήτων να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται τις πλήρεις και εξακριβωμένες πληροφορίες αναφορικά με όλες τις συναλλαγές που μεσολαβούν αυτές, τις καθιστούν ιδανικά κατάλληλες για τη χρησιμοποίηση των παρελθοντικών στοιχείων συμπεριφοράς (πληροφορίες υπόληψης) ως βάση για την οικοδόμηση της εμπιστοσύνης.

⁶² Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων αποτελούν τα XenoTrust (ενότητα 4.2.5), που χρησιμοποιεί τόσο μια κεντρική αρχή πιστοποιητικών όσο και βασισμένη στην υπόληψη εμπιστοσύνη που χτίζεται μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κόμβων, και άλλα ΣΔΕ που ενσωματώνουν δίκτυα συστάσεων, PKIs, τιμές υπόληψης (βλέπε ενότητα 4).

Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις διαφορές μεταξύ των παραδοσιακών και των on-line κοινοτήτων αναφορικά με το πώς είναι η εμπιστοσύνη και η υπόληψη και το πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Αρχικά, όπως ήδη έχει αναφερθεί, τα παραδοσιακά διαισθητικά ενδεικτικά στοιχεία της εμπιστοσύνης και της υπόληψης τα οποία παρατηρούμε στον φυσικό κόσμο απουσιάζουν από τα on-line περιβάλλοντα, οπότε ηλεκτρονικά υποκατάστατα τους χρειάζονται. Αφετέρου, η επικοινωνία και ο διαμοιρασμός των σχετικών με την εμπιστοσύνη και την υπόληψη πληροφοριών είναι σχετικά δύσκολοι και περιορισμένοι στις τοπικές κοινότητες στον φυσικό κόσμο, ενώ αντιθέτως τα πληροφοριακά συστήματα συνδυασμένα με το Διαδίκτυο μπορούν να εξελιχθούν είναι για να σχεδιαστούν εξαιρετικά αποδοτικά συστήματα για την ανταλλαγή και τη συλλογή τέτοιων πληροφοριών σε παγκόσμια κλίμακα. Παρακινούμενοι από αυτές τις βασικές παρατηρήσεις, οι στόχοι της έρευνας στα συστήματα εμπιστοσύνης και υπόληψης πρέπει να είναι:

- i. Η εύρεση επαρκών ηλεκτρονικών υποκατάστατων των παραδοσιακών διαισθητικών ενδεικτικών στοιχείων της εμπιστοσύνης και της υπόληψης που χρησιμοποιούνται στον φυσικό κόσμο, και ο προσδιορισμός νέων πληροφοριακών στοιχείων (συγκεκριμένων για μια ορισμένη on-line εφαρμογή) που είναι κατάλληλα για παραγωγή μετρικών της εμπιστοσύνης και της υπόληψης.
- ii. Εκμετάλλευση των πληροφοριακών συστημάτων και του Διαδικτύου για να δημιουργηθούν αποδοτικά συστήματα για τη συλλογή αυτών των πληροφοριών και για την παραγωγή μετρικών εμπιστοσύνης και υπόληψης, προκειμένου να υποστηριχθεί η λήψη αποφάσεων και η βελτίωση της ποιότητας των on-line αγορών.

Αυτές οι απλές αρχές προσκαλούν την αυστηρή έρευνα προκειμένου να απαντηθούν μερικές θεμελιώδεις ερωτήσεις: Ποια στοιχεία αυτών των πληροφοριών είναι τα καταλληλότερα για την παραγωγή εμπιστοσύνης και υπόληψης σε μια δεδομένη εφαρμογή; Πώς μπορούν αυτά τα στοιχεία πληροφοριών να συλλέγονται και να διαδίδονται; Ποιες είναι οι καλύτερες αρχές για τον σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων τόσο από θεωρητική άποψη όσο και από την άποψη δυνατότητας χρησιμοποίησης και ευχρηστίας; Μπορούν αυτά τα

συστήματα να γίνουν ανθεκτικά στις στρατηγικές επιθέσεις χειρισμού τους και κατ' επέκταση επηρεασμού των αποτελεσμάτων υπόληψης και εμπιστοσύνης από κακόβουλες συνεργαζόμενες οντότητες; Με ποιό τρόπο πρέπει να συμπεριλάβουν οι χρήστες τις παρεχόμενες από τέτοια συστήματα πληροφορίες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων τους; Ποιος ρόλος μπορεί να διαδραματιστεί αυτά τα συστήματα στο επιχειρησιακό μοντέλων των εμπορικών εταιρειών; Βελτιώνουν αληθινά την ποιότητα του on-line εμπορίου και των αλληλεπιδράσεων τα ΣΔΕ; Αυτές είναι σημαντικές ερωτήσεις που χρειάζονται καλές απαντήσεις προκειμένου να καθοριστεί η μελλοντική δυναμική για τα συστήματα εμπιστοσύνης και υπόληψης on-line περιβάλλοντα.

Ένας από τους στόχους της παρούσης εργασίας ήταν να περιγραφεί και να αναλυθεί η πρόοδος και η εξέλιξη των συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης και ειδικότερα των πιο πρόσφατων τελευταίας τεχνολογίας. Οι (Dingledine, Freedman και Molnar, 2000) έχουν προτείνει το ακόλουθο σύνολο βασικών κριτηρίων για την κρίση της ποιότητας και της υγείας των μηχανισμών υπολογισμού υπόληψης.

- *Ακρίβεια για την μακροχρόνια απόδοση μιας οντότητας.* Τα αποτελέσματα του συστήματος πρέπει να αντικατοπτρίζουν την σιγουριά του. Το σύστημα επίσης πρέπει να έχει την ικανότητα να διακρίνει μεταξύ μιας νέας οντότητας άγνωστου ποιότητας, και μιας οντότητας με κακή μακροχρόνια απόδοση.
- *Έμφαση προς την τρέχουσα συμπεριφορά μιας οντότητας.* Το σύστημα πρέπει να αναγνωρίσει και να αντανακλά τις πρόσφατες τάσεις στην απόδοση των οντοτήτων. Παραδείγματος χάριν, μια οντότητα που έχει συμπεριφερθεί καλά για πολύ αλλά ξαφνικά πέφτει η απόδοση της πρέπει να προσδιορίζεται γρήγορα ως αναξιόπιστη
- *Ευρωστία ενάντια στις επιθέσεις.* Το σύστημα πρέπει να αντισταθεί στις προσπάθειες των οντοτήτων να χειριστούν με κακόβουλο τρόπο τα αποτελέσματα υπόληψης.
- *Ομαλότητα.* Η προσθήκη οποιασδήποτε απλής εκτίμησης δεν πρέπει να επηρεάζει σημαντικά το αποτέλεσμα.

Τα κριτήρια (1), (2) και (4) ικανοποιούνται εύκολα από τις περισσότερες μηχανές υπόληψης εκτός από τις πιο απλοϊκές, όπως η λήψη ενός αποτελέσματος υπόληψης ως ποσό των θετικών μείον τις αρνητικές εκτιμήσεις όπως στο σχήμα ανατροφοδότησης του eBay. Το κριτήριο (3), αφ' ετέρου, πιθανώς δεν θα λυθεί ποτέ εντελώς επειδή πάντα θα ανακαλύπτονται νέες και απρόβλεπτες επιθέσεις για τις οποίες νέες λύσεις θα πρέπει να βρίσκονται.

Τα προβλήματα των άδικων εκτιμήσεων (ενότητα 3.6.3) και τους γεμίματος κάλπης (ενότητα 3.6.7) είναι πιθανώς τα πιο δύσκολα να λυθούν σε οποιοδήποτε σύστημα υπόληψης που είναι βασισμένο στις υποκειμενικές εκτιμήσεις από τους συμμετέχοντες, και μεγάλος αριθμός ερευνητών δουλεύει πάνω σε αυτό στην ακαδημαϊκή κοινότητα⁶³. Ειδικά στις καταστάσεις όπου η εκτίμηση της υπόληψης είναι βασισμένη μόνο στις πρόσφατα υποβληθείς εκτιμήσεις η συσσώρευση άδικων αξιολογήσεων δύναται να οδηγήσει σε δριμείς διαστρεβλώσεις στα αποτελέσματα της υπόληψης. Σύμφωνα με τον (Dellarocas, 2002) τα προβλήματα αυτά μαζί με αυτό της ανάγκης που αντιμετωπίζει κάθε χρήστης για μετάφραση των αξιολογήσεων άλλων χρηστών στο δικό του σύστημα αξιών (βλέπε ενότητες 3.4.1, 3.4.2) είναι οι σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει ένα ΣΔΕ που βασίζεται στην υπόληψη. Αντί να υπάρχει μια λύση που θα λειτουργεί καλά σε όλες τις καταστάσεις θα υπάρχουν πολλαπλές τεχνικές με και τις ανταλλαγές και συμβιβασμούς ανάμεσα σε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ορισμένες τεχνικές για την ανοσοποίηση των on-line συστημάτων υπόληψης ενάντια στις άδικες αξιολογήσεις είναι αυτές που αναλύονται στην ενότητα 3.7.

Η έλλειψη κινήτρων να για την παροχή εκτιμήσεων είναι επίσης ένα θεμελιώδες πρόβλημα, επειδή συχνά δεν υπάρχει κανένας λογικός λόγος για την παροχή ανατροφοδότησης. Μεταξύ των εμπορικών on-line συστημάτων υπόληψης που λαμβάνουν υπόψη τις αξιολογήσεις των χρηστών, οικονομικά κίνητρα παρέχονται μόνο από το Epinions (σκληρά μετρητά) και BizRate (έκπτωση τιμών), όλοι οι

⁶³ Υπενθυμίζουμε εδώ την άρρηκτη σχέση μεταξύ αυτών των δύο προβλημάτων καθώς και τη διττή σημασία του όρου γέμισμα κάλπης. Για περισσότερες πληροφορίες ο αναγνώστης παραπέμπεται στις αντίστοιχες ενότητες (3.6.3, 3.6.7)

άλλοι ιστοτόποι ή δεν παρέχουν καθόλου κίνητρα ή παρέχουν μόνο μη υλικά κίνητρα υπό μορφή θέσης ή τάξης.

Ένα άλλο πρόβλημα κοινό σχεδόν σε όλα τα μοντέλα εμπιστοσύνης που προσδιορίζονται από την έρευνά μας (του19) είναι η απουσία τεχνικών για να διατηρηθεί η ανωνυμία των κόμβων. Όπως περιγράφεται νωρίτερα στην ενότητα 3.2 , η ανωνυμία και η εμπιστοσύνη έχουν μια έμφυτη ανταλλαγή, ενώ η ύπαρξη ελεγχόμενης ανωνυμίας σε ένα σύστημα μπορεί να το προστατέψει από τις επιδράσεις των αρνητικών άδικων εκτιμήσεων (βλέπε ενότητα 3.7.1). Εντούτοις, η ερευνητική κοινότητα αντιλαμβάνεται ότι η προστασία της ανωνυμίας των κόμβων πρέπει να είναι μια ουσιαστική ικανότητα οποιουδήποτε μοντέλου εμπιστοσύνης ειδικά στην περίπτωση των ανοικτών αποκεντρωμένων συστημάτων. Κατά συνέπεια, οι αρχικές μελέτες ήταν στην κατεύθυνση της διερεύνησης της ανταλλαγής μεταξύ της ανωνυμίας και της εμπιστοσύνης (Seigneur και Jensen, 2004). Διάφορες προσεγγίσεις για να επιτύχουν μια ισορροπία μεταξύ της εμπιστοσύνης και της ανωνυμίας έχουν επίσης προταθεί από τους (Dingledine et al., 2003; Bussard et al., 2004; Pavlov et al., 2004). Ενώ αυτές οι εκθέσεις εμφανίζονται ελπιδοφόρες, πιστεύουμε ότι ουσιαστική εργασία απαιτείται περαιτέρω σε αυτήν την περιοχή.

Η ανάλυση των προτεινόμενων τεχνικών αντιμετώπισης των διάφορων προβλημάτων που απαντώνται στα ΣΔΕ έχει οδηγήσει σε διάφορες σημαντικές οδηγίες για το σχεδιασμό των τρεχουσών και μελλοντικών ηλεκτρονικών αγορών και των συστημάτων υπόληψης τους:

- Είναι σημαντικό να υπάρχει η ικανότητα επικύρωσης της ταυτότητας αυτών που παρέχουν αξιολογήσεις. Μη αυθεντικοποιημένες κοινότητες είναι τρωτές στις επιθέσεις πλημμυρίσματος άδικων εκτιμήσεων.
- Η απόκρυψη της (επικυρωμένης) ταυτότητας των αγοραστών και των πωλητών μεταξύ τους μπορεί να αποτρέψει τις αρνητικές άδικες εκτιμήσεις και τη μεροληπτική συμπεριφορά. Ηλεκτρονικές αγορές και δίκτυα P2P μπορούν να θεωρήσουν την προσθήκη αυτής της λειτουργίας στο σύνολο των υπηρεσιών που παρέχουν στα μέλη τους.

- Η πολιτική αρχικοποίησης υπόληψης για τους νέους πωλητές είναι κρίσιμη παρουσία άδικων αξιολογητών. Μια πολιτική ελάχιστης αρχικής υπόληψης καθιστά τους νεοεισερχόμενους στο σύστημα τρωτούς σε επιθέσεις συκοφάντησης⁶⁴. Αφ' ετέρου μια πολιτική, η οποία περιλαμβάνει τις αμοιβές εισόδων (ή τις καταθέσεις ασφάλειας) και μια μέση αρχική υπόληψη, λειτουργεί καλά από κοινού με τις προτεινόμενες τεχνικές ανοσοποίησης.

Τα μοντέλα εμπιστοσύνης και υπόληψης που παρουσιάζονται σε αυτήν την μελέτη καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και είναι βασισμένα σε πολλούς διαφορετικούς τύπους μηχανισμών, και δεν υπάρχει μια απλή ενιαία λύση που θα είναι κατάλληλη σε όλα τα πλαίσια και τις εφαρμογές. Κατά τη σχεδιασμό και την υλοποίηση νέων συστημάτων, είναι απαραίτητο να εξεταστούν οι περιορισμοί και το είδος πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αξιολογήσεις εισόδου. Εντούτοις, τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα δεν έχουν χτιστεί βάσει ενός αυστηρού πλαισίου της εμπιστοσύνης και της οικοδόμησης της εμπιστοσύνης. Επομένως προκειμένου να δημιουργηθούν αξιόπιστα on-line συστήματα υπόληψης ένας αριθμός ζητημάτων πρέπει να αντιμετωπιστεί ικανοποιητικά. Αυτά τα ζητήματα περιλαμβάνουν:

- την ανάγκη να υπάρχει η συναίνεση μεταξύ της κοινότητας στα κρίσιμα χαρακτηριστικά για τα οποία οι πληροφορίες υπόληψης συλλέγονται και διαδίδονται
- την ανάγκη να βοηθηθούν οι χρήστες των πληροφοριών υπόληψης να συναγάγουν τα ακριβή συμπεράσματα στη περίπτωση των χαρακτηριστικών εκείνων που δεν είναι αντικειμενικά μετρήσιμα
- την ανάγκη να αναπτυχθούν τα στέρεες μετρικές υπόληψης που να υποστηρίζονται από την αντίστοιχη θεωρία
- η ανάγκη να εξεταστεί η πιθανότητα των άδικων εκτιμήσεων για άλλους χρήστες

⁶⁴ Ο όρος αυτός σχετίζεται και ορισμένες φορές ενίοτε αποτελεί μέρος του όρου γέμισμα κάλπης, και σημαίνει την παροχή πολύ μεγάλου αριθμού αρνητικών άδικων αξιολογήσεων. Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε ενότητα Γέμισμα Κάλπης 3.6.7.

Από τα τέσσερα αυτά ζητήματα, το πρώτο απαιτεί το προσεκτικό σχεδιασμό των συστημάτων και επικοινωνία με τα μέλη της κοινότητας. Το δεύτερο εξετάζεται από το σύνολο τεχνικών που έχουν σαν στόχο τη δημιουργία όσο το δυνατόν σαφών αντικειμενικών μετρικών εμπιστοσύνης (ενότητα 2.3). Το τρίτο από μια ομάδα μηχανισμών, άλλοτε μαθηματικοί, άλλοτε εμπνευσμένοι από τη θεωρία των γράφων ή των πιθανοτήτων, που προσπαθούν να παραγάγουν αποτελέσματα υπόληψης με σαφή, αντικειμενικό και επαρκώς υποστηριζόμενο θεωρητικά τρόπο (ενότητα 3.4). Στο τέταρτο ζήτημα αναφερθήκαμε και προηγουμένως στις οδηγίες για τον σχεδιασμό ΣΔΕ και έχει εξεταστεί εκτενώς στην παρούσα μελέτη (βλέπε ενότητες 3.6.23.6.3, 3.6.7, 3.7, 3.8).

Δεδομένου ότι τα συστήματα φήμης που χρησιμοποιούνται στις εμπορικές on-line εφαρμογές πάσχουν από σοβαρές ευπάθειες, είναι προφανές ότι η αξιοπιστία αυτών των συστημάτων είναι μερικές φορές αμφισβητήσιμη. Υποθέτοντας ότι τα συστήματα υπόληψης δίνουν αναξιόπιστα αποτελέσματα, τότε γιατί χρησιμοποιούνται; Μια πιθανή απάντηση σε αυτήν την ερώτηση είναι αυτή σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα συστήματα δεν είναι απαραίτητα να είναι τόσο στέρεα επειδή η αξία τους βρίσκεται αλλού. Οι (Resnick και Zeckhauser, 2002) εξετάζουν δύο πιθανές εξηγήσεις σχετικά με το σύστημα υπόληψης του eBay: (α) *Ακόμα κι αν ένα σύστημα φήμης δεν είναι στέρεο, μπορεί να εξυπηρετήσει το σκοπό του ως κίνητρο καλής συμπεριφοράς, εάν οι συμμετέχοντες νομίζουν ότι δουλεύει και* (β) *Ακόμα κι αν το σύστημα μπορεί να μην λειτουργεί καλά υπό μια στατιστική ή κανονιστική αίσθηση, αυτό μπορεί να λειτουργήσει επιτυχώς εάν αντιδρά γρήγορα ενάντια στην κακή συμπεριφορά και εάν επιβάλλει δαπάνες για την καθιέρωση ενός συμμετέχοντα.* Επιπροσθέτως οι οργανισμοί που τα χρησιμοποιούν ενδέχεται να μην ενδιαφέρονται και τόσο πολύ για την ευρωστία των συστημάτων υπόληψης τους. Είναι πιθανόν το σύστημα φήμης να χρησιμεύει απλά ως ένα είδος κοινωνικού δικτύου για να προσελκύσει περισσότερους ανθρώπους σε έναν ιστοχώρο, και εάν αυτό συμβαίνει, τότε η ύπαρξη απλών κανόνων για τη συμμετοχή των χρηστών σε αυτό είναι σημαντικότερη από το να έχεις ακριβείς κανόνες για να ελέγχεις τη συμπεριφορά των συμμετεχόντων. Η επιτυχία οποιουδήποτε συστήματος υπόληψης που εμπεριέχει τη συμμετοχή των χρηστών με τον έναν ή των άλλο τρόπο, για παράδειγμα με παροχή ανατροφοδότησης μετά

από μια συναλλαγή ή με την αξιολόγηση άλλων χρηστών, θα εξαρτηθεί από τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αποκρίνονται σε αυτό, και πρέπει επομένως να σχεδιαστεί με αυτό υπόψη. Μια άλλη εξήγηση είναι ότι από μια επιχειρησιακή προοπτική, η κατοχή ενός συστήματος υπόληψης που δεν είναι γερό μπορεί να είναι επιθυμητή εάν δίνει γενικά μια θετική προκατάληψη. Πάνω απ' όλα, οι εμπορικοί ιστοτόποι είναι στην επιχείρηση της πώλησης, και οι θετικά προκατειλημμένες εκτιμήσεις είναι πιθανότερο να προωθήσουν τις πωλήσεις από τις αρνητικές εκτιμήσεις.

Όποτε η ευρωστία ενός συστήματος φήμης είναι κρίσιμη, ο οργανισμός που το ελέγχει πρέπει να λάβει τα μέτρα για να προστατευθεί η σταθερότητα του συστήματος και η ευρωστία του ενάντια στις επιθέσεις. Αυτό μπορεί παραδείγματος χάριν να συμβεί με τη συμπερίληψη χειροκίνητου ελέγχου ως τμήμα του σχεδίου, όπως στην περίπτωση του Epinions κατά την επιλογή των κριτικών αρχηγών κατηγορίας, ή σε αυτήν του Slashdot όπου το προσωπικό του Slashdot είναι παντοδύναμοι μεσολαβητές. Κατ' εξαίρεση χειροκίνητη ανθρώπινη παρέμβαση πιθανώς πάντα θα απαιτείται, εάν βρεθεί το σύστημα αντιμέτωπο με σφοδρή επίθεση. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι να κρατούνται οι ακριβείς λεπτομέρειες του αλγόριθμου υπολογισμού και της υλοποίησης του συστήματος εμπιστευτικές (ασφάλεια μέσω σκοτεινής ασάφειας - *security by obscurity*), όπως στην περίπτωση των Epinions, Slashdot και Google. Οι εκτιμήσεις συνήθως βασίζονται στην υποκειμενική κρίση, γεγονός που ανοίγει το κουτί της Πανδώρας σχετικά με τις άδικές εκτιμήσεις, αλλά εάν οι εκτιμήσεις μπορούν να βασιστούν σε αντικειμενικά κριτήρια θα ήταν πολύ απλούστερο για ένα σύστημα υπόληψης να επιτύχει υψηλή ευρωστία.

Η μελέτη μας των διαφορετικών μηχανισμών διαχείρισης εμπιστοσύνης και υπόληψης αποκάλυψε επίσης την αλληλεπίδραση μεταξύ του βαθμού αυτονομίας ενός δικτύου και της απαίτησης για εμπιστοσύνη μεταξύ των μελών του. Σε ένα καθαρά συγκεντρωτικό σύστημα, όλος ο έλεγχος ενσωματώνεται σε μια ενιαία αρχή που είναι η μόνη αρμόδια για την λήψη αποφάσεων που κυβερνούν τη συμπεριφορά όλων των άλλων οντοτήτων στο σύστημα. Καμία άλλη οντότητα δεν προβαίνει σε τοπικές αποφάσεις, αντίθετα όλες οι οντότητες ακολουθούν τις

εντολές της κεντρικής αρχής. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει μια απόλυτη βεβαιότητα για τις ενέργειες κάθε οντότητας και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για την καθιέρωση σχέσεων εμπιστοσύνης που θα καθορίσουν την αξιοπιστία των οντοτήτων. Κατευθυνόμενοι προς ένα σύστημα που προωθεί την αυξανόμενη αυτονομία στους κόμβους, οδηγούμαστε σε ένα σενάριο όπου οι κόμβοι μπορούν να έχουν διαφορετικούς, ενδεχομένως συγκρουόμενους στόχους και να λαμβάνουν αυτόνομες τοπικές αποφάσεις. Σε ένα τέτοιο εντελώς αποκεντρωμένο σενάριο, υπάρχει αυξανόμενη αβεβαιότητα για την συμπεριφορά των κόμβων, και κατά συνέπεια, η εμπιστοσύνη που ένας κόμβος έχει σε άλλους μειώνεται. Συνεπώς σχέσεις εμπιστοσύνης πρέπει να καθιερωθούν για να καθορίσουν την αξία εμπιστοσύνης των άλλων κόμβων προκειμένου να διευκολυνθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Αυτονομία των αλληλεπιδρώντων κόμβων επομένως καταλήγει σε ανάγκη για διαχείριση της εμπιστοσύνης.

Επιπλέον, παρατηρήσαμε ότι οι ικανότητες ενός προτύπου εμπιστοσύνης πρέπει να αυξάνονται όσο αυξάνεται ο βαθμός αυτονομίας του. Υπάρχουν δύο κύριοι λόγοι για αυτό. Ο πρώτος είναι ότι καθώς το σύστημα παρέχει μεγαλύτερη αυτονομία στους κόμβους, πρόσθετοι μηχανισμοί εμπιστοσύνης απαιτούνται για να καθορίστε την αξιοπιστία των κόμβων. Παραδείγματος χάριν, οι βασισμένες σε ΣΠΠ εφαρμογές που θέτουν συγκεκριμένα όρια στην συμπεριφορά των πρακτόρων απαιτούν απλούστερα μοντέλα εμπιστοσύνης από τις on-line κοινότητες όπου η συμπεριφορά των κόμβων είναι πιο απρόβλεπτη. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι ένα μοντέλο εμπιστοσύνης απαιτεί επιπρόσθετους μηχανισμούς για να προστατεύσει τους κόμβους από τις επιθέσεις κακόβουλων κόμβων. Για παράδειγμα, στα ανοικτά αποκεντρωμένα συστήματα, τέτοιοι κακόβουλοι κόμβοι μπορεί να προσπαθήσουν να υπονομεύσουν τον ίδιο τον μηχανισμό διαχείρισης εμπιστοσύνης. Η χαρακτηριστική προσέγγιση σε αυτό το πρόβλημα είναι να προωθηθεί η διανομή των δεδομένων εμπιστοσύνης μεταξύ των κόμβων. Ωστόσο αυτό μπορεί να αποτύχει επειδή οι κόμβοι είναι αυτόνομοι και μπορεί να αρνηθούν να μοιραστούν στοιχεία εμπιστοσύνης που δεν έχουν σημασία για αυτούς, προκαλώντας κατά συνέπεια την ανάγκη για μοντέλα εμπιστοσύνης με αυξανόμενες ικανότητες όπως εκείνα που υποστηρίζουν τους μηχανισμούς κινήτρου (Jurca και Faltings, 2003).

Η εμπιστοσύνη είναι ένα ουσιαστικό μέλημα στα μεγάλης κλίμακας ανοικτά καταναμημένα συστήματα. Βρίσκεται στον πυρήνα όλων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οντοτήτων που πρέπει να λειτουργήσουν σε τέτοια αβέβαια και συνεχώς μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Η ερευνητική κοινότητα έχει εστιάσει είτε μόνο σε συστήματα έλεγχου πρόσβασης βασισμένα σε πολιτικές ή σε συστήματα βασισμένα στην υπόληψη. Επομένως, τα μοντέλα εμπιστοσύνης συνδέονται μόνο σε μια από αυτές τις κατηγορίες. Πιστεύουμε ότι τα μοντέλα εμπιστοσύνης που βασίζονται σε μια συγκεκριμένη κατηγορία δεν επαρκούν από μόνα τους για να παρέχουν μια πλήρη αποκεντρωμένη λύση στο ζήτημα της διαχείρισης εμπιστοσύνης. Μάλλον, ένας συνδυασμός βασισμένων στα πιστοποιητικά και στις πολιτικές και βασισμένων στην υπόληψη μοντέλων εμπιστοσύνης απολαμβάνει τα πιθανά οφέλη και μπορούν να χρησιμεύσει ως μια άριστη αφετηρία για ερευνά της τη διαχείρισης εμπιστοσύνης στα αποκεντρωμένα συστήματα στο μέλλον. Η χρήση των απειλών της αποκέντρωσης στην μελέτη διάφορων μοντέλων εμπιστοσύνης αποκαλύπτει τις υπάρχουσες ανεπάρκειες των προτύπων εμπιστοσύνης που απαντώνται στην ερευνητική βιβλιογραφία. Πιστεύουμε ότι η έρευνα στην αποκεντρωμένη διαχείριση εμπιστοσύνης και υπόληψης είναι ακόμα στα σπάργαλα και απαιτείται εκτενής καθώς επίσης και στοχευμένη ερευνητική προσπάθεια προκειμένου να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει αυτές τις απειλές. Ένα προσδοκώμενο όφελος αυτής της έρευνας είναι ότι θα βοηθήσει να προσδιοριστούν οι απαραίτητες και ουσιαστικές ιδιότητες ενός ιδανικού αποκεντρωμένου μοντέλου εμπιστοσύνης. Αυτό είναι ένα αρχικό αλλά σημαντικό βήμα προς την πραγματοποίηση μιας ολοκληρωμένης αξιόπιστης λύσης αποκεντρωμένης διαχείρισης εμπιστοσύνης στο μέλλον.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό θέμα προς μελέτη που προσδιορίστηκε ως αποτέλεσμα της έρευνας μας είναι η διαλειτουργικότητα των μοντέλων εμπιστοσύνης. Βρήκαμε διάφορα μοντέλα εμπιστοσύνης που χρησιμοποιούν παρόμοιους όρους όπως υπό συνθήκες μεταβατικότητα, συστάσεις ή παραπομπές, εμπιστοσύνη βασισμένη στο πλαίσιο κ.λπ.. Πιστεύουμε ότι ο προσδιορισμός αυτών των κοινών εννοιών είναι ένα αρχικό βήμα προς την επίτευξη της διαλειτουργικότητας των μοντέλων εμπιστοσύνης. Η επίτευξη αυτής της διαλειτουργικότητας θα επιτρέψει σε οντότητες με διαφορετικά μοντέλα εμπιστοσύνης να αλληλεπιδρούν

ευκολότερα μεταξύ τους και να παρέχετε έτσι μεγαλύτερη ευελιξία στις εφαρμογές. Επιπροσθέτως μια άλλη ενδιαφέρουσα πτυχή είναι ότι ενώ υπάρχει μια αφθονία μοντέλων εμπιστοσύνης στην ερευνητική βιβλιογραφία, δεν υπάρχει κανένας καθορισμένος με σαφήνεια τρόπος σύνθεσης και ολοκλήρωσης τους σε μια αποκεντρωμένη εφαρμογή. Μερικές αρχικές προσεγγίσεις έχουν προσδιοριστεί όπως το προτεινόμενο πλαίσιο από τους (Gray et al., 2002), αλλά πάσχουν από τις ανεπάρκειες του να έχουν συγκεντρωτική αρχιτεκτονική.

Η πλούσια αναπτυσσόμενη βιβλιογραφία γύρω από τα συστήματα εμπιστοσύνης και υπόληψης για τις συναλλαγές στο Διαδίκτυο, όπως και η υλοποίηση των συστημάτων υπόληψης σε επιτυχημένες εμπορικές εφαρμογές, δίνει μια ισχυρή ένδειξη ότι αυτά αποτελούν μια σημαντική τεχνολογία. Η εμπορική και πρακτική εφαρμογή φαίνεται να εγκαθίσταται γύρω από σχετικά απλά σχήματα, ενώ ένα πλήθος διαφορετικών συστημάτων με τα προηγμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα προτείνεται από την ακαδημαϊκή κοινότητα. Μια γενική παρατήρηση είναι ότι οι προτάσεις της ακαδημαϊκής κοινότητας μέχρι τώρα στερούνται συνοχής. Τα συστήματα που προτείνονται σχεδιάζονται συνήθως από την αρχή, και μόνο σε πολύ λίγες περιπτώσεις οι ερευνητές στηρίζονται στις προτάσεις άλλων ερευνητών. Η περίοδος που διανύουμε μπορεί επομένως να θεωρηθεί ότι είναι μια περίοδος πρωτοπόρων, και ελπίζουμε ότι το εγγύς μέλλον θα φέρει τη σταθεροποίηση γύρω ένα σύνολο υγιών και καλά αναγνωρισμένων αρχών για την δημιουργία συστημάτων εμπιστοσύνης και υπόληψης και ότι αυτά τα συστήματα θα βρουν τον δρόμο τους προς πρακτικές και εμπορικές εφαρμογές. Η μέχρι τώρα προσπάθεια στον τομέα με τα όποια μειονεκτήματα και ανεπάρκειες της μπορεί να λειτουργήσει σαν εφαλτήριο για την περαιτέρω έρευνα στο σημαντικό και συναρπαστικό τομέα της διαχείρισης εμπιστοσύνης στα ανοιχτά διαδικτυακά συστήματα.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Abdul-Rahman, A. and S. Hailes, “A Distributed Trust Model”, Proceedings of the *Workshop on New Security Paradigms*, Langdale, Cumbria, United Kingdom, 1997.

Abdul-Rahman, A. and S. Hailes, “Supporting Trust in Virtual Communities”, Proceedings of the *33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Maui, Hawaii, January 4-7, 2000.

Aberer, K., “P-Grid: A Self-Organizing Access Structure for P2P Information Systems”, Proceedings of the *9th International Conference on Cooperative Information Systems*, Trento, Italy, 2001.

Aberer, K. and Z. Despotovic, “Managing Trust in a Peer-2-Peer Information System”, Proceedings of the *Conference on Information and Knowledge Management*, Atlanta, Georgia, 2001.

Abrams, M.D., “Trusted System Concepts”, *Computers and Security*, vol14(1), pp.45 – 56, 1995.

Abrams, M.D. and M.V. Joyce, “Trusted Computing Update”, *Computers and Security*, vol14(1), pp.57 - 68, 1995A.

Abrams, M.D. and M.V. Joyce, “New Thinking About Information Technology Security”, *Computers and Security*, vol.14(1), pp.69 - 81, 1995B.

Adams, C. and S. Farrell, *RFC2510 - Internet X.509 Public Key Infrastructure, Certificate Management Protocols*, 1999, (<http://www.cis.ohiostate.edu/htbin/rfc/rfc2510.html>).

Adar, E. and B. Huberman, “Free Riding on Gnutella”, *First Monday*, vol5(10), 2000.

Arrow, K., *Social Choice and Individual Values*, Yale University Press, 1963.

Artz, D. and G. Yolanda, *A Survey of Trust in Computer Science and the Semantic Web*, Information Sciences Institute, University of Southern California, 2007

Australian Standard, *Information security risk management guidelines*, HB 4360:2000, Strathfield: Standards Australia, 2000.

Australian/New Zealand Standard, *Risk Management*, AS/NZS 4360:1999, 1999.

Azzedin, F. and M. Maheswaran, "Integrating Trust into Grid Resource Management Systems", Proceedings of the *31st International Conference on Parallel Processing*, pp.47–54, IEEE Computer Society, Vancouver, Canada, August 20-23, 2002.

Azzedin, F. and M. Maheswaran, "Trust Modeling for Peer-to-Peer Based Computing Systems", Proceedings of the *12th IEEE Heterogeneous Computing Workshop*, Nice, France, 2003.

Bacon, J., K. Moody and W. Yao, "Access Control and Trust in the use of Widely Distributed Services", *Software - Practice and Experience*, vol**33**, pp.375 – 394, 2001, (<http://citeseer.nj.nec.com/bacon01access.html>).

Bakos, Y., "Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces", *Management Science*, vol43(12), December, 1997.

Bakos, Y., "Towards Friction-Free Markets: The Emerging Role of Electronic Marketplaces on the Internet", *Communications of the ACM*, vol41(8), pp.35-42, August, 1998.

Bateson, P., *The Biological Evolution of Cooperation and Trust*, chap.2, pp.14–30, Blackwell, 1990.

Billsus, D. and M.J. Pazzani, "Learning Collaborative Information Filters", Proceedings of the *15th International Conference on Machine Learning*, pp.46-54, Madison, Wisconsin, USA, July 24-27, 1998.

Blaze, M., J. Feigenbaum, and J. Lacy, “Decentralized Trust Management”, Proceedings of the *IEEE Symposium on Security and Privacy*, Oakland, California, USA, pp.164–173, IEEE Computer Society, 1996.

Blaze, M., J. Feigenbaum, P. Resnick and M. Strauss, “Managing Trust in an Information-Labeling System”, *European Transactions on Telecommunications*, vol8, pp. 491-501, 1997. (<http://www.si.umich.edu/~presnick/papers/bfrs/Paper.ps>).

Blaze, M., J. Feigenbaum and M. Strauss, “Compliance Checking in the PolicyMaker Trust Management System”, *Financial Cryptography*, LNCS 1465: pp.254–274, 1998.

Blaze, M., J. Feigenbaum and A.D. Keromytis, “KeyNote: Trust Management for Public-Key Infrastructures”, Proceedings of the *International Workshop on Security Protocols*, Cambridge, England, 1998, (<http://www.cis.upenn.edu/~angelos/Papers/keynote-position.ps.gz>).

Blaze, M., *Using the KeyNote Trust Management System*, AT&T Research Laboratories, 1999, (<http://www.crypto.com/trustmgt/kn.html>).

Blaze, M., J. Ioannidis and A.D. Keromytis, “Trust Management and Network Layer Security Protocols”, Proceedings of the *Cambridge Workshop on Protocols*, Cambridge, 1999, (<http://www.crypto.com/papers/networksec.pdf>).

Blaze, M., J. Feigenbaum, J. Ioannidis and A.D. Keromytis, “The Role of Trust Management in Distributed Systems Security”, *Secure Internet Programming: Security Issues for Mobile and Distributed Objects*, 1999A, (<http://www.crypto.com/papers/trustmgt.pdf>).

Blaze, M., J. Feigenbaum, J. Ioannidis and A.D. Keromytis, *The KeyNote Trust-Management System*, Version 2. RFC 2704, Internet Engineering Task Force, 1999B, (<http://tools.ietf.org/html/rfc2704>).

Boehm, B.W., *Software Risk Management: Principles and Practices*, 1991.

Bresee, J.S., D. Heckerman and C Kadie, "Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering", Proceedings of the *14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp.43-52, San Francisco, July 24-26, 1998.

Buchegger, S. and J.Y. Le Boudec, "A Robust Reputation System for Mobile Ad-hoc Networks", *Technical Report IC/2003/50*, EPFL-IC-LCA, 2003A.

Buchegger, S. and J.Y. Le Boudec, "The Effect of Rumor Spreading in Reputation Systems for Mobile Ad-hoc Networks", Proceedings of the *Workshop on Modeling and Optimization in Mobile, AdHoc and Wireless Networks*, University of Cambridge, United Kingdom, March 24-26, 2003B.

Bussard, L., R. Molva, and Y. Roudier. (2004). "History-Based Signature or How to Trust Anonymous Documents", Proceedings of the *2nd International Conference on Trust Management*, St. Anne's College, Oxford, United Kingdom, March/April 2004.

Cahill V., B. Shand, E. Gray, et al., "Using Trust for Secure Collaboration in Uncertain Environments", *Pervasive Computing*, vol.2(3), pp.52-61, July-September 2003.

Carbo, J., J.M. Molina and J. Davila, "Trust management through fuzzy reputation", *International Journal of Cooperative Information Systems*, vol.12(1), pp.135-155, March 2003.

Carbone, M., M. Nielsen, and V. Sassone, "A Formal Model for Trust in Dynamic Networks", Proceedings of the *International Conference on Software Engineering and Formal Methods (SEFM'03)*, Brisbane, Australia, September 2003.

Carbone, M, M. Nielsen and V. Sassone, "A Calculus for Trust Management", *LNCS*, vol.3328, pp.161-173, Springer Berlin, November 2004.

Carzaniga, A., D.S. Rosenblum and A.L. Wolf, "Design and Evaluation of a Wide-Area Event Notification Service", *ACM Transactions on Computer Systems*, vol.9(3), pp.332-383, August 2001.

Chen, M. and J.P. Singh, "Computing and Using Reputations for Internet Ratings", Proceedings of the *3rd ACM Conference on Electronic Commerce*, Tampa, Florida, USA, October 14-17, 2001.

Chen, R. and W. Yeager, *Poblano: A Distributed Trust Model for Peer-to-Peer Networks*, Sun Microsystems, 2000. (<http://www.ovmj.org/GNUnet/papers/jxtatrust.pdf>)

Christianson, B. and W.S. Harbison, "Why Isn't Trust Transitive?", Proceedings of the *International Workshop on Security Protocols*, University of Cambridge, United Kingdom, 1996.

Chu, Y.H., *Trust Management for the World Wide Web*, Massachusetts Institute of Technology, 1997. (<http://www.w3.org/1997/YanghuaChu/>)

Chu, Y.H., J. Feigenbaum, B. LaMacchia, P. Resnick, and M. Strauss, "REFEREE: Trust Management for Web Applications", *World Wide Web Journal*, vol2, pp.27-139, 1997, (<http://www.farcaster.com/papers/www6-referee/>).

Cornelli, F., E. Damiani, S.D.C. di Vimercati, S. Paraboschi and P. Samarati, "Choosing Reputable Servents in a P2P Network", Proceedings of the *11th International Conference on World Wide Web*, pp.376-386, ACM, May 2002.

Corritore, C.L., B. Kracher and S. Wiedenbeck, *An Overview of Trust*, working paper, 2001, (<http://cobacourses.creighton.edu/trust/articles/trustpaper2-9-01final.rtf>).

Cranor, L.F. and P. Resnick, *Protocols for Automated Negotiations with Buyer Anonymity and Seller Reputations*, to appear in *Netnomics*, 2000.

Curral, S. and T. Judge, "Measuring Trust between Organizational Boundary Role Persons", *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, vol.65, pp.601-620, 1995.

Czenko, M., H. Tran, J. Doumen, S. Etalle, P. Hartel and J. Den Hartog, *Nonmonotonic Trust Management for P2P Applications*, Department of Computer Science University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2005.

Damiani, E., S.D.C. di Vimercati, S. Paraboschi, P. Samarati and F. Violante, "A Reputation-Based Approach for Choosing Reliable Resources in Peer-to-Peer Networks", *Proceedings of the 9th ACM conference on Computer and Communications Security*, pp.207-216, ACM, 2002.

Dasgupta, P., "Trust as a Commodity", chap.4, pp.49–72 Gambetta, D. (ed), *Trust*, Blackwell, Oxford, 1990.

Dellarocas, C., "Immunizing Online Reputation Reporting Systems Against Unfair Ratings and Discriminatory Behavior", *Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce*, pp.150-157, Mineapolis, Minesota, USA, October 17-20, 2000.

Dellarocas, C. and M. Klein, "A Knowledge-based Approach for Handling Exceptions in Business Processes", *Information Technology and Management*, vol.1(3), pp.155-169, 2000.

Dellarocas, C., *The Design of Reliable Trust Management Systems for Electronic Trading Communities*, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 2002.

Department of Defense, *Trusted Computer System Evaluation Criteria (TCSEC)*, 1983, (<http://ftp.std.com/obi/DOD/orange.book/>).

Despotovic, Z. and K. Aberer, "Probabilistic Prediction of Peers' Performance in P2P Networks", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.18(3), pp.771–780, October, 2005.

Deutsch, M., "Cooperation and Trust: Some Theoretical Notes", *Proceedings of the Nebraska Symposium on Motivation*, Nebraska University Press, USA, 1962.

Deutsch, M., *The Resolution of Conflict: Constructive and Destructive Processes*, New Haven, Yale University Press, 1973.

Dimitrakos, T., "System Models, e-Risk and e-Trust. Towards Bridging the Gap?", Proceedings of the *1st IFIP conference on e-commerce, e-business, e-government*, Zurich, Switzerland, October 3-5, 2001.

Dimitrakos, T., "A Service-Oriented Trust Management Framework", *Trust, Reputation and Security: Theories and Practice*, LCNS, vol.2631, pp.53-72, 2003.

Ding, Y. and H. Petersen, *A New Approach for Delegation using Hierarchical Delegation Tokens*, Chemnitz-Zwickau University of Technology, Department of Computer Science, 1995.

Dingledine, R., M.J. Freedman, and D. Molnar, "Accountability Measures for Peer to Peer Systems", *Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies*, O'Reilly Publishers, 2000.

Dingledine, R., N. Mathewson and P. Syverson, "Reputation in P2P Anonymity Systems", Proceedings of the *Workshop on Economics of P2P Systems*, Berkeley, USA, May 2003.

Dragovic, B., S. Hand, Tim Harris, E. Kotsovinos and A. Twigg, "Managing Trust and Reputation in the XenoServer Open Platform", Proceedings of the *1st International Conference on Trust Management*, Heraklion, Crete, Greece, May 28-30, 2003A.

Dragovic, B., E. Kotsovinos, S. Hand, and P.R. Pietzuch, "XenoTrust: Event-based Distributed Trust Management", Proceedings of the *2nd International Workshop on Trust and Privacy in Digital Business*, Prague, Czech Republic, September 2003B,

Dunn, J., "The Concept of Trust in the Politics of John Locke". *Philosophy in History*, Cambridge University Press, Cambridge, 1984.

Dzubeck, F., *Application Service Providers: An Old Idea Made New*, 1999, (<http://www.nwfusion.com/archive/1999b/0823dzubeck.html>).

Ekstrom, M. and H. Bjornsson, "A Rating System for AEC e-Bidding that Accounts for Rater Credibility", *Proceedings of the CIB W65 Symposium*, pp.753-766, September 2002.

Ellison, C.M., B. Frantz, R. Rivest, B.M. Thomas and T. Ylonen, *Simple Public Key Certificate*, working paper, April 1997, (<http://www.pobox.com/~cme/html/spki.html>).

Falcone, R. and C. Castelfranchi, *Social Trust: A Cognitive Approach*, pp.55-99, Kluwer, 2001.

Feigenbaum, J., "Overview of the AT&T Labs Trust Management Project", *Proceedings of the Cambridge University Workshop on Trust and Delegation*, Cambridge, UK, 1998.

Freedman, M. and R. Morris, "Tarzan: A Peer-to-Peer Anonymizing Network Layer", *Proceedings of the 9th ACM Conference on Computer and Communications Security*, Washington DC., 2002,

Freeman, L.C., "Centrality on Social Networks", *Social Networks*, vol.1, pp.215-239, 1979.

Friedman, E. J. and P. Resnick, "The Social Cost of Cheap Pseudonyms", *Journal of Economics and Management Strategy*, vol.10(2), pp.173-199, 2001.

Galin, D., "Software Quality Metrics—From Theory to Implementation", *Software Quality Professional*, vol.5(3), 2003.

Galvin, P., *Are you Certifiable?*, 2000, (http://www.sunworld.com/sunworldonline/swol-10-1997/f_swol-10-security.html).

Gambetta, D., *Trust*, Basil Blackwell, Oxford, 1990A.

Gambetta, D., “Mafia: The Price of Distrust”, chap.10, pp.158–176 of Gambetta, D.(ed), *Trust*, Blackwell, Oxford, 1990B.

Gambetta D., “Can We Trust Trust?”, *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, pp. 213-238, Basil Blackwell, Oxford, 1990C.

Gerck, E. and M.C. Group, *Overview of Certification Systems: X.509, CA, PGP and SKIP*, Meta-Certificate Group, April 1997, (<http://www.mcg.org.br/cert.htm>).

Gerck, E., *Certification: Extrinsic, Intrinsic and Combined*, 1997, (<http://mcg.org.br/cie.htm>).

Gerck, E., *Towards Real-World Models of Trust*, January 1998, (<http://www.mcg.org.br/trustdef.htm>).

Golbeck, J., *Computing and Applying Trust in Web-based Social Networks*, Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland, 2005.

Goldberg, D., D. Nichols, B.M. Oki and T. Terry, “Using Collaborative Filtering to Weave an Information Tapestry”, *Communications of the ACM* 35 vol.12, pp.61-70, December 1992.

Golle, P., S. Jarecki, and I. Mironov, “Cryptographic primitives enforcing communication and storage complexity”, *Financial Cryptography, LNCS*, vol.2357, pp.120–135, Springer-Verlag, 2002.

Gordon, A.D., *Classification*, Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 1999.

Grandison, T.W.A., M. Sloman, “A Survey of Trust in Internet Applications”, *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol.3, Imperial College of Science, University of London, United Kingdom, 2000.

Grandison, T.W.A., *Trust Management for Internet Applications*, Ph.D. Thesis, Department of Computing, Imperial College of Science, University of London, United Kingdom, 2003.

Gray, E., P. O'Connell, C. Jensen, S. Weber, J.M. Seigneur and C. Yong, *Towards a Framework for Assessing Trust-Based Admission Control in Collaborative Ad Hoc Applications*, Distributed Systems Group, Department of Computer Science, Trinity College, Dublin, Ireland, 2002.

Guha, R., R. Kumar, P. Raghavan and A. Tomkins, "Propagation of Trust and Distrust", Proceedings of the *13th International Conference on World Wide Web*, pp.403-412, ACM Press, New York, NY, USA, 2004.

Gupta, M., P. Judge, and M. Ammar, "A Reputation System for Peer-to-Peer Networks", Proceedings of the *13th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video*, pp.144-152, ACM Press, New York, NY, USA, 2003.

Hart, D.M., S.D. Anderson and P.R. Cohen, "Envelopes as a Vehicle for Improving the Efficiency of Plan Execution", *COINS 90-21 Technical Report*, University of Massachusetts at Amherst, Department of Computing and Information Science, 1990.

Hayton, R., J. Bacon and K. Moody, "OASIS: Access Control in an Open, Distributed Environment", Proceedings of the *IEEE Symposium on Security and Privacy*, IEEE Computer Society Press, California, USA, May 3-6, 1998.

Helvik, B.E., *Dependable Computer Systems and Communications Networks*, Design and Evaluation, NTNU Norwegian University of Science and Technology, Department of Telematics, 2001,
(<http://www.item.ntnu.no/~bjarne/Dependability-ICTBook.toc.pdf>).

Hertzberg, L., "On the Attitude of Trust", *Inquiry*, vol.31(3), pp.307-322, 1988.

Hood, W. and C.S. Wilson, "The Literature of Bibliometrics, Scientometrics, and Informetrics", *Scientometrics*, vol.52(2), pp.291-314, 2001.

Huberman, B.A. and F. Wu, "The Dynamics of Reputations", *Computing in Economics and Finance*, vol.18, 2003.

Huynh, T.D., N.R. Jennings, and N.R. Shadbolt, “An Integrated Trust and Reputation Model for Open Multi-Agent Systems”, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol.13(2), pp.119–154, 2006.

Ismail, R., C. Boyd, A. Jøsang, and S. Russel, “Strong Privacy in Reputation Systems”, In Proceedings of the *4th International Workshop on Information Security Applications*, Jeju Island, Korea, August 2003.

Jain, A.K., M.N. Murty and P.J. Flynn, “Data Clustering: A Review”, *ACM Computing Surveys*, vol.31(3), pp. 264 – 323, September 1999.

Jones, S. and P. Morris, *TRUST-EC: Requirements for Trust and Confidence in E-Commerce, Technical Report*, European Commission Joint Research Centre, 1999.

Josang, A., “The Right Type of Trust for Distributed Systems”, Proceedings of the *Workshop in New Security Paradigms*, Lake Arrowhead, California, USA, September 16-19, 1996.

Jøsang, A. and S.J. Knapskog, “A Metric for Trusted Systems”, Proceedings of the *21st National Information Systems Security Conference*, Arlington, Virginia, USA, October 5-8, 1998.

Jøsang, A., “An Algebra for Assessing Trust in Certification Chains” Proceedings of the *Internet Society Network and Distributed System Security Symposium*, San Diego, California, USA, February 3-5, 1999A.

Jøsang, A., “Trust-Based Decision Making for Electronic Transactions”, Proceedings of the *4th Nordic Workshop on Secure Computer Systems*, Stockholm University, Sweden, November 1–2, 1999B.

Jøsang, A. and N. Tran, *Trust Management for E-Commerce*, 2000, (<http://citeseer.nj.nec.com/375908.html>).

Jøsang, A., "A Logic for Uncertain Probabilities", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol.9(3), pp.279-311, June 2001.

Jøsang, A. and R. Ismail, "The Beta Reputation System", Proceedings of the *15th Bled Electronic Commerce Conference*, Bled, Slovenia, June 17-19, 2002,

Jøsang, A. S. Hird, and E. Faccar, "Simulating the Effect of Reputation Systems on e-Markets", Proceedings of the *1st First International Conference on Trust Management*, Heraklion, Crete, Greece, May 2003.

Jøsang, A. and S. Lo Presti, "Analysing the Relationship Between Risk and Trust", Proceedings of the *2nd International Conference on Trust Management*, Oxford, United Kingdom, March 2004.

Jøsang, A. and S. Pope, "Semantic Constraints for Trust Transitivity", Proceedings of the *Asia-Pacific Conference of Conceptual Modelling*, Newcastle, Australia, February 2005.

Jøsang, A., R. Ismail, and C. Boyd, "A Survey of Trust and Reputation Systems for Online Service Provision", *Decision Support Systems*, vol.43(2), pp.618-644, March 2007.

Jurca, R. and B. Faltings, "An Incentive Compatible Reputation Mechanism", Proceedings of the *6th International Workshop on Deception Fraud and Trust in Agent Societies*, ACM, Melbourne, Australia, July 14 -15, 2003.

Kagal, L., S. Cost, T. Finin and Y. Peng, "A framework for distributed trust management", Proceedings of the *2nd Workshop on Norms and Institutions in MAS, Autonomous Agents*, Montreal, Canada, May/June 2001.

Kamvar, S.D, M.T. Schlosser, and H.Garcia-Molina, "The EigenTrust Algorithm for Reputation Management in P2P Networks", Proceedings of the *12th International World Wide Web Conference*, Budapest, Hungary, May 2003.

Kan, S.H., *Metrics and Models in Software Quality Engineering*, vol.344, 1995.

Kaufman, L. and P.J. Rousseeuw, *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*, Wiley, New York, 1990.

Khare, R., “Weaving a Web of Trust”, *World Wide Web Journal*, vol.2(3), pp.77-112, O’Reilly & Associates, 1997.

Khare, R. and A. Rifkin, “Trust Management on the World Wide Web”, *Computer Networks and ISDN Systems*, vol.30(1), pp.651-653, 1998, (<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=298002>).

Kini, A. and J. Choobineh, “Trust in Electronic Commerce: Definition and Theoretical Considerations”, Proceedings of the *31st Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Big Island, Hawaii, January 6-9, 1998, (<http://ieeexplore.ieee.org/iel4/5217/14270/00655251.pdf>).

Kollock, P., “The Production of Trust in Online Markets”, *Advances in Group Processes*, vol.16, CT: JAI Press, Greenwich, 1999.

Kreps, D. and R. Wilson, “Reputation and Imperfect Information”, *Journal of Economic Theory*, vol.27(2), pp.253-279, 1982.

Lacy, J., J. Snyder, and D. Maher, “Music on the Internet and the Intellectual Property Protection Problem”, Proceedings of the *International Symposium on Industrial Electronics*, pp.77–83, IEEE Press, July 1997.

Lagenspetz, O., “Legitimacy and Trust”, *Philosophical Investigations*, vol.15(1), pp.1–21, 1992.

Lampson, B. and R. Rivest, “Cryptography and Information Security Group Research Project: A Simple Distributed Security Infrastructure” *Technical Report*, MIT, 1997.

Lamsal, P., *Understanding Trust and Security*, 2001, (<http://citeseer.nj.nec.com/lamsal01understanding.html>).

Lee, S., R. Sherwood and B. Bhattacharjee, Cooperative Peer Groups in NICE, Proceedings of the 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, San Francisco, USA, March/April 2003.

Levien, R., *Attack Resistant Trust Metrics*, PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA, 2004.

Levien, R. and A. Aiken, “An Attack-Resistant, Scalable Name Service”, Draft Submission to the 4th International Conference on Financial Cryptography, 2005, (<http://www.levien.com/fc.ps>).

Lewis, D. and A. Weigert, “Social Atomism, Holism and Trust”, *Sociological Quarterly*, vol.26(4), pp.455-471, 1985.

Li, N., J. Mitchell and W.H. Winsborough, “Design of a Role-Based Trust Management Framework”, Proceedings of the *IEEE Symposium on Security and Privacy*, Berkeley, California, USA, May 12-15, 2002.

Liberty-Alliance, “Liberty Trust Models Guidelines”, *Draft Version 1.0, 15th Edition*, 2003, (<http://www.projectliberty.org/specs/liberty-trustmodelsguidelines-v1.0.pdf>).

Littlestone, N. and M.K. Warmuth, “The Weighted Majority Algorithm”, *Information and Computation*, vol.108(2), pp.212-261, 1994.

Littlewood, B. and L. Strigini, “Software Reliability and Dependability: a Roadmap”, Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering, Limerick, Ireland, June 4-11, 2000

Luhmann, N., *Trust and Power*, Wiley, Chichester, New York, 1979.

Luhmann, N., “Familiarity, Confidence, Trust: Problems and Alternatives”, chap.6, pp.94–107, of Gambetta, D.(ed), *Trust*, Blackwell, Oxford, 1990.

Makino, J., "Productivity of Research Groups. Relation between Citation Analysis and Reputation within Research Communities", *Scientometrics*, vol.43(1), pp.87-93, 1988.

Malinvaud, E., *Statistical Methods of Econometrics*, Paris, North Holland, 1966

Manchala, D.W., "Trust Metrics, Models and Protocols for Electronic Commerce Transactions", Proceedings of the 18th International Conference on Distributed Computing Systems, Amsterdam, The Netherlands, 26-29 May, 1998.

Marsden, P.V. and N. Lin, *Social Structure and Network Analysis*, Sage Publications, Beverly Hills, 1982.

Marsh, S., *Formalising Trust as a Computational Concept*, Ph.D. Thesis, Department of Mathematics and Computer Science, University of Stirling, Stirling, United Kingdom, 1994.

Mayer, R.C. and J.H. Davis, "An Integrative Model of Organizational Trust", *Academy of Management Review*, vol.20(3), pp.709-734, 1995.

McKnight, D.H. and N.L. Chervany, *The Meanings of Trust*, Technical Report MISRC, working paper, Management Information Systems Research Center, University of Minnesota, 1996, (<http://misrc.umn.edu/wpaper/WorkingPapers/9604.pdf>).

McKnight, D.H. and N.L. Chervany, "What is Trust? A Conceptual Analysis and an Interdisciplinary Model", Proceedings of the 2000 Americas Conference on Information Systems, AIS, Long Beach, August 2000.

Miller, N., P. Resnick, and R. Zeckhauser, *Eliciting Honest Feedback in Electronic Markets*. working paper, February 2003, (<http://www.si.umich.edu/presnick/papers/elicite/>).

Minsky, N.H., "Regularity-Based Trust in Cyberspace", Proceedings of the 1st International Conference on Trust Management, Heraklion, Crete, Greece, May 28-30, 2003.

- Misztal, B., *Trust in Modern Societies*, Polity Press, Cambridge MA, 1996.
- Morency, J., *Application Service Providers and e-business*, 1999,
(<http://www.nwfusion.com/newsletters/nsm/0705nm1.html?nf>).
- Mui, L., M. Mohtashemi, and A. Halberstadt, "A Computational Model of Trust and Reputation for E-Businesses", Proceedings of the *35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Big Island, Hawaii, January 7-10, 2002,
(<http://dlib2.computer.org/conferen/hicss/1435/pdf/14350188.pdf>),
(http://www.albany.edu/~bmsi603/scholl/Mui_et_al_2002.pdf).
- Mui, L., A. Halberstadt, and M. Mohtashemi, "Notions of Reputation in Multi-agent Systems: A Review", Proceedings of the *1st International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi Agent Systems*, Bologna, Italy, July 15-19, 2002.
- Mui, L., M. Mohtashemi, and C. Ang, "A Probabilistic Rating Framework for Pervasive Computing Environments", Proceedings of the *MIT Student Oxygen Workshop*, Massachusetts, USA, July 2001.
- Mui, L., M. Mohtashemi, C. Ang, P. Szolovits, and A. Halberstadt, "Ratings in Distributed Systems: A Bayesian Approach", *Workshop on Information Technologies and Systems*, 2001.
- Pagden, A., "The Destruction of Trust and its Consequences in the Case of Eighteenth Century Naples", chap.8, pp.127-142 of Gambetta, D.(ed), *Trust*, Blackwell, Oxford, 1990.
- Page, L., S. Brin, R. Motwani, and T. Winograd, *The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web*, Technical Report of Stanford Digital Library Technologies Project, 1998.
- Patil, V. and R.K. Shyamasundar, "ROADS: Role-based Authorization and Delegation System", Proceedings of the *International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences*, Corfu, Greece, July 2003.

Patil, V. and R.K. Shyamasundar, "Trust Management for e-Transactions", *Sadhana*, vol.30(2-3), pp.141–158, School of Technology and Computer Science, Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai, India, April/June 2005.

Pavlov, E., J. Rosenschein and Z. Topol, (2004) "Supporting Privacy in Decentralized Additive Reputation", Proceedings of the *2nd International Conference on Trust Management*, St. Anne's College, Oxford, United Kingdom, March/April 2004.

Pindyck, R. and D.L. Rubinfeld, *Econometric Models and Economic Forecasts (2nd Edition)*, McGraw-Hill, New York, 1981.

Povey, D., *Trust Management*, 1999A,
(<http://security.dstc.edu.au/presentations/trust/>).

Povey, D., *Developing Electronic Trust Policies Using a Risk Management Model*, LNCS, vol.1740, Springer-Verlag, 1999B.

Pujol, J.M., R. Sangüesa and J. Delgado, "Extracting Reputation in Multi Agent Systems by Means of Social Network Topology", Proceedings of the *1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, Bologna, Italy, July 15-19, 2002.

Ramchurn, S.D., D. Huynh, and N.R. Jennings, "Trust in Multi-Agent Systems", *The Knowledge Engineering Review*, vol.19(1), pp.1–25, Cambridge University Press, March 2004.

Ramchurn, S., N.R. Jennings, C. Sierra, and L. Godo, "Devising a Trust Model for Multi-Agent Interactions using Confidence and Reputation", *Applied Artificial Intelligence*, vol.18(9-10), pp.833–852, 2004.

Reed, M., P. Syverson and D.M. Goldschlag, "Proxies For Anonymous Routing", Proceedings of the *12th Annual Computer Security Applications Conference*, San Diego, California, December 9-13, 1996

Resnick, P. and H.R. Varian, "Recommender Systems", *Communications of the ACM*, vol.40(3), pp.56-58, 1997.

Resnick, P. and R. Zeckhauser, "Trust Among Strangers in Internet Transactions: Empirical Analysis of eBay's Reputation System", *The Economics of the Internet and E-Commerce*, vol11 of *Advances in Applied Microeconomics*, pp.127-157, Elsevier Science, Amsterdam. 2002.

Resnick, P., N. Iacovou, M. Suchak, P. Bergstrom and J. Riedl, "GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews", *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.175-186, ACM Press, New York, USA, October 22 - 26 1994.

Resnick, P., R. Zeckhauser, J. Swanson, and K. Lockwood, "The Value of Reputation on eBay: A Controlled Experiment", *Experimental Economics*, vol.9(2), pp.79-101, 2006,
(<http://www.si.umich.edu/~presnick/papers/postcards/PostcardsFinalPrePub.pdf>).

Rivest, R.L., "Can We Eliminate Certificate Revocation Lists?", *Financial Cryptography*, 1998, (<http://theory.lcs.mit.edu/~rivest/revocation.ps>).

Rogerson, W.P., "Reputation and Product Quality", *The Bell Journal of Economics*, vol.14(2), pp.508-516, 1983.

Sabater, J. and C. Sierra, "Regret: A Reputation Model for Gregarious Societies", *Proceedings of the 4th International Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*, ACM Press, Montreal, Canada, May/June 2001.

Sabater, J. and C. Sierra, "Review on Computational Trust and Reputation Models", *Artificial Intelligence Review*, vol24(1), pp.33-60, 2005.

Scarlata, V., B. Levine and C. Shields, "Responder anonymity and anonymous peer-to-peer file sharing", *Proceedings of the IEEE International Conference on Network Protocols*, Riverside, California, USA, November 11-14, 2001.

Schiff, A. and J. Kennes, "The Value of Reputation Systems", Proceedings of the *1st Summer Workshop in Industrial Organization*, Auckland, New Zealand, March 2003.

Schillo, M., P. Funk I. Stadtwald and M. Rovatsos, "Using trust for detecting deceitful agents in artificial societies", *Applied Artificial Intelligence Journal*, vol.14(8), pp. 825-848, September 2000

Schmalensee, R., "Advertising and Product Quality", *Journal of Political Economy*, vol.86, pp.485-503, 1978.

Schneider, J., G. Kortuem, J. Jager, S. Fickas and Z. Segall, "Disseminating Trust Information in Wearable Communities", Proceedings of the *2nd International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC2K)*, Bristol, United Kingdom, September 25-27, 2000.

Seigneur, J.M. and C. Jensen, "Trading Privacy for Trust", Proceedings of the *2nd International Conference on Trust Management*, St. Anne's College, Oxford, United Kingdom, March/April 2004.

Sen, A., "Social Choice Theory", *Handbook of Mathematical Economics*, vol.3(22), Elsevier Science Publishers, 1986.

Sen, S. and N. Sajja, "Robustness of Reputation-based Trust: Boolean Case", Proceedings of the *1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, ACM, Bologna, Italy, July 15-19, 2002.

Shapiro, C., "Consumer Information, Product Quality, and Seller Reputation", *The Bell Journal of Economics*, vol.13(1), pp.20-35, 1982.

Shardanand, U. and P. Maes, "Social Information Filtering: Algorithms for Automating Word of Mouth", Proceedings of the *Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.210-217, Denver, Colorado, 1995.

Sherwood, R., L. Seungjoon and B. Bhattacharjee, "Cooperative Peer Groups in NICE", *Computer Networks*, vol.50(4), pp.523-544, 2006.

Shields, C. and B. Levine, "A Protocol for Anonymous Communication Over the Internet", *7th ACM Conference on Computer and Communications Security*, Athens, Greece, November 2-4, 2000.

Shmatikov, V. and C. Talcott, *Reputation-Based Trust Management*, Computer Science Laboratory, SRI International Menlo Park, USA, 2003.

Silaghi, G.C., A.E. Arenas and L.M. Silva, *Reputation-based trust management systems and their applicability to grids*, University of Coimbra, Portugal, February 2007.

Singh, A. and L. Liu, "TrustMe: Anonymous Management of Trust Relationships in Decentralized P2P Systems", *Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing*, pp.142-149, Linköping, Sweden, September 1-3, 2003.

Singh, M.P., B. Yu and M. Venkatraman, "Community-based Service Location", *Communications of the ACM*, vol.44(4), pp.49-54, 2001.

Smallwood, D. and J. Conlisk, "Product Quality in Markets Where Consumers Are Imperfectly Informed", *Quarterly Journal of Economics*, vol.93, pp.1-23, 1979.

Soo Hoo, K.J., "How Much is Enough? A Risk management Approach to Computer Security", working paper, *Consortium for Research on Information Security and Policy (CRISP)*, Stanford University, Palo Alto, California, USA, June 2000.

Suryanarayana, G. and R.N. Taylor, *A Survey of Trust Management and Resource Discovery Technologies in Peer-to-Peer Applications*, Institute for Software Research, University of California, Irvine, July 2004

Suryanarayana, G., J.R. Erenkrantz, S.A. Hendrickson, R.N. Taylor, "PACE: An Architectural Style for Trust Management in Decentralized Applications", *Proceedings of the 4th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture*, Oslo, Norway, June 12-15, 2004.

Tadelis, S., "Firm Reputation with Hidden Information", *Economic Theory*, vol.21(2), pp.635-651, 2003.

Weeks, S., *Understanding Trust Management Systems*, Strategic Technologies and Architectural Research Laboratory, Santa Clara, USA, 2000.

Wilson, R., "Reputations in Games and Markets", *Game-Theoretic Models of Bargaining*, Cambridge University Press, pp.27-62, 1985.

Wishart, R., R. Robinson, J. Indulska and A. Jøsang, "Superstringrep: Reputation-Enhanced Service Discovery", *Proceedings of the 28th Australasian Conference on Computer Science*, vol.38, pp.49-57, Australian Computer Society Inc., Darlinghurst, Australia, 2005.

Withby, A., A. Jøsang and J. Indulska, "Filtering Out Unfair Ratings in Bayesian Reputation Systems", *The Icfain Journal of Management Research*, vol.4(2), pp.48-64, 2005.

Wittgenstein, L., "On Certainty", *Über Gewissheit*, Basil Blackwell, Oxford, United Kingdom, 1977.

Xiong, L. and L. Liu, "A reputation-based trust model for peer-to-peer ecommerce communities", *Proceedings of the IEEE Conference on e-Commerce*, pp.275-284, IEEE Computer Society, New York, 2003.

Xiong, L. and L. Liu, "PeerTrust: Supporting Reputation-based Trust For Peer to Peer Electronic Communities", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol.16(7), pp.843-857, 2004.

Yahalom, R., B. Klein and T. Beth, "Trust Relationships in Secure Systems - A Distributed Authentication Perspective", *Proceedings of the IEEE Symposium on Research in Security and Privacy*, pp.150-164, Oakland, May 1993.

Yao, W.T., "Fidelis: A Policy-Driven Trust Management Framework", *Proceedings of the 1st International Conference on Trust Management*, Heraklion, Crete, Greece, 2003.

Yao, W.T., M.K. Moody and J. Bacon, "A Model of OASIS Role-Based Access Control and its Support for Active Security", Proceedings of the *6th ACM Symposium on Access Control Models and Technologies*, pp.171-181, ACM Press, Chantilly, Virginia, USA, 2001, (<http://citeseer.nj.nec.com/yao01model.html>).

Yu, B. and M.P. Singh, "A Social Mechanism of Reputation Management in Electronic Communities", Proceedings of the *4th International Workshop on Cooperative Information Agents*, vol.1860, pp.154-165, Springer-Verlag, London, United Kingdom, 2000.

Yu, B. and M.P. Singh, "An Evidential Model of Distributed Reputation Management", Proceedings of the *1st International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, Bologna, Italy, July 2002.

Yu, B. and M.P. Singh, "Detecting Deception in Reputation Management", Proceedings of the *2nd International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, pp.73-80, ACM, Melbourne, Australia, 2003.

Yu, T., M. Winslett and K.E. Seamons, "Interoperable Strategies in Automated Trust Negotiation", Proceedings of the *8th ACM Conference on Computer and Communications Security*, pp.146-155, ACM, Philadelphia, USA, 2001

Zacharia, G. and P. Maes, "Trust Management Through Reputation Mechanisms", *Applied Artificial Intelligence*, vol.14(9), pp.881-907, 2000.

Zacharia, G., A. Moukas, and P. Maes, "Collaborative Reputation Mechanisms in Electronic Marketplaces", Proceedings of the *32nd Hawaii International Conference on System Science*, Maui, Hawaii, January 1999.

Zand, D.E., "Trust and Managerial Problem Solving", *Administrative Science Quarterly*, vol.17, pp.229-239, 1972.

Ziegler C.N. and G. Lausen, "Spreading Activation Models for Trust Propagation", Proceedings of the *IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce, and e-Service*, Taipei, Taiwan, March 28-31, 2004.