



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Φήμης σε
Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές με τη
χρήση Ασαφούς Λογικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΙΩΑΝΝΗ ΔΗΜΟΛΙΤΣΑ

Επιβλέπων: Συμεών Παπαβασιλείου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΚΤΥΩΝ

Αθήνα, Μάρτιος 2018



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Διαχείρισης και Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων

Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Φήμης σε Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές με τη χρήση Ασαφούς Λογικής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΙΩΑΝΝΗ ΔΗΜΟΛΙΤΣΑ

Επιβλέπων: Συμεών Παπαβασιλείου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5η Μαρτίου 2018.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Συμεών Παπαβασιλείου

Θεοδώρα Βαρβαρίγου

Ιωάννα Ρουσάκη

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2018

(Υπογραφή)

.....

ΙΩΑΝΝΗΣ ΔΗΜΟΛΙΤΣΑΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

© 2018 – All rights reserved



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Διαχείρισης και Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων

Copyright ©–All rights reserved Ιωάννης Δημολίτσας, 2018.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής στη διάρκεια των ακαδημαϊκών ετών 2016-2017, 2017-2018 και επισφραγίζει τις σπουδές μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Θα ήθελα ιδιαίτερα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Παπαβασιλείου Συμεών για την καθοδήγησή του και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο αντικείμενο. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Δεχουνιώτη Δημήτρη για την εξαιρετική συνεργασία και για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και τον Παπαδάκη Κώστα για το χρόνο και την τεχνική υποστήριξη που προσέφερε όποτε τη χρειαζόμουν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την άπλετη και πολύπλευρη στήριξη και κατανόηση καθόλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και όλους τους δικούς μου ανθρώπους και φίλους για την υπομονή τους και την υποστήριξη όλο αυτό το διάστημα και ιδιαίτερα τους τελευταίους μήνες.

Περίληψη

Στις μέρες μας η ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη στα πλαίσια του Διαδικτύου του Μέλλοντος καθιστά μείζονα το ρόλο των ομόσπονδων ερευνητικών υποδομών, ώστε να είναι δυνατή η πειραματική αξιολόγηση και η βελτιστοποίηση των αναπτυσσόμενων αυτών καινοτομιών. Η πολυπλοκότητα των εφαρμογών και η πληθώρα των αλληλεπιδράσεων στο χώρο του διαδικτύου αυξάνουν την ανάγκη για όλο και πιο ευρείας κλίμακας πειράματα. Τέτοιου είδους δυνατότητες παρέχονται από ανοικτές και συγκροτημένες ομοσπονδίες ερευνητικών υποδομών. Ωστόσο, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε υποδομής, ιδιαίτερα αυτών παρόμοιας λειτουργικότητας, σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες του κάθε πειράματος, δημιουργούν στον εκάστοτε ερευνητή το πρόβλημα της επιλογής. Μια λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί να βασιστεί στην γνώμη των ερευνητών/χρηστών, οι οποίοι έχουν διενεργήσει πειράματα στο παρελθόν σε κάποια υποδομή, συνεισφέροντας έτσι στη διαμόρφωση της φήμης της εκάστοτε υποδομής. Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, λοιπόν, είναι η ανάπτυξη και υλοποίηση ενός συστήματος διαχείρισης φήμης για ομόσπονδες ερευνητικές - πειραματικές υποδομές με χρήση ασαφούς λογικής. Προτείνονται δύο ασαφή συστήματα, τα οποία επεξεργάζονται τις αξιολογήσεις των χρηστών, παράλληλα με τα δεδομένα παρακολούθησης ώστε να υπλογίσει μια τιμή φήμης για την εκάστοτε υποδομή. Τα δύο συστήματα επεξεργάζονται τόσο αριθμητικές όσο και λεκτικές τιμές αξιολόγησης και είναι πλήρως προσαρμόσιμα σε διαφορετικού είδους υποδομές. Για την αξιολόγηση των προτεινόμενων ασαφών συστημάτων χρησιμοποιούνται δεδομένα από πραγματικό ομοσπονδιακό περιβάλλον. Εν τέλει τα συστήματα αυτά συγκρίνονται με ένα ήδη υπάρχον πλαίσιο φήμης για ομόσπονδες ερευνητικές υποδομές.

Λέξεις Κλειδιά

Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές, Φήμη, Εμπιστοσύνη, Ποιότητα της Υπηρεσίας, Ασαφή Συστήματα, Αξιοπιστία

Abstract

Within the Future Internet and the research and development of new technologies for it, there has been a great interest from the research community towards test driven research. In order for this kind of research to be successful, it is absolutely necessary to combine a wide variety of heterogeneous testbeds so that it can face the challenges and complexity of the Internet. For this exact reason, federation of testbeds has been created and developed. A federation of heterogeneous testbeds, which provides a wide range of services, attracts many experimenters from academia and industry to evaluate novel network architectures and protocols. The candidate experimenter reserves the appropriate testbeds' resources based on various diverse criteria. Since several testbeds offer similar resources, a trust mechanism between the users and the providers will facilitate the proper selection of testbeds. This thesis proposes two fuzzy reputation-based trust frameworks that combine the user experience from previously conducted experiments and retrieved monitoring data from the utilized testbeds in order to quantify the reputation of each testbed and experimenter. The proposed frameworks can process various types of numeric and linguistic data in an online fashion and can be easily extended for new types of testbeds and services. Also a credibility mechanism is deployed in order to protect the testbeds' reputation score from malicious users. Data from active federated testbeds are used to evaluate the performance of the fuzzy reputation frameworks under dynamic conditions. Furthermore, a comparison of the proposed frameworks with another existing trust framework for federated testbeds is presented.

Keywords

Federated Testbeds, Reputation Management, Quality of Service, Fuzzy Systems, User's Credibility

Περιεχόμενα

Πρόλογος	1
Περίληψη	3
Abstract	5
Περιεχόμενα	8
1 Εισαγωγή	13
1.1 Φήμη, Εμπιστοσύνη και Διαδικτυακές Υπηρεσίες	13
1.2 Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές	16
1.2.1 Ερευνητικές Υποδομές	16
1.2.2 Ομοσπονδοποίηση Ερευνητικών Υποδομών	17
1.3 Αντικείμενο Διπλωματικής	19
1.3.1 Το πρόβλημα	19
1.3.2 Συνεισφορά	20
1.4 Οργάνωση Κειμένου	22
2 Συστήματα Διαχείρισης Φήμης & Εμπιστοσύνης	23
2.1 Συστήματα Φήμης για Διαδικτυακές Υπηρεσίες	23
2.1.1 Αυτόνομες (Απλές) Διαδικτυακές Υπηρεσίες	24
2.1.2 Σύνθετες Διαδικτυακές Υπηρεσίες	26
2.1.3 Κοινότητες Διαδικτυακών Υπηρεσιών	27
2.2 Διαχείριση Φήμης στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων και Αυτο-οργανωμένα Δίκτυα	28
2.3 Διαχείριση Φήμης σε δίκτυα Υπολογιστικού Νέφους	29

2.4	Διαχείριση Φήμης σε Εικονικά Δίκτυα	30
2.5	Διαχείριση Φήμης σε Ομότιμα (Peer-to-Peer) Δίκτυα	31
2.6	Διαχείριση Φήμης σε Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές	32
3	Ασαφή Συστήματα Φήμης για Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές	35
3.1	Προαπαιτούμενες γνώσεις Ασαφούς Λογικής	37
3.2	Σύστημα Διαχείρισης Φήμης βασισμένο στην Ασαφή AHP μεθοδολογία	39
3.3	Σύστημα Διαχείρισης Φήμης βασισμένο στην Ασαφή VIKOR μεθοδολογία . .	45
3.4	Μηχανισμός Αξιοπιστίας Χρήστη	50
4	Αξιολόγηση των Προτεινόμενων Μοντέλων	53
4.1	Αξιολόγηση του Συστήματος βασισμένου στην Ασαφή AHP μεθοδολογία . . .	55
4.2	Αξιολόγηση του Συστήματος βασισμένου στην Ασαφή VIKOR μεθοδολογία .	58
4.3	Σύγκριση των προτεινόμενων συστημάτων με το πλαίσιο FTUE	62
5	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις	65
5.1	Σύνοψη	65
5.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις	66
	Βιβλιογραφία	69

Κατάλογος Σχημάτων

3.1	Τριγωνική Συνάρτηση Συμμετοχής	38
3.2	Μοντέλο Φήμης για Ομόσπονδες ΕΠΥ βασισμένο στο Ασαφές AHP	41
3.3	Μοντέλο Φήμης για Ομόσπονδες ΕΠΥ βασισμένο στο Ασαφές VIKOR	46
4.1	Υπηρεσία Φήμης του Fed4Fire+	54
4.2	Επίδραση του Μηχανισμού Αξιοπιστίας στο Σύστημα Φήμης Fuzzy AHP	58
4.3	Επίδραση του Μηχανισμού Αξιοπιστίας στο Σύστημα Φήμης Fuzzy VIKOR	61
4.4	Σύγκριση των Ασαφών Συστημάτων Φήμης με το FTUE	63

Κατάλογος Πινάκων

3.1	Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής Ασαφών Αριθμών	40
3.2	Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής Ασαφών Αριθμών για τα Βάρη . .	46
3.3	Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής για την αξιολόγηση των ΒΔΑ . .	48
4.1	Αξιολογήσεις για το Ασαφές AHP μεθοδολογία	55

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Φήμη, Εμπιστοσύνη και Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Οι διαδικτυακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ανθρώπων και υπηρεσιών, που δεν είχαν προηγούμενες πραγματικές σχέσεις, είναι όλο και συχνότερες. Παραδείγματα διαδραστικών ιστότοπων αποτελούν τα Κοινωνικά Δίκτυα (Social Networks, πχ. Facebook), τα Wikis (πχ. Wikipedia), τα Φόρουμ, αλλά και πιο σύγχρονα παραδείγματα, όπως η κοινή χρήση αρχείων (πχ. το Dropbox) και τα Κοινωνικά Δίκτυα Social Cloud. Καθένας από εμάς είναι συνεχώς εκτεθειμένος στις αναδυόμενες ψηφιακές τεχνολογίες, είτε στο σπίτι είτε στην εργασία, με τον αριθμό των αλληλεπιδράσεων και των επιχειρηματικών συναλλαγών που πραγματοποιούνται καθημερινά μέσω του διαδικτύου να αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Οι διαδικτυακές υπηρεσίες (Web Services), λοιπόν, κερδίζουν μια αυξανόμενη προσοχή, λόγω της ικανότητάς τους να επιτυγχάνουν μια αποτελεσματική σύνδεση υπηρεσιών, χρηστών και επιχειρηματικών συναλλαγών. Πέρα από το ευαίωνο μέλλον των διαδικτυακών υπηρεσιών, αυτή η αναδυόμενη τεχνολογία αντιμετωπίζει ορισμένες προκλήσεις, οι οποίες αποτελούν ζητήματα υψηλού ενδιαφέροντος για την ερευνητική κοινότητα. Μεταξύ αυτών των ζητημάτων, η επιλογή των διαδικτυακών υπηρεσιών έχει, προσφάτως, αποτελέσει σημείο αναφοράς σε πολλές ερευνητικές μελέτες και άρθρα, τα οποία στοχεύουν στην λήψη της βέλτιστης επιλογής. Το πρόβλημα που γεννά την ανάγκη της βέλτιστης επιλογής προκύπτει, όταν ένας χρήστης καλείται να επιλέξει από ένα σύνολο υπηρεσιών ίδιας λειτουργικότητας, αυτή που θα ικανοποιήσει βέλτιστα τις απαιτήσεις του. Έτσι, για την πλήρη αξιοποίηση των ηλεκτρονικών και διαδικτυακών υπηρεσιών, είναι σημαντικό να δημιουργηθεί και να γίνει διαχείριση της εμπιστοσύνης και της φήμης μεταξύ των εμπλεκόμενων σε τέτοιου είδους αλληλεπιδράσεις. Φυσικά η ανάγκη αυτή

δεν πρωτοεμφανίστηκε στο διαδίκτυο. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στην καθημερινή ζωή, όπου οντότητες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, πραγματοποιούν μία, κατά κάποιο τρόπο, διαχείριση της εμπιστοσύνης και της φήμης. Για παράδειγμα, η αγορά ενός προϊόντος ή μίας υπηρεσίας έχει σαν πρώτο στάδιο την επιλογή του καταστήματος ή του παρόχου. Η επιλογή αυτή θα γίνει με βάση είτε τη φήμη του παρόχου (ποιότητα των αγαθών-υπηρεσιών, εξυπηρέτηση, κλπ.) είτε την προσωπική, παλαιότερη, εμπειρία του ενδιαφερόμενου. Στο διαδίκτυο η επιλογή του χρήστη καθίσταται ακόμα πιο δύσκολη και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις στις οποίες δεν υπάρχει προηγούμενη εμπειρία αλληλεπίδρασης μεταξύ των οντοτήτων, ή οι πληροφορίες σχετικά την ποιότητα των υπηρεσιών του παρόχου είναι ελάχιστες ώστε να καταστήσουν την επιλογή του χρήστη ασφαλή.

Αυτό συνεπάγεται και την ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για την ανάπτυξη Συστημάτων Διαχείρισης Φήμης και Εμπιστοσύνης, σε μια εποχή που χρήση του διαδικτύου αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Τι ακριβώς, όμως, είναι ένα τέτοιο σύστημα; Ένα σύστημα φήμης λειτουργεί διευκολύνοντας τη συλλογή, τη συγκέντρωση και τη διανομή δεδομένων σχετικά με μια οντότητα, η οποία με τη σειρά της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χαρακτηρίσει και να προβλέψει τις μελλοντικές ενέργειες της οντότητας αυτής. Στην ουσία, αναφερόμενοι σε δεδομένα φήμης, οι χρήστες είναι σε θέση να αποφασίσουν ποιον πάροχο / υπηρεσία θα εμπιστευτούν και σε ποιο βαθμό. Τα δεδομένα φήμης που συγκεντρώνονται είναι διαθέσιμα προς όλους τους χρήστες και ουσιαστικά, εξομοιώνουν δεδομένα τα οποία θα αποτελούσαν τα χαρακτηριστικά ενός πλήθους παρελθοντικών αλληλεπιδράσεων ενός χρήστη, χωρίς ο ίδιος χρήστης να έχει πραγματικά προηγούμενη προσωπική εμπειρία.

Η απαίτηση για εμπιστοσύνη και φήμη είναι εμφανής σε πολλά διαδικτυακά συστήματα. Σε ηλεκτρονικά συστήματα τραπεζών, για παράδειγμα, η φήμη της υπηρεσίας είναι δεδομένη παράμετρος. Σε πιο ανοικτά ηλεκτρονικά επιχειρηματικά συστήματα και σε ηλεκτρονικές αγορές, όπως το eBay [34], παρατηρούμε τη ρητή αλλά ανεπίσημη χρήση της φήμης μέσω της ανατροφοδότησης των χρηστών. Η οικοδόμηση και η διατήρηση μιας καλής φήμης μπορεί να αποτελέσει σημαντικό κίνητρο για τη συμβολή σε διαδικτυακές κοινότητες, είτε πρόκειται για επιστημονικούς, επιχειρηματικούς ή κοινωνικούς προσανατολισμούς.

Σε τι ακριβώς αναφερόμαστε, όμως, με τους όρους φήμη και εμπιστοσύνη; Παρακάτω δίνουμε τους ορισμούς των δύο αυτών εννοιών.

Ορισμός 1. Σύμφωνα με την εργασία [1], η **Φήμη** (*Reputation*) ορίζεται «ως η εκτίμηση από την οποία γενικά χαρακτηρίζεται ένα άτομο ή πράγμα». Η άποψη κάθε ατόμου διαφέρει από κάθε άλλο άτομο καθιστώντας τη φήμη μια υποκειμενική, σε υπερθετικό βαθμό, ποσότητα.

Η φήμη δεν είναι ο χαρακτήρας που έχει κάποιος, αλλά ο χαρακτήρας που οι άλλοι πιστεύουν ότι έχει. Ένας ακόμη ορισμός για την φήμη δίνεται από το είναι, «η εντύπωση που δημιουργεί ένα άτομο, σύμφωνα με την παρελθοντική συμπεριφορά του, σχετικά με τις μελλοντικές προθέσεις του και τις ενέργειές του».

Ορισμός 2. Σύμφωνα με την εργασία [2], η **Εμπιστοσύνη** (Trust) ορίζεται ως «μια υποκειμενική άποψη που έχει ένα άτομο σχετικά με τη μελλοντική συμπεριφορά ενός άλλου ατόμου». Ουσιαστικά, αποτελεί το βαθμό αξιοπιστίας που μια οντότητα αποδίδει σε κάποια άλλη, για να εκτελέσει μια συγκεκριμένη εργασία. Ένας ακόμη ορισμός για την εμπιστοσύνη όπως δίνεται στο [1] είναι, «ο βαθμός στον οποίο μια οντότητα είναι διατεθειμένη να εξαρτάται από κάτι ή κάποιον σε δεδομένη κατάσταση με αίσθημα σχετικής ασφάλειας, παρόλο που είναι δυνατόν να υπάρξουν αρνητικές συνέπειες».

Η φήμη και η εμπιστοσύνη (ή αξιοπιστία) συνήθως συγχέονται και χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα, παρόλο που οι έννοιές τους είναι σαφώς διαφορετικές. Η κύρια διαφορά μεταξύ αυτών των δύο εννοιών είναι ότι η εμπιστοσύνη είναι κυρίως μια προσωπική και υποκειμενική έννοια αντίθετα με τη φήμη που είναι δημόσια και συνδυασμένη. Με άλλα λόγια, ένας πράκτορας Α μπορεί ακόμα να εμπιστευτεί κάποιον άλλον πράκτορα Β, παρά την κακή φήμη του Β, εάν ο Α έχει στενή σχέση με το Β ή ακόμα εάν έχει κάποιες προσωπικές πληροφορίες για τον Β και εν τέλει ξεπερνά τη δημόσια φήμη του Β.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, οι απαιτήσεις της εποχής και η ευρεία χρήση διαδικτυακών υπηρεσιών, καθιστούν αναγκαία την διαχείριση της εμπιστοσύνης και της φήμης, με σκοπό την αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση των οντοτήτων στο διαδίκτυο. Αυτή, λοιπόν, η ανάγκη απαιτεί την ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης της φήμης και της εμπιστοσύνης, δεδομένου του ότι η χρησιμοποίηση της φήμης και της εμπιστοσύνης σε ένα διαδικτυακό περιβάλλον διαφέρει σημαντικά από τον πραγματικό κόσμο. Κύρια διαφορά είναι η μη, διαδικτυακή, ύπαρξη των χαρακτηριστικών στοιχείων, τα οποία καθορίζουν τη φήμη ή το βαθμό αξιοπιστίας κάποιου στον πραγματικό κόσμο. Από την άλλη ο διαμοιρασμός της πληροφορίας στον πραγματικό κόσμο, όσον αφορά στη φήμη κάποιου είναι σημαντικά περιορισμένος σε σύγκριση με την δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών στο διαδίκτυο. Προκύπτει, επομένως, ότι ένα σύστημα διαχείρισης φήμης θα πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα οφείλει να αντικαταστήσει στοιχεία του πραγματικού κόσμου που μας οδηγούν στην διαπίστωση της φήμης κάποιου με κατάλληλα στοιχεία, αναλόγως και με το είδος της εφαρμογής, τα οποία

είναι ικανά για να υπολογιστεί το μέτρο της φήμης μιας οντότητας. Επιπλέον θα πρέπει να αξιοποιεί το διαδίκτυο και τις υπάρχουσες τεχνικές υποδομές ώστε να μπορεί αποτελεσματικά να συλλέγει την απαραίτητη πληροφορία για τον υπολογισμό της φήμης ώστε να εξυπηρετεί την καλύτερη λήψη αποφάσεων από τους χρήστες.

Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός των συστημάτων φήμης απαιτεί τον εντοπισμό των αναγκών σε σχέση με την αξιοπιστία των υπηρεσιών και του τομέα εφαρμογής, στις οποίες αναπτύσσονται οι υπηρεσίες αυτές. Επιπλέον, κατά την επιλογή ενός συστήματος φήμης που θα εφαρμοστεί σε μια υπηρεσία εξυπηρέτησης πελατών, είναι σημαντικό να εξακριβωθεί εάν το επιλεγμένο σύστημα φήμης ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις εμπιστοσύνης για μια τέτοια υπηρεσία. Προκειμένου να δημιουργηθεί, λοιπόν, το κατάλληλο σύστημα για κάθε περιβάλλον, έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις σχετικά με την ανάπτυξη τέτοιων μηχανισμών.

Παρά τις όποιες διαφορές, κοινό σημείο αναφοράς στον υπολογισμό της φήμης μιας οντότητας είναι η αξιολόγηση μεταξύ των οντοτήτων μετά το πέρας της όποιας αλληλεπίδρασης. Ανάλογα με το μηχανισμό που τίθεται σε εφαρμογή, πραγματοποιείται ο συμψηφισμός όλων των αξιολογήσεων για μια οντότητα. Έτσι υπολογίζεται, εν τέλει, η τιμή της φήμης της συγκεκριμένης οντότητας, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει την επιλογή των χρηστών μελλοντικά.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα συστημάτων διαχείρισης φήμης υπάρχουν σε πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου όπως το eBay [34] ή το Amazon [35] καθώς και σε ομότιμα δίκτυα και εφαρμογές.

1.2 Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές

1.2.1 Ερευνητικές Υποδομές

Στο σήμερα είναι γεγονός ότι η παρουσία και η επιρροή των διαδικτυακών εφαρμογών στη καθημερινότητά μας, ολοένα και αυξάνεται. Είναι, επομένως, ανάλογη και η αύξηση των απαιτήσεων στα πλαίσια της ραγδαίας τεχνολογικής ανάπτυξης. Άρα γίνεται αντιληπτή η ανάγκη να προκύπτουν συνεχώς καινοτομίες, οι οποίες θα συντελούν στο να υπερβαίνονται τα όρια που τίθενται από τις ολοένα και αυξανόμενες ανάγκες της καθημερινότητας. Για οποιαδήποτε όμως νέα τεχνολογία, είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί και να βελτιστοποιηθεί, προτού είναι πλήρως εφαρμόσιμη και ικανή να παρέχει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Προς το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις (simulations) και εξομοιώσεις (emu-

lations). Οι προσομοιώσεις δίνουν τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων όσον αφορά τη «συμπεριφορά» αναπτυσσόμενων συστημάτων και τεχνολογιών, καθώς και την απόδοση αυτών, κατά προσέγγιση. Αποτελούν την οικονομικότερη και ταχύτερη, συνήθως, μέθοδο προσέγγισης της λειτουργίας νέων τεχνολογιών σε εξελικτικό ακόμα στάδιο. Ωστόσο, το σημαντικότερο μειονέκτημα, είναι ότι για χάρη της ταχύτητας στην εξαγωγή των προσεγγιστικών συμπερασμάτων πολλές φορές, κατά την προσομοίωση, πραγματοποιείται χρήση απλουστευμένων μοντέλων και έτσι η πολυπλοκότητα που αποδίδεται στα πειράματα να υστερεί σημαντικά σε σχέση με τις πραγματικές συνθήκες εφαρμογής. Από την άλλη πλευρά, οι εξομοιώσεις προσπαθούν να αναπαραγάγουν πλήρως τη συμπεριφορά πραγματικών συστημάτων για την μέτρηση και την εξαγωγή των αντίστοιχων συμπερασμάτων. Όμως και στη συγκεκριμένη μέθοδο, είναι αδύνατη η πλήρης προσέγγιση ενός σεναρίου του πραγματικού κόσμου, αντιμετωπίζοντας ουσιαστικά το ίδιο ζήτημα με τη μέθοδο της προσομοίωσης.

Οι δύο παραπάνω προσεγγίσεις αποτελούν κύρια εργαλεία της ερευνητικής κοινότητας. Από την άλλη μεριά όμως, προκύπτει έντονα η ανάγκη διενέργειας πειραματικών μεθόδων με βάση υλοποιημένα πρωτότυπα υπό πραγματικές και ελεγχόμενες συνθήκες. Αυτού του είδους τα πειράματα πραγματοποιούνται πάνω σε ερευνητικές - πειραματικές υποδομές, οι οποίες θα αναφέρονται παρακάτω στο κείμενο ως ΕΠΥ (testbeds, experimental infrastructures).

1.2.2 Ομοσπονδοποίηση Ερευνητικών Υποδομών

Σύμφωνα με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό, ότι στο πεδίο της εξέλιξης του διαδικτύου και στην ανάπτυξη καινοτομιών στα πλαίσια αυτού, οι ΕΠΥ διαδραματίζουν καταλυτικό ρόλο. Συνεπώς, είναι ιδιαίτερα σημαντική η σχεδίαση και η διαχείριση τέτοιων υποδομών για τον τομέα της ανάπτυξης καινοτομιών. Η ραγδαία εξέλιξη στο πεδίο του διαδικτύου και των εφαρμογών του, καθώς και η πληθώρα αλληλεπιδράσεων που διεκπεραιώνονται μέσω αυτού, ειδικότερα στα πλαίσια του Διαδικτύου του Μέλλοντος (Future Internet), έχουν στρέψει την προσοχή της ερευνητικής κοινότητας στην αναζήτηση πειραματικών τεχνικών, κατάλληλων έτσι ώστε να είναι δυνατή η αξιολόγηση και η βελτιστοποίηση της πορείας των αναπτυσσόμενων καινοτομιών. Καθίσταται, λοιπόν, σαφής η ανάγκη για δημιουργία υποδομών, οι οποίες θα είναι σε θέση να υποστηρίζουν πειραματικές τεχνικές ευρείας κλίμακας στα πλαίσια μιας ανοικτής και συγχροτημένης ομοσπονδίας. Στα πλαίσια του υπό διαμόρφωση διαδικτύου του μέλλοντος και της εγκαθίδρυσης πρακτικών του, όπως είναι οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους (Cloud Computing), πολλές διαδικτυακές λειτουργίες και αλληλεπιδράσεις κατανέμονται για υλοποίηση,

σε περισσότερες από μία υποδομές.

Για παράδειγμα, ένας χρήστης έχει τη δυνατότητα μέσω του διαδικτύου να αποθηκεύει και να μοιράζεται δεδομένα μέσω υπηρεσιών αποθήκευσης σε υπολογιστικό νέφος (Cloud Storage, όπως το Dropbox) ή ένας φοιτητής να πραγματοποιεί τις εργασίες του χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές που απαιτούνται μέσω των υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους της σχολής του. Είναι προφανές ότι η πληθώρα των δυνατοτήτων που αναπτύσσονται στο χώρο του διαδικτύου αυξάνουν σε υπερθετικό βαθμό την πολυπλοκότητα των συστημάτων τα οποία υποστηρίζουν αυτές τις λειτουργίες. Αντίστοιχη, όπως αναφέραμε και παραπάνω, είναι η ανάγκη για πειραματική έρευνα, η οποία θα κατορθώνει να προσεγγίζει όσο το δυνατό καλύτερα σενάρια με πολυπλοκότητα πραγματικών προβλημάτων πραγματικού κόσμου. Έτσι, το μεγάλο στοίχημα για την έρευνα στο διαδίκτυο του μέλλοντος είναι η αποτελεσματική ομοσπονδοποίηση γεωγραφικά διάσπαρτων ερευνητικών υποδομών προκειμένου, να μπορούν από την μία να έχουν πρόσβαση σε αυτές πολλοί ερευνητές και να διενεργούνται ποικίλα πειραματικά σενάρια και ταυτοχρόνως, να δοθεί η δυνατότητα συνδυασμού ερευνητικών υποδομών για την δημιουργία πολύπλοκων και ποικιλόμορφων πειραμάτων, τα οποία θα ανταποκρίνονται αντιστοίχως στην πολυπλοκότητα και την ετερογένεια του ίδιου του διαδικτύου.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων υποδομών είναι το Fed4FIRE [6], το Fed4FIRE+ [7], καθώς και το GENI [8]. Η αρχιτεκτονική πάνω στην οποία είναι βασισμένες οι παραπάνω υποδομές είναι η Slice-based Federation Architecture (SFA). Παρέχει την ελάχιστη διαπαφή που επιτρέπει την ομοσπονδία ανάμεσα σε υποδομές διαφορετικών τεχνολογιών και διαφορετικών διαχειριστών, παραχωρώντας ταυτόχρονα τον έλεγχο των πόρων στους ιδιοκτήτες τους. Δίνεται με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα στους ερευνητές να συνδυάσουν πόρους (resources) διαθέσιμους σε πληθώρα ΕΠΥ, βελτιώνοντας έτσι τη δυνατότητα επεκτασιμότητας και την ποικιλομορφία των διεξαγόμενων πειραμάτων. Το ουσιαστικότερο χαρακτηριστικό αυτής της αρχιτεκτονικής είναι η έννοια της φέτας πόρων (slice). Η φέτα πόρων είναι ένα δίκτυο επιπέδου υποστρώματος, το οποίο περιέχει (εικονικούς ή πραγματικούς) υπολογιστικούς και διαδικτυακούς πόρους ικανούς να υποστηρίξουν ένα πείραμα ή μια διαδικτυακή υπηρεσία ευρείας κλίμακας. Αποτελείται από ένα σύνολο τμημάτων και των συσχετιζόμενων με αυτά χρηστών. Η ύπαρξη αυτών των υποδομών έρχεται να καλύψει βασικές προϋποθέσεις, έτσι ώστε να αξιοποιηθούν στο πλήρες τους οι δυνατότητες που παρέχει η ανάπτυξη του διαδικτύου του μέλλοντος για την πειραματική έρευνα. Πιο συγκεκριμένα μέσω των ομόσπονδων ερευνητικών υποδομών δίνεται η δυνατότητα πρόσβασης και διενέργειας πειραμάτων σε πραγματικές εγκαταστάσεις, δίχως οι ερευνητές να έχουν φυσική παρουσία ή ιδιοκτησία σε αυτές,

καθώς και πραγματοποίηση των σύνθετων πειραμάτων προσεγγίζοντας σε μεγάλο βαθμό την πολυπλοκότητα του πραγματικού κόσμου, αφού είναι δυνατός ο συνδυασμός διαφορετικών και γεωγραφικά διάσπαρτων υποδομών.

1.3 Αντικείμενο Διπλωματικής

1.3.1 Το πρόβλημα

Όπως προαναφέραμε, η ανάπτυξη ομόσπονδων πειραματικών υποδομών δίνει τη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών υπολογιστικών και διαδικτυακών πόρων από τους ερευνητές, έτσι ώστε να είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν τα απαραίτητα πειράματα ευρείας κλίμακας. Ωστόσο, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε υποδομής σε συνδυασμό με τις ιδιαιτερότητες του κάθε πειράματος, δημιουργούν στον εκάστοτε ερευνητή το πρόβλημα της επιλογής. Όπως και στην περίπτωση απλών χρηστών, που καλούνται να επιλέξουν από ένα σύνολο εφαρμογών, αυτή που καλύπτει περισσότερο τις ανάγκες τους, αντίστοιχα και οι ερευνητές θα πρέπει να επιλέξουν τον κατάλληλο συνδυασμό υποδομών με σκοπό την εξαγωγή των καλύτερων δυνατών πειραματικών συμπερασμάτων. Η επιλογή γίνεται ακόμα δυσκολότερη υπόθεση όταν, κάποιος ερευνητής καλείται για πρώτη φορά να χρησιμοποιήσει μια πλατφόρμα από ομόσπονδες υποδομές, χωρίς να έχει προηγούμενη προσωπική εμπειρία. Το πρόβλημα, λοιπόν, της βέλτιστης επιλογής συνοψίζεται στα παρακάτω κριτήρια, που ουσιαστικά θα κατευθύνουν τον ερευνητή στη κατάλληλη επιλογή:

- Τι είδους πείραμα θέλει να πραγματοποιήσει ο ερευνητής; Είναι απαραίτητο, λοιπόν, να γνωρίζει τι είδους υπηρεσίες παρέχονται και συνεπώς και τι είδους πειράματα μπορούν να λάβουν χώρα σε κάθε ερευνητική υποδομή.
- Είναι αξιόπιστη μια υποδομή και ποιες είναι οι επιδόσεις της; Αυτό το κριτήριο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς ο ερευνητής είναι σε θέση να ξέρει τι να περιμένει όσον αφορά τη σταθερότητα της υποδομής, το πόσο λειτουργική είναι καθώς και αν οι υπολογιστικοί πόροι που παρέχονται καλύπτουν τις ανάγκες του πειράματος. Στοιχεία απαραίτητα για μια σωστή επιλογή.
- Ποια είναι η γνώμη άλλων χρηστών σχετικά με την επιλογή της συγκεκριμένης υπηρεσίας; Η συλλογή αυτών των πληροφοριών μπορεί να αποκαταστήσει την έλλειψη προ-

γούμενης εμπειρίας χρήσης συγκεκριμένων υποδομών από έναν ερευνητή, δίνοντας μια ακόμα καλύτερη κατεύθυνση στην επιλογή του.

Αναλυτικότερα, η ικανοποίηση του πρώτου κριτηρίου δεν αποτελεί κάποια πολύπλοκη διαδικασία. Κάθε υποδομή είναι σε θέση να προβάλει, ή αλλιώς να διαφημίζει, τα χαρακτηριστικά της και κατ' επέκταση τις υπηρεσίες που παρέχει προς τους ερευνητές. Ωστόσο, για τα δύο επόμενα κριτήρια, η δημιουργία πλατφόρμας που θα τα ικανοποιεί, αποτελεί ουσιαστικά το κύριο πρόβλημα που προκύπτει όταν ο ερευνητής καλείται να επιλέξει την κατάλληλη υποδομή. Το πρόβλημα αυτό προκύπτει, διότι δεν αρκεί η καταγραφή των δεδομένων παρακολούθησης (monitoring data) για την μέτρηση των επιδόσεων μιας υποδομής, αφού σε πολλές περιπτώσεις οι μετρήσεις αυτές δεν αποτυπώνουν ξεκάθαρα ένα επίπεδο απόδοσης.

Για παράδειγμα αν μία ερευνητική υποδομή χάνει τη σύνδεση της το 10% του χρόνου μπορεί να έχει τελείως διαφορετικό αντίκτυπο σε ένα πείραμα εάν η διακοπή αυτή είναι συνεχόμενη ή αποτελείται από πολλές μικρές διακοπές κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στην επιλογή διαδραματίζει και η γνώμη άλλων χρηστών-ερευνητών που χρησιμοποίησαν την υποδομή και είναι εξίσου σημαντική η συγκέντρωση των πληροφοριών από τα πειράματα που πραγματοποίησαν. Ακόμα όμως σημαντικότερη είναι η επεξεργασία των πληροφοριών αυτών και η συνεισφορά τους στη συνολική αξιολόγηση κάθε υποδομής. Έτσι, γίνεται κατανοητό ότι μια απλή καταγραφή των επιδόσεων δεν αρκεί, και απαιτείται η συλλογή περισσότερης πληροφορίας, καθώς και η επεξεργασία μιας πληθώρας παραμέτρων ώστε η αξιολόγηση η οποία θα προκύψει να δίνει στον ερευνητή τη δυνατότητα να επιλέξει βέλτιστα την ερευνητική υποδομή που θα χρησιμοποιήσει. Σε αυτό ακριβώς το πρόβλημα, λοιπόν, προσπαθεί να δώσει λύση και η συγκεκριμένη εργασία.

1.3.2 Συνεισφορά

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι, λοιπόν, η επίλυση του παραπάνω προβλήματος. Προς αυτή την κατεύθυνση πέρα από τη συλλογή και διαχείριση των δεδομένων παρακολούθησης, δηλαδή την απλή καταγραφή των τεχνικών μετρήσεων, έχουμε εισάγει τις έννοιες της φήμης και της εμπιστοσύνης. Αυτές οι δύο έννοιες είναι καταλυτικές όσον αφορά την επιλογή της κατάλληλης διαδικτυακής εφαρμογής από έναν χρήστη, ειδικά όταν δεν έχει προσωπική εμπειρία, και βασίζονται στο ιστορικό της εμπειρίας προηγούμενων χρηστών.

Ωστόσο, η ανάπτυξη του κατάλληλου Συστήματος Διαχείρισης Φήμης - Εμπιστοσύνης εξαρ-

τάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο θα εφαρμοστεί, καθώς και από το προφίλ των χρηστών που θα αλληλεπιδρούν με το συγκεκριμένο περιβάλλον ή εφαρμογή ή υποδομή.

Σε αυτό το πλαίσιο, εργαζόμενοι σε περιβάλλον Matlab, προχωρήσαμε στη δοκιμή δύο διαφορετικών μηχανισμών, οι οποίες βασίζονται στα εξής μοντέλα αξιολογήσεων, που βρίσκουν εφαρμογές και σε πεδία πέρα του διαδικτύου, το Fuzzy AHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) και το Fuzzy VIKOR (Fuzzy ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje).

Οι δύο αυτές προσεγγίσεις ανήκουν στην κατηγορία πολυκριτηριακών μεθόδων απόφασης (MCDM, Multi Criteria Decision Making Methods) και χρησιμοποιούνται για να δώσουν λύση στο πρόβλημα της επιλογής. Επιπλέον, για τα δύο συστήματα χρησιμοποιήθηκε Ασαφής Λογική (Fuzzy Logic), καθώς δίνει τη δυνατότητα να γίνει χρήση λεκτικών όρων στις αξιολογήσεις των χρηστών. Η χρήση λεκτικών όρων εμπλουτίζει τα συστήματα φήμης και ουσιαστικά, αφού με αυτούς είναι καλύτερη η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών, ενώ επιπλέον μπορούν να κριθούν και κομμάτια του συστήματος τα οποία δεν είναι τεχνικά μετρήσιμα, όπως για παράδειγμα η ευκολία στη χρήση της εφαρμογής. Η χρήση Ασαφούς Λογικής δίνει τη δυνατότητα εκτός από το να αποτυπώνονται «λεκτικές κριτικές», να γίνεται μαθηματική επεξεργασία αυτών, και εν τέλει να συνεισφέρουν στο τελικό αποτέλεσμα της Φήμης μιας ΕΠΥ.

Συνοπτικά, για την παραπάνω υλοποίηση ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

- Αρχικά μελετήσαμε τις έννοιες της εμπιστοσύνης και της φήμης στο πεδίο του διαδικτύου.
- Στη συνέχεια εξετάσαμε κάποιους τρόπους υπολογισμού φήμης και εμπιστοσύνης σε διάφορα πεδία του διαδικτύου, όπως είναι οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους, αλλά και εκτός αυτού.
- Στοχεύσαμε σε δύο συγκεκριμένες προσεγγίσεις για την περίπτωση των ομόσπονδων ΕΠΥ. Πραγματοποιήθηκαν, ακολούθως, πειράματα για να αξιολογηθεί η συμπεριφορά των δύο συστημάτων.
- Στα πειράματα σταδιακά γινόταν εισαγωγή πολλών παραμέτρων, όπως η χρήση λεκτικών όρων και ασαφούς λογικής και η αξιοπιστία του κάθε χρήστη.

- Τέλος μελετήσαμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων και εντοπίσαμε τα θετικά και τα αρνητικά στοιχεία σε καθεμία από τις δύο προσεγγίσεις.

1.4 Οργάνωση Κειμένου

Το κείμενο αναπτύσσεται με την καθότι λογική. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται μηχανισμοί δειχείρισης εμπιστοσύνης και φήμης, που έχουν αναπτυχθεί για διάφορα διαδικτυακά περιβάλλοντα, ώστε να κατανοηθεί η προσέγγιση μιας διαδικασίας υπολογισμού φήμης και να αναζητηθούν ιδέες που θα αποτελέσουν κομμάτι και της παρούσας προσέγγισης. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι ασαφείς μηχανισμοί φήμης που προτείνονται, καθώς και ο μηχανισμός αξιοπιστίας χρήστη, που εντάσσεται σε αυτούς. Στο τέταρτο κεφάλαιο διενεργούνται πειράματα με σκοπό την ανάπτυξη και την κατανόηση των βημάτων των μηχανισμών, αλλά και την αξιολόγησή τους χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Επίσης συγκρίνονται με ένα άλλο πλαίσιο φήμης για ομόσπονδες ερευνητικές υποδομές, το FTUE. Στο πέμπτο κεφάλαιο τα πειραματικά εξαγώμενα συμπεράσματα συνοψίζονται και παράλληλα προτείνονται ιδέες για μελλοντικές επεκτάσεις των συστημάτων αυτών.

Κεφάλαιο 2

Συστήματα Διαχείρισης Φήμης & Εμπιστοσύνης

Μια Ομοσπονδία Πειραματικών Υποδομών (Federation of Testbeds) έχει τη δυνατότητα να παρέχει πληθώρα διαφορετικών πόρων και υπηρεσιών, όπως υπηρεσίες ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου, δυνατότητα απομακρυσμένης σύνδεσης με υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους και εικονικούς πόρους (Virtualization). Σε αυτό το κεφάλαιο, λοιπόν, θα παρουσιάσουμε μερικές ενδιαφέρουσες προσεγγίσεις σχετικά με τα Συστήματα Φήμης - Εμπιστοσύνης, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε υπηρεσίες όπως οι παραπάνω.

2.1 Συστήματα Φήμης για Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε Συστήματα Φήμης - Εμπιστοσύνης για Διαδικτυακές Υπηρεσίες. Σύμφωνα με τον Wahab [2], τα συστήματα φήμης για διαδικτυακές υπηρεσίες μπορούν να ταξινομηθούν βάση της αρχιτεκτονικής σχεδίασης των υπηρεσιών (Αυτόνομες ή Απλές, Σύνητες και Κοινότητες Διαδικτυακών Υπηρεσιών), καθώς και με βάση την τεχνική που χρησιμοποιείται σε κάθε προτεινόμενο μοντέλο, για τον υπολογισμό της τιμής της φήμης για μια υπηρεσία. Πραγματοποιείται ουσιαστικά μια υψηλού και μια χαμηλού επιπέδου ταξινόμηση. Καθορίζουμε επίσης κριτήρια για τα μοντέλα εμπιστοσύνης και φήμης σε κάθε αρχιτεκτονική. Με βάση αυτά τα κριτήρια διεξάγουμε μια συγκριτική ανάλυση υψηλού επιπέδου μεταξύ των κατηγοριών των συστημάτων και μια χαμηλού επιπέδου μεταξύ των κύριων προσεγγίσεων – μεθόδων για κάθε αρχιτεκτονική.

2.1.1 Αυτόνομες (Απλές) Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Οι Αυτόνομες Διαδικτυακές Υπηρεσίες (Single Web Services) αναφέρονται στις υπηρεσίες οι οποίες εργάζονται μεμονωμένα για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των χρηστών. Τα μοντέλα εμπιστοσύνης και φήμης που προτείνονται για αυτήν την αρχιτεκτονική στοχεύουν κυρίως στο να βοηθήσουν τους χρήστες να επιλέξουν την κατάλληλη υπηρεσία, η οποία επιτυγχάνει βέλτιστα τα αιτήματά τους. Για το σκοπό αυτό, τα προτεινόμενα μοντέλα θα πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένα κριτήρια, από τα οποία ξεχωρίζουν τα εξής:

- Κάλυψη πολλαπλών μετρήσεων που αφορούν την ποιότητα της υπηρεσίας (θα αναφέρεται ως ΠτΥ, Quality of Service) όπως ο χρόνος απόκρισης, η απόδοση, η διαθεσιμότητα κ.λπ., για να δωθεί στους χρήστες η δυνατότητα να διακρίνουν με βάση τη λειτουργική απόδοση παρόμοιες υπηρεσίες.
- Εξέταση των προτιμήσεων των χρηστών, δεδομένου ότι οι χρήστες ενδέχεται να ενδιαφέρονται για διαφορετικές μετρήσεις ποιότητας (δηλαδή ένας χρήστης μπορεί να ενδιαφέρεται για τον χρόνο απόκρισης ενώ ένας άλλος χρήστης μπορεί να αναζητήσει χαμηλότερο κόστος).
- Υπολογισμός τόσο των υποκειμενικών (ανατροφοδοτήσεις από τους χρήστες) όσο και των αντικειμενικών (παρακολούθηση ΠτΥ) προοπτικών, ενώ γίνεται αξιολόγηση της εμπιστοσύνης και της φήμης των διαδικτυακών υπηρεσιών.
- Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των κριτών για την αποφυγή κακόβουλων αξιολογήσεων και εξαπάτησης.

Τα περισσότερα από τα μοντέλα εμπιστοσύνης και φήμης που προτάθηκαν για την παραπάνω αρχιτεκτονική των διαδικτυακών υπηρεσιών χρησιμοποιούν άμεση ανατροφοδότηση από τους χρήστες (Feedback-based models) για να υπολογίσουν την αξία εμπιστοσύνης των υπηρεσιών. Για το σκοπό αυτό προτάθηκαν μοντέλα βασισμένα σε στατιστικά στοιχεία (Statistic-based models), βασισμένα σε ασαφή λογική (Fuzzy-logic-based) και βασισμένα σε εξόρυξη δεδομένων (Data-mining-based).

Τα μοντέλα βασισμένα στην ανατροφοδότηση στηρίζονται στην ιδέα της συλλογής κριτικών σχετικά με μια συγκεκριμένη διαδικτυακή υπηρεσία. Αυτές οι κριτικές χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για να δημιουργηθεί μια τιμή εμπιστοσύνης για την εν λόγω υπηρεσία. Πηγή των

κριτικών μπορεί να είναι είτε ο πάροχος είτε ο καταναλωτής [3]. Οι πληροφορίες που παράγει ο πάροχος περιλαμβάνουν ουσιαστικά τις περιγραφές της υπηρεσίας. Οι πληροφορίες που παράγονται από τους καταναλωτές είναι, από την άλλη πλευρά, επιγραμματικές κριτικές από χρήστες, που έχουν εμπειρία χρήσης της υπηρεσίας από προηγούμενες αλληλεπιδράσεις. Για παράδειγμα, οι Maximilien και Singh [4] πρότειναν ένα μοντέλο πολλαπλών παραγόντων βασισμένο στην οντολογία που επιτρέπει στους παρόχους να διαφημίσουν τις υπηρεσίες τους, ενώ οι χρήστες να δηλώνουν τις προτιμήσεις τους, και τις αξιολογήσεις σχετικά με τις υπηρεσίες που θα δημιουργηθούν και θα μοιραστούν. Οι αξιολογήσεις βασίζονται στις μετρήσεις ΠτΥ, οι οποίες περιλαμβάνουν πολύ γνωστές υπολογιστικές παραμέτρους.

Όσον αφορά τα Στατιστικά Μοντέλα, χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη σχέση μεταξύ ενός συνόλου μεταβλητών μέσω μαθηματικών εξισώσεων. Αυτά τα μοντέλα επιχειρούν να ξεπεράσουν τα προβλήματα των μοντέλων που βασίζονται σε ανατροφοδότηση, τα οποία στηρίζονται αποκλειστικά στις αξιολογήσεις που παρέχονται από τους παρόχους ή και τους χρήστες και που μπορεί να είναι αναξιόπιστες, εξετάζοντας πολλαπλές πηγές εμπιστοσύνης και χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους για το συνδυασμό τους. Στο RATEWeb [5], για παράδειγμα, οι συγγραφείς πρότειναν μια σειρά μετρήσεων που βασίστηκαν στις μεθόδους που εφαρμόζονται στα κοινωνικά δίκτυα με στόχο την ενίσχυση της ακριβείας και τη δυναμική αξιολόγηση των μεταβαλλόμενων συνθηκών. Αυτές οι μετρήσεις περιλαμβάνουν την αξιοπιστία των αξιολογητών (με στόχο τις προκατειλημμένες αξιολογήσεις), τις εξατομικευμένες προτιμήσεις (σταθμισμένες προτιμήσεις σχετικά με τις μετρήσεις ΠτΥ), αποδίδοντας παράλληλα περισσότερο βάρος στις πιο πρόσφατες αξιολογήσεις. Τέλος, χρησιμοποιείται μια στατιστική τεχνική για να συνδυάσει αυτές τις μετρήσεις και να υπολογίσει την τιμή εμπιστοσύνης. Επιπρόσθετα, μερικά από τα προτεινόμενα μοντέλα για αυτόνομες διαδικτυακές υπηρεσίες είναι βασισμένα στη χρήση Ασαφούς Λογικής. Η Ασαφής Λογική [10] αποτελεί γενίκευση της κλασικής λογικής και παρέχει μηχανισμούς προσεγγιστικού συλλογισμού (που υποστηρίζει τιμές κατά προσέγγιση και όχι ακριβείς). Για τις διαδικτυακές υπηρεσίες, τα ασαφή μοντέλα χρησιμοποιούνται για να αναλύσουν τη σημασιολογία και το σχεπτικό πίσω από τα σχόλια-κριτικές που άφησαν οι χρήστες. Οι συγγραφείς στο [11] προτείνουν ένα μοντέλο βασισμένο στην Ασαφή Λογική. Το μοντέλο αυτό συνδυάζει τόσο την υποκειμενική προοπτική του συστήματος, η οποία προκύπτει από τις αξιολογήσεις των χρηστών, όσο και την αντικειμενική προοπτική, δηλαδή τη συμμόρφωση μεταξύ της πραγματικής απόδοσης του συστήματος και της υποσχεθείσας.

2.1.2 Σύνθετες Διαδικτυακές Υπηρεσίες

Η σύνθεση των διαδικτυακών υπηρεσιών περιλαμβάνει την ενοποίηση και την οργάνωση ενός συνόλου υπηρεσιών για την επίτευξη ορισμένων πολύπλοκων λειτουργικών απαιτήσεων, οι οποίες δεν μπορούν να επιτευχθούν από μία αυτόνομη διαδικτυακή υπηρεσία [12]. Σε αυτή την αρχιτεκτονική, τα μοντέλα εμπιστοσύνης και φήμης αποσκοπούν, να βοηθήσουν τους σχεδιαστές της σύνθεσης να επιλέξουν τις κατάλληλες υπηρεσίες, οι οποίες θα αποτελέσουν μέρος της διαδικασίας της σύνθεσης, ούτως ώστε να ωφεληθούν τόσο οι σχεδιαστές-πάροχοι (καλύτερη φήμη) όσο και οι χρήστες (καλύτερη ποιότητα).

Δεδομένου ότι οι σύνθετες διαδικτυακές υπηρεσίες αποτελούν ουσιαστικά ένα σύνολο απλών υπηρεσιών, οι οποίες συνεργάζονται για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου, τα κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω για την απλή αρχιτεκτονική, ισχύουν και στη σύνθετη παράλληλα και με τα παρακάτω:

- Καταγραφή της ευθύνης κάθε μέρους (απλής υπηρεσίας) στη συνολική ποιότητα της σύνθετης υπηρεσίας ιστού, με σκοπό τη βελτίωση των τρέχουσων συνθέσεων και τη διευκόλυνση μελλοντικών επιλογών.
- Παρακολούθηση των μεταβολών στις παραμέτρους ΠτΥ των συστατικών μερών, δεδομένου ότι η πρόβλεψη της απόδοσης με βάση την προηγούμενη συμπεριφορά δεν μπορεί πάντα να αποφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Μελέτη των προβλημάτων συνεργασίας και κατανομής καθηκόντων μεταξύ των συστατικών στοιχείων (απλών υπηρεσιών) της σύνθετης υπηρεσίας ιστού με σκοπό την κατασκευή αξιόπιστων και αποδοτικών συνθέσεων.
- Αναζήτηση πιθανών κακόβουλων συστατικών μερών, τα οποία συμμετέχουν στη σύνθεση, ώστε να βλάψουν την συνολική απόδοση της υπηρεσίας ή αντίστοιχα άλλες επιμέρους υπηρεσίες.

Για τις Σύνθετες Διαδικτυακές Υπηρεσίες έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα-συστήματα φήμης και εμπιστοσύνης. Η κυρίαρχη τάση αυτών των μοντέλων χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους για τον υπολογισμό της τιμής εμπιστοσύνης των συστατικών μερών, ενώ σε άλλα μοντέλα γίνεται χρήση της θεωρίας παιγνίων για τη διευθέτηση των ζητημάτων της συνεργασίας και της κατανομής των καθηκόντων μεταξύ των επιμέρους υπηρεσιών. Τα θεωρητικά μοντέλα που προτείνονται στα [13, 14], είναι βασισμένα στη θεωρία παιγνίων, για τον υπολογισμό της φήμης και της εμπιστοσύνης των υπηρεσιών. Σκοπός αυτών των συστημάτων

είναι να μοντελοποιήσουν τον ανταγωνισμό μεταξύ των επιμέρους συστατικών μερών και την κατανομή των καθηκόντων σε αυτά και ως εκ τούτου, να επιλεγούν οι κατάλληλες επιμέρους υπηρεσίες, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση της συνολικής υπηρεσίας. Ωστόσο, σε αυτά τα μοντέλα δεν αποτυπώνεται ολόκληρη η εικόνα του προβλήματος κατανομής καθηκόντων. Πιο συγκεκριμένα, αγνοούνται τα σενάρια προκατειλημμένων αξιολογήσεων, που μπορεί να προκύψουν μεταξύ των υπηρεσιών. Πρακτικά, ορισμένες υπηρεσίες ενδέχεται να συνεργάζονται για να προωθήσουν ή να υποβιάσουν η μία την άλλη ή ορισμένες άλλες υπηρεσίες του Διαδικτύου, οι οποίες ενδέχεται να οδηγήσουν σε ακατάλληλη επιλογή και να δημιουργήσουν αναξιόπιστες συνθέσεις. Όπως και στα μοντέλα που βασίζονται σε στατιστικά στοιχεία, τα μοντέλα παιγνίων θεωρητικά αγνοούν το θέμα των «επιβλαβών» επιμέρους συστατικών μερών (υπηρεσιών) που συμμετέχουν στις συνθέσεις για την εκτέλεση κακόβουλων επιθέσεων.

2.1.3 Κοινότητες Διαδικτυακών Υπηρεσιών

Οι Κοινότητες Διαδικτυακών Υπηρεσιών (Communities of Web Services - CWS) μπορούν να θεωρηθούν ως ομάδες υπηρεσιών που μοιράζονται την ίδια λειτουργικότητα, αλλά διαφέρουν στις μη λειτουργικές τους ιδιότητες [15]. Η δημιουργία κοινοτήτων αποφέρει οφέλη τόσο για τις διαδικτυακές υπηρεσίες, όσο και για τους χρήστες. Οι υπηρεσίες θα είναι εκτεθειμένες σε ομάδες χρηστών και θα έχουν αυξημένες πιθανότητες να συνεισφέρουν σε μεγαλύτερο αριθμό συνθέσεων. Οι χρήστες, με τη σειρά τους, θα εκπληρώσουν τα αιτήματά τους με καλύτερη ποιότητα ως αποτέλεσμα της συνεργασίας που πραγματοποιείται μεταξύ των υπηρεσιών εντός των κοινοτήτων. Το θέμα της εμπιστοσύνης και της φήμης έχει εξεταστεί εκτενώς στις κοινότητες των διαδικτυακών υπηρεσιών, όπου στόχος είναι να δοθεί η δυνατότητα στις υπηρεσίες να λειτουργούν και να συνεργάζονται στα πλαίσια του πραγματικού περιβάλλοντος. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, πρέπει να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες απαιτήσεις. Καθώς οι κοινότητες αποτελούνται από μεμονωμένες υπηρεσίες ιστού, ενώ παράλληλα μπορούν να εμπλακούν σε αυτές και ορισμένα είδη λειτουργικά παρόμοιων συνθέσεων, τα κριτήρια που τίθενται τόσο για την απλή όσο και για τη σύνθετη αρχιτεκτονική ισχύουν και για την αρχιτεκτονική κοινοτήτων παράλληλα και με τα παρακάτω:

- Διερεύνηση της κοινότητας με έναν προσεκτικό τρόπο, δηλαδή με τρόπο ο οποίος ενισχύει και διατηρεί την απόδοση και τη φήμη της κοινότητας.
- Προσαρμογή των τιμών εμπιστοσύνης στο εξαιρετικά δυναμικό περιβάλλον των κοι-

νοτήτων, καθώς οι υπηρεσίες ιστού έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν ή και να αποχωρούν συνεχώς από τις κοινότητες.

- Εξέταση της ύπαρξης κακόβουλων υπηρεσιών στις κοινότητες των οποίων ο στόχος είναι να επηρεάσουν τις αξίες της φήμης μέσω κακόβουλων ενεργειών.
- Εξέταση της ύπαρξης ενεργών κακόβουλων διαδικτυακών υπηρεσιών, που έχουν σαν στόχο να ενταχθούν κοινότητες και να πραγματοποιήσουν επιθέσεις που θα προκαλέσουν διαταραχή στη λειτουργία αυτών των κοινοτήτων.

Ένας μηχανισμός διαχείρισης της Φήμης για Κοινότητες διαδικτυακών υπηρεσιών προτείνεται στο [16]. Οι συγγραφείς προσαρμοσαν την αρχιτεκτονική των Κοινοτήτων Διαδικτυακών Υπηρεσιών ώστε να αναπτυχθούν συστήματα φήμης και εμπιστοσύνης. Καθόρισαν μερικά μετρικά μεγέθη για την αξιολόγηση της φήμης της κοινότητας από τις προοπτικές τόσο των χρηστών όσο και των παρόχων. Οι περισσότεροι από τους υπάρχοντες τύπους εμπιστοσύνης και φήμης που προτείνονται για τις Κοινότητες Υπηρεσιών βασίζονται και επεκτείνουν αυτό το μοντέλο φήμης. Αυτά τα μοντέλα εμπίπτουν σε δύο κύριες κατηγορίες: αναλυτικά μοντέλα και μοντέλα βασισμένα σε θεωρία παιγνίων.

2.2 Διαχείριση Φήμης στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων και Αυτο-οργανωμένα Δίκτυα

Όσον αφορά την διαχείριση της Φήμης και της Εμπιστοσύνης έχουν προταθεί αρκετά μοντέλα τόσο για τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks, WSN), όσο και για τα αυτο-οργανωμένα Δίκτυα (Ad-hoc Networks). Στο [17] προτείνεται ένα μοντέλο Φήμης για την ακεραιότητα δεδομένων σε Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, όπου κάθε κόμβος αξιολογεί την προηγούμενη δραστηριότητα των άλλων κόμβων, και διατηρώντας τις τιμές φήμης που υπολόγισε, προβλέπει την μελλοντική τους συμπεριφορά. Για τον υπολογισμό της τιμής της Φήμης γίνεται χρήση στατιστικών μεθόδων. Παράλληλα αναπτύχθηκε ένα σύστημα ως μηχανισμός αξιοπιστίας για την ανάγνωση δεδομένων. Ο Ren παρουσίασε μια προσέγγιση διαχείρισης εμπιστοσύνης για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων βασισμένη στην υποκειμενική λογική (Subjective logic) [18]. Αυτή η μελέτη στοχεύει στην παροχή αξιόπιστης αποθήκευσης και δημιουργίας δεδομένων. Επιπροσθέτως οι συγγραφείς προέβησαν στη χρήση συνάρτησης ομοιότητας εμπιστοσύνης, με σκοπό να ανιχνεύουν την ύπαρξη υπερβολικών τιμών φήμης,

καθώς και την προστασία του συστήματος από επιθέσεις.

Μια ακόμα ενδιαφέρουσα προσέγγιση παρουσιάζεται από τους συντάκτες του [19]. Συγκεκριμένα ανέπτυξαν ένα μοντέλο εμπιστοσύνης, για αυτο-οργανωμένα Δίκτυα, βασισμένο στη θεωρία πληροφορίας, προκειμένου να παρέχουν ασφαλή δρομολόγηση, αλλά και για την ανίχνευση κακόβουλων χρηστών. Το CATrust [20] είναι ένα σύστημα διαχείρισης εμπιστοσύνης για προσανατολισμένα στην υπηρεσία αυτο-οργανωμένα δίκτυα, όπως δίκτυα σχετικά με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT, Internet of Thing). Το CATrust χρησιμοποιεί την λογιστική παλινδρόμηση (logistic regression) για τον υπολογισμό της τιμής της εμπιστοσύνης των κόμβων κινητής τηλεφωνίας και βασίζεται στα πρότυπα συμπεριφοράς των υπηρεσιών σε σχέση με την εναλλαγή συνθηκών σε επίπεδο περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα η σχεδίαση ενός μηχανισμού φιλτραρίσματος των συστάσεων, εξασφαλίζει τον εντοπισμό μη έμπιστων κριτικών.

Το ART [21] στοχεύει στην ανίχνευση των κακόβουλων χρηστών, καθώς και στην αξιολόγηση της αξιοπιστίας των κινητών κόμβων και των δεδομένων σε αυτο-οργανωμένα δίκτυα. Σε αυτή τη μελέτη, η εμπιστοσύνη των κόμβων έχει μια έννοια δύο διαστάσεων όσον αφορά την εκπλήρωση μιας λειτουργικότητας και σύστασης σε άλλους κόμβους. Η θεωρία Dempster-Shafer χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων και τα εν λόγω στοιχεία που προκύπτουν οδηγούν στον υπολογισμό της τιμής της αξιοπιστίας του κόμβου και των δεδομένων.

2.3 Διαχείριση Φήμης σε δίκτυα Υπολογιστικού Νέφους

Στο περιβάλλον της τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους, τα συστήματα διαχείρισης φήμης και εμπιστοσύνης έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως με σκοπό την καλύτερη δυνατή επιλογή παρόχου της υπηρεσίας, καθώς και για ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια.

Το CloudArmour [22] είναι ένα μοντέλο διαχείρισης εμπιστοσύνης που βασίζεται στη Φήμη και επικεντρώνεται στη διαθεσιμότητα και την ασφάλεια. Στο σύστημα αυτό συμπεριλαμβάνεται και ένας μηχανισμός αξιοπιστίας για την ανίχνευση της αντιπαραθετικών αναδράσεων (αξιολογήσεων), καθώς και των επιθέσεων Sybil. Τα σχόλια των χρηστών διαχειρίζονται αποκεντρωμένα, διότι οι κόμβοι της υπηρεσίας διαχείρισης φήμης επεκτείνονται από το σύστημα διαθεσιμότητας του μοντέλου.

Ο Manuel [23] πρότεινε ένα μοντέλο εμπιστοσύνης για την επιλογή πόρων από διαφορετικούς παρόχους. Η τιμή αξιοπιστίας είναι μία σταθμισμένη σύνθεση ορισμένων μετρήσεων ΠΤΥ,

π.χ. διαθεσιμότητα και ακεραιότητα δεδομένων, και ο χρήστης διαπραγματεύεται με το διαχειριστή του συστήματος για να λάβει την τελική απόφαση. Ο Yan στο [24] πρότεινε ένα σχέδιο ελέγχου πρόσβασης δεδομένων για υπολογιστικό νέφος, που βασίζεται σε μεμονωμένες τιμές εμπιστοσύνης και δημόσιας φήμης. Αυτές οι τιμές χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή της κρυπτογράφησης βάσει χαρακτηριστικών και της εξουσιοδοτημένης επανακρυπτογράφησης. Το Hatman [25] είναι ένα μοντέλο διαχείρισης εμπιστοσύνης-φήμης για συστήματα υπολογιστικού νέφους βασισμένα στο Hadoop. Βασίζεται στην προσέγγιση EigenTrust [26] για τη βελτίωση της ακεραιότητας δεδομένων των καταναμημένων υπολογισμών συννέφου.

2.4 Διαχείριση Φήμης σε Εικονικά Δίκτυα

Με την έλευση των τεχνολογιών 5G, πολλοί ερευνητές επικεντρώθηκαν στην εικονικοποίηση των λειτουργιών των δικτύων (Network Function Virtualization, NFV), καθώς και στα Προγραμματιζόμενα Δίκτυα (Software Defined Networks, SDN). Η διαχείριση της εμπιστοσύνης και της φήμης τέτοιων δικτύων αποτελεί ανοικτή πρόκληση για τους ερευνητές. Στο [27], οι συγγραφείς πρότειναν μια πλατφόρμα δικτύου εικονικής λειτουργίας, η οποία ήταν υπεύθυνη για την εγγύηση της ποιότητας μιας εικονικής υπηρεσίας δικτύου που πληρούσε τις απαιτήσεις του χρήστη. Η φήμη του VNF προσδιορίζεται ποσοτικά από τοπικά δεδομένα παρακολούθησης και από πληροφορίες εμπιστοσύνης άλλων συσκευών. Στο [28] προτείνεται ένας μηχανισμός φήμης, ο οποίος βασίζεται σε ένα κατώφλι, για συνεταιρικούς τομείς SDN, προκειμένου να μετριάσει πιθανές καταναμημένες επιθέσεις άρνησης εξυπηρέτησης (distributed denial of service attacks). Ο υπολογισμός της τιμής της φήμης βασίζεται σε Μπαϊσιανή μέθοδο.

Μία ακόμα προσέγγιση συστήματος που προορίζεται για εικονικά δίκτυα είναι το FlowBroker [29]. Ο μηχανισμός αυτός είναι κατάλληλος για το συντονισμό καταναμημένων ελεγκτών SDN. Η φήμη του μεσολαβητή βασίζεται στις μετρήσεις της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο, στο δείκτη μέγιστης χρήσης του συνδέσμου και στο δείκτη απώλειας πακέτων. Η τιμή της φήμης λαμβάνεται υπόψη των άλλων παραγόντων με σκοπό την αποδοχή των αλλαγών στους κανόνες ροής, καθώς και των ενημερώσεων προωθήσεων των χρηστών. Επίσης γίνεται χρήση μίας μεθόδου μηχανικής μάθησης, η οποία ονομάζεται Γραμμική Διακριτική Ανάλυση (Linear Discriminant Analysis, LDA), για την ποσοτικοποίηση της φήμης κάθε μεσολαβητή.

2.5 Διαχείριση Φήμης σε Ομότιμα (Peer-to-Peer) Δίκτυα

Οι ομότιμες (peer to peer – p2p) διαδικτυακές κοινότητες μπορούν να ιδωθούν ως πραγματικά κατακευματισμένες υπολογιστικές εφαρμογές στις οποίες οι χρήστες (peers) επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πληροφορίες, κατανέμοντας εργασίες, μοιράζοντας αρχεία ή πραγματοποιώντας συναλλαγές. Οι χρήστες είναι ταυτόχρονα πάροχοι και καταναλωτές πόρων σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server) κατά το οποίο η κατανάλωση και η παροχή πόρων είναι ξεκάθαρα διαχωρισμένες. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των δικτύων είναι η δυναμική τους συμπεριφορά. Ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης φήμης και εμπιστοσύνης για αυτά τα δίκτυα τόσο για την αποφυγή και την πρόληψη κακόβουλων ενεργειών εντός αυτών όσο και λόγω της αποκεντρωμένης φύσης των αυτών συστημάτων. Υπάρχουν, λοιπόν, αρκετές ενδιαφέρουσες προτάσεις συστημάτων διαχείρισης φήμης και εμπιστοσύνης για ομότιμα δίκτυα. Τα μοντέλα διαχείρισης φήμης που αναφέρονται παρακάτω, εφαρμόζονται επίσης και σε άλλα κατακευματισμένα συστήματα πέρα των ομότιμων δικτύων.

Ο αλγόριθμος EigenTrust [26] σχεδιάστηκε για την αποφυγή μη αυθεντικών ή και κακόβουλων αρχείων σε ομότιμα συστήματα διαμοιρασμού αρχείων. Ο EigenTrust διαχειρίζεται τη φήμη σε ομότιμο σύστημα καθορίζοντας μια μοναδική καθολική τιμή εμπιστοσύνης (trust value) για κάθε ομότιμο κόμβο με βάση το ιστορικό προηγούμενων συναλλαγών. Ο υπολογισμός και η λήψη των τιμών φήμης πραγματοποιείται κατακευματισμένα χωρίς την χρήση κάποιας κεντρικής αρχής διαχείρισης φήμης. Έτσι κάθε κόμβος αποθηκεύει μια τοπική τιμή εμπιστοσύνης για κάθε κόμβο με τον οποίο έχει πραγματοποιήσει κάποια συναλλαγή. Ο αλγόριθμος αυτός μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σαν κεντροποιημένη όσο και σαν κατακευματισμένη υπηρεσία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το μοντέλο διαχείρισης φήμης του αλγορίθμου PBTrust [30]. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι σχεδιασμένο στο να αναγνωρίζει τις περισσότερο αξιόπιστες υπηρεσίες σε συστήματα προσανατολισμένα στην παροχή υπηρεσιών (service oriented). Υπολογίζει την τιμή της φήμης με βάση την προτεραιότητα και αποτελείται από τη Μονάδα Αιτημάτων (Request Module), τη Μονάδα Απόκρισης (Reply Module), τη Μονάδα Υπολογισμού Εμπιστοσύνης με βάση την Προτεραιότητα (Priority-based Trust Calculation Module) και τη Μονάδα Αξιολόγησης (Evaluation Module). Η μονάδα υπολογισμού εμπιστοσύνης υπολογίζει τις τιμές φήμης λαμβάνοντας υπόψη τους εξής παράγοντες: την ομοιότητα μεταξύ της κατανομής προτεραιότητας των αιτούμενων και των αναφερόμενων υπηρεσιών, την καταλληλότητα των υποψήφιων παρόχων για την αιτούμενη υπηρεσία, την εμπειρία των παρόχων της

υπηρεσίας, τις αξιολογήσεις τρίτων καθώς και τη χρονική περίοδο των αξιολογήσεων ώστε να εξαλειφθούν παρωχημένες απόψεις.

Για τη διαχείριση της φήμης και εμπιστοσύνης σε Ομότιμα Δίκτυα σχεδιάστηκε και ο αλγόριθμος ROCQ [31]. Ο αλγόριθμος ROCQ αν και σχεδιάστηκε κυρίως για ομότιμες εφαρμογές και δίκτυα, τροποποιώντας την αρχιτεκτονική και την υλοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλου τύπου δίκτυα και κοινότητες είτε με κεντρική αρχή διαχείρισης της φήμης είτε χωρίς, ενώ ο μηχανισμός του είναι βασισμένος στη φήμη. Οι τιμές φήμης που παράγει αντιπροσωπεύουν την αξιοπιστία των χρηστών σε ένα ομότιμο δίκτυο. Η αξιολόγηση των χρηστών παρέχεται με το πέρασ κάθε συναλλαγής με άλλους χρήστες του δικτύου. Στο σύστημα ROCQ η τιμή της φήμης που προκύπτει, βασίζεται στους παρακάτω παράγοντες: τη γνώμη του χρήστη, την αξιοπιστία του χρήστη (η οποία καθορίζεται από τις προηγούμενες αξιολογήσεις του) και την ποιότητα, η οποία ουσιαστικά αποτελεί την αυτοπεποίθηση που έχει ένας χρήστης για την ακρίβεια της αξιολόγησής του.

2.6 Διαχείριση Φήμης σε Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές

Οι Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές συνδυάζουν πληθώρα διαφορετικών υπολογιστικών και διαδικτυακών πόρων. Κάθε υποδομή έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και οι πολλοί διαφορετικοί τύποι υπηρεσιών που παρέχονται από τέτοιου είδους υποδομές καθιστούν το ζήτημα της διαχείρισης της φήμης και της εμπιστοσύνης μία ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία. Οι προσεγγίσεις που προτείνονται, σαν μηχανισμοί διαχείρισης φήμης σε συστήματα με πόρους και υπηρεσίες διαφορετικού τύπου είναι λιγοστές. Μία από αυτές προτάθηκε από τον Zhu [32]. Το προτεινόμενο μοντέλο είναι ένα πιστοποιημένο σύστημα διαχείρισης φήμης και εμπιστοσύνης για ενοποιημένα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και υπολογιστικού νέφους. Τα συστήματα αυτά επικεντρώθηκαν στην προστασία των παρόχων των υπηρεσιών από κακόβουλες επιθέσεις, ενώ παράλληλα δίνουν τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τον κατάλληλο για αυτόν πάροχο, σύμφωνα με την τιμή της φήμης του. Όσον αφορά τους παρόχους υπολογιστικού νέφους η τιμή της φήμης υπολογίστηκε με βάση την επεξεργαστική ισχύ, την προστασία των δεδομένων και τη δυνατότητα μετάδοσης-αποστολής δεδομένων. Από την άλλη, για τους παρόχους ασύρματων δικτύων αισθητήρων, η φήμη υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη το χρόνο ζωής του δικτύου, το χρόνο απόκρισης καθώς και μετρικές σχετικά με τη μετάδοση δεδομένων.

Επίσης, και για τους δύο τύπους παρόχων, στη διαδικασία υπολογισμού της φήμης γίνεται χρήση των προηγούμενων συμφωνιών επιπέδου παροχής της υπηρεσίας (SLA - Service Level Agreement).

Όσον αφορά συγκεκριμένα τις Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές, ξεχωρίζουν δύο προτεινόμενοι μηχανισμοί φήμης. Το FTUE [9] είναι ένα μοντέλο διαχείρισης εμπιστοσύνης, το οποίο βασίζεται στη Φήμη. Υπολογίζει την τιμή της Φήμης για κάθε υπηρεσία καθεμίας από τις ΕΠΥ, χρησιμοποιώντας την ανατροφοδότηση (αξιολόγηση) του χρήστη, καθώς επίσης και τα δεδομένα παρακολούθησης (monitoring data). Επιπρόσθετα στη διαδικασία του υπολογισμού της φήμης συμπεριλαμβάνεται και η αξιοπιστία του χρήστη, η οποία χαρακτηρίζεται από τέσσερα διαφορετικά σενάρια σύμφωνα με την προηγούμενη συμπεριφορά κάθε χρήστη. Εκτός από το FTUE, ο Brinn [33] προτείνει ένα μοντέλο για ομόσπονδες υποδομές στα πλαίσια του προγράμματος GENI [8]. Στο μοντέλο αυτό η εμπιστοσύνη αποτυπώνεται σε τρεις έννοιες: την αξιοπιστία, την επικύρωση και την εμπιστοσύνη. Το GENI παρέχει μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης για την πραγματοποίηση της έμπιστης λειτουργίας μεταξύ των οντοτήτων της ομοσπονδίας.

Είναι, λοιπόν, φανερό πως οι παραπάνω προσεγγίσεις είναι σχεδιασμένες με προσανατολισμό σε συγκεκριμένα συστήματα με αυστηρότητα ως προς το είδος των υπηρεσιών και των πόρων που αυτά παρέχουν. Ωστόσο σε ένα ομοσπονδιακό περιβάλλον η διαδικασία υπολογισμού της φήμης και της εμπιστοσύνης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία, λόγω της φύσης και της αρχιτεκτονικής τέτοιων υποδομών, και ένας μηχανισμός διαχείρισης θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει πληθώρα διαφορετικών παραγόντων. Η προσέγγιση της παρούσας εργασίας στοχεύει ακριβώς στο να συμπεριλάβει όσο το δυνατόν περισσότερα στοιχεία σε ένα σύστημα διαχείρισης φήμης, ικανό στο να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις ενός ομοσπονδιακού περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα προτείνεται ένα μοντέλο το οποίο διαχειρίζεται μεγέθη τόσο όσον αφορά την ποιότητα της υπηρεσίας (ΠτΥ), όσο και την εμπειρία του χρήστη στο περιβάλλον της ΕΠΥ (Ποιότητα της Εμπειρίας, θα αναφέρεται ως ΠτΕ), ενώ παράλληλα λαμβάνονται υπόψη οι συμφωνίες επιπέδου παροχής της υπηρεσίας (SLA) χωρίς να γίνονται υποθέσεις σχετικά με τις προθέσεις του χρήστη.

Κεφάλαιο 3

Ασαφή Συστήματα Φήμης για Ομόσπονδες Πειραματικές Υποδομές

Σε αυτό το Κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε δύο συστήματα διαχείρισης εμπιστοσύνης και φήμης σχεδιασμένα για ομόσπονδες πειραματικές υποδομές, καθώς και ένα μηχανισμό, ο οποίος καθορίζει την αξιοπιστία του χρήστη σύμφωνα με τις αξιολογήσεις των πειραμάτων που πραγματοποίησε. Τα προτεινόμενα πλαίσια (frameworks), είναι ιεραρχικά δομημένα και αποτελούν πολυκριτηριακές μεθόδους απόφασης (Multi-Criteria Decision Systems). Τα συστήματα αυτά είναι σε θέση να επεξεργαστούν ταυτόχρονα διαφορετικούς τύπους δεδομένων, όπως για παράδειγμα τιμές αληθείας, αριθμητικές ή ακόμα και λεκτικές μεταβλητές (τιμές). Έτσι, δίνεται η δυνατότητα για τον υπολογισμό της φήμης να λαμβάνονται υπόψη αριθμητικά δεδομένα ΠτΥ και οι τιμές Συμφωνίας Παροχής Επιπέδου Υπηρεσίας - ΣΠΕΥ (Service Level Agreement - SLA), καθώς και γλωσσικά (λεκτικά) δεδομένα ΠτΕ, τα οποία είναι κατάλληλα ώστε να εκφραστούν οι ασαφείς και παράλληλα υποκειμενικές προτιμήσεις των χρηστών. Κάθε πειραματική υποδομή παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών. Οι υπηρεσίες που παρέχει κάθε υποδομή εξαρτώνται από τον τύπο των διαθέσιμων πόρων, οι οποίοι παραπέμπουν στους υπολογιστικούς και δικτυακούς βασικούς δείκτες απόδοσης (ΒΔΑ, Key Performance Indicators - KPIs). Παραδείγματα τέτοιων δεικτών είναι οι εξής: η διαθεσιμότητα κόμβου ή εξυπηρετητή (Node-Server Availability), η καθυστέρηση του δικτύου (Network Latency), καθώς και ο λόγος απωλειών πακέτων (Packet Loss ratio). Σε ένα ομοσπονδιακό περιβάλλον αρκετοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ίδια ΕΠΥ με διαφορετικούς σκοπούς. Έτσι, στην

προτεινόμενη προσέγγιση, κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσαρμόσει τη βαρύτητα των κριτηρίων της παρεχόμενης υπηρεσίας ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους του. Για παράδειγμα, στην ίδια πειραματική υποδομή μπορούν να διενεργηθούν δύο πειράματα, όπου στο πρώτο ο χρήστης ενδιαφέρεται για χαμηλή καθυστέρηση δικτύου, ενώ ο δεύτερος για την καλύτερη δυνατή διαθεσιμότητα του εξυπηρετητή. Αυτομάτως οι χρήστες κατά την αξιολόγηση της απόδοσης του πειράματος θα ορίσουν διαφορετικό βάρος στα κριτήρια τα οποία τους ενδιαφέρουν περισσότερο, ανεξάρτητα από το ότι όλα τα κριτήρια που αντιστοιχούν στην υποδομή χρήζουν αξιολόγησης και στα δύο πειράματα. Ωστόσο οι αποφάσεις των χρηστών σχετικά με τη βαρύτητα των κριτηρίων κατά την αξιολόγηση του πειράματος, ελέγχονται υπολογίζοντας ένα λόγο συνεκτικότητας (Consistency Ratio), έτσι ώστε τα αποτελέσματα της αξιολόγησης να έχουν ουσιαστικό αντίκτυπο στη συνολική Φήμη της πειραματικής υποδομής, ενώ παράλληλα να αποθαρρύνονται πιθανοί κακόβουλοι χρήστες από το να διενεργούν πειράματα και αξιολογήσεις, με μοναδικό σκοπό να βλάψουν τη φήμη της υποδομής.

Το πρώτο ασαφές σύστημα διαχείρισης φήμης είναι βασισμένο στην Ασαφή (Fuzzy) AHP (Analytic Hierarchical Process) μεθοδολογία [37]. Αποτελεί μία ιεραρχική μέθοδο απόφασης βάσει διαφορετικών κριτηρίων. Είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται ευρέως, σε αρκετές διαφορετικές περιπτώσεις υπολογισμού φήμης. Τέτοιες περιπτώσεις είναι για παράδειγμα ο προσδιορισμός των απαιτήσεων των πελατών σχετικά με το σχεδιασμό προϊόντων [38], καθώς και η επιλογή παρόχου υπηρεσίας υπολογιστικού νέφους (cloud provider) [39]. Η δεύτερη προσέγγισή μας βασίζεται στην ασαφή (Fuzzy) VIKOR (Visekriterijumsko Kompromisno Rangiranje) μεθοδολογία, η οποία αποτελεί μία μέθοδο απόφασης πολλαπλών αντικειμενικών κριτηρίων. Η συγκεκριμένη τεχνική εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις, κατά τις οποίες πρέπει να γίνει η βέλτιστη επιλογή παρόχου μια υπηρεσίας μεταξύ διάφορων εναλλακτικών επιλογών και χρησιμοποιείται ευρέως και πέρα από το πεδίο των διαδικτυακών υπηρεσιών. Για παράδειγμα, η ασαφής τεχνική VIKOR χρησιμοποιείται για συγκρίσεις όσον αφορά ένα σχεδιασμό σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας [40].

Οι δύο παραπάνω μέθοδοι επεξεργάζονται ταυτόχρονα πραγματικές (αριθμητικές) τιμές και ασαφείς (λεκτικές) τιμές. Οι χρήστες είναι σε θέση να ορίσουν τη σημασία (βαρύτητα) κάθε κριτηρίου της υπηρεσίας σύμφωνα με τις προτιμήσεις και τις απαιτήσεις τους και στους δύο μηχανισμούς φήμης. Έπειτα από κάθε πειραματική αξιολόγηση η συνολική φήμη της πειραματικής υποδομής ανανεώνεται σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα. Επιπλέον, κατά την αξιολόγηση ενός διενεργηθέντος πειράματος, ο μηχανισμός αξιοπιστίας του χρήστη ελέγχει και στις δύο μεθόδους τη γνώμη (αξιολόγηση) του χρήστη για τα ΠτΥ κριτήρια, συγκρίνοντάς

την με τα δεδομένα παρακολούθησης (monitoring data), καθώς και με την τιμή ΣΠΕΥ. Ο δείκτης αξιοπιστίας του χρήστη ανανεώνεται, με σκοπό την προστασία της φήμης της πειραματικής υποδομής από τους κακόβουλους χρήστες.

Η επιλογή των συγκεκριμένων πολυκριτηριακών μεθόδων έγινε με σκοπό να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα των αριθμητικών, των ασαφών, καθώς και των υβριδικών τιμών και αξιολογήσεων στον υπολογισμό της φήμης μιας Ερευνητικής Πειραματικής Υποδομής. Η πρώτη προσέγγισή μας, βασισμένη στην Ασαφή ΑHP, είναι υβριδική και είναι σε θέση να επεξεργαστεί οποιονδήποτε τύπο δεδομένων, ενώ η δεύτερη με βάση την ασαφή VIKOR, επεξεργάζεται όλα τα δεδομένα ως ασαφή. Επιπροσθέτως, η απόδοση αμφότερων των ασαφών συστημάτων φήμης συγκρίνεται με ένα μηχανισμό φήμης που χρησιμοποιεί αριθμητικά δεδομένα [9], ώστε να καταδείξουμε τη σημασία χρήσης ασαφών κριτηρίων για τα μεγέθη ΠτΕ.

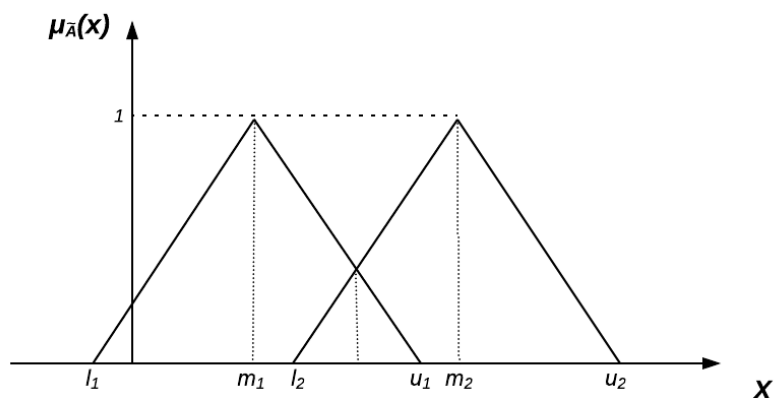
Στις επόμενες ενότητες τα δύο προτεινόμενα συστήματα περιγράφονται αναλυτικά, όπως και ο μηχανισμός αξιοπιστίας χρήστη, ενώ προηγείται μια αναφορά σε βασικές γνώσεις σχετικά με την ασαφή λογική, καθώς χρησιμοποιούνται στοιχεία απαραίτητα για την υλοποίηση των συστημάτων φήμης που αναπτύσσονται.

3.1 Προαπαιτούμενες γνώσεις Ασαφούς Λογικής

Για την ανάπτυξη των προτεινόμενων συστημάτων διαχείρισης φήμης πραγματοποιείται χρήση ασαφούς λογικής, ώστε να καθίσταται δυνατή η επεξεργασία λεκτικών όρων (μεταβλητών) κατά την αξιολόγηση μιας ΕΠΥ από έναν χρήστη.

Η ασάφεια είναι ένα εγγενές χαρακτηριστικό της γλώσσας και του τρόπου που συλλογίζομαστε. Η ασαφής λογική αποτελεί ένα υπερσύνολο της κλασσικής λογικής και παρέχει μηχανισμούς προσεγγιστικού συλλογισμού (approximate reasoning) και εξαγωγής συμπεράσματος (decision making), με τον κατάλογο των εφαρμογών της να διευρύνεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου. Πέρα από τα συστήματα φήμης, που παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία, η ασαφής λογική βρίσκει εφαρμογή και σε άλλα ερευνητικά προβλήματα των δικτύων υπηρεσιών, όπως στην παρακολούθηση δικτύων (network monitoring) [44, 45].

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες των ασαφών αριθμών, καθώς και οι μαθηματικές πράξεις μεταξύ αυτών, οι οποίες είναι απαραίτητες για την υλοποίηση των παρακάτω συστημάτων. Ο Zadeh όρισε τις θεμελιώδεις έννοιες της ασαφούς λογικής και των



Σχήμα 3.1: Τριγωνική Συνάρτηση Συμμετοχής

ασαφών συνόλων στο [41]. Ένας ασαφής αριθμός A είναι ένα ασαφές σύνολο και η αντίστοιχη συνάρτηση συμμετοχής (membership function) είναι $\mu_A(x)$ και έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- $\mu_A(x) : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$, το οποίο σημαίνει ότι είναι συνεχές και κανονικοποιημένο ασαφές σύνολο.
- Για ακριβώς ένα στοιχείο x_0 , $\mu_A(x_0) = 1$.
- $\mu_A(x)$ είναι ένα κυρτό ασαφές σύνολο.

Στις ασαφείς AHP και VIKOR χρησιμοποιούμε θετικούς τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς (Triangular Fuzzy Numbers -TFNs) με αντίστοιχη συνάρτηση συμμετοχής όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1 και ορίζεται ως εξής:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & \text{αν } x \in [l, m] \\ \frac{u-x}{u-m} & \text{αν } x \in [m, u] \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.1)$$

Υποθέτοντας ότι $l \leq m \leq u$, ένας ασαφής αριθμός δηλώνεται ως εξής: $A = (l_A, m_A, u_A)$. Παρακάτω, παραθέτουμε τις μαθηματικές πράξεις μεταξύ των ασαφών αριθμών, όπως αυτές ορίζονται στο [37],

$$A \oplus B = (l_A + l_B, m_A + m_B, u_A + u_B), \quad (3.2)$$

$$A \ominus B = (l_A - u_B, m_A - m_B, u_A - l_B), \quad (3.3)$$

$$A \otimes B = (l_A * l_B, m_A * m_B, u_A * u_B), \quad (3.4)$$

$$A \oslash B = (l_A/u_B, m_A/m_B, u_A/l_B). \quad (3.5)$$

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ τριγωνικών ασαφών αριθμών, αποτελεί μια πιο πολύπλοκη διαδικασία. Η κλασικότερη μέθοδος σύγκρισης πραγματοποιείται μέσω αποασαφοποίησης των αριθμών αυτών, μετατρέποντάς τους δηλαδή σε συγκεκριμένες αριθμητικές τιμές.

Έχουν προταθεί αρκετές μέθοδοι αποασαφοποίησης στη βιβλιογραφία. Σύμφωνα με τη μέθοδο η οποία προτείνεται στο [38], η σαφής (συγκεκριμένη) τιμή \hat{A} του ασαφούς αριθμού A ορίζεται ως,

$$\hat{A} = \frac{l + 4m + u}{6} \quad (3.6)$$

3.2 Σύστημα Διαχείρισης Φήμης βασισμένο στην Ασαφή AHP μεθοδολογία

Η Ασαφής AHP είναι μία μεθοδολογία βαθμολόγησης (ταξινόμησης), η οποία επεξεργάζεται τόσο αριθμητικά δεδομένα ΠτΥ όσο και ασαφή (λεκτικά) δεδομένα ΠτΕ, όπως η διαθεσιμότητα κόμβου ενός ασύρματου δικτύου και η ικανοποίηση υποστήριξης αντίστοιχα. Προκειμένου να υπολογιστεί η τιμή της φήμης των ομόσπονδων ΕΠΥ, απαιτούνται συγκεκριμένες τροποποιήσεις της ασαφούς AHP μεθοδολογίας.

Υπάρχουν τρεις βασικές διαφορές σχετικά με την ασαφή AHP μεταξύ της προσέγγισης της συγκεκριμένης εργασίας και της χρήσης της για την επιλογή του κατάλληλου παρόχου υπηρεσίας, όπως στο [39]. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ουσιαστική διαφορά που παρατηρείται στην προσέγγισή μας είναι ότι στο προκείμενο σύστημα διαχείρισης φήμης οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν οι ίδιοι τη βαρύτητα των κριτηρίων της παρεχόμενης υπηρεσίας σύμφωνα με τους στόχους του πειράματος που διενήργησαν. Επιπλέον, προκειμένου να υπολογίσουμε την τιμή της φήμης μιας ΕΠΥ, η αξιολόγηση ενός πειράματος που πραγματοποιήθηκε σε συγκεκριμένη ΕΠΥ, συγκρίνεται πάντα με την καλύτερη δυνατή αξιολόγηση, ουσιαστικά

Πίνακας 3.1: Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής Ασαφών Αριθμών

Λεκτικοί Όροι	Συνάρτηση Συμμετοχής
Very Poor (VP)	(1, 2, 3)
Poor (P)	(3, 4, 5)
Medium (M)	(4, 5, 6)
Good (G)	(5, 6, 7)
Very Good (VG)	(6, 7, 8)
Excellent (E)	(7, 8, 9)

για την ιδανική απόδοση της ΕΠΥ, ώστε να προκύψει ένα αριθμητικό αποτέλεσμα (ποσοστό) κατανοητό προς τους χρήστες. Τέλος, υπολογίζεται η αξιοπιστία του χρήστη όπως περιγράφεται στην ενότητα 3.4, η οποία λαμβάνεται υπόψη κατά την αξιολόγηση του πειράματος, με σκοπό την αποτροπή των μεροληπτικών ή κακόβουλων αξιολογήσεων και την αντικειμενική αποτύπωση της φήμης των υπηρεσιών μιας ΕΠΥ.

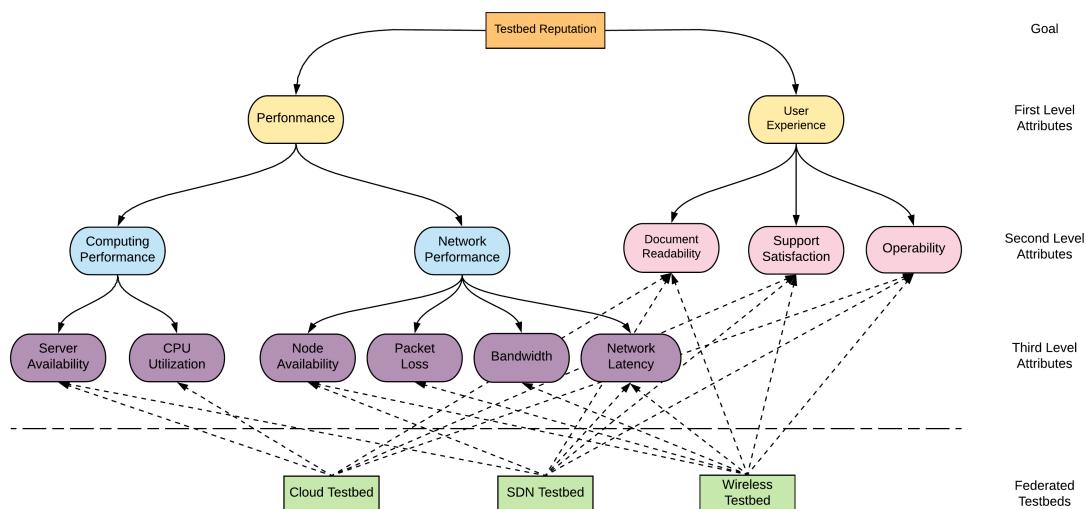
Παρακάτω περιγράφουμε αναλυτικά τις φάσεις της τροποποιημένης προσέγγισης της Ασαφούς ΑHP μεθοδολογίας.

Πρώτη Φάση - Επιλογή των ΒΔΑ της ΕΠΥ

Στην πρώτη φάση οι πάροχοι της ΕΠΥ καθορίζουν τους βασικούς δείκτες απόδοσης που σχετίζονται με τεχνικά μεγέθη (ΠτΥ), καθώς και με ποιοτικά μεγέθη (ΠτΕ). Στο σχήμα 3.2 παρουσιάζονται οι ΒΔΑ, καθώς και γνωρίσματα ανώτερων επιπέδων σε ιεραρχική δομή, όπως επίσης και ποιά από αυτά παρέχονται σε κάθε είδος ΕΠΥ. Η διαφορά μεταξύ των βασικών δεικτών απόδοσης από τα υπόλοιπα γνωρίσματα είναι ότι ένας ΒΔΑ μετρά ένα συγκεκριμένο τεχνικό μέγεθος (για παράδειγμα την διαθεσιμότητα του κόμβου) ή ένα μέγεθος ποιότητας εμπειρίας του χρήστη, ενώ ένα γνώρισμα ανωτέρου επιπέδου συνοψίζει πολλούς σχετικούς ΒΔΑ, για παράδειγμα όλους τους ΒΔΑ που σχετίζονται με την απόδοση του δικτύου. Επίσης τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι δυνατό να διαμεριστούν περαιτέρω σε άλλα γνωρίσματα ή ΒΔΑ, ενώ οι ΒΔΑ όχι. Σύμφωνα με την προσέγγιση SCMICloud [36], οι αριθμητικοί ΒΔΑ αναπαρίστανται ως αριθμητικές τιμές, δυαδικές τιμές, εύρος τιμών και μη κανονικά σύνολα. Αντιθέτως οι ΒΔΑ που σχετίζονται με ΠτΕ αναπαρίστανται από ασαφείς αριθμούς όπως περιγράφεται και παραπάνω. Οι ασαφείς αριθμοί προκύπτουν από την αντιστοίχισή τους με λεκτικές τιμές. Στο σχήμα 3.2 οι ΒΔΑ χρώματος ροζ αφορούν την ΠτΥ, ενώ οι μώβ αφορούν την ΠτΕ. Η αντιστοίχιση των λεκτικών όρων με τις συναρτήσεις συμμετοχής των τριγωνικών ασαφών αριθμών φαίνεται στον πίνακα 3.1.

Δεύτερη Φάση: Προσδιορισμός της βαρύτητας των κριτηρίων

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, οι χρήστες που χρησιμοποιούν τις ομόσπονδες ΕΠΥ έχουν



Σχήμα 3.2: Μοντέλο Φήμης για Ομόσπονδες ΕΠΥ βασισμένο στο Ασαφές AHP

διαφορετικά ενδιαφέροντα και πραγματοποιούν πειράματα με διαφορετική στόχευση. Έτσι, είναι ιδιαίτερα σημαντικό οι χρήστες που χρησιμοποιούν την υποδομή να είναι σε θέση να καθορίσουν οι ίδιοι τη βαρύτητα κάθε κριτηρίου της παρεχόμενης υπηρεσίας. Στο ιεραρχικό μοντέλο του σχήματος 3.2, κάθε ακμή μεταξύ δύο κόμβων έχει μία τιμή βάρους, η οποία συμβολίζει τη σημασία του κριτηρίου χαμηλότερου επιπέδου ή του ΒΔΑ για τον υπολογισμό της τιμής αξιολόγησης του κριτηρίου ανωτέρου επιπέδου. Η τιμή του βάρους κάθε κριτηρίου είναι θετικός αριθμός και μικρότερος της μονάδας, ενώ το συνολικό βάρος μια ομάδας κριτηρίων, δηλαδή κριτηρίων ή ΒΔΑ με τον ίδιο γονικό κόμβο, πρέπει να είναι ίσο με τη μονάδα.

Ωστόσο, δεδομένου ότι τα βάρη των κριτηρίων ορίζονται από τις υποκειμενικές προτιμήσεις των χρηστών, μπορεί ο υπολογισμός της φήμης να βασίζεται σε ασυνεπείς ή ακόμα και αντιφατικές τιμές όσον αφορά τη σημασία (βαρύτητα) των κριτηρίων και των ΒΔΑ. Προκειμένου, λοιπόν, να αποφευχθούν τέτοιου είδους αντιφάσεις στον υπολογισμό της φήμης, υπολογίζουμε έναν λόγο συνεκτικότητας (Consistency Ratio - CR) για κάθε ομάδα κριτηρίων, σύμφωνα με το [42]. Ο δείκτης συνεκτικότητας CR αποτελεί ουσιαστικά το βαθμό τυχαιότητας κατά τον ορισμό των τιμών βάρους, μεταξύ των κριτηρίων, τα οποία έχουν κοινό γονικό κόμβο-κριτήριο. Οι τιμές οι οποίες είναι αποδεκτές ώστε να προχωρήσει η διαδικασία υπολογισμού φήμης είναι μικρότερες ή ίσες από 0.1. Σε διαφορετική περίπτωση ο χρήστης καλείται να διορθώσει τις τιμές που καθόρισε προηγουμένως. Εφόσον οι τιμές κριθούν αποδεκτές η διαδικασία περνά στην επόμενη φάση, την αξιολόγηση της απόδοσης της ΕΠΥ για το πείραμα που προηγήθηκε.

Τρίτη Φάση: Υπολογισμός των τιμών αξιολόγησης των κριτηρίων

Έπειτα από τη διενέργεια ενός πειράματος, ο χρήστης καλείται να υποβάλλει την αξιολόγησή του, τόσο για τους ΠτΥ, όσο και για τους ΠτΕ ΒΔΑ για όλες τις συμμετέχουσες ΕΠΥ του πειράματος. Οι βαθμολογίες των ΒΔΑ που αφορούν τεχνικά μεγέθη, τροποποιούνται λαμβάνοντας υπόψη την αξιοπιστία του συγκεκριμένου χρήστη, όπως περιγράφεται στην υποενότητα 3.4. Στη συνέχεια οι αξιολογήσεις που προκύπτουν συγκρίνονται με την ιδανική αξιολόγηση ενός εικονικού χρήστη για κάθε κριτήριο των ΕΠΥ. Η χρήση της ιδανικής αξιολόγησης σκοποεύει στη μέτρηση της απόστασης μεταξύ της πραγματικής απόδοσης μιας ΕΠΥ κατά τη διάρκεια ενός πειράματος από την τέλεια απόδοση, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό της Μήτρας Σύγκρισης Σχετικών Κριτηρίων (Relative Attribute Comparison Matrices - RACM), για κάθε ΒΔΑ και κριτήριο του ιεραρχικού μοντέλου.

Υποθέτουμε ότι η ιδανική βαθμολογία του εικονικού χρήστη είναι A_v , ενώ η (τροποποιημένη) βαθμολογία του πραγματικού χρήστη είναι η \tilde{A}_u για ένα τυχαίο X ΒΔΑ ή κριτήριο. Τότε ο πίνακας $RACM_X$ ορίζεται ως εξής:

$$RACM_X = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{A}_u/A_v \\ A_v/\tilde{A}_u & 1 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Αν κάποιος από τους ΒΔΑ ή τα κριτήρια είναι αριθμητικά, τότε η διαίρεση των αξιολογήσεων για τον $RACM_X$ γίνεται με βάση την σχέση (3.5), όπου T_i, T_j είναι οι ΕΠΥ i, j που βαθμολογούνται για ένα συγκεκριμένο πείραμα, v_i, v_j είναι οι αξιολογήσεις για κάθε ΕΠΥ i, j ενός συγκεκριμένου κριτηρίου και w_q το βάρος του κριτηρίου όπως το όρισε ο χρήστης:

$$T_i/T_j = \begin{cases} v_i/v_j & \text{αν η μεγαλύτερη τιμή θεωρείται καλύτερη} \\ v_j/v_i & \text{αν η μικρότερη τιμή θεωρείται καλύτερη} \\ w_q & \text{αν δεν δίνεται αξιολόγηση } v_i \\ 1/w_q & \text{αν δεν δίνεται αξιολόγηση } v_j \end{cases} \quad (3.8)$$

Σε διαφορετική περίπτωση, για κριτήρια που αναπαρίστανται με ασαφείς αριθμούς, γίνεται χρήση της εξίσωσης 3.5. Εάν οι υποδομές παρέχουν και κριτήρια διαφορετικού τύπου, όπως

τιμές αληθείας ή εύρος τιμών, οι κατάλληλες διαιρέσεις πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον Πίνακα 1 (Table 1) στο [39].

Τέταρτη Φάση - Υπολογισμός και Ενημέρωση της Φήμης

Σε αυτή τη φάση χρησιμοποιούνται τα στοιχεία που δόθηκαν στις παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές βάρους που έδωσε ο χρήστης, καθώς και οι αξιολογήσεις του για τους ΒΔΑ του πειράματος χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της συνολικής αξιολόγησης κάθε υποδομής για το συγκεκριμένο πείραμα. Εν προκειμένω, όσον αφορά τα αριθμητικά κριτήρια και ΒΔΑ εφαρμόζεται η εκτεταμένη ανάλυση AHP, παρόμοια με το SMICloud [36]. Τα κριτήρια και οι ΒΔΑ που αναπαρίστανται με τριγωνικούς ασαφείς αριθμούς επεξεργάζονται σύμφωνα με την ανάλυση του Chang όσον αφορά την ασαφή AHP μεθοδολογία [37].

Ο συνδυασμός αυτών των δύο μεθοδολογιών χρησιμοποιεί του πίνακες RACM για κάθε ΒΔΑ και κριτήριο από οποιοδήποτε επίπεδο του ιεραρχικού μοντέλου, με σκοπό να υπολογίσει το διάλυμα βαθμολογίας όλων των ενδιάμεσων κριτηρίων μέχρι το υψηλότερο επίπεδο και την τιμή της τελικής φήμης της υποδομής για συγκεκριμένο πείραμα.

Πιο συγκεκριμένα, για τους ασαφείς πίνακες RACM ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα ώστε να υπολογιστεί το διάλυμα βαθμολογίας, σύμφωνα με το [37]. Υποθέτουμε τον N διαστάσεων ασαφή $RACM_A = [a_{ij}]$, $i, j = 1, \dots, N$. Τότε ο ασαφής συνθετικός βαθμός (fuzzy synthetic extent) ορίζεται ως:

$$D_i = (D_i^l, D_i^m, D_i^u) = \sum_{j=1}^N a_{ij} \otimes \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \right)^{-1} \quad (3.9)$$

Ακολούθως βρίσκουμε το κριτήριο με τον υψηλότερο ασαφή συνθετικό βαθμό, υπολογίζοντας την τιμή της πιθανότητας για έναν ασαφή αριθμό να είναι μεγαλύτερος από έναν άλλο,

$$V(D_i \geq D_j) = hgt(D_i \cap D_j) = \begin{cases} 1 & \text{αν } D_i^m \geq D_j^m \\ \frac{D_j^l - D_i^u}{(D_i^m - D_i^u) - (D_j^m - D_j^l)} & \text{αν } D_i^m \leq D_j^m \text{ και } D_j^l \leq D_i^u \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (3.10)$$

Ο βαθμός της πιθανότητας για έναν ασαφή συνθετικό βαθμό D_i να είναι μεγαλύτερος από όλους τους υπόλοιπους που προέκυψαν από τον $RACM_A$ υπολογίζεται ως εξής:

$$d_i = V(D_i \geq D_k, \forall k = 1, \dots, N, k \neq i) = \min V(D_i \geq D_j) \quad (3.11)$$

Τελικά, λαμβάνομαστε το κανονικοποιημένο διάνυσμα σύγκρισης,

$$c = [c_1 \dots c_N]^T \text{ όπου } c_i = \frac{d_i}{\sum_{k=1}^N d_k} \quad (3.12)$$

Στη συνέχεια για κάθε επίπεδο του ιεραρχικού μοντέλου της ΕΠΥ υπολογίζουμε το διάνυσμα σύγκρισης για κάθε κριτήριο με την ακόλουθη από κάτω προς τα επάνω διαδικασία. Με δεδομένες τις τιμές βάρους για τα κριτήρια από τη δεύτερη φάση, ξεκινάμε τη διαδικασία υπολογισμού από το χαμηλότερο επίπεδο, εκεί δηλαδή που βρίσκονται οι ΒΔΑ και υπολογίζουμε το διάνυσμα σύγκρισης για το γονικό κριτήριο κάθε ομάδας ΒΔΑ και κριτηρίων, ανεβαίνοντας στο ιεραρχικό μοντέλο.

Έστω ότι ένα γονικό κριτήριο έχει M υπο-κριτήρια (sub-attributes) και το διάνυσμα με τα βάρη $w_{sub1} \dots w_{subM}$ των κριτηρίων αυτών θα έχει M στοιχεία, τότε το διάνυσμα σύγκρισης c_{par} για το γονικό κριτήριο υπολογίζεται ως,

$$c_{par} = \begin{bmatrix} c_{sub1}^{\tilde{u}} & \dots & c_{subM}^{\tilde{u}} \\ c_{sub1}^v & \dots & c_{subM}^v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{sub1} \\ \vdots \\ w_{subM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{par}^{\tilde{u}} \\ c_{par}^v \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

Συνεχίζοντας τη διαδικασία φτάνουμε στο ανώτερο επίπεδο του ιεραρχικού μοντέλου, όπου το κανονικοποιημένο διάνυσμα σύγκρισης για τη Φήμη της ΕΠΥ υπολογίζεται ως εξής $c_{rep} = [c_{rep}^{\tilde{u}} \ c_{rep}^v]^T$. Το πρώτο στοιχείο του διανύσματος αυτού αναφέρεται στην αξιολόγηση της υποδομής για ένα συγκεκριμένο πείραμα από το χρήστη, ενώ το δεύτερο αντιστοιχεί στην καλύτερη δυνατή (ιδανική) αξιολόγηση του εικονικού χρήστη. Επί της ουσίας, η διαφορά των δύο αυτών τιμών απεικονίζει την απόσταση της πραγματικής απόδοσης της υποδομής, όπως την αντιλαμβάνεται ο χρήστης, από την τέλεια απόδοση. Έτσι, για το n -οστό πείραμα που

διενεργείται, η τιμή φήμης της ΕΠΥ είναι η εξής,

$$R_{exp}^T = \frac{c_{rep}^{\bar{u}}}{c_{rep}^v} 100\% \quad (3.14)$$

Έπειτα από n ολοκληρωμένα πειράματα, η συνολική τιμή φήμης της ΕΠΥ ανανεώνεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση,

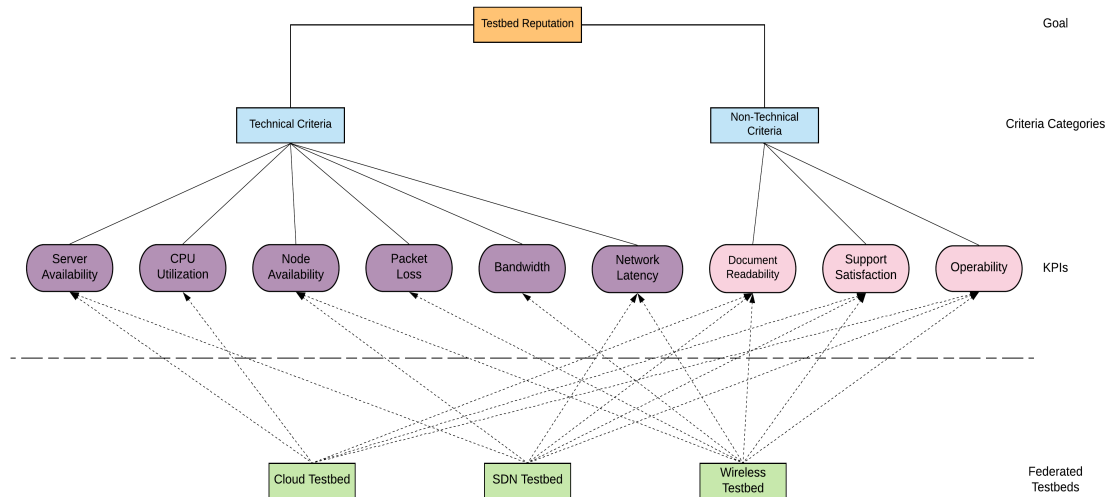
$$R_n^T = \frac{(n-1)R_{n-1}^T + R_{exp}^T}{n} \quad (3.15)$$

3.3 Σύστημα Διαχείρισης Φήμης βασισμένο στην Ασαφή VIKOR μεθοδολογία

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τη δεύτερη προσέγγιση συστήματος διαχείρισης φήμης για ομόσπονδες ΕΠΥ, το οποίο είναι βασισμένο στην Ασαφή VIKOR μεθοδολογία. Η ασαφής VIKOR αποτελεί μια πολυκριτηριακή μέθοδο απόφασης (Multi - criteria decision making method, MCDM), η οποία κατ' ουσία μετρά την εγγύτητα στην καλύτερη και στη χειρότερη εναλλακτική λύση. Η μέθοδος αυτή έχει τη δυνατότητα να εφαρμοστεί σε μεγάλη ποικιλία περιπτώσεων, κατά τις οποίες ένας χρήστης καλείται να επιλέξει τον κατάλληλο, μεταξύ πολλών εναλλακτικών, πάροχο. Βρίσκει εφαρμογή στην επιλογή κατάλληλου παρόχου υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους [40], καθώς και στην επιλογή της βέλτιστης ανανεώσιμης πηγής ενέργειας [43].

Ο υπολογισμός της φήμης μιας ΕΠΥ για τη συγκεκριμένη προσέγγιση χρησιμοποιεί αποκλειστικά ασαφείς ΒΔΑ ανεξάρτητα με τον τύπο τους. Επίσης διαφέρει με την παραπάνω προσέγγιση και όσον αφορά τα βάρη των κριτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε ζευγάρι ΒΔΑ ορίζεται μια ασαφής τιμή (λεκτική), η οποία αντιστοιχεί στη σχετική σημασία (βαρύτητα) του ενός κριτηρίου ως προς το άλλο.

Το ιεραρχικό μοντέλο της προηγούμενης προσέγγισης αφήνει τη θέση του σε μια οριζόντια δομή, όπως αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.3, όπου η τιμή της φήμης προκύπτει άμεσα από τις βαθμολογίες των ΒΔΑ. Στο Σχήμα 3.3, το επίπεδο των κατηγοριών των κριτηρίων δεν συμμετέχει στη διαδικασία υπολογισμού, αλλά τοποθετείται στο μοντέλο για να προσδιορίσει τη διαφορετική φύση κάθε κριτηρίου. Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι λεκτικοί όροι καθώς και οι αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής για τις ασαφές τιμές βάρους.



Σχήμα 3.3: Μοντέλο Φήμης για Ομόσπονδες ΕΠΥ βασισμένο στο Ασαφές VIKOR

Πίνακας 3.2: Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής Ασαφών Αριθμών για τα Βάρη

Λεκτικοί Όροι	Συνάρτηση Συμμετοχής
Absolutely strong (AS)	$(2, 5/2, 3)$
Very strong (VS)	$(3/2, 2, 5/2)$
Fairly strong (FS)	$(1, 3/2, 2)$
Slightly strong (SS)	$(1, 1, 3/2)$
Equal (E)	$(1, 1, 1)$
Slightly weak (SW)	$(2/3, 1, 1)$
Fairly weak (FW)	$(1/2, 2/3, 1)$
Very weak (VW)	$(2/5, 1/2, 2/3)$
Absolutely weak (AW)	$(1/3, 2/5, 1/2)$

Από την άλλη, στον Πίνακα 3.3 αντιστοιχίζονται οι όροι και οι συναρτήσεις συμμετοχής όσον αφορά την ασαφή αξιολόγηση των ΒΔΑ.

Παρόμοια με την βασισμένη στην ασαφή AHP προσέγγιση, η αξιολόγηση της ΕΠΥ για συγκεκριμένο πείραμα από ένα χρήστη συγκρίνεται με την καλύτερη δυνατή (ιδανική) αξιολόγηση ενός εικονικού χρήστη, προκειμένου να λάβουμε μια ποσοτική μέτρηση σχετικά με την εγγύτητα της πραγματικής απόδοσης της ΕΠΥ, όπως αυτή αναγνώσθηκε από το χρήστη, ως προς την τέλεια απόδοση της υποδομής. Παρακάτω αναλύουμε τα βήματα, με τις οποίες απαραίτητες τροποποιήσεις της ασαφούς VIKOR, της προσέγγισης αυτής για τον υπολογισμό της φήμης ομόσπονδων ΕΠΥ.

Βήμα 1 - Καθορισμός των ΒΔΑ της ΕΠΥ: Σαν πρώτο βήμα, οι πάροχοι της υποδομής καθορίζουν το σύνολο των δεικτών απόδοσης που αφορούν την ΠτΥ και την ΠτΕ και είναι αυτοί οι οποίοι θα βαθμολογηθούν κατά την αξιολόγηση των χρηστών. Επίσης,

συγκεκριμένα για τους ΠτΥ ΒΔΑ, καθορίζονται οι τιμές ΣΠΕΥ μεταξύ του παρόχου και του χρήστη.

Βήμα 2 - Καθορισμός των τιμών βάρους σχετικής σημασίας: Σε αυτή τη φάση ο χρήστης καθορίζει τις λεκτικές τιμές σχετικής σημασίας των κριτηρίων, βάσει των υποκειμενικών του προτιμήσεων και του στόχου του πειράματος που πραγματοποίησε. Οι λεκτικές τιμές, που δίνονται σαν είσοδο, αντιστοιχίζονται με ασαφείς αριθμούς σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 και ορίζονται για κάθε έναν από του ΒΔΑ σε σχέση με τους υπόλοιπους ανά ζευγάρι. Θεωρώντας μια υποδομή, η οποία χαρακτηρίζεται από N δείκτες απόδοσης, λαμβάνουμε τον ασαφή πίνακα σχετικής σημασίας (Pairwise Importance Comparison Matrix),

$$PICM = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_N \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & FS & \dots & VW \\ FW & 1 & \dots & E \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ VS & E & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.16)$$

Εν συνεχεία, τα στοιχεία του πίνακα $PICM$ αποασαφοποιούνται σύμφωνα με την εξίσωση (3.6), προκειμένου να υπολογιστεί ο λόγος συνεκτικότητας CR, όπως περιγράφεται στη Δεύτερη Φάση της ασαφούς AHP μεθοδολογίας, ώστε να αποφευχθούν οι τυχαίοι ή ασυνεπείς ορισμοί τιμών βάρους στη διαδικασία υπολογισμού της φήμης της υποδομής.

Βήμα 3 - Υπολογισμός του διανύσματος βάρους των ΒΔΑ: Για τον υπολογισμό του διανύσματος βάρους θα χρησιμοποιήσουμε τα βήματα της ανάλυσης ασαφούς AHP του Chang ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται στην Τέταρτη Φάση, κάνοντας χρήση των εξισώσεων (3.9)-(3.12). Μετά την εφαρμογή της μεθόδου προκύπτει το ζητούμενο διάνυσμα για τους N βασικούς δείκτες απόδοσης,

$$W = [w_1 \dots w_j \dots w_N], \quad j = 1, \dots, N \quad (3.17)$$

Βήμα 4 - Αξιολόγηση ενός Πειράματος: Έπειτα από την ολοκλήρωση ενός πειράματος, ο χρήστης καλείται να καταθέσει την άποψή του σχετικά με την απόδοση των υποδομών που χρησιμοποίησε. Εφόσον όλοι οι ΒΔΑ είναι ασαφείς αριθμοί, ο χρήστης αξιολογεί την απόδοση της υποδομής εκφραζόμενος με τους λεκτικούς όρους του πίνακα 3.3, οι οποίοι αντιστοιχίζονται με τις κατάλληλες συναρτήσεις συμμετοχής. Έχοντας πάντα σαν στόχο την

Πίνακας 3.3: Λεκτικοί Όροι και Συναρτήσεις Συμμετοχής για την αξιολόγηση των ΒΔΑ

Λεκτικοί Όροι	Συνάρτηση Συμμετοχής
Extremely Poor (EP)	(0.1, 1, 2)
Very Poor (VP)	(1, 2, 3)
Poor (P)	(2, 3, 4)
Medium Poor (MP)	(3, 4, 5)
Fair (F)	(4, 5, 6)
Medium Good (MG)	(5, 6, 7)
Fair Good (FG)	(6, 7, 8)
Good (G)	(7, 8, 9)
Very Good (VG)	(8, 9, 10)
Excellent (E)	(9, 10, 10)

ελαχιστοποίηση της επιρροής των κακόβουλων χρηστών στην διαδικασία υπολογισμού της φήμης, λαμβάνεται εκ νέου υπόψη η τιμή αξιοπιστίας του χρήστη. Έτσι για τους ΠτΥ ΒΔΑ, η γνώμη x του χρήστη τροποποιείται κατάλληλα σε \tilde{x} , εφόσον αυτό κριθεί απαραίτητο από το μηχανισμό αξιοπιστίας, όπως περιγράφεται στην επόμενη υποενότητα. Λειτουργώντας παρόμοια με την παραπάνω προσέγγιση, χρησιμοποιούμε έναν εικονικό χρήστη με την ιδανική αξιολόγηση (λεκτική τιμή E) για όλους τους δείκτες απόδοσης της υποδομής, ούτως ώστε να μετρήσουμε ουσιαστικά την απόσταση της πραγματικής απόδοσης της ΕΠΥ από την καλύτερη δυνατή. Εν τέλει, λαμβάνουμε τον ασαφή πίνακα αξιολόγησης (fuzzy evaluation matrix, FEM) για συγκεκριμένο πείραμα που έχει διεξαχθεί,

$$FEM = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \cdots & K_N \\ \begin{matrix} E \\ V \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_1 & \tilde{x}_2 & \cdots & \tilde{x}_N \\ E & E & \cdots & E \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3.18)$$

όπου η πρώτη σειρά του πίνακα αφορά τις τιμές αξιολόγησης που όρισε ο χρήστης (πιθανώς τροποποιημένες από το μηχανισμό αξιοπιστίας), ενώ η δεύτερη αφορά την τέλεια αξιολόγηση για της ιδανική απόδοση της υποδομής από τον εικονικό χρήστη V .

Βήμα 5 - Υπολογισμός και ενημέρωση της τιμής Φήμης: Σε αυτό το βήμα πραγματοποιείται ουσιαστικά η εφαρμογή της μεθόδου ασαφούς VIKOR. Έστω το διάνυσμα βάρους w καθώς και ο ασαφής πίνακας αξιολόγησης $FEM = [x_{ij}]$, $i = 1, 2, j = 1, \dots, N$. Τότε θεωρούμε την καλύτερη ασαφή τιμή ως \tilde{f}_j^+ καθώς και την χειρότερη ασαφή τιμή ως \tilde{f}_j^- . Από τη στιγμή που η αξιολόγηση του εικονικού χρήστη είναι η καλύτερη δυνατή, η καλύτερη

και η χειρότερη ασαφής τιμή είναι,

$$\tilde{f}_j^+ = x_{2j}, j = 1, \dots, N$$

$$\tilde{f}_j^- = x_{1j}, j = 1, \dots, N$$

Ορίζεται έτσι το μέτρο διαχωρισμού της τιμής x_{ij} (αξιολόγηση) από τη καλύτερη και τη χειρότερη ασαφή τιμή,

$$\tilde{S}_i = \frac{\sum_{j=1}^N w_j (\tilde{f}_j^+ - x_{ij})}{\tilde{f}_j^+ - \tilde{f}_j^-} \quad (3.19)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\frac{w_j (\tilde{f}_j^+ - x_{ij})}{\tilde{f}_{j,u}^+ - \tilde{f}_{j,l}^-} \right] \quad (3.20)$$

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι καλύτερες και οι χειρότερες τιμές των \tilde{S}_i, \tilde{R}_i ,

$$\tilde{S}^+ = \min_i \tilde{S}_i, \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (3.21)$$

$$\tilde{R}^+ = \min_i \tilde{R}_i, \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (3.22)$$

Έπειτα ο δείκτης αξιολόγησης \tilde{Q}_i , ο οποίος περιέχει την ασαφή τιμή φήμης για την αξιολόγηση του πραγματικού χρήστη και του εικονικού χρήστη, υπολογίζεται ως εξής:

$$\tilde{Q}_i = \alpha \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}^+}{\tilde{S}^- - \tilde{S}^+} + (1 - \alpha) \frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}^+}{\tilde{R}^- - \tilde{R}^+} \quad (3.23)$$

όπου το α είναι ένας δείκτης, ο οποίος καθορίζει την πρόθεσή μας να επιβραβεύσουμε μετρικά μια καλή απόδοση υποδομής ή να τιμωρήσουμε την κακή απόδοση αντίστοιχα. Θέτουμε, λοιπόν, την τιμή του $\alpha = 0.5$ ούτως ώστε να υπάρχει ισορροπία και ομαλή κλιμάκωση των τιμών φήμης μεταξύ καλής και κακής απόδοσης. Προχωρώντας, αποασαφοποιούμε τα στοιχεία του διανύσματος \tilde{Q}_i κάνοντας χρήση της εξίσωσης (3.6) για να προκύψουν οι απλές πραγματικές τιμές αξιολόγησης Q_i του πειράματος. Το στοιχείο του Q_i με τη μικρότερη τιμή αντιστοιχεί σε αυτό με την καλύτερη αξιολόγηση. Στην περίπτωση μας ο εικονικός χρήστης δίνει πάντα τέλεια αξιολόγηση και το αντίστοιχο στοιχείο του δείκτη αξιολόγησης είναι πάντα ίσο με μηδέν,

($Q_2 = 0$). Έτσι η τιμή φήμης R_{exp} μετά την αξιολόγηση ενός συγκεκριμένου πειράματος είναι,

$$R_{exp}^T = (1 - Q_1) 100\% \quad (3.24)$$

Μετά την ολοκλήρωση και την αξιολόγηση n πειραμάτων η συνολική τιμή φήμης μιας ΕΠΥ ενημερώνεται σύμφωνα με την εξίσωση (3.15).

3.4 Μηχανισμός Αξιοπιστίας Χρήστη

Τα προτεινόμενα μοντέλα διαχείρισης φήμης για ομόσπονδες ΕΠΥ συμπεριλαμβάνουν αμφότερα ένα μηχανισμό αξιοπιστίας χρήστη. Η χρήση της τιμής αξιοπιστίας έχει ως σκοπό, να εμποδίσει τους κακόβουλους χρήστες να προβούν σε επιβλαβείς αξιολογήσεις των υποδομών, είτε ζημιώνοντας την τιμή φήμης μια ΕΠΥ, είτε υπερτιμώντας την φήμη κάποιας άλλης. Ο μηχανισμός αξιοπιστίας χρησιμοποιεί τα κριτήρια ΠτΥ, ενώ αυτά της ΠτΕ εξαιρούνται από τη διαδικασία αυτή, καθώς η αξιολόγησή τους βασίζεται αποκλειστικά σε υποκειμενικές απόψεις και ταυτόχρονα δεν υπάρχει κάποια δυνατότητα πραγματικής αντικειμενικής μέτρησης της απόδοσής τους. Ο μηχανισμός αξιοπιστίας που προτείνεται, λαμβάνει υπόψη τις τιμές ΣΠΕΥ μεταξύ του παρόχου και του χρήστη, καθώς επίσης και τα δεδομένα παρακολούθησης για το σύνολο των τεχνικών κριτηρίων ΠτΥ. Έτσι δίνεται η δυνατότητα η άποψη του χρήστη να συγκριθεί με τις τιμές που προκύπτουν από τη ΣΠΕΥ και τα δεδομένα παρακολούθησης, οι οποίες αποτελούν δείκτες της πραγματικής απόδοσης της υποδομής και μάλιστα σε σχέση με τα συμφωνηθέντα δεδομένα μεταξύ χρήστη και παρόχου.

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός αξιοπιστίας διαφέρει σε σύγκριση με αντίστοιχους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται σε συστήματα φήμης για ομόσπονδες ΕΠΥ. Για παράδειγμα, το σύστημα διαχείρισης φήμης FTUE [9] ορίζει κατηγορίες χρηστών λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες αξιολογήσεις τους, τα δεδομένα παρακολούθησης και οι τιμές αξιοπιστίας τους διαμορφώνονται κατάλληλα. Ανάλογα με την κατηγορία που κατατάσσεται ένας χρήστης, ο μηχανισμός αξιοπιστίας του FTUE αντιμετωπίζει διαφορετικά την αξιολόγησή του. Εν αντιθέσει με το παραπάνω, η προσέγγιση της συγκεκριμένης εργασίας δεν πραγματοποιεί ουδεμία κατηγοριοποίηση της συμπεριφοράς των χρηστών. Συγκεκριμένα, για κάθε αξιολόγηση η τιμή ΣΠΕΥ και τα δεδομένα παρακολούθησης καθορίζουν την εγγύτητα της άποψης του χρήστη στην πραγματική απόδοση, με βάση πάντα τις προτιμήσεις του (ο ρόλος της ΣΠΕΥ), καθώς και την ενημέρωση της τιμής αξιοπιστίας του χρήστη. Στον Αλγόριθμο 1 αποτυπώνονται τα βήματα

Algorithm 1 Experimenter Credibility Mechanism

```

1: Inputs:  $UO$ ,  $SD$ ,  $MD$ 
2: Outputs:  $CR$ ,  $\tilde{UO}$ 
3: for  $\forall UO_i \in UO$  do
4:    $E = [e_i]^\top$ ,  $e_i = 0.1$ ,  $i = 1, \dots, k$ , Threshold Vector
5:    $C = [c_i]^\top$ ,  $i = 1, \dots, k$ , Correctness Vector
6:   if  $|MD_i - SD_i| \geq e_i$  then
7:      $e_i = |MD_i - SD_i|$ 
8:   end if
9:   if  $|MD_i - UO_i| \leq e_i$  then
10:     $c_i = 1$ 
11:   else
12:     $c_i = \frac{e_i}{|MD_i - UO_i|}$ 
13:   end if
14: end for
15:  $\hat{c} = avg(c_i)$ 
16:  $CR_n = \frac{(n-1)CR_{n-1} + \hat{c}}{n}$ 
17: for  $\forall UO_i \in UO$  do
18:   if  $|MD_i - UO_i| \geq e_i$  then
19:     if  $UO_i < MD_i$  then
20:        $\tilde{UO}_i = MD_i - e_i CR_n$ 
21:     else
22:        $\tilde{UO}_i = MD_i + e_i CR_n$ 
23:     end if
24:   else
25:      $\tilde{UO}_i = UO_i$ 
26:   end if
27: end for

```

της διαδικασίας του προτεινόμενου μηχανισμού αξιοπιστίας, για τη διενέργεια πειράματος σε μία ΕΠΥ.

Αν ένας χρήστης πραγματοποιήσει ένα πείραμα σε παραπάνω από μία υποδομή, τότε η διαδικασία αξιοπιστίας εφαρμόζεται σε κάθε μία από αυτές. Αναλυτικότερα ο αλγόριθμος αξιοπιστίας λαμβάνει σαν είσοδο το διάνυσμα $UO = [UO_i]^\top$, $i = 1, \dots, k$, το οποίο περιλαμβάνει τις βαθμολογίες του χρήστη για κάθε ΒΔΑ ΠτΥ της υποδομής, το διάνυσμα με τις αντίστοιχες τιμές ΣΠΕΥ, $SD = [SD_i]^\top$, $i = 1, \dots, k$, καθώς και τις τιμές που προκύπτουν από τα δεδομένα παρακολούθησης $MD = [MD_i]^\top$, $i = 1, \dots, k$, για τους συγκεκριμένους δείκτες απόδοσης. Η έξοδος του προγράμματος είναι η ενημερωμένη τιμή την αξιοπιστίας CR του

χρήστη, καθώς και το διάνυσμα με τις τροποποιημένες, εφόσον κριθεί απαραίτητο, βαθμολογίες του χρήστη για τους ΒΔΑ $\tilde{UO} = [\tilde{UO}_i]^T$, $i = 1, \dots, k$ (γραμμές 1-2). Επίσης για κάθε ΒΔΑ αρχικοποιούνται τα διανύσματα κατωφλίου και ορθότητας της αξιολόγησης στις γραμμές 4-5. Οι τιμές του διανύσματος κατωφλίου, ουσιαστικά, εκφράζουν το επίπεδο ανοχής σε μια κριτική, το οποίο καθορίζεται από την απόκλιση των δεδομένων παρακολούθησης σε σχέση με την τιμή ΣΠΕΥ (γραμμές 6-13). Τα στοιχεία του διανύσματος ορθότητας περιέχουν τιμές επιμέρους αξιοπιστίας για κάθε ΒΔΑ ξεχωριστά και ο μέσος όρος τους αποτελεί επί της ουσίας την τιμή αξιοπιστίας του χρήστη για το συγκεκριμένο πείραμα. Τελικά η συνολική αξιοπιστία του χρήστη ενημερώνεται σύμφωνα με τις γραμμές 15-16 του αλγορίθμου. Η κριτική του χρήστη για κάποιο ΒΔΑ διορθώνεται μόνο στην περίπτωση που η διαφορά της από τα δεδομένα παρακολούθησης είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου. Η τροποποιημένη, εφόσον είναι απαραίτητο, τιμή κριτικής προκύπτει από τα δεδομένα παρακολούθησης, την ενημερωμένη τιμή αξιοπιστίας του χρήστη και την αντίστοιχη τιμή κατωφλίου (γραμμές 17-27). Οι φιλτραρισμένες, λοιπόν, τιμές των ΒΔΑ είναι αυτές που χρησιμοποιούνται εν τέλει, στη διαδικασία υπολογισμού της φήμης και στα δύο παραπάνω προτεινόμενα συστήματα.

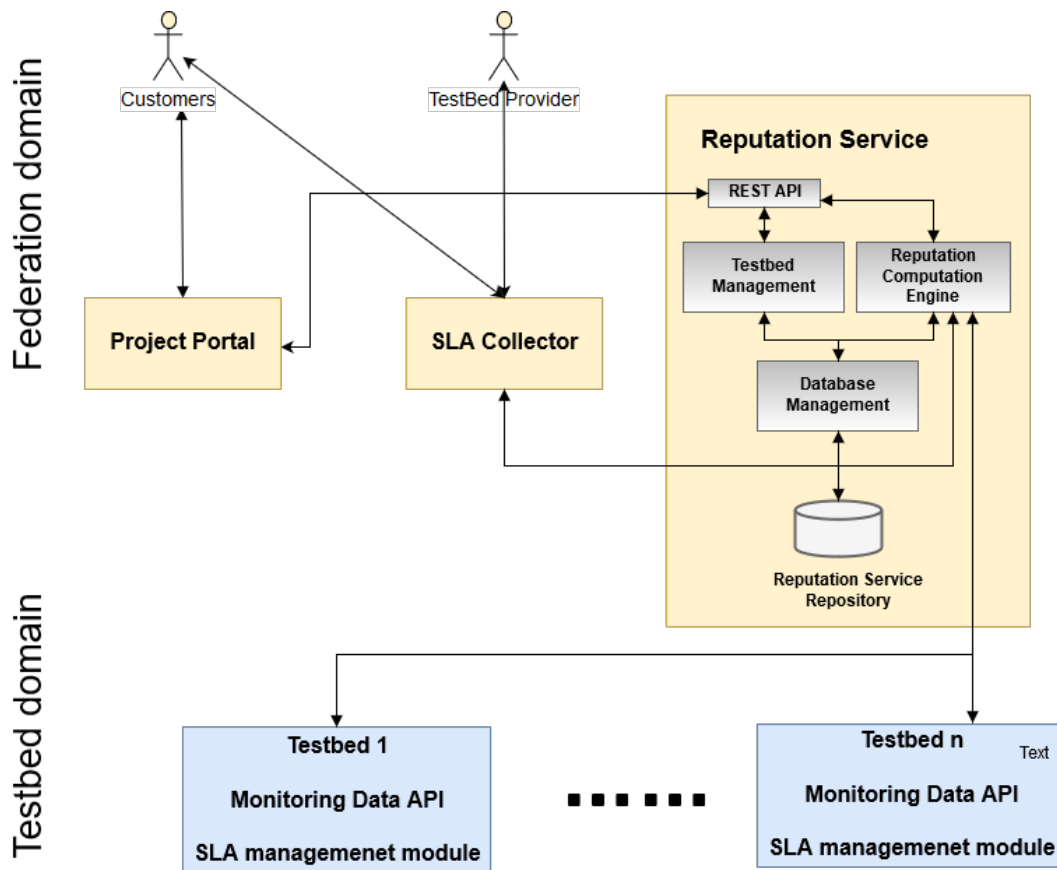
Κεφάλαιο 4

Αξιολόγηση των Προτεινόμενων Μοντέλων

Οι δύο προτεινόμενοι μηχανισμοί διαχείρισης φήμης που παρουσιάστηκαν στο παραπάνω κεφάλαιο, δοκιμάστηκαν με δεδομένα ενός πραγματικού ομοσπονδιακού διαδικτυακού περιβάλλοντος, του FED4FIRE⁺ [7]. Το πρόγραμμα FED4FIRE⁺ παρέχει μια ομοσπονδία από ετερογενείς Ερευνητικές Πειραματικές Υποδομές, με σκοπό να δώσει τη δυνατότητα για προώθηση της πειραματικά οδηγούμενης έρευνας για το διαδίκτυο του μέλλοντος. Η ομοσπονδία παρέχει ενσύρματες, ασύρματες και υπολογιστικού νέφους υποδομές. Στο Σχήμα 4.1 απεικονίζεται η αρχιτεκτονική της υπηρεσίας φήμης του FED4FIRE⁺. Ο πυρήνας της υπηρεσίας φήμης είναι ο μηχανισμός υπολογισμού της τιμής φήμης, όπου τα δύο προτεινόμενα συστήματα εξετάστηκαν. Οι χρήστες καταχωρούν την αξιολόγησή τους στη διαδικτυακή πύλη την υποδομής, ενώ παράλληλα ο μηχανισμός υπολογισμού φήμης συλλέγει τις τιμές ΣΠΕΥ, καθώς και τα δεδομένα παρακολούθησης μέσω διαφορετικών εφαρμογών. Η μονάδα διαχείρισης της ΕΠΥ είναι υπεύθυνη για την λειτουργία της υπηρεσίας φήμης. Εν τέλει, η τιμή φήμης κάθε ΕΠΥ, καθώς και οι τιμές αξιοπιστίας κάθε χρήστη αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων της υπηρεσίας φήμης της ομοσπονδίας.

Οι προτεινόμενοι, λοιπόν, μηχανισμοί διαχείρισης φήμης δοκιμάστηκαν στο περιβάλλον του FED4FIRE⁺, παρέχοντας μία τεχνική υπηρεσία, την διαθεσιμότητα κόμβου (Node Availability), η οποία αποτελεί ουσιαστικά το κριτήριο ΠτΥ και χρησιμοποιείται παράλληλα για τη ΣΠΕΥ και τα δεδομένα παρακολούθησης. Η φήμη για τα δύο συστήματα υπολογίζεται όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3, παρομοίως και η λειτουργία του μηχανισμού αξιοπιστίας.

Σε αυτό το κεφάλαιο, λοιπόν, θα παρουσιάσουμε αρχικά μια αξιολόγηση των προτεινόμενων



Σχήμα 4.1: Υπηρεσία Φήμης του Fed4Fire+

μηχανισμών διαχείρισης φήμης, για μια ασύρματη ΕΠΥ, η οποία θα αποτελείται από τέσσερις ΒΔΑ. Ο ένας από αυτούς, όπως προείπαμε, είναι η διαθεσιμότητα Κόμβων και αποτελεί ΒΔΑ ΠτΥ, ο οποίος ουσιαστικά μετρά την μέση διαθεσιμότητα όλων των διαθέσιμων ασύρματων κόμβων καθόλη τη διάρκεια ενός πειράματος. Οι άλλοι τρεις ΒΔΑ αφορούν την ΠτΕ και είναι οι εξής: Αναγνωσιμότητα Εγγράφου (Document Readability), Ικανοποίηση Υποστήριξης (Support Satisfaction) και Λειτουργικότητα (Operability) και αξιολογούνται από τους χρήστες με λεκτικούς όρους που αντιστοιχίζονται σε ασαφείς αριθμούς. Στις επόμενες υποενότητες περιγράφονται αναλυτικά και με πραγματικά δεδομένα, τα βήματα για τον υπολογισμό της φήμης μιας ΕΠΥ για ένα πείραμα και για τους δύο προτεινόμενους μηχανισμούς, καθώς και η διαδικασία υπολογισμού της τιμής αξιοπιστίας του χρήστη που διενεργεί το πείραμα.

Επιπλέον, πέρα από τα βήματα μιας αξιολόγησης, εξετάζεται η συμπεριφορά των δύο μηχανισμών σε σύνολο χιλίων πειραμάτων, τα οποία διενεργούνται από εκατό διαφορετικούς χρήστες. Το 80% των χρηστών είναι έμπιστοι ενώ το υπόλοιπο είναι κακόβουλοι και πραγματοποιούν μεροληπτικές αξιολογήσεις. Κάθε χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει πόρους από μία έως δύο

Πίνακας 4.1: Αξιολογήσεις για το Ασαφές ΑHP μεθοδολογία

Επίπεδο Φήμης	Πρώτο Επίπεδο	Δεύτερο Επίπεδο	Χρήστης	Εικονικός Χρήστης
Φήμη Υποδομής	Απόδοση Δικτύου (0.8)	Διαθεσιμότητα Κόμβου (1.0)	0.75	1
	Εμπειρία Χρήστη (0.2)	Ικανοποίηση Υποστήριξης (0.3)	[Γ]	[Ε]
		Λειτουργικότητα (0.45)	[Ε]	[Ε]
		Αναγνωσιμότητα Εγγράφου (0.25)	[Μ]	[Ε]

ΕΠΥ για το πείραμά του και κάνει τις αντίστοιχες αξιολογήσεις. Έτσι παρακολουθείται η συμπεριφορά των δύο μηχανισμών σε πλήθος αξιολογήσεων, ενώ η παρουσία των κακόβουλων χρηστών κάνει ξεκάθαρο τον καταλυτικό ρόλο του μηχανισμού αξιοπιστίας για τα συστήματα διαχείρισης φήμης.

Στο τέλος και τα δύο συστήματα φήμης συγκρίνονται με ένα υπάρχον μοντέλο εμπιστοσύνης βασισμένο στη φήμη, το FTUE, το οποίο έχει αναπτυχθεί για το ίδιο ομόσπονδο Περιβάλλον. Το FTUE χρησιμοποιεί αριθμητικούς ΒΔΑ ΠτΥ και ΠτΕ για τον υπολογισμό της φήμης, αλλά και της αξιοπιστίας του χρήστη.

4.1 Αξιολόγηση του Συστήματος βασισμένου στην Ασαφή ΑHP μεθοδολογία

Όπως περιγράψαμε παραπάνω, η Ασαφής ΑHP μεθοδολογία δομεί τα κριτήρια ιεραρχικά. Έτσι, με βάση τα κριτήρια που χρησιμοποιούμε στο πείραμά μας, το ιεραρχικό μοντέλο στην προκειμένη περίπτωση διαμορφώνεται, όπως φαίνεται στον πίνακα 4.1.

Στον πίνακα συμπεριλαμβάνονται, επίσης, οι τιμές βάρους που όρισε ο χρήστης στα κριτήρια και τους ΒΔΑ και φαίνονται εντός παρένθεσης, καθώς επίσης και οι βαθμολογίες για τους όλους τους ΒΔΑ της ΕΠΥ, χρησιμοποιώντας τις λεκτικές τιμές του Πίνακα 3.1. Στην τέταρτη στήλη του πίνακα 4.1 φαίνονται οι αξιολογήσεις του χρήστη, ενώ στην τελευταία στήλη βρίσκονται οι ιδανικές (τέλειες) αξιολογήσεις του εικονικού χρήστη. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα επιμέρους αποτελέσματα της διαδικασίας υπολογισμού της φήμης για την παραπάνω αξιολόγηση ακολουθώντας τα βήματα της Ασαφούς ΑHP μεθοδολογίας, όπως αυτά περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3.

Ο λόγος συνοχής CR είναι μικρότερος του 0.1 για όλες τις ομάδες κριτηρίων, οπότε η καταχώρηση των τιμών βάρους είναι λογική και μπορούμε να συνεχίσουμε τη διαδικασία. Το επόμενο βήμα είναι η διαδικασία AHP ανάλυσης. Θα δείξουμε όλους τους επιμέρους υπολογισμούς της ανάλυσης που προτείνει ο Chang για το κριτήριο της Ικανοποίησης Υποστήριξης. Αντιστοιχίζοντας τη λεκτική βαθμολογία που έδωσε ο χρήστης για το συγκεκριμένο ΒΔΑ, με την κατάλληλη συνάρτηση μεταφοράς, τότε η ασαφής άποψη του χρήστη είναι $\tilde{A}_u = (6, 7, 8)$, ενώ για τον εικονικό χρήστη έχουμε $\tilde{A}_v = (7, 8, 9)$. Έτσι, προκύπτει ο ασαφής πίνακας *RACM* για την ικανοποίηση υποστήριξης,

$$RACM_{SupSat} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (0.67, 0.87, 1.14) \\ (0.87, 1.14, 1.5) & (1, 1, 1) \end{bmatrix}$$

Από τον πίνακα αυτό, προκύπτει εν συνεχεία ο ασαφής συνθετικός βαθμός τόσο για τον εικονικό, όσο και για τον πραγματικό χρήστη σύμφωνα με την εξίσωση (3.9),

$$D_1 = (0.36, 0.47, 0.60)$$

$$D_2 = (0.40, 0.53, 0.71)$$

Ακολουθώντας τα βήματα της Φάσης 4 της ασαφούς AHP μεθοδολογίας στο Κεφάλαιο 3 και χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις (3.10) και (3.11), υπολογίζουμε το βαθμό πιθανότητας για τον πραγματικό και τον εικονικό χρήστη, $d_1 = 0.75$ και $d_2 = 1$ αντίστοιχα.

Έπειτα προκύπτει το κανονικοποιημένο διάνυσμα σύγκρισης για την Ικανοποίηση Υποστήριξης, σύμφωνα με την εξίσωση (3.12),

$$c_{SupSat} = [0.43 \ 0.57]^T$$

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τους υπόλοιπους ΒΔΑ ΠτΕ, όπου λαμβάνουμε τα ακόλουθα διανύσματα σύγκρισης,

$$c_{Oper} = [0.5 \ 0.5]^T$$

$$c_{DocRead} = [0.22 \ 0.78]^T$$

Για τον ΒΔΑ ΠτΥ, δηλαδή την διαθεσιμότητα κόμβου, το κανονικοποιημένο διάνυσμα σύγκρισης είναι, $c_{Avail} = [0.43 \ 0.57]^T$. Ο ΒΔΑ της Διαθεσιμότητας Κόμβου, διαμορφώνεται σύμφωνα με τον μηχανισμό αξιοπιστίας του χρήστη. Στην προκειμένη περίπτωση η τιμή ΣΠΕΥ είναι

ιση με 0.9, ενώ η διαθεσιμότητα με βάση τα δεδομένα παρακολούθησης είναι 0.85. Ο χρήστης αξιολόγησε το δείκτη αυτό με 0.75. Εφόσον, λοιπόν, η διαφορά της αξιολόγησης με τα δεδομένα παρακολούθησης είναι εντός ανεκτών ορίων, ο μηχανισμός δεν επεμβαίνει στην άποψη του χρήστη και απλώς ανανεώνει την τιμή αξιοπιστίας του. Αφού έχουμε υπολογίσει όλα τα διανύσματα σύγκρισης για τους ΒΔΑ, προχωράμε στον υπολογισμό των αντίστοιχων διανυσμάτων των ανωτέρω επιπέδων. Πιο συγκεκριμένα, για την Απόδοση Δικτύου, το διάνυσμα σύγκρισης προκύπτει άμεσα από το αντίστοιχο διάνυσμα της Διαθεσιμότητας Κόμβου μιας και είναι το μοναδικό υποκριτήριο για το γονικό αυτό κριτήριο, $RACM_{NetPer} = [0.43 \ 0.57]^T$. Όσον αφορά το κριτήριο Εμπειρία του Χρήστη το διάνυσμα σύγκρισης προκύπτει από τον πίνακα $RACM_{UsExp}$ του κριτηρίου και πολλαπλασιασμό του με τα βάρη των υπο-κριτηρίων αυτού,

$$c_{UsExp} = \begin{bmatrix} 0.43 & 0.5 & 0.22 \\ 0.57 & 0.5 & 0.78 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.3 \\ 0.45 \\ 0.25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.41 \\ 0.59 \end{bmatrix}$$

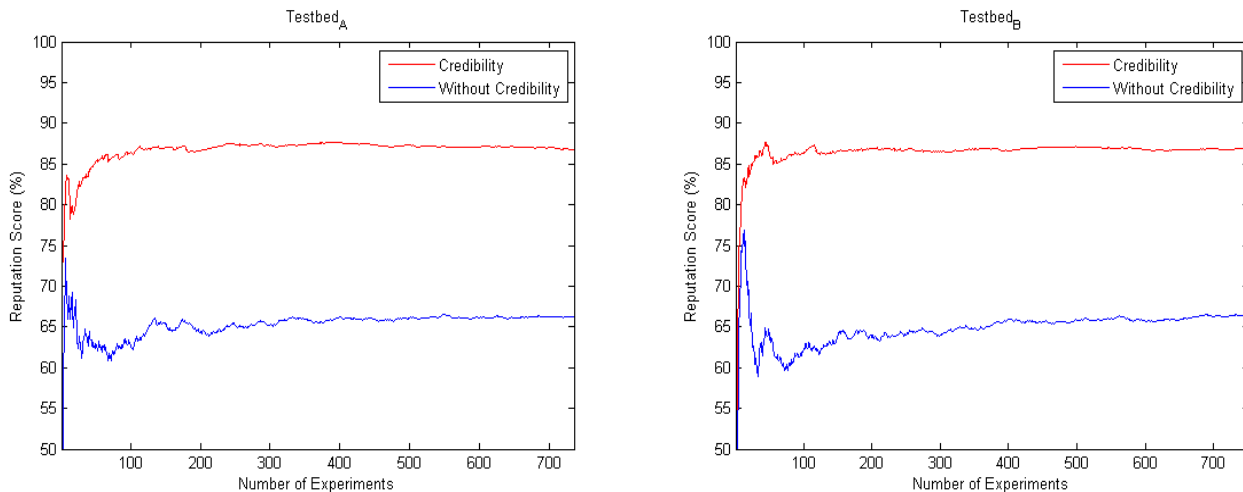
Με παρόμοιο τρόπο, προκύπτει το κανονικοποιημένο διάνυσμα σύγκρισης για το κριτήριο Φήμης, στο ανώτερο επίπεδο,

$$c_{Rep} = \begin{bmatrix} 0.43 & 0.41 \\ 0.57 & 0.59 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.8 \\ 0.2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.42 \\ 0.58 \end{bmatrix}$$

Επομένως, από το διάνυσμα c_{Rep} προκύπτει η τιμή της φήμης της ΕΠΥ για το συγκεκριμένο πείραμα, σύμφωνα με την αξιολόγηση του χρήστη και υπολογίζεται με τον παρακάτω τρόπο, (3.14),

$$R_{exp}^T = \frac{c_{Rep}^u}{c_{Rep}^v} 100\% = 73.78\%$$

Το σύστημα διαχείρισης φήμης, το οποίο βασίζεται στην Ασαφή AHP έχει τη δυνατότητα, λοιπόν, να επεξεργάζεται τόσο απλά, όσο και ασαφή δεδομένα για την αξιολόγηση των ΒΔΑ και των κριτηρίων. Η χρονική πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου αλγορίθμου είναι σταθερή για κάθε πείραμα και εξαρτάται αποκλειστικά από τον αριθμό των ΒΔΑ και των κριτηρίων. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονίσουμε και την αξία της χρήσης του μηχανισμού αξιοπιστίας. Υποθέτουμε ότι για το παραπάνω παράδειγμα, ο χρήστης αξιολογεί τη Διαθεσιμότητα Κόμβου με 0.4 αντί για 0.75, ενώ η τιμή αξιοπιστίας του μετά από τρία προηγούμενα πειράματα είναι 0.8. Τότε η τιμή της αξιολόγησης για τη Διαθεσιμότητα Κόμβου θα πρέπει να διαμορφωθεί από το μηχανισμό, αφού απέχει πολύ από τα δεδομένα παρακολούθησης (0.85). Η νέα τιμή,



Σχήμα 4.2: Επίδραση του Μηχανισμού Αξιοπιστίας στο Σύστημα Φήμης Fuzzy AHP

λοιπόν, θα είναι 0.7844, ενώ η συνολική αξιολόγηση είναι πλέον 76.48%. Παράλληλα, η τιμή αξιοπιστίας του συγκεκριμένου χρήστη θα γίνει 0.6556, μετά την αξιολόγηση του τελευταίου πειράματος. Η σημασία του μηχανισμού αξιοπιστίας γίνεται περισσότερο φανερή στη δεύτερη περίπτωση, όπου διενεργούνται χίλια πειράματα από 100 διαφορετικούς χρήστες για δύο ΕΠΥ. Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η συμπεριφορά του συστήματος φήμης βασισμένο στην ασαφή AHP μεθοδολογία για τις δύο ΕΠΥ. Είναι ξεκάθαρο ότι χωρίς τη χρήση του μηχανισμού αξιοπιστίας η τιμή φήμης των υποδομών είναι 20% χαμηλότερη σε σχέση με την περίπτωση κατά την οποία πραγματοποιείται χρήση του μηχανισμού.

Είναι, λοιπόν, ξεκάθαρη η επίδραση των κακόβουλων αξιολογήσεων στη μείωση της τιμής φήμης των ΕΠΥ. Αντιθέτως, ο μηχανισμός αξιοπιστίας λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές ΣΠΕΥ και τα δεδομένα παρακολούθησης, ελέγχει την υποκειμενική άποψη του χρήστη. Εάν κριθεί μη αποδεκτή, διορθώνει την αξιολόγηση με βάση την πραγματική απόδοση του συστήματος και την τιμή της αξιοπιστίας του χρήστη, η οποία μετά την κακόβουλη αξιολόγηση μειώνεται. Έτσι, η επίδραση των με κακή πρόθεση χρηστών μειώνεται όσον αφορά την αξιολόγηση των ΕΠΥ.

4.2 Αξιολόγηση του Συστήματος βασισμένου στην Ασαφή VIKOR μεθοδολογία

Η αξιολόγηση του συστήματος φήμης, το οποίο είναι βασισμένο στην ασαφή VIKOR μεθοδολογία, θα γίνει, επιλέγοντας την ίδια ΕΠΥ και επομένως, τους ίδιους Βασικούς Δείκτες

Απόδοσης με την αξιολόγηση του συστήματος ασαφούς AHP. Συγκεκριμένα, αυτοί είναι οι, Αναγνωσιμότητα Εγγράφου (K1), Ικανοποίηση Υποστήριξης (K2), Λειτουργικότητα (K3) και η Διαθεσιμότητα Κόμβου (K4). Οι ΒΔΑ K1 έως K3 αποτελούν κριτήρια ΠτΕ, ενώ ο K4 είναι κριτήριο ΠτΥ. Εν αντιθέσει με την παραπάνω προσέγγιση, τα κριτήρια οργανώνονται σε ένα οριζόντιο μοντέλο, ενώ η αξιολόγησή τους από τους χρήστες πραγματοποιείται αποκλειστικά με λεκτικούς όρους, οι οποίοι αντιστοιχίζονται με ασαφείς αριθμούς σύμφωνα με τον Πίνακα 3.3, ανεξάρτητα από τον τύπο του κριτηρίου.

Αρχικά παρουσιάζουμε τα βήματα μιας συγκεκριμένης αξιολόγησης. Ακολουθώντας τη διαδικασία όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3, σαν πρώτο βήμα, ο χρήστης ορίζει τη σχετική σημασία κάθε ΒΔΑ σε σχέση με τον άλλο. Όπως και για την αξιολόγηση, έτσι κι εδώ, ο καθορισμός της σχετικής σημασίας πραγματοποιείται με χρήση λεκτικών όρων. Έτσι, λοιπόν, προκύπτει ο ασαφής πίνακας σχετικής σημασίας,

$$PICM = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 & K_4 \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \\ K_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & SW & SW & VW \\ SS & 1 & SW & FW \\ SS & SS & 1 & FW \\ VS & FS & FS & 1 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (\frac{2}{3}, 1, 1) & (\frac{2}{3}, 1, 1) & (\frac{2}{5}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}) \\ (1, 1, \frac{3}{2}) & (1, 1, 1) & (\frac{2}{3}, 1, 1) & (\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1) \\ (1, 1, \frac{3}{2}) & (1, 1, \frac{3}{2}) & (1, 1, 1) & (\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, 1) \\ (\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2}) & (1, \frac{3}{2}, 2) & (1, \frac{3}{2}, 2) & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Έπειτα από τον ορισμό της σημασίας των ΒΔΑ από τον χρήστη, είναι αναγκαίος ο έλεγχος του λόγου συνεκτικότητας CR. Στην προκειμένη περίπτωση η τιμή του λόγου για τον αποασαφοποιημένο πίνακα $PICM$ είναι $CR = 0.018$. Η τιμή αυτή είναι μικρότερη του 0.1 και είναι αποδεκτή προκειμένου να συνεχίσουμε τη διαδικασία.

Όπως περιγράφεται, λοιπόν, στο Βήμα 3 της ενότητας 3.3, χρησιμοποιούμε την εκτεταμένη AHP ανάλυση ώστε να υπολογίσουμε το διάνυσμα βάρους για τους ΒΔΑ. Έτσι προκύπτει,

$$W_j = [0.109 \quad 0.199 \quad 0.233 \quad 0.46], \quad j = 1, \dots, 4$$

Στη συνέχεια ο χρήστης αξιολογεί τους ΒΔΑ της ΕΠΥ χρησιμοποιώντας τους λεκτικούς όρους του πίνακα 3.3. Όπως και στο αντίστοιχο παράδειγμα για το ασαφές μοντέλο AHP, η τιμή ΣΠΕΥ για τη Διαθεσιμότητα Κόμβου έχει οριστεί στο 0.9, ενώ η τιμή των δεδομένων παρακολούθησης για τον ίδιο ΒΔΑ είναι 0.85. Οι τιμές αξιολόγησης του χρήστη συγκρίνονται με την ιδανική αξιολόγηση ενός εικονικού χρήστη και σε αυτή τη μέθοδο. Στον παρακάτω

πίνακα, η πρώτη γραμμή περιέχει την αξιολόγηση του χρήστη για κάθε ΒΔΑ, ενώ η δεύτερη την ιδανική αξιολόγηση του εικονικού χρήστη. Ο ασαφής πίνακας αξιολόγησης είναι,

$$FEM = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 & K_4 \\ E & \begin{bmatrix} G & G & E & VG \end{bmatrix} \\ V & \begin{bmatrix} E & E & E & E \end{bmatrix} \end{matrix} = \begin{bmatrix} (7, 8, 9) & (7, 8, 9) & (9, 10, 10) & (8, 9, 10) \\ (9, 10, 10) & (9, 10, 10) & (9, 10, 10) & (9, 10, 10) \end{bmatrix}$$

Ο μηχανισμός αξιοπιστίας εξετάζει την τιμή του ΒΔΑ ΠτΥ, δηλαδή της Διαθεσιμότητας Κόμβου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν μεταβάλλει την άποψη του χρήστη, καθώς αυτή είναι εντός των ορίων, όπως αυτά καθορίζονται από τα δεδομένα παρακολούθησης και τη ΣΠΕΥ.

Από τον ασαφή πίνακα αξιολόγησης FEM λαμβάνουμε την καλύτερη ασαφή τιμή \tilde{f}_j^+ , καθώς και τη χειρότερη ασαφή τιμή \tilde{f}_j^- . Έχοντας τις δύο αυτές τιμές, υπολογίζουμε τα μέτρα απόστασης S_i και R_i σύμφωνα με τις εξισώσεις (3.19)-(3.21).

$$\tilde{S}_i = \left[(-0.357, 0.434, 0.99) \quad (-0.532, 0, 0.532) \right], \quad i = 1, 2$$

$$\tilde{R}_i = \left[(-0.23, 0.23, 0.46) \quad (-0.36, 0, 0.36) \right], \quad i = 1, 2$$

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι καλύτερες και οι χειρότερες τιμές των \tilde{S}_i , \tilde{R}_i ,

$$\tilde{S}^+ = (-0.532, 0, 0.532), \quad \tilde{S}^- = (-0.357, 0.434, 0.99)$$

$$\tilde{R}^+ = (-0.036, 0, 0.036), \quad \tilde{R}^- = (-0.23, 0.23, 0.46)$$

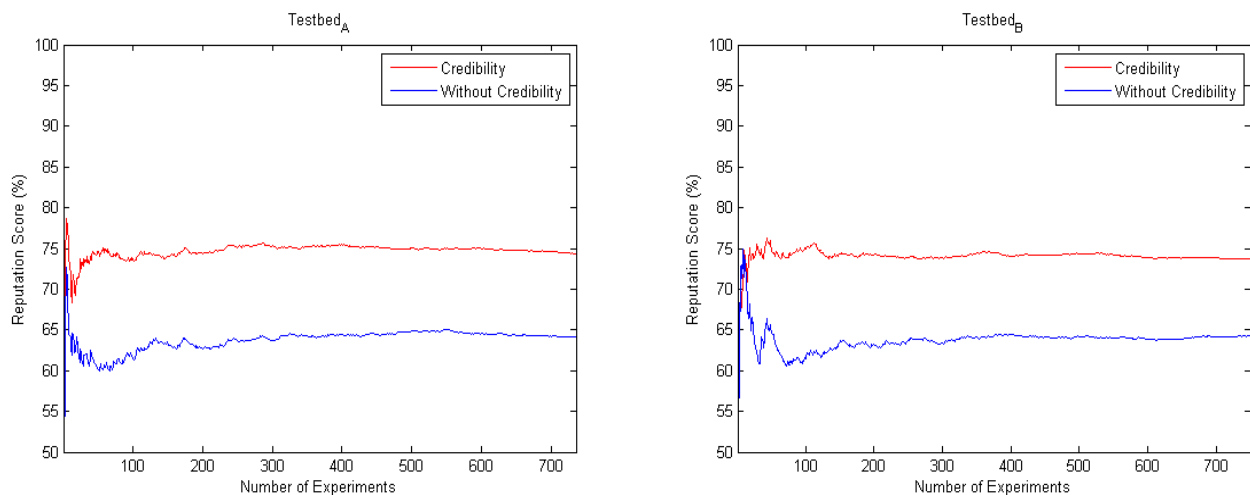
Ακολούθως υπολογίζουμε το δείκτη αξιολόγησης Q_i βάσει της εξίσωσης (3.22),

$$Q_i = \left[0.3144 \quad 0 \right], \quad i = 1, 2$$

Η τιμή για $i = 1$ αντιστοιχεί στην αξιολόγηση του πραγματικού χρήστη, ενώ για $i = 2$ στην ιδανική αξιολόγηση του εικονικού. Εν τέλει, η τιμή φήμης για το συγκεκριμένο πείραμα υπολογίζεται βάσει της εξίσωσης (3.24) και είναι,

$$R_{exp}^T = (1 - Q_1) 100\% = 68.56\%$$

Ο μηχανισμός αξιοπιστίας, όπως και στο βασισμένο στην ασαφή AHP μοντέλο, παίζει μείζονα



Σχήμα 4.3: Επίδραση του Μηχανισμού Αξιοπιστίας στο Σύστημα Φήμης Fuzzy VIKOR

ρόλο στην προστασία του συστήματος από κακόβουλους χρήστες, οι οποίοι προβαίνουν σε αξιολογήσεις με τρόπο τέτοιο ώστε να βλάψουν τη φήμη μια ΕΠΥ. Ας υποθέσουμε ότι στο παραπάνω παράδειγμα ο χρήστης βαθμολογεί με Άριστα (Excellent - E) όλους τους ΒΔΑ ΠτΕ και την απόδοση της Διαθεσιμότητας Κόμβου ως κακή (Poor - P). Ο χρήστης έχει διενεργήσει τρία πειράματα στο παρελθόν και η τιμή αξιοπιστίας του πριν το τέταρτο πείραμα είναι 0.8. Χωρίς τη χρήση του μηχανισμού αξιοπιστίας, η αξιολόγηση του συγκεκριμένου πειράματος θα είχε τιμή ίση με 57.2%. Αντιθέτως με ενεργό το μηχανισμό αξιοπιστίας, η τιμή φήμης για το συγκεκριμένο πείραμα διαμορφώνεται στο 68.1%. Επίσης η τιμή αξιοπιστίας του χρήστη μειώνεται στο 0.6556.

Η ανάδειξη του ρόλου κλειδί που διαδραματίζει ο μηχανισμός αξιοπιστίας είναι πιο ξεκάθαρη στο δεύτερο το σενάριο. Ακριβώς όπως παραπάνω, εκατό χρήστες, το 20% των οποίων είναι κακόβουλοι, πραγματοποιούν χίλια πειράματα συνολικά χρησιμοποιώντας έως και δύο ΕΠΥ. Στο Σχήμα 4.3 απεικονίζεται η συμπεριφορά του συστήματος που βασίζεται στην Ασαφή VIKOR για κάθε μία από τις δύο υποδομές σε συνάρτηση με τα πειράματα που αξιολογούνται. Η κόκκινη γραμμή δείχνει τη διακύμανση της φήμης με ενεργό το μηχανισμό αξιοπιστίας, ενώ η μπλε χωρίς αυτόν. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι με ενεργό το μηχανισμό η φήμη των ΕΠΥ είναι περίπου 10% υψηλότερη σε σχέση με την περίπτωση που είναι ανενεργός. Καταδεικνύεται, λοιπόν, η σημασία του μηχανισμού αξιοπιστίας για την ελάττωση της επίδρασης των κακόβουλων χρηστών στη φήμη των Ομόσπονδων ΕΠΥ.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η αξιολόγηση με αποκλειστικά λεκτικούς όρους στο σύστημα

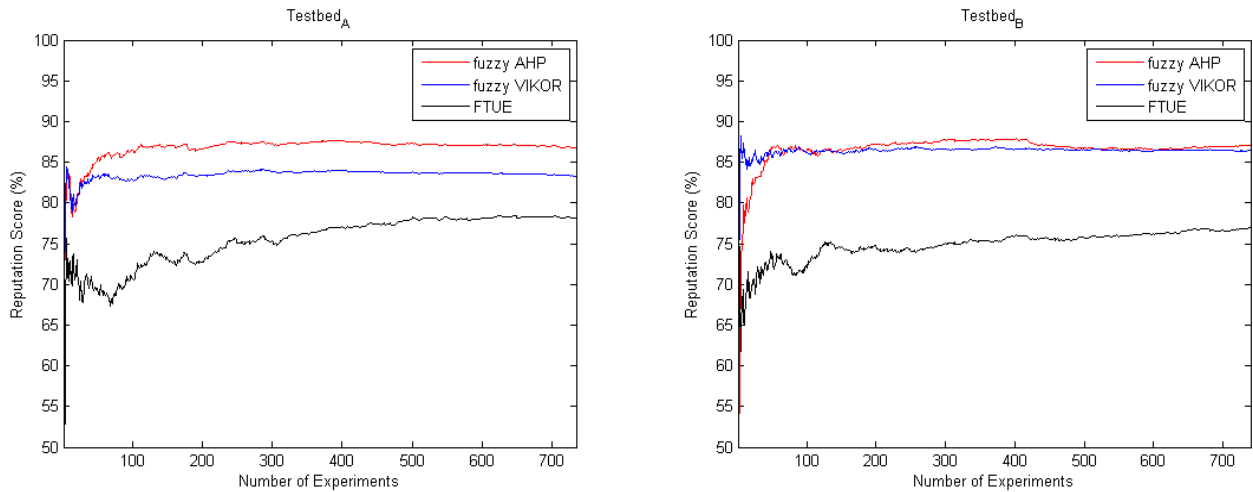
φήμης βασισμένο στο ασαφές VIKOR, καθώς και η οργάνωση των κριτηρίων σε ένα οριζόντιο μοντέλο κάνει στενότερα τα περιθώρια όσον αφορά την κλίμακα των τιμών αξιολόγησης των πειραμάτων. Στην περίπτωση των ΒΔΑ ΠτΥ, μια αριθμητική αξιολόγηση, όπως στο σύστημα φήμης βασισμένο στην ασαφή AHP, είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική από μια ασαφή, λεκτική αξιολόγηση.

Μια ακόμα παρατήρηση σχετικά με το δεύτερο προτεινόμενο μοντέλο έχει να κάνει με το ρόλο της παραμέτρου α στην εξίσωση (3.22) που υπολογίζει το δείκτη αξιολόγησης. Η ασαφής VIKOR αποτελεί μια πολυκριτηριακή μέθοδο λήψης αποφάσεων, η οποία στην ουσία αποτυπώνει την απόσταση μιας εναλλακτικής επιλογής από την ιδανική ή τη χειρότερη. Η αποτύπωση αυτής της απόστασης στο τελικό αποτέλεσμα καθορίζεται από την παράμετρο α . Αν αυτή η παράμετρος είναι κοντά στο μηδέν τότε επιβραβεύουμε την απόδοση της ΕΠΥ με μεγαλύτερη τιμή αξιολόγησης. Αντίθετα, αν η παράμετρος είναι πιο κοντά στο 1 τότε τιμωρούμε την αξιολόγηση αυτή με μικρότερη ποσοστιαία τιμή. Στο παράδειγμά μας, έχουμε ορίσει την τιμή της παραμέτρου α ίση με 0.5. Όπως φαίνεται και στα σχήματα 4.2 και 4.3, η βασισμένη στην ασαφή AHP προσέγγιση πετυχαίνει σχετικά υψηλότερες τιμές φήμης σε σχέση με τη βασισμένη στην ασαφή VIKOR, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η δεύτερη προσέγγιση είναι χειρότερη από την πρώτη, καθώς τα αποτελέσματα εκφράζονται σε απόλυτες τιμές.

4.3 Σύγκριση των προτεινόμενων συστημάτων με το πλαίσιο FTUE

Σε αυτή την ενότητα θα προβούμε σε μια σύγκριση μεταξύ των συστημάτων διαχείρισης φήμης που προτείνονται στην παρούσα εργασία και ενός πλαισίου εμπιστοσύνης βασισμένο στη φήμη, για ομόσπονδες ερευνητικές υποδομές, το FTUE [9]. Το FTUE υπολογίζει τη φήμη μιας ΕΠΥ σε ομοσπονδιακό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας αριθμητικά κριτήρια για την αξιολόγηση τόσο της ΠτΥ όσο και της ΠτΕ, ενώ στο σύστημα συμπεριλαμβάνεται και ένας μηχανισμός αξιοπιστίας χρήστη.

Ο μηχανισμός αξιοπιστίας που χρησιμοποιείται στο FTUE, λειτουργεί χωρίζοντας τους χρήστες σε τέσσερις κατηγορίες λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα παρακολούθησης, την άποψη του χρήστη και την τιμή της αξιοπιστίας του. Ανάλογα με την κατηγορία στην οποία εντάσσεται ο κάθε χρήστης, έχει και διαφορετική αντιμετώπιση όσον αφορά τον υπολογισμό της τιμής της αξιολόγησης που πραγματοποιήσε. Ο μηχανισμός φήμης του FTUE βασίζεται, λοιπόν,



Σχήμα 4.4: Σύγκριση των Ασαφών Συστημάτων Φήμης με το FTUE

στην κατηγορία στην οποία ανήκει κάθε χρήστης και λαμβάνει υπόψη την αυτοπεποίθηση του χρήστη για την ευστάθεια της αξιολόγησής του. Εν αντιθέσει με τα προτεινόμενα συστήματα της παρούσας εργασίας, δεν χρησιμοποιείται στο μηχανισμό φήμης η τιμή ΣΠΕΥ για την παρεχόμενη υπηρεσία.

Για το σκοπό της σύγκρισης των συστημάτων φήμης για ομόσπονδες ΕΠΥ, χρησιμοποιούμε τα ακόλουθα πειραματικά δεδομένα. Σε σύνολο εκατό χρηστών που πραγματοποιούν πειράματα, οι ογδόντα από αυτούς είναι καλόβουλοι χρήστες, ενώ οι είκοσι κακόβουλοι και οι αξιολογήσεις τους είναι αναξιόπιστες έχοντας σκοπό να βλάψουν τη φήμη των ΕΠΥ. Συνολικά διενεργούνται χίλια πειράματα κάποια από τα οποία πραγματοποιούνται σε μία από τις δύο, ή και στις δύο ΕΠΥ που διατίθενται. Οι ΒΔΑ των υποδομών είναι ίδιοι με αυτούς που χρησιμοποιήθηκαν και στις μεμονωμένες αξιολογήσεις των συστημάτων στις παραπάνω ενότητες. Στο Σχήμα 4.4 φαίνεται η διακύμανση της τιμής φήμης των δύο ΕΠΥ για κάθε χρησιμοποιούμενο σύστημα. Παρατηρούμε ότι η τιμή φήμης όταν χρησιμοποιείται το σύστημα FTUE είναι 10% και 8% μικρότερη σε σχέση με την ασαφή AHP και την ασαφή VIKOR, αντίστοιχα. Σημεία που χρήζουν αναφοράς είναι ότι η αριθμητική αξιολόγηση του FTUE πραγματοποιείται με επιλογή αστεριών, με κλίμακα 0 έως 5 αστέρια, παρέχοντας έτσι στενότερες δυνατότητες αξιολόγησης σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα, ενώ δεν λαμβάνει υπόψη τις τιμές ΣΠΕΥ, που αποτελούν μια μετρήσιμη ένδειξη των απαιτήσεων του χρήστη. Τέλος ο μηχανισμός αξιοπιστίας του FTUE εξαρτάται από την παράμετρο Mu , η οποία καθορίζεται για κάθε υποδομή και ορίζει πόσο κοντά θα διορθωθεί η άποψη του χρήστη ως προς τα δεδομένα παρακολούθη-

σης. Στο συγκεκριμένο πείραμα θέσαμε $Mu = 0.75$. Αντίθετα, στα ασαφή συστήματα που προτείνονται δεν υπάρχουν κατηγοριοποιήσεις των χρηστών και η επέμβαση του μηχανισμού αξιοπιστίας στην άποψη του χρήστη είναι δυναμική, σύμφωνα με την τιμή αξιοπιστίας του και όχι προκαθορισμένη με μία παράμετρο.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

5.1 Σύνοψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται δύο ασαφή συστήματα διαχείρισης φήμης για Ομόσπονδες Ερευνητικές Υποδομές. Και τα δύο συστήματα διαχειρίζονται δεδομένα που αφορούν τόσο την Ποιότητα της Υπηρεσίας, τα οποία συνήθως είναι τεχνικά μεγέθη, όσο και την Ποιότητα της Εμπειρίας του χρήστη/ερευνητή. Ωστόσο, χρησιμοποιούν διαφορετική μέθοδο επεξεργασίας των δεδομένων αυτών. Το πρώτο σύστημα φήμης, το οποίο είναι βασισμένο στην Ασαφή AHP μεθοδολογία, είναι σε θέση να επεξεργαστεί αριθμητικά δεδομένα, που συνήθως χαρακτηρίζουν τεχνικά μεγέθη (ΒΔΑ) παράλληλα με λεκτικά (ασαφή) δεδομένα. Από την άλλη, τον δεύτερο σύστημα, βασισμένο στην Ασαφή VIKOR, επεξεργάζεται αποκλειστικά ασαφείς τιμές δεδομένων, ανεξάρτητα αν αυτά αφορούν ΒΔΑ ΠτΥ ή ΠτΕ. Τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν τον ίδιο μηχανισμό αξιοπιστίας κάνοντας ασαφοποίηση και αποασαφοποίηση των δεδομένων για το ασαφές VIKOR όπου χρειάζεται. Προκειμένου ο μηχανισμός να αποφανθεί για το βαθμό αξιοπιστίας του χρήστη λαμβάνει υπόψη εκτός από την άποψη του χρήστη/ερευνητή, τα δεδομένα παρακολούθησης καθώς και την τιμή ΣΠΕΥ για κάθε τεχνικό ΒΔΑ. Για την αξιολόγηση των δύο συστημάτων διενεργούνται πειράματα με πραγματικά δεδομένα, στα οποία λαμβάνει μέρος και ένα υπάρχον μοντέλο εμπιστοσύνης βασισμένο στη φήμη, το FTUE.

Έχοντας δεδομένα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στην προσέγγιση κάθε συστήματος φήμης, καθώς και τα αποτελέσματα από τα πειράματα που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4, μπορούμε

να συμπεράνουμε κάποια στοιχεία όσον αφορά την απόδοση, τα προτερήματα και τα μειονεκτήματα καθενός από τους μηχανισμούς.

Σαν πρώτο συμπέρασμα, παρατηρούμε ότι το σύστημα φήμης βασισμένο στην ασαφή AHP μεθοδολογία πετυχαίνει σχετικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με το βασισμένο στην ασαφή VIKOR μεθοδολογία, λόγω κυρίως της υβριδικής προσέγγισης του πρώτου συστήματος, αφού η αξιολόγηση τεχνικών μεγεθών με αριθμητικές τιμές δίνει μεγαλύτερο εύρος επιλογών στον χρήστη/ερευνητή και δυνατότητα για μεγαλύτερη ακρίβεια στις αξιολογήσεις του.

Επιπλέον, στα πειράματα είναι ξεκάθαρη η σημαντική επίδραση του προτεινόμενου μηχανισμού αξιοπιστίας του χρήστη στην προστασία των υποδομών από κακόβουλους χρήστες. Η τιμή της φήμης χωρίς την ύπαρξη του μηχανισμού είναι πολύ μικρότερη με ποσοστό 20% επί του συνόλου των χρηστών να είναι κακόβουλοι. Σε αυτό παίζει καθοριστικό ρόλο η προσθήκη της ΣΠΕΥ στην επεξεργασία, καθώς ένας χρήστης/ερευνητής θα πρέπει να συμφωνήσει πριν το πείραμα για ένα ελάχιστο επίπεδο παροχόμενης υπηρεσίας, γεγονός που περιορίζει την δυνατότητα για κριτικές μακριά από τις προτιμήσεις, τις οποίες ο ίδιος όρισε. Η ΣΠΕΥ ουσιαστικά, συνεισφέρει στη διαμόρφωση ενός ορίου ανεκτικότητας σε πιθανή απόκλιση της αξιολόγησης του χρήστη/ερευνητή από τα δεδομένα παρακολούθησης.

Τέλος για τα ίδια πειραματικά δεδομένα, παρατηρούμε ότι το FTUE, εξάγει χαμηλότερη τιμή φήμης και για τις δύο υποδομές, που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία. Αυτό οφείλεται τόσο στη προσέγγιση του συγκεκριμένου μηχανισμού όσον αφορά τη μέθοδο αξιολόγησης (αριθμητική αξιολόγηση 5 αστεριών για οποιονδήποτε τύπο ΒΔΑ), καθώς και στον τρόπο λειτουργίας του δικού του μηχανισμού αξιοπιστίας, ο οποίος κατατάσσει τους χρήστες σε τέσσερις κατηγορίες σύμφωνα με την παρελθοντική συμπεριφορά τους και τους αντιμετωπίζει με συγκεκριμένο τρόπο. Η κατηγοριοποίηση αυτή δεν ανταποκρίνεται πλήρως στη δυναμική των απαιτήσεων των χρηστών και της πολυπλοκότητάς τους, σε ομοσπονδιακά περιβάλλοντα.

5.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Στην υποενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε κάποιες ιδέες που μπορούν να αποτελέσουν επέκταση της δουλειάς της συγκεκριμένης εργασίας τόσο σε θεωρητικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο υλοποίησης. Σε πρώτο, λοιπόν, επίπεδο, μπορεί να μελετηθεί η δυνατότητα μετατροπής του συστήματος διαχείρισης φήμης βασισμένο στην ασαφή VIKOR, ώστε να επεξεργάζεται και αριθμητικά δεδομένα παράλληλα με τα ασαφή, με σκοπό να βελτιωθεί το δυνατό εύρος τι-

μών υπολογισμού της φήμης. Οι δυνατότητες των συγκεκριμένων μηχανισμών θα πρέπει επίσης να δοκιμαστούν σε ποικιλία ερευνητικών υποδομών, ώστε να αξιολογηθούν εκ νέου επεξεργαζόμενοι δεδομένα (ΒΔΑ) πολλών διαφορετικών τύπων ταυτόχρονα. Μία ακόμα ιδέα επέκτασης των μηχανισμών αποτελεί ο συνδυασμός αυτών με έναν αλγόριθμο σύστασης (recommendation algorithm), ο οποίος χρησιμοποιώντας τις τιμές φήμης αλλά και τις βαρύτητες που ορίζουν οι χρήστες/ερευνητές στα κριτήρια ανά περίπτωση, θα προτείνουν την κατάλληλη για αυτούς υποδομή για να καλύψουν βέλτιστα τις πειραματικές ανάγκες τους.

Τέλος, με τις όποιες επεκτάσεις και τελικές αξιολογήσεις γίνουν στα προτεινόμενα συστήματα, στόχος είναι η ενσωμάτωση αυτών σε ομοσπονδία ερευνητικών - πειραματικών υποδομών. Πέρα από την υλοποίηση των συστημάτων αυτών, απαιτείται η κατάλληλη σχεδίαση για την αποτελεσματική συλλογή δεδομένων παρακολούθησης από το πλήρες των υποδομών μιας ομοσπονδίας, καθώς και η συνολική διαχείρισή τους ώστε να χρησιμοποιούνται από όλους τους μηχανισμούς που ενσωματώνονται στα συστήματα. Για παράδειγμα, η αξιοπιστία των χρηστών να υπολογίζεται από το σύνολο των αξιολογήσεων για οποιαδήποτε υποδομή μιας ομοσπονδίας, ανεξαρτήτως των διαφορών των παρεχόμενων πόρων μεταξύ των υποδομών. Αντίστοιχη σχεδίαση απαιτείται για τη συλλογή των δεδομένων ΣΠΕΥ που χρησιμοποιούνται από τα παραπάνω συστήματα και έχουν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία υπολογισμού και διαχείρισης της φήμης.

Βιβλιογραφία

- [1] Hendrikx, Ferry, Kris Bubendorfer, and Ryan Chard. "Reputation systems: A survey and taxonomy." *Journal of Parallel and Distributed Computing* 75 (2015): 184-197.
- [2] O.A. Wahab, J. Bentahar, H. Otrok, and A. Mourad, "A survey on trust and reputation models for Web services: Single, composite, and communities," *Decision Support Systems*, vol. 74, no. 10, pp.121-134, June, 2015, 10.1016/j.dss.2015.04.009.
- [3] H.-H. Li, X.-Y. Du, X. Tian, A review-based reputation evaluation approach for web services, *Journal of Computer Science and Technology* 24 (5) (2009) 893–900.
- [4] E.M. Maximilien, M.P. Singh, Multiagent system for dynamic web services selection, *Proceedings of 1st Workshop on Service-Oriented Computing and Agent-Based Engineering (SOCABE at AAMAS) 2005*, pp. 25–29.
- [5] Z. Malik, A. Bouguettaya, Rateweb: reputation assessment for trust establishment among web services, *VLDB Journal* 18 (4) (2009) 885–911.
- [6] Fed4FIRE project, " Federation for Future Internet Research and Experimentation," [Online]. Available: <https://old.fed4fire.eu/>.
- [7] Fed4FIRE+ project, "Federation for FIRE plus," [Online]. Available: <https://www.fed4fire.eu/the-project/>.
- [8] GENI, "Global Environment for Network Innovations," [Online]. Available: <http://www.geni.net>
- [9] A. Kapoukakis, S. Kafetzoglou, G. Androulidakis, C., Papagianni, and S. Papavassiliou, S., "Reputation-Based Trust in federated testbeds utilizing user experience", in *Proc. IEEE CAMAD, Athens, Greece, 2014*, pp. 56-60.

- [10] G. Bojadziev, M. Bojadziev, Fuzzy sets, fuzzy logic, applications, World Scientific, vol. 5, 1996.
- [11] W. Sherchan, S.W. Loke, S. Krishnaswamy, A fuzzy model for reasoning about reputation in web services, Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, SAC, ACM 2006, pp. 1886–1892.
- [12] J. Pathak, S. Basu, V. Honavar, Assembling composite web services from autonomous components, Proceedings of the Conference on Emerging Artificial Intelligence Applications in Computer Engineering, IOS Press 2007, pp. 394–405.
- [13] H. Yahyaoui, Trust assessment for web services collaboration, IEEE International Conference on Web Services, IEEE 2010, pp. 315–320.
- [14] H. Yahyaoui, A trust-based game theoretical model for web services collaboration, Knowledge-Based Systems 27 (2012) 162–169.
- [15] Z. Maamar, S. Subramanian, P. Thiran, D. Benslimane, J. Bentahar, An approach to engineer communities of web services: concepts, architecture, operation, and deployment, International Journal of E-Business Research 5 (4) (2009) 1–21.
- [16] S. Elnaffar, Z. Maamar, H. Yahyaoui, J. Bentahar, P. Thiran, Reputation of communities of web services — preliminary investigation, 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications — Workshops 2008, pp. 1603–1608.
- [17] S. Ganeriwal, L.K. Balzano, and M.B. Srivastava, 2008, “Reputation-based framework for high integrity sensor networks,” ACM TOSN, vol. 4, no. 15, pp. 1-36, May, 2008, 10.1145/1362542.1362546.
- [18] Y. Ren, V. I. Zadorozhny, V. A. Oleshchuk and F. Y. Li, “A Novel Approach to Trust Management in Unattended Wireless Sensor Networks,” IEEE Trans. Mobile Computing, vol. 13, no. 7, pp. 1409-1423, July, 2014, 10.1109/TMC.2013.22.
- [19] Y.L. Sun, W. Yu, Z. Han and K.J.R. Liu, “Information theoretic framework of trust modeling and evaluation for ad hoc networks”, in IEEE JSAC, vol. 24, no. 2, pp. 305-317, February, 2006, 10.1109/JSAC.2005.861389.
- [20] Y. Wang, I. R. Chen, J. H. Cho, A. Swami, Y. C. Lu, C. T. Lu, and J. Tsai, “CATrust: Context-Aware Trust Management for Service-Oriented Ad Hoc Ne-

- tworks,” *IEEE Trans. Services Computing*, vol. PP, no. 99, pp. 1-1, July, 2016, 10.1109/TSC.2016.2587259.
- [21] W. Li, and H. Song, “ART: An Attack-Resistant Trust Management Scheme for Securing Vehicular Ad Hoc Networks,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 960-969, April, 2016, 10.1109/TITS.2015.2494017.
- [22] T.H. Noor, Q.Z. Sheng, L. Yao, S. Dustdar, and A.H.H. Ngu, “CloudArmor: Supporting Reputation-Based Trust Management for Cloud Services”, *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, vol. 27, no. 2, pp. 367-380, February, 2016, 10.1109/TPDS.2015.2408613
- [23] P. Manuel, “A trust model of cloud computing based on Quality of Service,” *Ann. Oper. Res*, vol. 233, no. 15, pp. 281-292, October 2015, 10.1007/s10479-013-1380-x.
- [24] Z. Yan, X. Li, M. Wang, and A. Vasilakos, “Flexible data access control based on trust and reputation in cloud computing,” *IEEE Trans. Cloud Computing*, 2017, 10.1109/TCC.2015.2469662.
- [25] S. M. Khan, and K. W. Hamlen, “Hatman: Intra-cloud Trust Management for Hadoop,” 2012 in *Proc. IEEE CLOUD*, Honolulu, HI, USA, 2012, pp. 494-501, 10.1109/CLOUD.2012.64.
- [26] S.D. Kamvar, M.T. Schlosser, M.T., and H. Garcia-Molina, “The eigentrust algorithm for reputation management in p2p networks,” in *Proc. ACM WWW*, Budapest, Hungary, 2003, pp. 640-651, 10.1145/775152.775242.
- [27] Z. Yan, P. Zhang, and A.V. Vasilakos, “A security and trust framework for virtualized networks and software-defined networking,” *Security Comm. Networks*, vol. 9, no. 16, pp. 3059-3069, November, 2016, 10.1002/sec.1243.
- [28] K. Giotis, M. Apostolaki and V. Maglaris, “A reputation-based collaborative schema for the mitigation of distributed attacks in SDN domains,” in *Proc. IEEE/IFIP NOMS*, Istanbul, Turkey, 2016, pp. 495-501, 10.1109/NOMS.2016.7502849.
- [29] D. Marconett, and S.B. Yoo, “FlowBroker: a software-defined network controller architecture for multi-domain brokering and reputation,” *J Netw Syst Manage*, vol. 23, no. 4, pp.328-359, April, 2015, 10.1007/s10922-014-9325-5.

- [30] X. Su, M. Zhang, Y. Mu, and K.M. Sim, "PBTrust: A Priority-Based Trust Model for Service Selection in General Service-Oriented Environments," in Proc. IEEE/IFIP EUC, Hong Kong, China, 2010, pp. 841-848, 10.1109/EUC.2010.129.
- [31] A. Garg, and R. Battiti, "The reputation, opinion, credibility and quality (ROCQ) scheme," University of Trento, Trento, Italy, DIT-04-104, November 2004,[Online] Available: <http://eprints.biblio.unitn.it/705/1/TR-04-104.pdf>
- [32] C. Zhu, H. Nicanfar, V. C. M. Leung and L. T. Yang, "An Authenticated Trust and Reputation Calculation and Management System for Cloud and Sensor Networks Integration," IEEE Trans. Information Forensics and Security, vol. 10, no. 1, pp. 118-131, January, 2015, 10.1109/TIFS.2014.2364679.
- [33] M. Brinn, N. Bastin, A.C. Bavier, M. Berman, J.S. Chase, and R. Ricci, , "Trust as the Foundation of Resource Exchange in GENI," ICST Trans. Security Safety, vol 2, no 5, p.e1, October, 2015, 10.4108/icst.tridentcom.2015.259683.
- [34] eBay e-commerce platform, Available at: <http://www.ebay.com/>
- [35] Amazon e-commerce platform, Available at: <https://www.amazon.com/>
- [36] S.K. Garg, S. Versteeg and R. Buyya, "SMICloud: A Framework for Comparing and Ranking Cloud Services," in Proc. IEEE UCC, Victoria, NSW, Australia, 2011, pp. 210-218, 10.1109/UCC.2011.36.
- [37] D.Y. Chang, "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP," European journal of operational research, vol. 95, no. 3, pp.649-655, December, 1996.
- [38] K.Y. Chan, C.K. Kwong, and T.S. Dillon, , "An enhanced fuzzy AHP method with extent analysis for determining importance of customer requirements," Computational Intelligence Techniques for New Product Design, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012,ch. 4, pp. 79-93.
- [39] I. Patiniotakis, S. Rizou, Y. Verginadis, and G. Mentzas, 2013, "Managing imprecise criteria in cloud service ranking with a fuzzy multi-criteria decision making method," in Proc. ES OCC, Malaga, Spain, 2013, pp. 34-48.

-
- [40] T. Kaya, and C. Kahraman, “Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul,” *Energy*, vol. 35, no. 6, pp.2517-2527, June 2010, 10.1016/j.energy.2010.02.051.
- [41] L.A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information and control*, vol. 8, no 3, pp.338-353, 1965.
- [42] G. Coyle, “The analytic hierarchy process (AHP),” *Practical strategy: Structured tools and techniques*, Pearson Education Ltd, Harlow, UK, 2004, pp.1-11.
- [43] H. M. Alabool, and A. K. Mahmood, “Trust-based service selection in public cloud computing using fuzzy modified VIKOR method,” *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, vol. 7, no. 9, 211-220, 2013.
- [44] Dechouniotis, D., Leontiou, N., Dimitropoulos, X., Kind, A. and Denazis, S., 2009. Unveiling the underlying relationships over a network for monitoring purposes. *International Journal of Network Management*, 19(6), pp.513-526.
- [45] Dechouniotis, D., Dimitropoulos, X., Kind, A. and Denazis, S., 2007, October. Dependency detection using a fuzzy engine. In *International Workshop on Distributed Systems: Operations and Management* (pp. 110-121). Springer, Berlin, Heidelberg.

