



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Σύστημα υποστήριξης ομαδικών αποφάσεων με χρήση Ασαφών γνωστικών χαρτών Group Decision Support Systems using Fuzzy Cognitive Maps
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Κωνσταντίνος Αναγνώστου
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ / 10054
Επιβλέπων	Δημήτριος Αποστόλου, Επ. Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **Οκτώβριος 2013**

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Δημήτριος Αποστόλου
Επίκουρος Καθηγητής

Χαράλαμπος Κωνσταντόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής

Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Λέκτορας

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Περίληψη

Το αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη των Ασαφών Γνωστικών Χαρτών ως ένα εργαλείο για την λήψη αποφάσεων και πως αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα Σύστημα Λήψης Ομαδικών Αποφάσεων.

Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο κομμάτι της η εργασία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται και αναπτύσσεται ένας Ασαφής Γνωστικός Χάρτης. Έπειτα εξετάζονται οι μέθοδοι και οι δυσκολίες οι οποίες προκύπτουν κατά την διαδικασία συνένωσης πολλών Ασαφών Γνωστικών Χαρτών ώστε να καταστήσει εφικτή την χρήση τους σε κάποιο ομαδικό περιβάλλον το οποίο έχει ως σκοπό την λήψη κάποιας απόφασης.

Το δεύτερο και σημαντικότερο κομμάτι αυτής της εργασίας είναι η υλοποίηση μιας εφαρμογής η οποία αναπτύχθηκε με τεχνολογίες διαδικτύου και έχει την δυνατότητα να προσφέρει στο χρήστη της την δημιουργία λογαριασμού με τον οποίο μπορεί στη συνέχεια να παραθέσει κάποιο θέμα το οποίο απαιτεί ανάλυση με χρήση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών. Ο κάθε χρήστης μπορεί να δημιουργήσει Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες είτε στο δικό του θέμα είτε σε θέμα που έχει δημιουργήσει κάποιος άλλος χρήστης έτσι όταν ένα θέμα αποκτήσει αρκετούς Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες μπορεί να γίνει η συνένωση τους ώστε να παραχθεί ένας τελικός ενιαίος Ασαφής Γνωστικός Χάρτης πάνω στον οποίο εφαρμόζονται οι αλγόριθμοι εξαγωγής συμπερασμάτων, τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν ξεχωριστά για κάθε χρήστη και να έχουν πρόσβαση σε αυτά όλοι ώστε να μπορεί να γίνει εξέταση και σύγκριση των αποτελεσμάτων που παρήχθησαν από κάθε χρήστη.

Λέξεις Κλειδιά: Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες, Σύστημα λήψης ομαδικών αποφάσεων, ασαφής λογική, συνένωση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Abstract

The subject of this thesis is the research of Fuzzy Cognitive Maps as a tool for Decision Making and how this can be used in Group Decision Support Systems (GDSS).

More specifically, in the first part of this work it is examined the way FCMs are constructed and how they are developed. Moreover it is examined the methods and the difficulties which resulting during the process of merging many FCMs in order to make possible their use in a group environment which have as a goal the Decision Making for a problem.

The second and most important part of this work is the implementation of an application which was developed upon web technologies and has the potential to offer to its users the creation of user accounts, after that a user is able to add a subject which needs analysis through Fuzzy Cognitive Maps. The user of this application can create new FCMs either for his or her Subject or for a subject which has been created from another user, this way when a subject has a proper amount of FCMs the process of merging can take place in order to produce a unique and merged FCM upon which the algorithms of extracting conclusions can be implemented, those results can be saved separately for every user and anyone is able to see them in order users can examine and compare the produced results.

Keywords: Fuzzy Cognitive Maps, Group Decision Support Systems, Fuzzy Logic, Merging of Fuzzy Cognitive Maps

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	13
1. Εισαγωγή	15
1.1 Σκοπός	15
1.2 Οργάνωση κειμένου	15
2 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps)	17
2.1 Γνωστικοί Χάρτες	17
2.2 Ασαφής λογική	18
2.3 Ασαφείς γνωστικοί χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps)	19
2.3 Δομή και λειτουργία	20
2.4 Επεκτάσεις των FCM	22
2.5 Κατασκευή ενός FCM	23
2.6 Ανάλυση ιδιοτήτων ενός FCM	24
2.7 Μέθοδος για την εύρεση της έμμεσης και της συνολικής επίδρασης ανάμεσα σε δυο κόμβους	25
2.8 Δυναμική ανάλυση των FCM	27
3. FCM σε προβάλλοντα συλλογικών αποφάσεων (Group FCM)	29
3.1 Η διαδικασία συνένωσης των FCM	29
3.2 Συστήματα για λήψη ομαδικών αποφάσεων με την χρήση Ασαφών γνωστικών χαρτών	30
3.3 Διαδικασίες συνένωσης των FCM	31
3.4 Βασικές μέθοδοι συνένωσης	33
3.4 Προβλήματα και πιθανές λύσεις	35
3.5 Μέθοδος κατανεμημένων συμπερασμάτων με χρήση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών	38
4. Διαδικτυακή εφαρμογή Ομαδικών Ασαφών Γνωστικών Χαρτών	41
4.1 Λειτουργίες και απαιτήσεις συστήματος	41
4.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος	42
4.3 Οντότητες συστήματος	42
4.3 Η αρχιτεκτονική του συστήματος	43
4.4 Τεχνολογίες και εργαλεία ανάπτυξης	43
4.5 Εξωτερικές βιβλιοθήκες	44
4.6 Διάγραμμα δομής της εφαρμογής	44
4.7 Βάση δεδομένων	47
5. Παράδειγμα χρήσης εφαρμογής για ομαδικό περιβάλλον	51
5.1 Αρχική σελίδα	51
5.2 Εγγραφή χρήση	54

5.3 Διαχείριση λογαριασμού χρήστη	55
5.4 Δημιουργία θέματος	57
5.5 Σελίδα δημιουργίας και διαχείρισης θέματος και Ασαφών γνωστικών χαρτών	58
5.6 Σελίδα συνένωσης των ασαφών γνωστικών χαρτών	62
5.7 Σελίδα παράγωγης αποτελεσμάτων	64
6. Ανάλυση διαδικασίας συνένωσης Ασαφών Γνωστικών Χαρτών από την εφαρμογή	69
6.1 Συλλογή των ασαφών γνωστικών χαρτών	69
6.2 Αντιστοίχιση κόμβων	70
6.3 Προσθήκη επιπλέον κόμβων	71
7. Συμπεράσματα	75
7.1 Περίληψη και συμπεράσματα	75
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	76
8. Βιβλιογραφία	79
Παράρτημα: Εγκατάσταση της εφαρμογής	81
Π.1 Εγκατάσταση της Java	81
Π.2 Εγκατάσταση του εξυπηρετητή ιστού	81
Π.3 JDBC connector για την σύνδεση της βάσης με τον εξυπηρετητή	81
Π.4 Εγκατάσταση της MySQL και του MySQL Workbench	82

Πίνακας εικόνων

<i>Εικόνα 2-1: Παράδειγμα απεικόνιση γνωστικού χάρτη και των συνδέσεων του.....</i>	<i>18</i>
<i>Εικόνα 2-2: Παράδειγμα ενός FCM το οποίο σχετίζεται με την δημόσια υγεία σε μια πόλη.</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 2-3: Συνάρτηση υπολογισμού βαρών για τον βαθμό επιρροής προς κάποιο κόμβο.....</i>	<i>21</i>
<i>Εικόνα 2-4: Ενδιάμεσοι κόμβοι για την εξομοίωση της καθυστέρησης.....</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 2-5: Ασαφής γνωστικός χάρτης με κόμβο που επιδρά προς τον εαυτό του.....</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 2-6: Παράδειγμα ασαφών τιμών σε ασαφή γνωστικό χάρτη.....</i>	<i>26</i>
<i>Εικόνα 2-7: Υπολογισμός των έμμεσων επιρροών.....</i>	<i>26</i>
<i>Εικόνα 3-1: Διαδικασία ανάπτυξης ενός Ομαδικού Ασαφή Γνωστικού Χάρτη.....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 3-2: FCM που κατασκεύασε ο ειδικός Α.....</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 3-3: FCM που κατασκεύασε ο ειδικός Β το οποίο αναφέρεται σε διαφορετικό σύστημα .</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 3-4: Περίπτωση συνένωσης δυο διαφορετικών FCM.....</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 3-5: Σχεδόν παρόμοια FCM τα οποία κατασκευάστηκαν από τους ειδικούς Α και Β αντίστοιχα.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 3-6: Τελικό FCM το οποίο παρήχθη μετά την συνένωση των δυο παραπάνω επιμέρους FCM.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 3-7: Άμεση και έμμεση σύνδεση παραγόντων ενός σεναρίου FCM.....</i>	<i>35</i>
<i>Εικόνα 3-8: Γνώση με διάφορους βαθμούς πολυπλοκότητας και κομμάτια επιπλέον γνώσης....</i>	<i>37</i>
<i>Εικόνα 4-2: Διάγραμμα ροής της εφαρμογής.....</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 4-3: Μοντέλο εννοιών συσχετίσεων της βάσης δεδομένων της εφαρμογής.....</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 5-1: Αρχική σελίδα εφαρμογής για επισκέπτη.....</i>	<i>51</i>
<i>Εικόνα 5-2: Σελίδα προβολής θέματος για επισκέπτη.....</i>	<i>52</i>
<i>Εικόνα 5-3: Αρχική σελίδα για εγγεγραμμένο χρήστη.....</i>	<i>53</i>
<i>Εικόνα 5-4: Σελίδα για είσοδο ή δημιουργία λογαριασμού.....</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 5-5: Παράθυρο με τα στοιχεία του λογαριασμού του χρήστη.....</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 5-6: Σελίδα επεξεργασίας λογαριασμού.....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 5-7: Σελίδα δημιουργίας νέου θέματος.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 5-8: Σελίδα προβολής θέματος για εγγεγραμμένο χρήστη.....</i>	<i>58</i>

<i>Εικόνα 5-9: Προβολή αποθηκευμένων αποτελεσμάτων και κάποιο θέμα.....</i>	<i>59</i>
<i>Εικόνα 5-10: Επεξεργασία στοιχείων κάποιου θέματος.....</i>	<i>60</i>
<i>Εικόνα 5-11: Προβολή ενός FCM.....</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 5-12: Επεξεργασία ενός FCM.....</i>	<i>61</i>
<i>Εικόνα 5-13: Σελίδα συνένωσης των FCM για κάποιο θέμα, αντιστοίχιση κόμβων.....</i>	<i>62</i>
<i>Εικόνα 5-14: Σελίδα συνένωσης FCM, προβολή πινάκων με τα βάρη.....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 5-15: Σελίδα αποτελεσμάτων, τελικός πίνακας βαρών.....</i>	<i>64</i>
<i>Εικόνα 5-16: Επιλογή συνάρτησης κατωφλιού.....</i>	<i>65</i>
<i>Εικόνα 5-17: Σελίδα αποτελεσμάτων, εισαγωγή αρχικών τιμών και προβολή αποτελεσμάτων... </i>	<i>66</i>
<i>Εικόνα 5-18: Σελίδα αποτελεσμάτων, προβολή γραφήματος αποτελεσμάτων.....</i>	<i>67</i>
<i>Εικόνα 5-19: Σελίδα αποτελεσμάτων, αποθήκευση αποτελεσμάτων.....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 6-1: Απλός ασαφής γνωστικός χάρτης.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 6-2: Ασαφείς γνωστικοί χάρτες με κοινούς κόμβους.....</i>	<i>70</i>
<i>Εικόνα 6-3: Ασαφείς γνωστικοί χάρτες με μη κοινούς κόμβους.....</i>	<i>72</i>

Ευχαριστίες

Απ το σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον υπεύθυνο καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Δημήτριο Αποστόλου για την εμπιστοσύνη της ανάθεσης της συγκεκριμένης εργασίας μέσω της οποίας μου δόθηκε η δυνατότητα να ασχοληθώ και να διευρύνω τις γνώσεις μου πάνω στα ευφυή συστήματα λήψης αποφάσεων και πιο συγκεκριμένα στη μέθοδο η οποία ονομάζεται Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου που με υποστήριξαν όλο αυτό το διάστημα των σπουδών μου καθώς και τους συμφοιτητές μου για την βοήθεια και τις ιδέες τους χάρη στις οποίες έγινε καλύτερη η εργασία αυτή.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

1. Εισαγωγή

Οι γνωστικοί χάρτες έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση και την υποστήριξη λήψης αποφάσεων εξετάζοντας τις συσχετίσεις που υπάρχουν ανάμεσα σε διάφορους παράγοντες ενός συστήματος για το οποίο πρέπει να παρθεί μια απόφαση.

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps ή FCM για συντομία) αποτελούν μια επέκταση των κλασικών γνωστικών χαρτών με την επιπρόσθετη δυνατότητα να αναπαριστούν την ανάδραση του συστήματος μέσω βαρών στους συνδέσμους των επιμέρους παραγόντων.

Ένας ασαφής γνωστικός χάρτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εργαλείο για την ανάλυση ενός σεναρίου είτε αυτό είναι στατικό είτε είναι δυναμικό με το πέρασμα του χρόνου.

Γενικά ένας ασαφής γνωστικός χάρτης αναπαριστά την γνώση κάποιου ειδικού πάνω σε ένα πεδίο με τρόπο τέτοιο ο οποίος μπορεί σχετικά εύκολα να ενσωματωθεί σε κάποιο σύστημα συλλογικής γνώσης για την λήψη κάποιας απόφασης σε ομαδικό επίπεδο. Το αποτέλεσμα αυτού του ομαδικού FCM έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο σε ένα περιβάλλον το οποίο απαιτεί την λήψη συλλογικών αποφάσεων.

1.1 Σκοπός

Βασικός σκοπός για την ανάπτυξη της εφαρμογής Ομαδικών Ασαφών Γνωστικών Χαρτών (Group Fuzzy Cognitive Maps) είναι η χρήση της μεθόδου των ασαφών γνωστικών χαρτών για τον προσδιορισμό της βαρύτητας των διαφόρων παραγόντων για ένα ζήτημα και πώς αυτοί επηρεάζονται μεταξύ τους. Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες είναι μια τεχνική που έχει εφαρμοστεί αρκετά τις τελευταίες δεκαετίες για την ανάλυση των παραγόντων για την λήψη κάποιας απόφασης. Η συγκεκριμένη εφαρμογή στοχεύει στον να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον στο οποίο πολλοί χρήστες θα μπορούν να έχουν πρόσβαση με εύκολο τρόπο και στη συνέχεια να μπορούν να δημιουργούν κάποιο θέμα το οποίο χρειάζεται ανάλυση μέσω ασαφών γνωστικών χαρτών, εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα να συνεισφέρουν με ιδέες σε ανοιχτά θέματα ή ακόμη και να βλέπουν αποτελέσματα από τις αναλύσεις που έχουν κάνει άλλοι χρήστες στο παρελθόν.

1.2 Οργάνωση κειμένου

Η συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής έχει χωριστεί σε κεφάλαια τα οποία αναλύουν την φύση των ασαφών γνωστικών χαρτών, το πώς αυτοί σχεδιάζονται και ποιες τεχνικές χρησιμοποιούν για την επίτευξη καλύτερων και ακριβέστερων αποτελεσμάτων καθώς και πώς έγινε η υλοποίηση του συστήματος. Πιο αναλυτικά τα κεφάλαια χωρίζονται ως εξής:

- Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες ξεκινώντας από τους γνωστούς χάρτες οι οποίοι επινοήθηκαν από τον αμερικανό Edward C. Tolman και τις βασικές αρχές της ασαφούς λογικής.
- Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενέστερη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας των ασαφών γνωστικών χαρτών και κυρίως πώς αυτοί μπορούν να λειτουργήσουν ως εργαλείο ανάλυσης σε ομαδικά περιβάλλοντα.
- Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα πάνω στο οποίο στηρίζεται η εφαρμογή που αναπτύχθηκε και τα επιμέρους χαρακτηριστικά της.
- Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της χρήσης της εφαρμογής μέσω παραδειγμάτων.

- Στο 6^ο κεφάλαιο γίνεται μια πιο λεπτομερής αναφορά στην διαδικασία της συνένωσης και πως αυτή υλοποιείται από την εφαρμογή που αναπτύχθηκε.
- Στο 7^ο κεφάλαιο γίνεται μια σύνοψη της διατριβής όπως επίσης και η εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων, τέλος παρουσιάζονται και κάποιες ιδέες για μελλοντικές επεκτάσεις.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

2 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps)

Ένας ασαφής γνωστικός χάρτης (FCM) είναι η αναπαράσταση της πεποίθησης ενός ειδικού για το πως δουλεύει ένα σύστημα ενός συγκεκριμένου τομέα. Από μαθηματικής πλευράς είναι ένας γράφος κόμβων οι οποίοι συνδέονται με ακμές οι οποίες έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση, οι κόμβοι αυτοί αναπαριστούν σημαντικές έννοιες του συστήματος και οι ακμές με την σειρά τους αναπαριστούν συσχετίσεις επίδρασης ανάμεσα στους παράγοντες ή αλλιώς κόμβους σε γραφικό επίπεδο.

Σε επίπεδο γραφικής αναπαράστασης ένα FCM είναι μια συλλογή από έννοιες (κόμβοι) και συνδέσεις με βάρη η οποία αναπαριστά ένα πεδίο γνώσης κάνοντας το εύκολο για έναν χρήστη να το καταλάβει, να το διαχειριστεί ή ακόμα και να το τροποποιήσει. Τέλος ένα FCM είναι συνήθως κατάλληλο για χρήση σε συστήματα ευκάμπτου υπολογισμού (soft computing) με έμφαση κυρίως στα ποιοτικά κριτήρια των επιμέρους παραγόντων.

Ένα πρόβλημα λήψης απόφασης συνήθως χαρακτηρίζεται από ποικίλους παράγοντες οι οποίοι αλληλοεπηρεάζονται με πολύπλοκες συσχετίσεις. Οι συσχετίσεις αυτές συχνά είναι δυναμικές και έχουν την τάση να εξελίσσονται καθώς υπάρχει αλληλοσυσχέτιση των παραγόντων του συστήματος. Σε αυτό το σημείο πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η ανατροφοδότηση της κατάστασης των κόμβων / παραγόντων λόγω της επίδρασης που υπάρχει εσωτερικά στο σύστημα.

Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο των FCM είναι το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι αρκετά δύσκολο να οριστούν ποσοτικά δεδομένα έτσι γίνεται αμέσως φανερό πόσο σημαντική είναι η δυνατότητα των FCM να αναπαριστούν αδόμητη γνώση όπως μια ασαφής συσχέτιση ή ακόμα και λεκτικές εκφράσεις μέσω της αναπαράστασης της επιρροής των διαφόρων παραγόντων με την χρήση ασαφών ορών.

Σήμερα αν και οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες είναι αρκετά διαδεδομένοι και εδραιωμένοι σε επιστημονικό επίπεδο η χρήση τους σε συστήματα συλλογικών αποφάσεων είναι σχετικά περιορισμένη.

Ένα χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητά τους να συγχωνεύονται ώστε να δημιουργούν ένα νέο FCM το οποίο μπορεί να αναπαραστήσει την γνώση πολλών ειδικών πάνω σε ένα θέμα με έναν ενιαίο τρόπο, αυτό δίνει την δυνατότητα στα FCM να χρησιμοποιηθούν ως εργαλείο για την υποβοήθηση λήψης αποφάσεων μέσα σε ομάδες ειδικών.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον εργασίας το οποίο θα δώσει την δυνατότητα σε ομάδες χρηστών να συμβουλευτούν από τα αποτελέσματα των FCM για διάφορα θέματα συνδυάζοντας την γνώση των πολλών χρηστών.

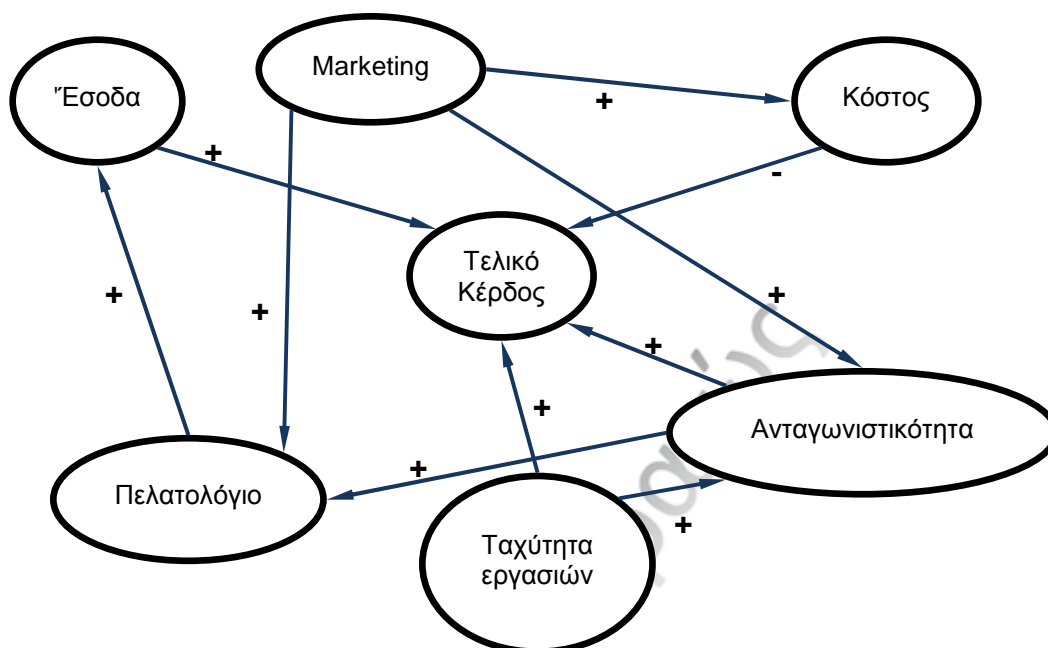
2.1 Γνωστικοί Χάρτες

Οι γνωστικοί χάρτες έκαναν την εμφάνιση τους περίπου στο 1950. Συγκεκριμένα τον όρο «γνωστικό χάρτη» πιστώνεται ο Αμερικάνος ψυχολόγος Edward C. Tolman(1886-1959). Ήταν μια προσπάθεια να εξηγήσει την συμπεριφορά ανθρώπων και ποντικών δίνοντας τους κάποια ερεθίσματα. Προσπάθησε δηλαδή να σκιαγραφήσει το μυαλό ανθρώπων και ποντικών και δημοσίευσε αυτή του την μελέτη με τον τίτλο «Cognitive maps in rats and men(1948)».

Οι γνωστικοί χάρτες είναι ένας τύπος διανοητικής επεξεργασίας (γνώση) που αποτελείται από μια σειρά ψυχολογικών μετασχηματισμών από τους οποίους ένα άτομο μπορεί να αποκτήσει, να κωδικοποιήσει, να αποθηκεύσει, να θυμηθεί, και να αποκωδικοποιήσει τις πληροφορίες για τις σχετικές θέσεις και τις ιδιότητες των φαινομένων στο καθημερινό ή μεταφορικό χωρικό περιβάλλον τους. Είναι μια προσπάθεια αναπαράστασης της γνώσης επί χάρτου αν θέλουμε να εξηγήσουμε ετυμολογικά τον όρο.

Πιο απλά χρησιμοποιείται η «γνώση» για την κατανόηση, απλοποίηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Με βάση αυτή την προσέγγιση οι γνωστικοί χάρτες βρήκαν εφαρμογή και αναπτύχθηκαν σε πάρα πολλούς τομείς. Εκτός από την ψυχολογία μελετήθηκαν επίσης στη

γεωγραφία, στην αρχαιολογία, στην εκπαίδευση και φυσικά στον προγραμματισμό και την επιστήμη της πληροφορικής.



Εικόνα 2-1: Παράδειγμα απεικόνιση γνωστικού χάρτη και των συνδέσεων του

2.2 Ασαφής λογική

Μετά την καταγραφή των υποκριτηρίων πρέπει να ορίσουμε και τον βαθμό στον οποίο επηρεάζει το ένα κριτήριο το άλλο, με άλλα λόγια να θέσουμε τα βάρη στις συνδέσεις που έχουμε ορίσει στον γνωστικό χάρτη.

Το πρόβλημα εδώ είναι ότι ο βαθμός συσχέτισης δεν είναι εύκολα μετρίσιμος για να βάλουμε με συγκεκριμένες μαθηματικές τιμές στα βάρη επιπλέον η άποψη ενός ατόμου μπορεί να είναι διαφορετική από αυτή ενός άλλου.

Η δύσκολη μέτρηση αυτών των τιμών σχετίζεται με το γεγονός ότι το μετρό της πληροφορίας είναι ποιοτικό και οφείλεται σε μη ακριβή δεδομένα που δίνουμε για να κάνουμε την ποσοτικοποίησή τους. Το πρόβλημα σε τέτοιες περιπτώσεις δεν οφείλεται τόσο στις έννοιες που χρησιμοποιούνται όσο στην αντίληψη που έχει ο καθένας για τέτοιους λεκτικούς προσδιορισμούς αυτών των ποσοτικών μεγεθών.

Εκφράσεις που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα άτομα τα οποία θα συμβάλουν στην απόφαση του προβλήματος, θα είναι "αρκετά", "λίγο", "παρα πολύ" κλπ. Οι εκφράσεις αυτές αν και δεν προσδιορίζουν επακριβώς το μέγεθος στο οποίο αναφέρονται, γίνονται εύκολα κατανοητές από τους ανθρώπους.

Το πεδίο των μαθηματικών το οποίο ασχολείται με τα σύνολα των χαρακτηρισμών που μπορούν να αποδοθούν σε ένα αντικείμενο λέγεται "ασαφής λογική".

Η ασαφής λογική είναι ένα υπερσύνολο της κλασικής λογικής, η οποία έχει επεκταθεί ώστε να μπορεί να χειριστεί τιμές αληθείας μεταξύ του "απολύτως αληθούς" και του "απολύτως ψεύδους". Έχει τις ρίζες της στη θεωρία των ασαφών συνόλων που προτάθηκε από τον Lofti Zadeh στη δεκαετία του '60.

Οι εφαρμογές στις οποίες εμφανίστηκε κατά καιρούς η ασαφής λογική είναι η ανίχνευση ακρών σε εικόνες, η εκτίμηση, ταξινόμηση και ομαδοποίηση ενός σήματος και ο σχεδιασμός εμπειρων συστημάτων.

2.3 Ασαφείς γνωστικοί χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps)

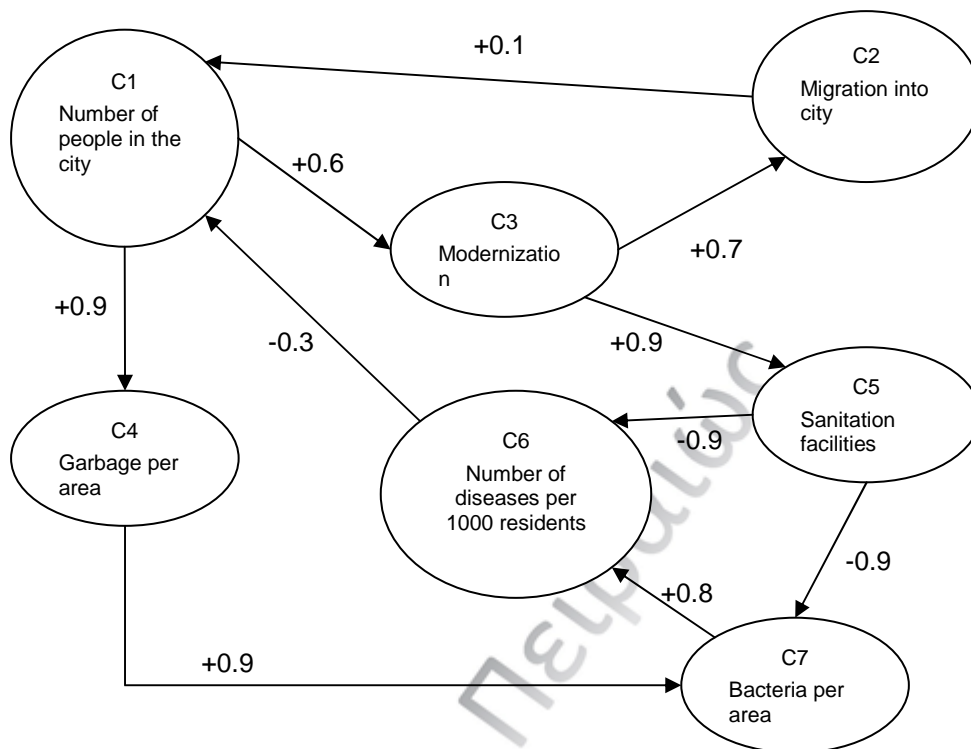
Ως επέκταση των Γνωστικών χαρτών οι οποίοι προτάθηκαν αρχικά το 1950 από τον αμερικανό ψυχολόγο Edward Tolman οι Ασαφείς γνωστικοί χάρτες αποτελούνται από κόμβους και ακμές, οι ακμές έχουν κατεύθυνση για να προσδιορίσουν το ποιος κόμβος επηρεάζει ποιον καθώς και ένα σύμβολο θετικού ή αρνητικού προσήμου το οποίο προσδιορίζει το εάν η επιρροή αυτή είναι θετική ή αρνητική.

Ο κύριος στόχος για την δημιουργία ενός FCM γύρω από ένα πρόβλημα είναι να καταστήσει εφικτό όσο το δυνατόν καλύτερα γίνεται μια πρόβλεψη για το αποτέλεσμα μιας απόφασης ερευνώντας τις αλληλεπιδράσεις των επιμέρους παραγόντων τους συστήματος, στη συνέχεια οι προβλέψεις αυτές μπορούν να χρησιμεύσουν για να προσδιοριστεί εάν οι αποφάσεις είναι σωστές ή όχι.

Ένας απλός γνωστικός χάρτης είναι στατικός ως προς το ότι δεν επιτρέπει την ανατροφοδότηση των κόμβων, έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εξομοίωση της εξέλιξης των διαφόρων παραγόντων με την πάροδο του χρόνου. Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες προτάθηκαν από τον Kosko το 1986 ως μια επέκταση πάνω στους απλούς Γνωστικούς χάρτες και παρείχαν την βάση για την επίλυση των προβλημάτων και των ελλείψεων που οι δεύτεροι έχουν.

Τα δυο βασικά χαρακτηριστικά των Ασαφών γνωστικών χαρτών είναι τα εξής:

1. Οι συσχετίσεις ανάμεσα στους κόμβους (παραγόντες) προσδιορίζονται με ασαφείς τιμές αντί να χρησιμοποιούνται μόνο σύμβολα για τον προσδιορισμό της θετικής ή της αρνητικής επιρροής γίνεται χρήση μιας τιμής ώστε να προσδιοριστεί και ο βαθμός της επιρροής αυτής. Επιπλέον οι ασαφείς τιμές έχουν την δυνατότητα να εκφράσουν μη ακριβείς λεκτικούς προσδιορισμούς που μπορεί να δοθούν από τους ειδικούς όπως: πολύ, λίγο, ελάχιστο και άλλα.
2. Το σύστημα είναι δυναμικό και εξελίσσεται στο χρόνο. Εάν η αλλαγή σε έναν κόμβο επηρέασε κάποιους άλλους κόμβους μέσω των συνδέσμων επιρροής (ακμές) οι άλλοι κόμβοι μπορεί να επηρεαστούν με τέτοιο τρόπο το σύστημα το οποίο να έχει ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί μετά από κάποιο διάστημα και ο αρχικός κόμβος απ' τον οποίο ξεκίνησε η αλλαγή, αυτό επιτρέπει την παρατήρηση των προοδευτικών αλλαγών στο σύστημα καθώς εξελίσσεται το σενάριο που έχει περιγράψει απ το συγκεκριμένο FCM.



Εικόνα 2-2: Παράδειγμα ενός FCM το οποίο σχετίζεται με την δημόσια υγεία σε μια πόλη.

2.3 Δομή και λειτουργία

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί από τον Kosko για τους Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες, η δύναμη της αλληλεπίδρασης μεταξύ δυο κόμβων C_i και C_j ορίζεται ως e_{ij} με το τελευταίο να παίρνει τιμές στο πεδίο -1 έως 1.

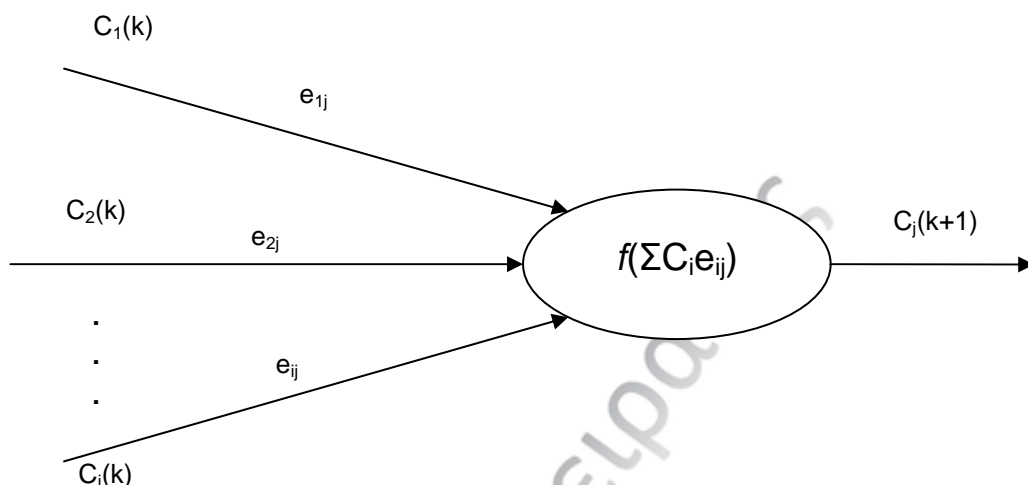
Οι τιμές αυτές προσδιορίζουν αντίστοιχα την πλήρως αρνητική και την πλήρως θετική επιρροή, το μηδέν σημαίνει ότι δεν υπάρχει καθόλου αλληλεπίδραση και όλες οι υπόλοιπες τιμές αντιπροσωπεύουν διάφορες ασαφείς τιμές επιρροής.

Γενικά ένα FCM με n κόμβους μπορεί να περιγραφεί σε μαθηματικό επίπεδο από μια μήτρα μεγέθους $n \times n$ της οποίας τα στοιχεία είναι οι τιμές των βαρών των συνδέσμων μεταξύ των κόμβων (παραγόντων του συστήματος).

Η μήτρα του FCM του προηγούμενου σχήματος είναι η εξής:

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.6 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7 & 0 & 0 & 0.9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.9 & -0.9 \\ -0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.8 & 0 \end{bmatrix}$$

Το στοιχείο στη σειρά i και στήλη j της παραπάνω μήτρας προσδιορίζει την δύναμη της επιρροής από τον κόμβο C_i προς τον κόμβο C_j . Επίσης οι κόμβοι έχουν ένα διάνυσμα τιμών από C_1 έως C_n (όπου n το πλήθος των κόμβων) το οποίο προσδιορίζει την κατάσταση του συστήματος.



Εικόνα 2-3: Συνάρτηση υπολογισμού βαρών για τον βαθμό επιρροής προς κάποιο κόμβο

Το διάνυσμα τιμών των κόμβων ενός FCM σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή μας δίνει την κατάσταση των παραγόντων του συστήματος για το σενάριο το οποίο εξετάζουμε.

Για παράδειγμα στο παραπάνω FCM ο δεύτερος κόμβος αντιστοιχεί στον δεύτερο παράγοντα ο οποίος αφορά την (μετανάστευση στην πόλη), το διάνυσμα $[0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ προσδιορίζει ότι έχει ενεργοποιηθεί ο συγκεκριμένος παράγοντας.

Το διάνυσμα κατάστασης των κόμβων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό αρχικών τιμών ώστε να παρατηρηθούν οι όποιες αλλαγές στο σύστημα καθώς αυτό εξελίσσεται στο χρόνο. Οι νέες τιμές για κάθε χρονικό βήμα υπολογίζονται με βάση τις εκάστου τιμές όλων των κόμβων οι οποίοι επηρεάζουν τον κόμβο αυτό στον βαθμό με τον οποίο έχουν προσδιορίσει οι ειδικοί μέσω των βαρών στις συνδέσεις.

Το αποτέλεσμα της τιμής ενός κόμβου αφού υπολογιστεί με βάση το άθροισμα των εισροών μετασχηματίζεται με βάση κάποια συνάρτηση κατωφλιού (threshold function).

Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία πολλαπλασιάζει τις τιμές των κόμβων που επηρεάζουν τον ζητούμενο κόμβο που υπολογίζουμε επί το βάρος του συνδέσμου, στη συνέχεια αθροίζουμε τα γινόμενα και το αποτέλεσμα το εισάγουμε στην συνάρτηση μετασχηματισμού.

Μια απλή τέτοια συνάρτηση μετασχηματισμού μπορεί να είναι η εξής:

$$C_j = \begin{cases} 0 & \text{εάν η εξοδος} \leq T \\ 1 & \text{εάν η εξοδος} > T \end{cases}$$

Στην περίπτωση που θέλουμε να μετασχηματίσουμε τα δεδομένα με συνεχείς τιμές μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε άλλες συναρτήσεις όπως την σιγμοειδή συνάρτηση η οποία είναι αρκετά δημοφιλής.

Η σιγμοειδής συνάρτηση ορίζεται ως εξής:

$$C_j = \frac{1}{1 + e^{-\text{gain} \cdot \text{activation}_j}}$$

Όπου το gain είναι μια σταθερά η οποία προσδιορίζει το πόσο γρήγορα το αποτέλεσμα φτάνει στις τιμές 0 και 1.

Η γενική μορφή του υπολογισμού των τιμών των κόμβων για το βήμα k+1 ορίζεται ως:

$$C(k+1) = T[C(k) \cdot E]$$

Όπου c(k) είναι οι τιμές των κόμβων στο βήμα k, E είναι η μήτρα βαρών των συνδέσμων και F είναι η συνάρτηση μετασχηματισμού.

Τέλος με την συνάρτηση μετασχηματισμού το FCM φτάνει σε μια απ τις δυο πιθανές καταστάσεις μετά από κάποιο αριθμό βημάτων. Η πρώτη κατάσταση είναι η κατάσταση σταθερών τιμών στην οποία οι τιμές δεν μεταβάλλονται από ένα σημείο και έπειτα ενώ η δεύτερη κατάσταση είναι η κατάσταση επαναλαμβανόμενων μοτίβων όπου υπάρχει μια κυκλική επανάληψη των τιμών.

Στην περίπτωση χρήσης συνεχούς συνάρτησης μετασχηματισμού υπάρχει και μια τρίτη σπάνια εκδοχή η οποία ονομάζεται χαοτική κατάσταση (Eiert 1999)^[10], στην συγκεκριμένη κατάσταση το FCM δίνει συνεχώς διαφορετικά αποτελέσματα χωρίς συγκεκριμένο μοτίβο καθώς αυτό εξελίσσεται στο χρόνο.

2.4 Επεκτάσεις των FCM

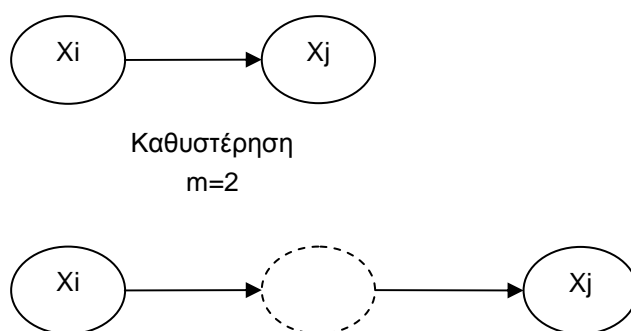
Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λάβει κανείς υπ' όψιν κατά τη χρήση ενός FCM όταν αυτό προορίζεται για δυναμική ανάλυση είναι η διαφορά του χρόνου που απαιτείται από διάφορους κόμβους για να ανταποκριθούν στις αλλαγές κάποιου άλλου κόμβου από τον οποίο δέχεται κάποια σύνδεση επιρροής.

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν καθυστερήσεις στην την επίδραση των αλλαγών, ένα τέτοιο παράδειγμα με βάση το σενάριο που περιγράφηκε στο σχήμα 1 είναι η περίπτωση της αύξηση του αριθμού των κατοίκων που ζουν στην πόλη, η συγκεκριμένη αλλαγή έχει θετική επίδραση στην αύξηση των σκουπιδιών καθώς και στον εκσυγχρονισμό της πόλης.

Αυτό που μπορεί εύκολα κανείς να παρατηρήσει είναι ότι ενώ η επίδραση που δέχεται η αύξηση των σκουπιδιών ως αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού είναι άμεση, ο εκσυγχρονισμός είναι ένας παράγοντας ο οποίος θα έχει κάποια χρονική καθυστέρηση, μπορεί λοιπόν κανείς να ισχυριστεί ότι όταν σε μικρό διάστημα ο πληθυσμός μιας πόλης αυξηθεί αυτή η πόλη δεν θα εκσυγχρονιστεί αντίστοιχα γρήγορα, έτσι δημιουργείται η ανάγκη για ένα μοντέλο το οποίο θα μπορεί να λειτουργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε να υπολογίζει και την παράμετρο της χρονικής καθυστέρησης της επιρροής μεταξύ των παραγόντων του συστήματος.

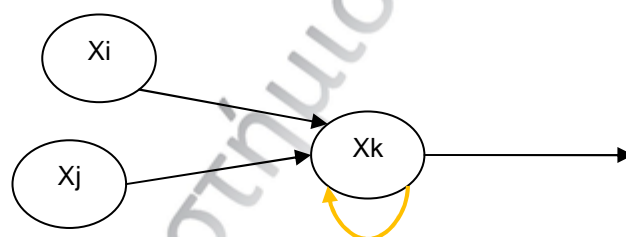
Συμφώνα με τον Park (1995)^[5] οι Ασαφείς χρονικοί γνωστικοί χάρτες (Fuzzy Time Cognitive Maps ή FTGM) επιτρέπουν την χρονική καθυστέρηση που υπάρχει όταν ένας κόμβος X_i επηρεάζει κάποιον κόμβο X_j μέσω κάποιου συνδέσμου. Στην συγκεκριμένη εργασία προτείνεται το μοντέλο ασαφών τιμών για τον προσδιορισμό της χρονικής καθυστέρησης, οι όροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ειδικούς είναι τιμές όπως "άμεσα", "κανονικά" και "πολύ". Στη συνέχεια αυτές οι τιμές μπορούν να μεταφραστούν σε αριθμούς χρονικών μονάδων με βάση το σενάριο το οποίο έχει περιγράψει από το συγκεκριμένο FTGM.

Η τακτική που ακολουθείται για την προσομοίωση της καθυστέρησης είναι να τοποθετηθούν επιπλέον προσωρινοί κόμβοι ανάμεσα στους δυο πραγματικούς κόμβους, ο αριθμός των κόμβων που θα τοποθετηθούν θα είναι m-1 όπου m είναι ο βαθμός καθυστέρησης με m=1 να σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποια χρονική καθυστέρηση.



Εικόνα 2-4: Ενδιάμεσοι κόμβοι για την εξομοίωση της καθυστέρησης

Μια άλλη επέκταση των FCM που προτάθηκε το 1995 από τους Tsiadiras και Margaritis^[9] αφορά τον εμπλουτισμό των κόμβων με δυνατότητες όπως μνήμη και αποδυνάμωση της επιρροής τους. Στη συγκεκριμένη έρευνα ένας κόμβος δεν θα πρέπει να επηρεάζεται μόνο από τις τιμές των κόμβων που συνδέονται πάνω του αλλά και από τον ίδιο του τον εαυτό με βάση την κατάσταση του σε προηγούμενα χρονικά βήματα. Αντίστοιχα η διαδικασία αποδυνάμωσης αφορά την μείωση του βαθμού επιρροής ενός κόμβου από τον εαυτό του, η συγκεκριμένη μεταβλητή παίρνει τιμές στο πεδίο 0, 1 και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται στον σύνδεσμο αυτοτροφοδότησης του συγκεκριμένου κόμβου.



Εικόνα 2-5: Ασαφής γνωστικός χάρτης με κόμβο που επιδρά προς τον εαυτό του

2.5 Κατασκευή ενός FCM

Συγκριτικά με άλλους τρόπους κατασκευής συστημάτων βάσεων γνώσης (Knowledge Base) όπως τα συστήματα κανόνων σε ένα έμπειρο σύστημα η διαδικασία κατασκευής ενός FCM είναι σχετικά απλή διαδικασία.

Τα κυρία βήματα αυτής της διαδικασίας έχουν ως εξής:

- **Βήμα 1:** Προσδιορισμός των κύριων παραγόντων οι οποίοι απαρτίζουν το πεδίο του υπό εξέταση προβλήματος.
- **Βήμα 2:** Προσδιορισμός των συσχετίσεων ανάμεσα σε αυτούς τους παράγοντες.

- **Βήμα 3:** Εκτίμηση της δύναμης επιρροής των συσχετίσεων μεταξύ των παραγόντων του σεναρίου.

Το αρχικό στάδιο της ανάπτυξης ενός FCM μπορεί να γίνει στο χαρτί. Η δισδιάστατη αναπαράσταση του γραφήματος το οποίο αναπαριστά την ευκολία στη διαδικασία ανάπτυξης όπως επίσης και την ανάλυση του συστήματος στη συνέχεια.

Αν και σε ένα γράφημα FCM όπως στο προηγούμενο παράδειγμα αυτό που φαίνεται είναι αριθμητικές τιμές για τον προσδιορισμό του βάρους των συνδέσεων οι οποίες ορίζουν τον βαθμό επιρροής μεταξύ των κόμβων, ένας ειδικός ο οποίος θα κληθεί να κατασκευάσει το FCM συνήθως θα χρησιμοποιήσει ασαφείς λεκτικές εκφράσεις όπως λίγο θετικό, μέτριο πολύ αρνητικό.

Στη συνέχεια αυτές οι λεκτικές τιμές αντιστοιχίζονται σε τιμές οι οποίες κυμαίνονται στο πεδίο -1 έως 1.

Για παράδειγμα εάν μια αύξηση στην τιμή του κόμβου A προκαλέσει αρκετά σημαντική (πολύ θετικό) αύξηση στην τιμή του κόμβου B η τιμή 0,8 μπορεί να οριστεί για να προσδιορίσει τον βαθμό επιρροής του κόμβου A προς τον κόμβο B.

Μια πολύ καλή μέθοδος για να γίνει ο προσδιορισμός των αριθμητικών ασαφών βαρών μεταξύ ενός κόμβου είναι με την μέθοδο AHP (Saaty 1980)^[7].

Εστιάζοντας σε ένα ζευγάρι παραγόντων κάθε φορά, ο ειδικός μπορεί να ανακαλύψει τυχόν επιδράσεις ανάμεσα στους κόμβους οι οποίες δεν γίνονται πάντα εύκολα αντιληπτές εξ αρχής.

Επιπλέον η χρήση ασαφών εκφράσεων βοηθά στην αποφυγή της χρήσης διακριτών αριθμητικών τιμών οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις είναι δυσκολότερο να προσδιοριστούν επιτυχώς από έναν άνθρωπο.

Επίσης είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η αντίληψη των τιμών μπορεί να διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο, για παράδειγμα δυο ειδικοί μπορεί να προσδιορίσουν την ισχύ ενός συνδέσμου ως πολύ ισχυρή αλλά να δώσουν διαφορετικές τιμές εάν τους ζητηθεί να προσδιορίσουν αριθμητικά τα βάρη.

Τέλος η αναπαράσταση ενός FCM με την χρήση μητρώων από έναν ειδικό μπορεί να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση με την βοήθεια κάποιου εξειδικευμένου λογισμικού.

2.6 Ανάλυση ιδιοτήτων ενός FCM

Ένα FCM το οποίο έχει αναπτυχθεί για ένα συγκεκριμένο σενάριο μπορεί να υποβληθεί σε δυο βασικούς τύπους ανάλυσης απ τους ειδικούς.

Το πρώτο είδος ανάλυσης είναι η στατική ανάλυση η οποία πρώτον υποδεικνύει την σημαντικότητα των σχέσεων ανάμεσα στους κόμβους και δεύτερον την γενική ή έμμεση επιρροή που έχουν οι κόμβοι μεταξύ τους συνολικά.

Το δεύτερο είδος είναι η δυναμική ανάλυση, κατά την οποία το FCM εξετάζεται ως προς την εξέλιξη του με το πέρασμα του χρόνου (βημάτων) και ως προς το σύνολο του ως σύστημα αλλά και για τους διάφορους κόμβους μεμονωμένα. Αυτό το είδος της ανάλυσης πολλές φορές εξετάζει την εξέλιξη του σεναρίου με βάση διαφορετικές αρχικές τιμές οι οποίες αναπαριστούν διαφορετικές αρχικές καταστάσεις του σεναρίου.

Μια πολύ σημαντική έννοια σύμφωνα με τον Kosko (1986)^[1], είναι η κεντρικότητα του συστήματος (centrality) η οποία περιγράφεται ως μέτρο προσδιορισμού της σημαντικότητας των κόμβων σε ένα FCM.

Η κεντρικότητα ενός κόμβου C_j σε ένα FCM δίνεται από το άθροισμα των άκμων που καταλήγουν σε αυτόν τον κόμβο και απ τις ακμές που φεύγουν απ τον ίδιο κόμβο, επίσης για περισσότερη ακρίβεια συνήθως υπολογίζεται και η ισχύς των ακμών.

Ο γενικός τύπος για τον προσδιορισμό της κεντρικότητας είναι:

$$\text{Centrality}(C_j) = \text{IN}(C_j) + \text{OUT}(C_j)$$

Όπου το $IN(C_j)$ είναι το άθροισμα των βαρών για της ακμές που εισέρχονται και επηρεάζουν τον κόμβο C_j και αντίστοιχα το $OUT(C_j)$ είναι το άθροισμα όλων των ακμών οι οποίες ξεκινούν απ τον κόμβο C_j .

Για το άθροισμα των βαρών χρησιμοποιούμε τις απόλυτες τιμές, έτσι το συγκεκριμένο μέτρο μας δίνει μια εικόνα για την σημαντικότητα του κάθε κόμβου, οι κόμβοι με την μεγαλύτερη κεντρικότητα είναι πιο σημαντικοί και ως εκ τούτου απαιτείται περισσότερη προσοχή όταν επηρεάζονται κατά την διαδικασία της ανάλυσης ενός σεναρίου για την διαδικασία λήψης κάποιας απόφασης που θα ακολουθήσει.

2.7 Μέθοδος για την εύρεση της έμμεσης και της συνολικής επίδρασης ανάμεσα σε δυο κόμβους

Ο Kosko (1986)^[1] περιέγραψε μια επίσημη μέθοδο για την εύρεση των έμμεσων καθώς και της συνολικής επίδρασης ανάμεσα σε δυο κόμβους σε ένα FCM χρησιμοποιώντας την ασαφή άλγεβρα ως εξής.

Ας υποθέσουμε ότι υπάρχουν m σύνδεσμοι από τον κόμβο C_i στον κόμβο C_j , κάθε μια από αυτές τις συνδέσεις τις ονομάζουμε $(i, k_{l_1}, k_{l_2}, k_{l_3}, k_{l_n}, \dots, j)$, για $1 \leq l \leq m$.

Ας υποθέσουμε ότι $I_l(C_i, C_j)$ αντιπροσωπεύει την έμμεση επίδραση που έχει ο κόμβος C_i στον κόμβο C_j μέσω του l συνδέσμου και αντίστοιχα $T(C_i, C_j)$ αντιπροσωπεύει την συνολική επίδραση του κόμβου C_i στον κόμβο C_j μέσω όλων των συνδέσμων, τότε θα έχουμε:

$$I_l(C_i, C_j) = \min\{e(C_p, C_{p+1}): (p, p + 1)\varepsilon(i, k_{l_1}, k_{l_2}, \dots, k_{l_m}, j)\},$$

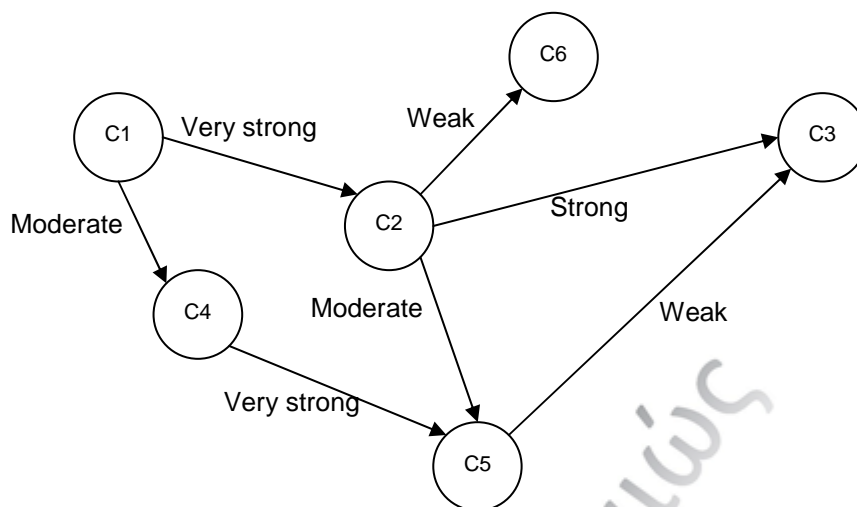
$$T(C_i, C_j) = \max(I_l(C_i, C_j))$$

Όπου τα p και $p+1$ είναι συναφείς συνδέσεις από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Με πιο απλά λόγια η έμμεση επίδραση του κόμβου C_i προς τον κόμβο C_j δίνεται από το βάρος του πιο αδύναμου συνδέσμου στο μονοπάτι που δημιουργούν οι σύνδεσμοι από τον κόμβο C_i στον κόμβο C_j .

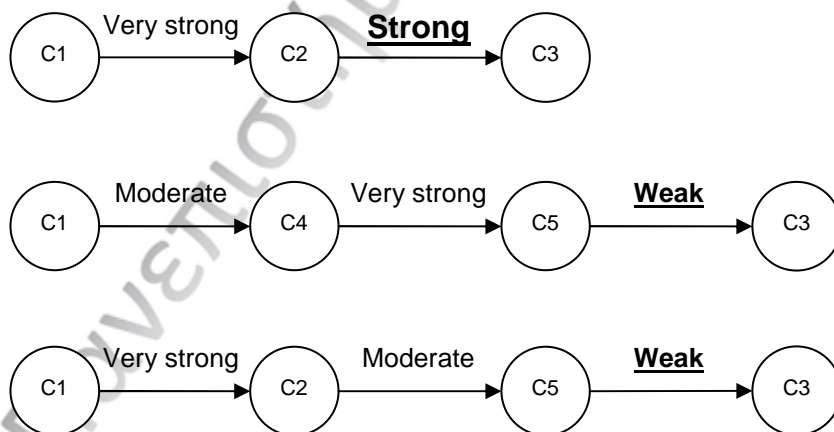
Αντίστοιχα η συνολική επίδραση του κόμβου C_i προς τον κόμβο C_j μέσω όλων των συνδέσμων που οδηγούν από τον πρώτο στον δεύτερο είναι ο ισχυρότερος σύνδεσμος από τα έμμεσα μονοπάτια.

Για παράδειγμα στο σχήμα παρακάτω ας υποθέσουμε ότι έχουμε συνδέσμους με ισχύ "*weak*", "*moderate*", "*strong*" και "*very strong*".



Εικόνα 2-6: Παράδειγμα ασαφών τιμών σε ασαφή γνωστικό χάρτη

Τότε ως έμμεση επίδραση ανάμεσα στους κόμβους C_1 και C_3 θα έχουμε τρία μονοπάτια τα οποία θα είναι τα εξής:



Εικόνα 2-7: Υπολογισμός των έμμεσων επιρροών

Στο παραπάνω σχήμα έχουν σημειωθεί με κόκκινο οι πιο αδύναμοι σύνδεσμοι για κάθε ένα από τα τρία μονοπάτια, στη συνέχεια από αυτά επιλέγουμε τον πιο ισχυρό σύνδεσμο ως την συνολική επίδραση του κόμβου C_1 προς τον κόμβο C_3 το πιο ισχυρό μονοπάτι το οποίο είναι το πρώτο καθώς έχει την πιο ισχυρή σύνδεση από τις πιο αδύναμες μεταξύ των μονοπατιών, πιο συγκεκριμένα έχει strong ενώ τα άλλα δυο μονοπάτια έχουν weak, έτσι στη συνέχεια από το πρώτο μονοπάτι παίρνουμε τον πιο αδύναμο σύνδεσμο δηλαδή το strong το οποίο ορίζεται και ως η συνολική επίδραση μεταξύ των κόμβων C_1 και C_3 .

2.8 Δυναμική ανάλυση των FCM

Η δυναμική ανάλυση ενός FCM μπορεί να λάβει χωρά κυρίως εάν θέλουμε να ερευνήσουμε την επίδραση των αλλαγών που ενδέχεται να προκαλέσουν οι διάφορες αποφάσεις που πρόκειται να ληφθούν και πως αυτές οι αλλαγές θα εξελιχτούν με το πέρασμα του χρόνου.

Για παράδειγμα με βάση την μήτρα βαρών των συνδέσεων και κάποια διανύσματα αρχικών τιμών μπορούμε να πάρουμε διάφορα αποτελέσματα τα οποία με τη σειρά τους θα τα αξιολογήσουμε για να διαπιστώσουμε τυχόν αλλαγές στην συμπεριφορά του σεναρίου το οποίο αντιπροσωπεύεται απ το συγκεκριμένο FCM.

Αυτές οι αλλαγές μπορούν να δημιουργηθούν αλλάζοντας την κατάσταση ενός κόμβου κάθε φορά με βάση το αρχικό διάνυσμα τιμών παρέχοντας μας έτσι με απαντήσεις σε ερωτήματα του τύπου "τι-εαν" ("what-if").

Ο μηχανισμός συμπερασμάτων για ένα FCM λειτουργεί ως εξής, οι τιμές ενεργοποίησης των κόμβων σε ένα πρόβλημα βασίζονται στην τρέχουσα κατάσταση των παραγόντων του σεναρίου.

Οι τιμές αυτές σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι ποσοτικές όπως ο πληθυσμός μιας περιοχής και άλλες να είναι ποιοτικές όπως η ποιότητα του νερού ή του αέρα.

Οι ποιοτικές τιμές είναι βέβαιο ότι θα συμπεριλαμβάνουν την υποκειμενική άποψη των ειδικών. Οι τιμές αυτές είναι σημαντικό να κανονικοποιηθούν για να μην υπάρχουν δυσανάλογα μεγέθη στις τιμές που θα παραχθούν ως αποτελέσματα στη συνέχεια.

Τα σύστημα στη συνέχεια ξεκάνει την εκτέλεση έως ότου το FCM μεταβεί σε μια από τις παρακάτω καταστάσεις:

1. Το FCM σταθεροποιείται με τις καταστάσεις των κόμβων να βρίσκονται σε κατάσταση "ενεργή" ή 1 και αντίστοιχα σε κατάσταση "ανενεργή" ή 0 στην περίπτωση χρήσης διπολικής συνάρτησης μετασχηματισμού και σταθερές τιμές οι οποίες δεν μεταβάλλονται στην περίπτωση συνεχούς συνάρτησης μετασχηματισμού.
2. Το FCM παράγει συνεχώς το ίδιο μοτίβο αποτελεσμάτων.
3. Το FCM παράγει ασταθή αποτελέσματα τα οποία μεταβάλλονται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου.

Η χρησιμότητα των τριών παραπάνω ειδών αποτελεσμάτων εξαρτάται από τους στόχους του χρήστη που εκτελεί το συγκεκριμένο σενάριο.

Η πρώτη περίπτωση με την σταθερή κατάσταση των αποτελεσμάτων μπορεί να μας εξυπηρετήσει σε ερωτήματα "τι-εαν" ("what-if"), με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να προβλέψουμε μελλοντικές καταστάσεις του συστήματος με βάση κάποια αρχική κατάσταση ενεργοποίησης των κόμβων.

Για παράδειγμα με βάση το FCM στην εικόνα 1 η αρχική κατάσταση $[0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ μπορεί να δώσει ως αποτέλεσμα το $[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$ απαντώντας έτσι στο ερώτημα "τι θα γίνει εάν αυξηθεί ο πληθυσμός στην πόλη", η απάντηση μετά την εκτέλεση του αλγορίθμου του συγκεκριμένου FCM θα ήταν ότι αυτό τελικά θα οδηγήσει στην "αύξηση των απορριμμάτων ανά περιοχή" κάτι το οποίο μπορεί να γίνει κατανοητό και διαισθητικά.

Στην περίπτωση των επαναλαμβανόμενων καταστάσεων ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την συνεχή επανάληψη των γεγονότων στα οποία μπορεί να βρεθεί το σύστημα που έχει υλοποιηθεί από το FCM δίνοντας έτσι μια εικόνα για τις σχέσεις τύπου "αιτία κι αποτέλεσμα" που υπάρχουν μέσα στο FCM.

Για τα FCM τα οποία έχει γίνει ανάλυση με συνεχή συνάρτηση μετασχηματισμού και τα οποία παράγουν χαοτικά αποτελέσματα μας δίνεται μια ρεαλιστική αναπαράσταση της επίδρασης των κόμβων με την συνεχή τροφοδότηση τους με νέα διανύσματα αρχικών καταστάσεων.

Ένας ακόμα τρόπος για την ανάλυση ενός FCM είναι ο έλεγχος ευαισθησίας του συστήματος. Πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ των κόμβων μπορούν να ελέγχουν με το να κρατάμε τις τιμές μερικών κόμβων σταθερές ενώ παράλληλα αλλάζουμε τις τιμές των υπολοίπων.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

3. FCM σε προβάλλοντα συλλογικών αποφάσεων (Group FCM)

Η αναπαράσταση των FCM με τη χρήση αλγεβρικών μητρών κάνει αρκετά εύκολη την διαδικασία ένωσης πολλαπλών FCM για την δημιουργία συλλογικής γνώσης η οποία προέρχεται από πολλούς ειδικούς πάνω σε ένα θέμα.

Το είδος των FCM που έχουν παραχθεί απ την συνένωση πολλών FCM τα ονομάζουμε ομαδικά FCM (Group FCM).

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα ομαδικά FCM είναι τα εξής:

1. Παρέχει την δυνατότητα για πιο ευέλικτα FCM τα οποία εξελίσσονται και προσαρμόζονται καθώς νέοι ειδικοί συνεισφέρουν με την γνώση τους και τις ιδέες τους στο ομαδικό FCM.
2. Η αξιοπιστία του παραγόμενου FCM αυξάνεται καθώς συμβάλουν περισσότερα του ενός ειδικοί, επίσης υπάρχει η δυνατότητα της βαθμολόγησης των ειδικών για την συνεισφορά και την αξιοπιστία τους για ακόμα καλύτερα αποτελέσματα.
3. Έχει την δυνατότητα να γίνει ένα χρήσιμο εργαλείο σε περιβάλλοντα συλλογικών αποφάσεων, επιτρέποντας έτσι την δημιουργία συλλογικής γνώσης βασισμένο στην ανάλυση και υποστήριξη συλλογικών αποφάσεων.

3.1 Η διαδικασία συνένωσης των FCM

Για την συνένωση των FCM αυτό που απαιτείται είναι να γίνει η άθροιση των μητρών οι οποίες αναπαριστούν τα διάφορα FCM προς συνένωση. Πολλές φορές αυτά τα διαφορετικά FCM έχουν και διαφορετικό αριθμό κόμβων μεταξύ τους, αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αντίστοιχες μήτρες βαρών να έχουν και διαφορετικό μέγεθος.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα θα πρέπει οι μήτρες με το μικρότερο μέγεθος να συμπληρωθούν με μηδενικά στις στήλες και τις γραμμές τους οι οποίες υπολείπονται τους κόμβους από την μεγαλύτερη μήτρα. Εάν τελικά όλοι οι διακριτοί παράγοντες του τελικού συνενωμένου FCM είναι n κόμβοι, τότε το κάθε επιμέρους FCM θα έχει αυξηθεί τόσο ώστε να είναι μια μήτρα μεγέθους $n \times n$.

Εάν υπάρχουν k ειδικοί άρα και αντίστοιχος αριθμός μητρών η τελική μήτρα θα βγει από τον παρακάτω τύπο:

$$E = 1/k(E_1 + E_2 + \dots + E_k)$$

Ένα ακόμα σωματικό στοιχείο για την συνένωση των FCM όπως και για οποιοδήποτε υπολογισμό σε σύστημα ομαδικών αποφάσεων είναι ο υπολογισμός της βαρύτητας του κάθε χρήστη και κατ' επέκταση του αντίστοιχου FCM, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τον προσδιορισμό ενός συντελεστή συνεισφοράς ο οποίος θα παίρνει τιμές απ το 0 έως το 1 έτσι ο υπολογισμός του αποτελέσματος θα είναι:

$$E = 1/k(W_1E_1 + W_2E_2 + \dots + W_kE_k)$$

3.2 Συστήματα για λήψη ομαδικών αποφάσεων με την χρήση Ασαφών γνωστικών χαρτών

Ένα ομαδικό FCM είναι ένα αρκετά αποτελεσματικό εργαλείο για την λήψη ομαδικών αποφάσεων, αυτό που θα εξετάσουμε παρακάτω είναι η κατάλληλη μεθοδολογία για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος.

Τα μέλη μιας ομάδας τα οποία συμμετέχουν στην διαδικασία λήψης μιας απόφασης μπορούν να ξεκινήσουν την διαδικασία της ανάπτυξης των επιμέρους FCM σε ατομικό επίπεδο ή σε μικρές ομάδες. Για παράδειγμα τα τμήματα marketing, πωλήσεων και παράγωγης μια επιχείρησης μπορούν να αντιπροσωπεύουν από υπό-ομάδες μέσα στην ομάδα η οποία καλείται να πάρει μια απόφαση για την παράγωγη και προώθηση ενός νέου προϊόντος.

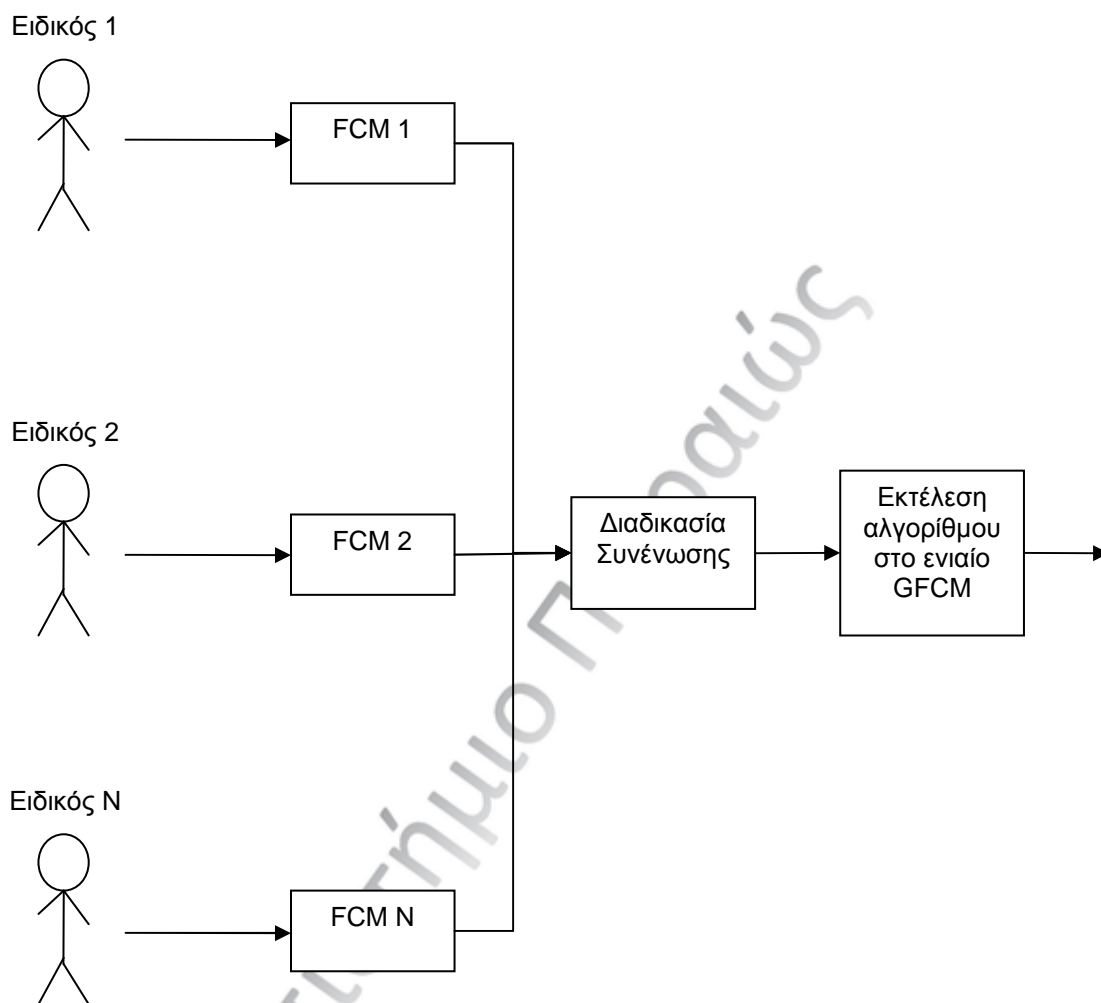
Διαδικασία ανάπτυξης του ομαδικού FCM:

1. Ο κάθε ειδικός ο οποίος συμμετέχει στη διαδικασία της ομαδικής απόφασης εντοπίζει και καταγράφει τους παράγοντες τους οποίους θεωρεί σωματικούς και σχετικούς με το πρόβλημα. Στο επίπεδο της γραφικής αναπαράστασης του FCM οι παράγοντες ενός συγκεκριμένου σεναρίου αναπαριστώνται ως κόμβοι.
2. Κάθε συμμετέχων προσδιορίζει τις επιρροές που θεωρεί ότι υπάρχουν ανάμεσα στους κόμβους τους οποίους έχει προσδιορίσει. Οι επιρροές αναπαριστώνται ως συνδέσεις / γραμμές που ενώνουν τους κόμβους.
3. Η ισχύς της κάθε σύνδεσης στη συνέχεια πρέπει να προσδιοριστεί. Συνήθως σε αυτή τη φάση οι συμμετέχοντες θα εκφράσουν την άποψη τους για τον βαθμό επιρροής μέσω ασαφών λεκτικών εκφράσεων.
4. Στη συνέχεια γίνεται η συνένωση των FCM. Κατά τη διαδικασία αυτή τα FCM πρέπει να αντιπαρατεθούν το ένα δίπλα στο άλλο και στη συνέχεια να γίνει προσδιορισμός των κοινών κόμβων ώστε να παραχθεί το τελικό FCM.
5. Στο τελευταίο βήμα γίνεται κανονικά ο υπολογισμός των τιμών του τελικού FCM.

Κατά τη διαδικασία της συνένωσης το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι η αντιστοιχία των κόμβων και πιο συγκεκριμένα ο προσδιορισμός των κόμβων αυτών οι οποίοι αντιπροσωπεύουν ακριβώς τον ίδιο παράγοντα αλλά έχουν ονομαστεί διαφορετικά από τους δημιουργούς του αντίστοιχου FCM στο οποίο ανήκουν.

Στη συνέχεια γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά και ανάλυση στο τέταρτο βήμα που είναι η συνένωση των FCM.

3.3 Διαδικασίες συνένωσης των FCM



Εικόνα 3-1: Διαδικασία ανάπτυξης ενός Ομαδικού Ασαφή Γνωστικού Χάρτη

Η διαδικασία της συνένωσης των FCM σχετίζεται κυρίως με την ταύτιση των κόμβων. Όπως μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ένα FCM μπορεί να απαιτεί ένα μεγάλο αριθμό κόμβων ώστε να μπορεί να αντιπροσωπεύσει σωστά ένα συγκεκριμένο σενάριο. Πολλές φορές για να επιτευχθεί αυτό μια ομάδα ειδικών μπορεί να συνεισφέρει αποτυπώνοντας την εξειδικευμένη γνώση κάθε ειδικού ως υποτιμήματα του συνολικού σεναρίου δημιουργώντας έτσι μικρά FCM τα οποία αναπαριστούν κομμάτια του συνόλου. Όταν αυτά τα υποτιμήματα του FCM (sub-FCM) δημιουργηθούν αυτό που μένει είναι να γίνει κάποιο είδος συνένωσης ώστε να δημιουργηθεί ένα ενιαίο σύνθετο FCM. Στις περιπτώσεις όπου τα μικρά αυτά FCM είναι τελείως ανεξάρτητα μεταξύ τους, το οποίο σημαίνει ότι η ύπαρξη ενός κόμβου σε κάποιο από αυτά απλά δεν υπάρχει σε στα υπόλοιπα τότε η συνένωση είναι απλή διαδικασία. Στην πραγματικότητα αυτό σπάνια συμβαίνει καθώς οι ειδικοί και γενικότερα οι άνθρωποι έχοντας γνώσεις για πολλά πράγματα και κυρίως παρεμφερή με το αντικείμενο στο οποίο εξειδικεύονται, οι γνώσεις αυτές πολλές φορές αλληλεπικαλύπτονται η ακόμα και συγκρούονται ως προς την δομή τους, αυτό δημιουργεί μια κατάσταση η οποία περιπλέκει τα πράγματα στην διαδικασία της συνένωσης.

3.4 Βασικές μέθοδοι συνένωσης

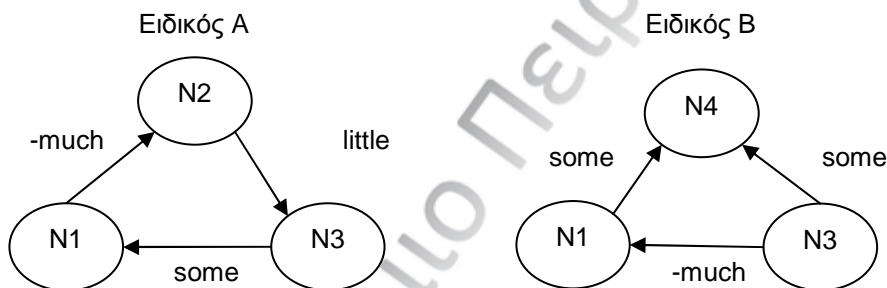
Η πιο απλή προσέγγιση για την συνένωση FCM εκτελείται ως εξής:

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δυο ειδικούς τον A και τον B οι οποίοι δημιουργούν σύμφωνα με τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους τα $fcmA$ και $fcmB$ αντίστοιχα, επίσης η πεποίθηση που έχουν για την γνώση τους είναι αντίστοιχα aA και aB .

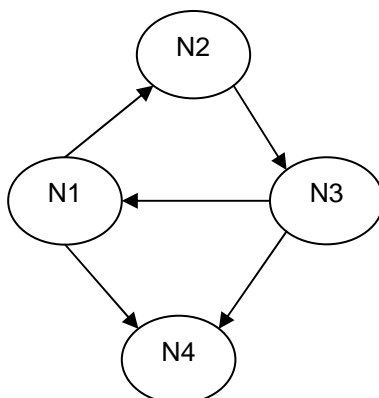
Η μήτρα βαρών που θα παραχθεί μετά την συνένωση θα είναι $aA/(aA+aB)W(fcmA)+aB/(aA+aB)W(fcmB)$, όπου το $W(fcmA)$ και το $W(fcmB)$ είναι οι αντίστοιχες μήτρες βαρών για τον A και τον B.

Ο παραπάνω τύπος χρησιμεύει κυρίως όταν οι ειδικοί δουλεύουν πάνω στο ίδιο σενάριο και κυρίως όταν έχουν τους ίδιους κόμβους στα αντίστοιχα FCM που έχουν δημιουργήσει.

Στην περίπτωση όπου οι ειδικοί δεν έχουν ακριβώς όλους τους κόμβους ίδιους μεταξύ τους μπορούμε να κάνουμε το εξής: για τον ειδικό A θα κατασκευάσουμε μια μήτρα με που θα αντιστοιχεί στο FCM που έφτιαξε και στη συνέχεια θα προσθέσουμε τους κόμβους που υπάρχουν επιπλέον στο FCM του ειδικού B και φυσικά τα βάρη θα είναι 0 αυτή τη νέα μήτρα θα την ονομάσουμε $fcmA'$, αντίστοιχα θα κατασκευάσουμε με τον ίδιο τρόπο το FCM για τον ειδικό B ($fcmB'$) έτσι με αυτόν τον τρόπο και οι δυο ειδικοί θα έχουν ακριβώς τους ίδιους κόμβους.



Εικόνα 3-5: Σχεδόν παρόμοια FCM τα οποία κατασκευάστηκαν από τους ειδικούς A και B αντίστοιχα



Εικόνα 3-6: Τελικό FCM το οποίο παρήχθη μετά την συνένωση των δυο παραπάνω επιμέρους FCM

Η μήτρα βαρών για το συνενωμένο FCM ορίζεται ως εξής:

$$aA/(aA+aB)W(fcmA') + aB/(aA+aB)W(fcmB')$$

όπου τα $W(fcmA')$ και $W(fcmB')$ αντίστοιχα είναι οι προσαυξημένες μήτρες βαρών του A και του B.

Οι παρακάτω μήτρες είναι αυτές που θα παραχθούν για τα παραπάνω FCM.

$$w(fcmA) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & some \\ -much & 0 & 0 \\ 0 & little & 0 \end{bmatrix}$$

$$w(fcmB) = \begin{bmatrix} 0 & -much & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ some & some & 0 \end{bmatrix}$$

$$w(fcmA') = \begin{bmatrix} 0 & 0 & some & 0 \\ -much & 0 & 0 & 0 \\ 0 & little & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$w(fcmB') = \begin{bmatrix} 0 & -much & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ some & some & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Στην πράξη συνήθως οι ειδικοί μεταξύ τους έχουν το ίδιο μοτίβο γνώσης, στην περίπτωση όμως που κάποιο κομμάτι γνώσης υπάρχει μόνο στον έναν ειδικό αυτό πρέπει φυσικά να συμπεριληφθεί και να συυπολογιστεί στο σενάριο.

Στο παραπάνω παράδειγμα φαίνεται ότι ο ειδικός B παρέχει ένα κομμάτι γνώσης στο FCM του το οποίο δεν υπάρχει στο αντίστοιχο FCM του ειδικού A. Εάν υπολογίσουμε τα κομμάτια γνώσης απ τους ειδικούς θα δημιουργηθεί το πρόβλημα ότι η ισχύς της επιπλέον γνώσης του B θα έχει μειωμένη δύναμη το οποίο δεν είναι λογικό και μπορεί ακόμα και να δημιουργήσει προβλήματα στα αποτελέσματα.

Για παράδειγμα το σενάριο μπορεί να είναι τέτοιο όπου η γνώση που κατέχει ο B να είναι υπαρκτή στον πραγματικό κόσμο και να είναι και αρκετά σημαντική, χρησιμοποιώντας τον απλό τρόπο συνένωσης θα οδηγηθούμε σε ένα αποτέλεσμα στο οποίο το συμπέρασμα θα είναι ότι ο συγκεκριμένος παράγοντας δεν θα είναι και τόσο σημαντικός, αυτό γίνεται διότι μετά την εκτέλεση των πράξεων θα πάρουμε τον μέσο όρο ανάμεσα στην τιμή που έδωσε ο B και το 0 το οποίο συμπληρώθηκε για τον A καθώς αυτός δεν είχε γνώση για τον συγκεκριμένο παράγοντα.

Για αν αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα μπορούμε να κάνουμε μια τροποποίηση στην διαδικασία της συνένωσης.

Ας υποθέσουμε ότι το $W=(w_{ij})$ είναι η μήτρα των συνενωμένων FCMs:

$$W_{ij} = \frac{aA}{aA + aB} W(fcmA')_{ij} + \frac{aB}{aA + aB} W(fcmB')_{ij},$$

εάν $W(fcmA')_{ij} \times W(fcmB')_{ij} \neq 0$

$$W_{ij} = W(fcmA')_{ij} + W(fcmB')_{ij},$$

εάν $W(fcmA')_{ij} \times W(fcmB')_{ij} = 0$

Όπου $W(fcmA'_{ij})$ και $W(fcmB'_{ij})$ είναι αντίστοιχα τα ij στοιχεία στις μήτρες $W(fcmA')$ $W(fcmB')$.

Με την παραπάνω τροποποίηση εάν κάποιος από τους ειδικούς δεν έχει γνώση για κάποια συσχέτιση ανάμεσα στους κόμβους τότε απλά χρησιμοποιούμε την γνώση των άλλων ειδικών μόνο χωρίς αν συνυπολογίσουμε μηδενική τιμή για τους ειδικούς που απλά δεν γνωρίζουν για την αντίστοιχη συσχέτιση.

Η παραπάνω τεχνική είναι αυτή η οποία χρησιμοποιείται και στην διαδικτυακή εφαρμογή που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής.

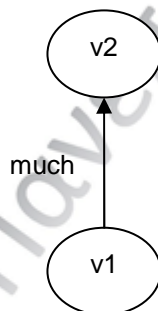
3.4 Προβλήματα και πιθανές λύσεις

Στο παραπάνω παράδειγμα η μέθοδος συνένωσης δίνει την σωστή βαρύτητα στην εξειδικευμένη γνώση που κατέχει ο ειδικός B. Παρ όλα αυτά ακόμα πιο σωστό είναι να πάρουμε υπόψη μας και το ποσοστό πεποίθησης που έχει ο ειδικός για την συγκεκριμένη πληροφορία, στην πράξη είναι αποδεδειγμένο ότι πολλές φορές άλλα άτομα μπορεί να κατέχουν την ίδια γνώση για έναν συγκεκριμένο παράγοντα άλλα με έμμεση προσέγγιση όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

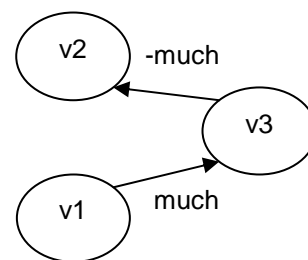
Σε αυτή την περίπτωση ο ειδικός A παρέχει ένα κομμάτι γνώσης ανάμεσα στους κόμβους $v1$ και $v2$ το οποίο και λαμβάνεται υπόψη με βάση την δεύτερη προσέγγιση συνένωσης που περιγράφηκε παραπάνω. Το πρόβλημα εδώ είναι ότι αυτό το είδος γνώσης συγκρούεται με την γνώση που έχει ο χρήστης B στο παρακάτω σχήμα, όπως φαίνεται σύμφωνα με τον B υπάρχει έμμεση σχέση ανάμεσα στους κόμβους $v1$ και $v2$ μέσω του κόμβου $v3$, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κάποια σύγχυση.

Εάν πάρουμε και το ποσοστό πεποίθησης υπ όψιν μας τότε σε ένα σενάριο στο οποίο ο ειδικός A θα έχει ένα βαθμό 0,2 και ο B αντίστοιχα ένα βαθμό 0,8 μπορούμε με σχετική σιγουριά να υποθέσουμε ότι το πραγματικό σενάριο είναι περίπου όπως το περιέγραψε ο ειδικός B.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι εάν πάρουμε ως σωστό το σενάριο που περιγραφεί ο ειδικός B τότε μπορεί να οδηγηθούμε στο λάθος συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει άμεση σύνδεση ανάμεσα στους κόμβους $v1$ και $v2$ κάτι το οποίο μπορεί να μην αντικατοπτρίζει σωστά την πραγματικότητα.



Ειδικός A με
βαθμό
πεποίθησης
0,2



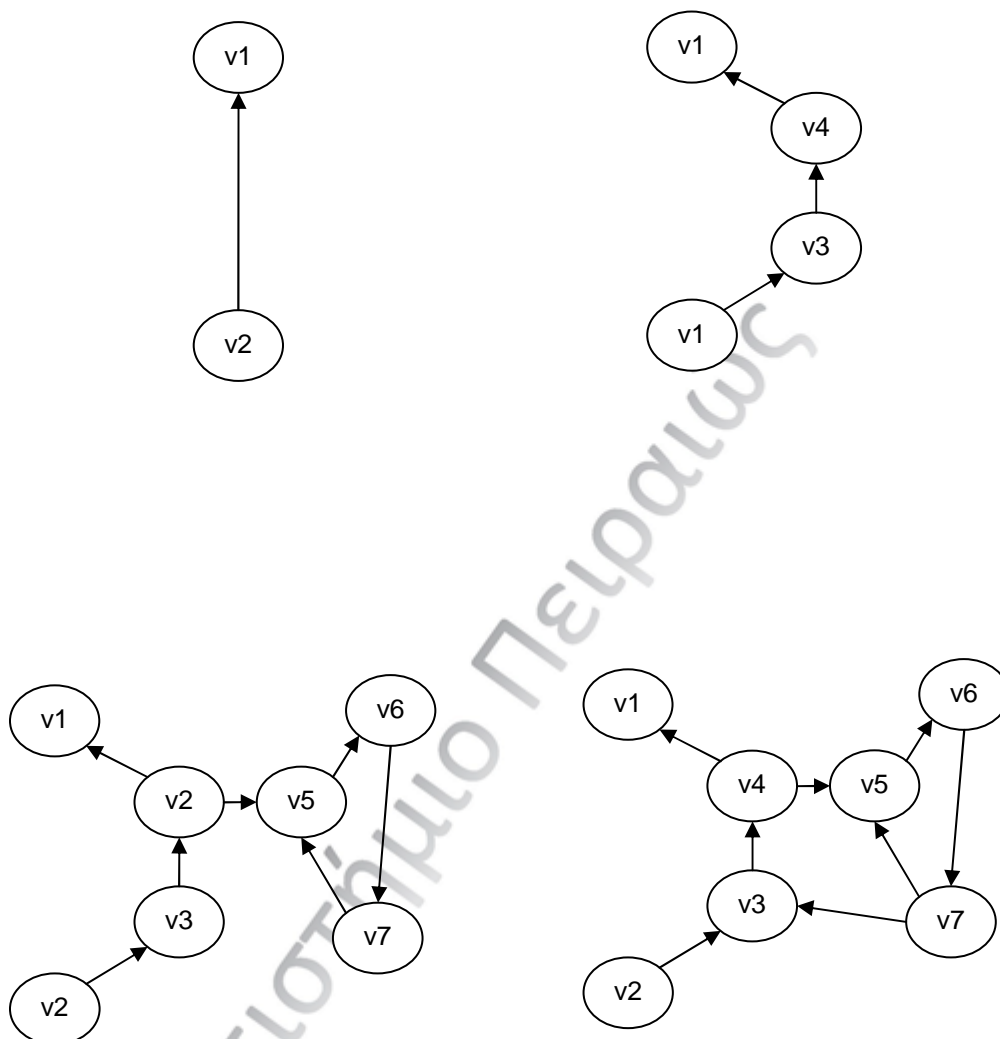
Ειδικός B με
βαθμό
πεποίθησης
0,8

Εικόνα 3-7: Άμεση και έμμεση σύνδεση παραγόντων ενός σεναρίου FCM.

Στην πράξη η συνένωση γνώσης είναι μια απ τις πιο δύσκολες διαδικασίες στην τεχνίτη νοημοσύνη και σχεδόν καμία απ τις μεθόδους που υπάρχουν δεν είναι τελείως ικανοποιητική.

Τα κυριότερα προβλήματα και οι λύσεις τους είναι τα εξής:

- 1) Πρέπει να ξέρουμε τι ακριβώς θα πρέπει να συνενώσουμε
 - i) Στο σχήμα Β γίνεται η ίδια μετάδοση επιρροής από τον κόμβο v_2 στον v_1 αλλά με περισσότερη λεπτομέρεια μέσω κάποιων ενδιάμεσων κόμβων v_3 και v_4 ή αυτοί οι νέοι κόμβοι είναι μια νέα γνώση; Στη δεύτερη περίπτωση θα πρέπει να προσαρμόσουμε την συνάρτηση στον κόμβο v_1 .
 - ii) Στο σχήμα Γ ένα νέο κομμάτι γνώσης από τον κόμβο v_2 στον v_1 ; Εάν όντως είναι νέο κομμάτι τότε ο κόμβος v_4 είναι επίσης ενδιάμεσος κόμβος για την σχέση ανάμεσα στον κόμβο v_2 προς τον v_5 , v_6 και v_7 .
 - iii) Στο σχήμα Δ εάν το επιπλέον κομμάτι που φαίνεται είναι επιπλέον γνώση τότε υπάρχει και το πρόβλημα της επανατροφοδότησης του συστήματος καθώς ο κόμβος v_7 επηρεάζει τον v_3 .



Εικόνα 3-8: Γνώση με διάφορους βαθμούς πολυπλοκότητας και κομμάτια επιπλέον γνώσης.

Με βάση τα παραπάνω παραδείγματα βλέπουμε ότι παρ' όλο που μερικές τεχνικές όπως κάποια κανονικοποίηση που μπορούμε να κάνουμε στην περίπτωση του σχήματος Β, δεν υπάρχει μια γενική τεχνική που θα μπορούσε να δώσει λύση σε όλα τα προβλήματα.

Οι άνθρωποι για να λύσουν τέτοιου είδους προβλήματα χρησιμοποιούν επιπλέον πληροφορίες εάν αυτές είναι διαθέσιμες.

- 2) Όταν πρέπει να ενώσουμε δυο πολύπλοκα FCM πως εντοπίζουμε ποια είναι τα κομμάτια που θα πρέπει να ενωθούν και ποια όχι;

Παραπάνω εξηγήσαμε τρόπους με τους οποίους μπορούν να συνενωθούν κάποια FCM, αυτό που κάνει την διαδικασία πολύπλοκη είναι το γεγονός ότι οι υπό συνένωση συνδέσεις των FCM θα πρέπει να αλληλεπιδρούν πολλούς κόμβους και σε πολλές επαναλήψεις καθώς το σενάριο εξελίσσεται, η διαδικασία εύρεσης και απαλοιφής των μη απαραίτητων κόμβων είναι κάτι δύσκολο αλλά αρκετά σημαντικό για την διαδικασία της συνένωσης.

Κάτι που μπορούμε να κάνουμε πριν την συνένωση για να διευκολυνθούμε στη συνέχεια είναι να κάνουμε κάποια απλοποίηση των επιμέρους FCM.

Με την χρήση κάποιων τεχνικών απλοποίησης μπορούμε να εντοπίσουμε πιο εύκολα τα κοινά κομμάτια ανάμεσα στα FCM έτσι γίνεται πιο διαχειρίσιμη διαδικασία εντοπισμού των τμημάτων τα όποια θα φύγουν ή θα συνενωθούν με τμήματα άλλων FCM.

3.5 Μέθοδος κατανεμημένων συμπερασμάτων με χρήση Ασαφών Γνωστικών Χαρτών

Όπως περιγράφηκε παραπάνω μια τεχνική που χρησιμοποιείται αρκετά για την υλοποίηση πολύπλοκων FCM είναι η διάσπαση τους σε μικρότερα κομμάτια, έτσι αντί για να δουλεύουμε με ένα μεγάλο πολύπλοκο FCM μπορούμε να το κόψουμε σε υποτμήματα και στη συνέχεια να βγάλουμε τα συμπεράσματα μας. Πέρα από την ευελιξία και την ευκολία που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνική ένα ακόμα σημαντικό πλεονέκτημα που μας παρέχει είναι ότι μας δίνει την δυνατότητα να δουλεύουμε σε κατανεμημένα περιβάλλοντα μέσω δικτύου.

- **Ασφάλεια:** σε πολλές προπτώσεις, κάποια τμήματα των FCM μπορεί να περιέχουν εμπιστευτικές πληροφορίες για το πώς κάποια πράγματα αλληλοεπηρεάζονται ή συνδέονται. Τέτοια δεδομένα μπορεί να αφορούν εμπορικά, οικονομικά ακόμη και στρατιωτικά δεδομένα που δεν μπορούν να αποκαλυφθούν, σε τι βαθμό υπάρχουν ή πως επηρεάζουν άλλους παράγοντες.
- **Γεωγραφική κατανομή:** μερικά συστήματα απαρτίζονται από υποσυστήματα τα οποία είναι κατανεμημένα σε διάφορες γεωγραφικές τοποθεσίες, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι σημαντικό να μπορούμε να διασπάσουμε κάποιο FCM έτσι ώστε κάποια από τα υποτμήματα του να μπορούν να βρίσκονται κοντά σε αυτά τα υποσυστήματα τα οποία πιθανόν και να συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από κάποιους αισθητήρες ή δέκτες.
- **Ενθυλάκωση:** μια ακόμα σημαντική τακτική στην ανάπτυξη πολύπλοκων FCM είναι η μείωση της πολυπλοκότητας τους μέσω της ενθυλάκωσης διάφορων τμημάτων σε κόμβους που τα εμπεριέχουν, προϋπόθεση είναι το συγκεκριμένο κομμάτι να εμπεριέχει συνδέσεις/σχέσεις οι οποίες δεν αλληλεπιδρούν με άλλους εξωτερικούς παράγοντες που ανήκουν σε αλλά υποτμήματα του FCM, το σημαντικό πλεονέκτημα σε αυτή την περίπτωση είναι ότι κρύβονται διάφοροι παράγοντες και οι συσχετίσεις τους με αποτέλεσμα να φαίνεται λιγότερο πολύπλοκο το τελικό αποτέλεσμα σε κάποιον που εξετάζει το συγκεκριμένο FCM.

Στις παραπάνω περιπτώσεις τα υποτμήματα του FCM δεν χρειάζεται να συνενωθούν σε ένα κεντρικό μεγάλο FCM.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκαν διάφοροι μέθοδοι για την διαδικασία της συνένωσης των FCM. Όπως είπαμε η συγκεκριμένη διαδικασία δεν είναι εύκολη και τονίσαμε τις διάφορες δυσκολίες οι οποίες προκύπτουν από διάφορα πρακτικά θέματα όπως η αναγνώριση των παραγόντων που είναι κοινοί ανάμεσα σε διαφορετικές υλοποιήσεις από διαφορετικούς ανθρώπους ενός συγκεκριμένου σεναρίου που περιγράφεται με κάποιο FCM. Πάνω σε αυτές τις δυσκολίες που προκύπτουν έγινε αναφορά με ποιους τρόπους κάποιες από αυτές μπορούν να λυθούν αλλά η διαδικασία συνένωσης της γνώσης με χρήση κάποιου μοντέλου αναπαράστασης της παραμένει ένα απ τα δυσκολότερα κομμάτια της τεχνητής νοημοσύνης.

Τέλος έγινε αναφορά στην σημαντικότητα της διάσπασης πολύπλοκων FCM και ότι αυτά μπορούν να αναπτυχθούν και να εξελιχθούν ξεχωριστά παράγοντας δικά τους συμπεράσματα, σε αυτή την περίπτωση αυτός που θα συγκεντρώνει τα συμπεράσματα θα πρέπει να καταλήγει

σε ένα τελικό συμπέρασμα παρόμοιο με αυτό που θα έβγαινε εάν είχαμε ένα ενιαίο μεγάλο FCM.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

4. Διαδικτυακή εφαρμογή Ομαδικών Ασαφών Γνωστικών Χαρτών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια ανάλυση των προδιαγραφών του συστήματος και ποιες είναι οι λειτουργικές και οι μη λειτουργικές απαιτήσεις του. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην αρχιτεκτονική της εφαρμογής και πως αυτή είναι σχεδιασμένη, ποιοι είναι οι στόχοι καθώς και ποιοι περιορισμοί υπάρχουν.

4.1 Λειτουργίες και απαιτήσεις συστήματος

Η ανάπτυξη της συγκεκριμένης εφαρμογής είχε ως κύριο στόχο την συγχώνευση της γνώσης και της εμπειρίας πολλών ανθρώπων για την επίλυση προβλημάτων με την χρήση των ασαφών γνωστικών χαρτών. Στόχος είναι η συγκέντρωση πολλών τέτοιων χαρτών για κάθε πρόβλημα που έχει δημοσιευτεί από κάποιον ώστε στη συνέχεια να γίνει η απαραίτητη συγχώνευση των πληροφοριών. Αυτό που αρχικά θεωρήθηκε απαραίτητο για την υλοποίηση της εφαρμογής ήταν η απλή πρόσβαση των χρηστών σε μια δομή η οποία θα μπορούσε να συγκεντρώσει σε ένα σημείο όλη αυτή την πληροφορία, έτσι η υλοποίηση βασίστηκε στην αρχιτεκτονική που προσφέρουν οι διαδικτυακές εφαρμογές οι οποίες συγκεντρώνουν τα δεδομένα σε κάποια βάση δεδομένων, επίσης πλεονέκτημα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι η χρήση κάποιου πελάτη ιστού (browser) έτσι δεν χρειάζεται κάποια επιπλέον προσπάθεια του χρηστή για την εγκατάσταση λογισμικού στο σύστημά του.

Η διαδικασία η οποία θα ακολουθήσει ο χρήστης θα έχει τα εξής βήματα:

- Αρχικά απαιτείται εγγραφή των χρηστών ώστε αυτοί να έχουν δικαίωμα να προσθέσουν πληροφορίες είτε αυτές αφορούν ένα νέο θέμα είτε ένα νέο FCM.
- Έπειτα θα πρέπει να γίνει αυθεντικοποίηση των εγγεγραμμένων χρηστών.
- Ο εγγεγραμμένος χρήστης έχει το δικαίωμα να δημιουργήσει ένα νέο θέμα. Ένα νέο θέμα απαιτεί τα εξής στοιχεία
 - Όνομα θέματος
 - Προαιρετική περιγραφή του θέματος
 - Μέγιστος αριθμός ασαφών γνωστικών χαρτών που μπορούν να προσαρτηθούν στο συγκεκριμένο θέμα
 - Τυπικά ονόματα κόμβων ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο εύκολο οι διάφοροι χρήστες που θα δημιουργήσουν ασαφείς γνωστικούς χάρτες να χρησιμοποιήσουν ίδιες ονομασίες για τους κόμβους.
- Δημιουργία τουλάχιστον ενός ασαφή γνωστικού χάρτη με γραφικό τρόπο.
- Αντιστοίχιση των όμοιων κόμβων ώστε το σύστημα να προχωρήσει με την συνένωση των γνωστικών χαρτών.
- Καθορισμός των μεταβλητών οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του αλγορίθμου ο οποίος θα βγάλει τα τελικά αποτελέσματα.
- Δυνατότητα αποθήκευσης των αποτελεσμάτων.
- Δυνατότητα διαγράψης των γνωστικών χαρτών καθώς και ολόκληρων θεμάτων.
- Εμφάνιση αποθηκευμένων αποτελεσμάτων και για τους χρήστες οι οποίοι δεν είναι εγγεγραμμένοι.

4.2 Μη λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος

Στις μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος εντάσσονται κυρίως θέματα τα οποία αφορούν περιορισμούς στην ευχρηστία και την λειτουργικότητα της εφαρμογής.

Μια σημαντική παράμετρος για την επίτευξη της συνένωσης είναι η αντιστοίχιση των κόμβων για τους γνωστικούς χάρτες ενός θέματος, στην διαδικασία αυτή θα πρέπει να υπάρξει ανθρώπινη παρέμβαση ώστε να πετύχουμε όσο το δυνατόν περισσότερη αξιοπιστία.

Ως μελλοντική επέκταση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάποιο σύστημα μετα-δεδομένων ή ακόμα καλύτερα σημασιολογικού ιστού ώστε με κάποιο σύστημα τεχνίτης νοημοσύνης να γίνει αυτόματα η αντιστοίχιση, στην συγκεκριμένη υλοποίηση όμως δεν ήταν επιθυμητό να υλοποιηθεί κάτι τέτοιο καθώς ξεφεύγει από τα πλαίσια του στόχου της συγκεκριμένης εργασίας. Παρ όλα αυτά όμως η διαδικασία της αντιστοίχισης θα πρέπει να είναι εύκολη και απλή στο χρήστη έτσι χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές όπως drag & drop καθώς και απεικόνιση των πινάκων που αντιπροσωπεύουν τις μήτρες των γνωστικών χαρτών δίπλα δίπλα ώστε να είναι εύκολο με το μάτι κάποιος να μπορεί να δει ποιος κόμβος αντιστοιχεί με ποιον.

4.3 Οντότητες συστήματος

Οι οντότητες αφορούν τα αντικείμενα τα οποία υλοποιούνται στο σύστημα ώστε αυτό να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους κανόνες και διαδικασίες, πιο συγκεκριμένα αυτές είναι οι εξής

- **Επισκέπτης:** ο επισκέπτης έχει πρόσβαση στο σύστημα και τα δεδομένα του αλλά μόνο για να τα δει, έτσι δημιουργείται ένα περιβάλλον το οποίο προσφέρει πληροφορία και καταγεγραμμένη εμπειρία από προηγούμενους χρήστες, η λογική που ακολουθήθηκε εδώ είναι παρόμοια με αυτή ενός forum στο οποίο οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση στην καταγεγραμμένη πληροφορία και τη γνώση άλλων ανθρώπων.
- **Χρήστης:** ο εγγεγραμμένος χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει καινούριες πληροφορίες, αυτές είναι ένα νέο θέμα με τις πληροφορίες που το προσδιορίζουν και ένα νέο ασαφή γνωστικό χάρτη μέσα σε κάποιο υπάρχον θέμα. Οι χρήστες για κάποιο θέμα χωρίζονται σε δυο ομάδες.
 - ο **Δημιουργός:** ο δημιουργός του θέματος έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει τις πληροφορίες του θέματος καθώς και να το διαγράψει εάν το επιθυμεί.
 - ο **Χρήστης επισκέπτης του θέματος:** ένας εγγεγραμμένος χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει ασαφείς γνωστικούς χάρτες καθώς και να διαγράψει τους χάρτες τους οποίους έχει δημιουργήσει, δεν έχει την δυνατότητα όμως να διαχειριστεί το ίδιο το θέμα.
- **Θέμα:** ένα θέμα είναι η οντότητα η οποία φιλοξενεί παρόμοιους ασαφείς γνωστικούς χάρτες ώστε αυτοί στη συνέχεια να συνενωθούν σε έναν.
- **Ασαφείς γνωστικοί χάρτες:** αποτελούν ίσως την σημαντικότερη πληροφορία στο σύστημα καθώς αποθηκεύουν με γραφικό τρόπο την γνώση και την εμπειρία ενός ανθρώπου για το πως είναι διασυνδεδεμένοι οι παράγοντες οι οποίοι αποτελούν κάποιο πρόβλημα.

4.3 Η αρχιτεκτονική του συστήματος

Η αρχιτεκτονική η οποία επιλέχτηκε είναι αυτή μιας διαδικτυακής εφαρμογής όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα η αρχιτεκτονική που ακολουθήθηκε χρησιμοποιεί το μοντέλο πελάτη - εξυπηρετητή ώστε να συνδέσει τον χρήστη με μια κεντρική πλατφόρμα η οποία διαχειρίζεται τα δεδομένα.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ένας εξυπηρετητής διαδικτύου και μια βάση δεδομένων, η συγκεκριμένη δομή είναι ευρέως γνώση ως αρχιτεκτονική 3 επιπέδων και ονομάζεται έτσι διότι όταν κάποιος χρήστης της εφαρμογής θέλει να επηρεάσει κάποια δεδομένα στο σύστημα χρησιμοποιεί ένα γραφικό περιβάλλον ως διαπάλη, αυτό είναι γνωστό ως επίπεδο παρουσίασης, στη συνέχεια τα δεδομένα που στέλνει παραλαμβάνονται από κάποιο σύστημα το οποίο τα επεξεργάζεται με κατάλληλο τρόπο ώστε να είναι συμβατά με την βάση δεδομένων η οποία αποτελεί το τρίο επίπεδο και το αντίστοιχο σύστημα στο οποίο υλοποιείται αναλαμβάνει να γράψει ή να διαβάσει δεδομένα.

Με την συγκεκριμένη αρχιτεκτονική έχουμε το πλεονέκτημα ότι ο χρήστης δεν χρειάζεται να έχει στο δικό του σύστημα κάποια εφαρμογή η οποία θα είναι υπεύθυνη για την διαχείριση των αιτήσεων που παράγονται από την δραστηριότητα του χρήστη.

4.4 Τεχνολογίες και εργαλεία ανάπτυξης

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα εργαλεία ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο εύκολα και με σωστό τρόπο η ανάπτυξη, συγκεκριμένα έγινε χρήση των παρακάτω τεχνολογιών και εργαλείων:

- **Java Web (Servlets και Java Server Pages):** για την ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία που προσφέρει η Java για την δημιουργία σελίδων ιστού. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το Java Development Kit 7 (JDK 7) της Oracle.
- **Apache Tomcat web server 7:** ο web server Tomcat αποτελεί ένα από τους πιο διάσημους εξυπηρετητές διαδικτυακών εφαρμογών Java καθώς είναι απλός, εύκολα παραμετροποιήσιμος και σχετικά μικρός σε μέγεθος.
- **MySQL Database Server:** η βάση δεδομένων MySQL αποτελεί μια από τις ιδανικότερες λύσεις για εφαρμογές μικρού μεγέθους καθώς είναι αρκετά ελαφριά και παράλληλα είναι αρκετά αξιόπιστη και γρήγορη.
- **NetBeans 7:** για την ανάπτυξη του κώδικα Java χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο NetBeans το οποίο προσφέρει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον για την συγγραφή, απασφαλμάτωση και χτίσιμο του κώδικα καθώς επίσης και την εκδίπλωση των αρχείων με την χρήση του εργαλείου Ant.
- **Adobe Dreamweaver:** για την δημιουργία αρχείων HTML και CSS χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Dreamweaver, το συγκεκριμένο εργαλείο προσφέρει πολύτιμη βοήθεια για την κατασκευή των σελίδων και την σύνδεση κανόνων CSS πάνω σε αυτές.
- **Adobe Flash Professional:** το συγκεκριμένο εργαλείο χρησιμεύει για την δημιουργία εφαρμογών σε Flash μέσω του οποίου μπόρεσε να γίνει η κατασκευή της εφαρμογής για την δημιουργία και την εμφάνιση των Ασαφών γνωστικών χαρτών με γραφικό περιβάλλον.
- **MySQL Workbench 5:** το MySQL Workbench είναι το εργαλείο διαχείρισης της βάσης δεδομένων το οποίο έχει κατασκευαστεί από την Oracle και αποτελεί ίσως το πιο εύχρηστο μέσω για την σχεδίαση και διαχείριση μιας βάσης δεδομένων σε MySQL Database εξυπηρετητή.

4.5 Εξωτερικές βιβλιοθήκες

Η δημιουργία μιας εφαρμογής η οποία προσφέρει πολύπλοκες λειτουργίες, ένα εύχρηστο και όμορφο γραφικό περιβάλλον δεν θα μπορούσε να κατασκευαστεί σε εύλογο χρονικό διάστημα χωρίς την χρήση κάποιων βιβλιοθηκών οι οποίες υλοποιούν πολύπλοκες λειτουργίες προσφέροντας στον δημιουργό μιας εφαρμογής την δυνατότητα να κάνει διάφορες σύνθετες λειτουργίες καλώντας απλώς κάποιες συναρτήσεις.

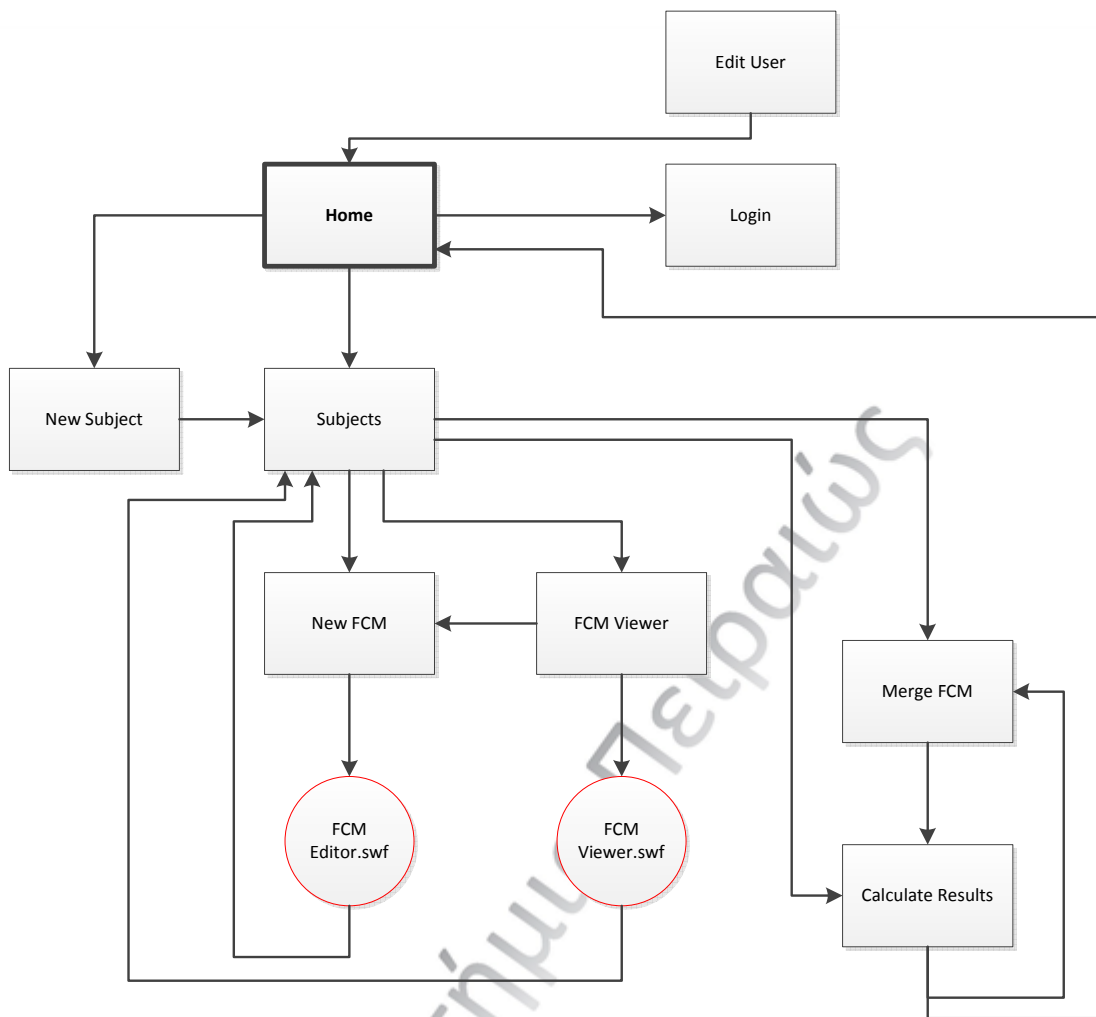
Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι οι εξής:

- **jQuery:** το jQuery αποτελεί μια από τις πιο διάσημες βιβλιοθήκες javascript, προσφέρει μεγάλη ευκολία στην διαχείριση των δομών ενός HTML, χειρίζεται με εύκολο τρόπο τα events και παρέχει πολλές δυνατότητες για τις κλήσεις τύπου Ajax με ελάχιστο κόπο από τη μεριά του προγραμματιστή.
- **jQuery UI:** λειτουργεί ως προέκταση της βιβλιοθήκης jQuery και προσφέρει πολλές δυνατότητες για τη δημιουργία στοιχείων διασύνδεσης με τον χρήστη όπως φόρμες, καρτέλες, κουμπιά και διάφορες σύνθετες διαδραστικές λειτουργίες.
- **RGraph:** το RGraph είναι μια βιβλιοθήκη javascript η οποία δημιουργεί πλαίσια HTML5 Canvas ώστε να δημιουργήσει γραφήματα τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την εξαγωγή αποτελεσμάτων για πιο εύκολη και κατανοητή ανάγνωση τους από τον χρήστη.
- **JDOM:** το JDOM αποτελεί μια βιβλιοθήκη Java η οποία χρησιμεύει κυρίως για την δημιουργία και επεξεργασία δομών XML, η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη χρησιμοποιήθηκε ώστε να δομηθούν γρήγορα και σωστά δομές XML οι οποίες αποστέλλονται στον χρήστη μετά από αιτήσεις Ajax.
- **Apache commons - FileUpload:** η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη Java από την Apache χρησιμεύει για την διαχείριση αρχείων τα οποία μπορεί ο χρήστης να κάνει Upload μέσω κάποιας φόρμας HTML.
- **JDBC - MySQL connector:** η βιβλιοθήκη Java Database Connector για MySQL βάση δεδομένων χρησιμοποιείται για να κάνει την σύνδεση μιας Java εφαρμογής με την βάση δεδομένων.

4.6 Διάγραμμα δομής της εφαρμογής

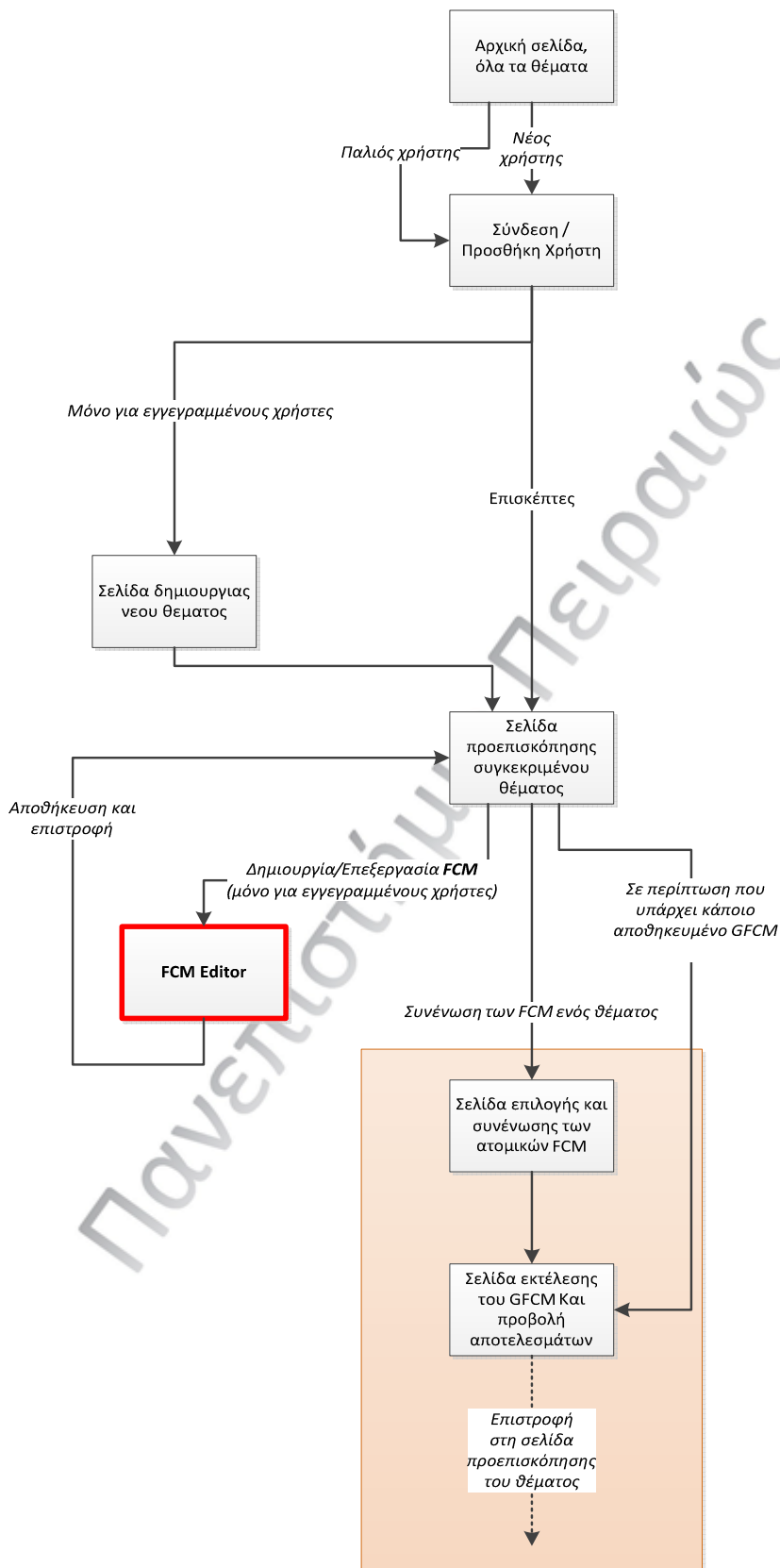
Παρακάτω παρουσιάζεται με γραφικό τρόπο η δομή της εφαρμογής καθώς και πως είναι συνδεδεμένα τα αρχεία JSP και Java:

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι αλληλεπιδράσεις των αρχείων της εφαρμογής.



Εικόνα 4-1: Διάγραμμα σελίδων της εφαρμογής

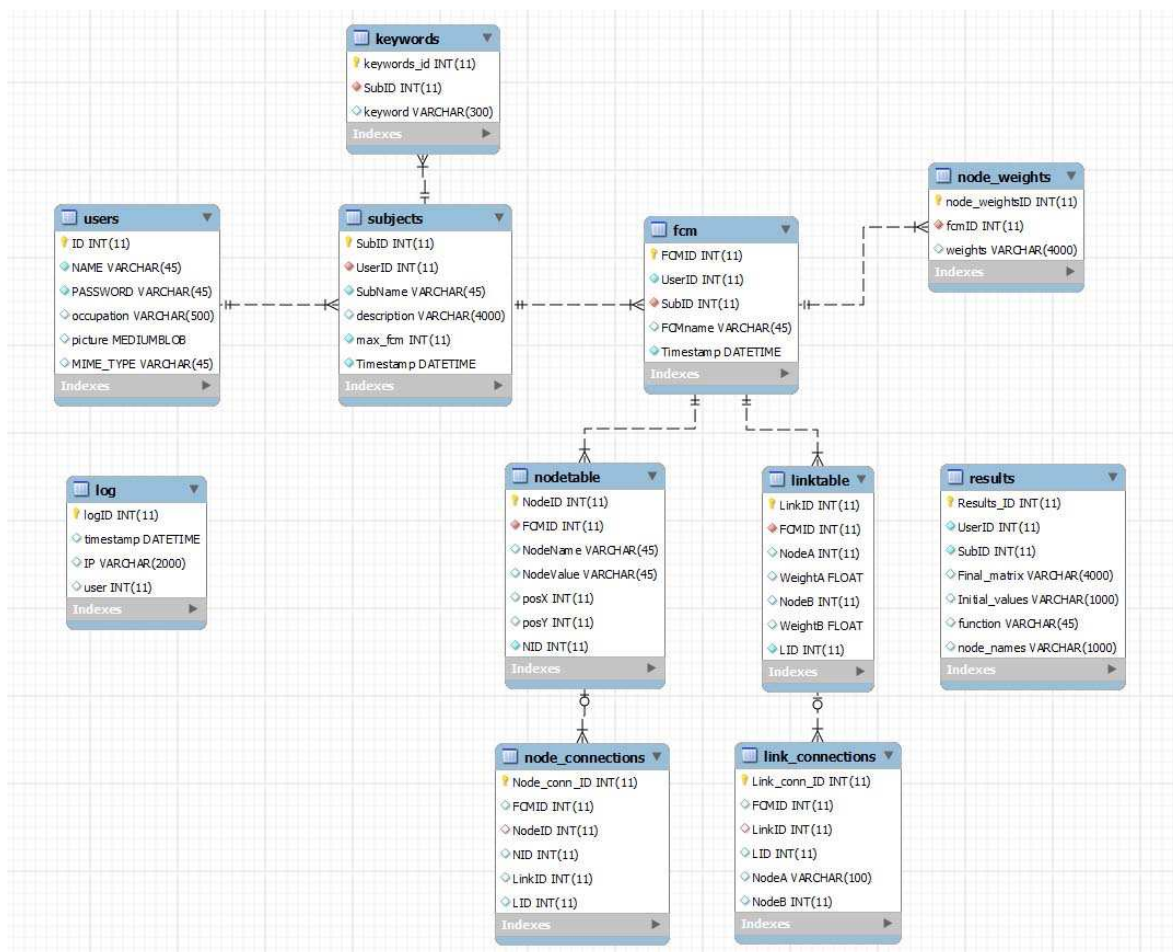
Όταν ένας χρήστης μπαίνει στην αρχική σελίδα της εφαρμογής θα πρέπει να ακολουθήσει την συγκεκριμένη λογική διαδρομή για την σωστή αξιοποίησης εφαρμογής.



Εικόνα 4-2: Διάγραμμα ροής της εφαρμογής

4.7 Βάση δεδομένων

Πολύ σημαντικό ρόλο για την κατασκευή μιας διαδικτυακής εφαρμογής είναι η σχεδίαση και η κατασκευή της βάσης δεδομένων η οποία θα φιλοξενεί τα δεδομένα της εφαρμογής. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι πίνακες και οι συνδέσεις τους με ξένα κλειδιά.



Εικόνα 4-3: Μοντέλο ενότητων συσχετίσεων της βάσης δεδομένων της εφαρμογής

Οι βασικοί πίνακες είναι 10, επιπλέον υπάρχει ένας ακόμη πίνακας με το όνομα log για την αποθήκευση της επίσκεψης των εγγεγραμμένων χρηστών.

Οι πίνακες είναι οι εξής:

- **Users:** ο πίνακας users είναι ο πίνακας ο οποίος κρατάει τα δεδομένα τα οποία αφορούν τους εγγεγραμμένους χρήστες όπως είναι οι κωδικοί το πεδίο με το οποίο σχετίζονται καθώς και μια φωτογραφία για το προφίλ τους η οποία είναι προαιρετική, τα πεδία είναι:
 - **ID**
 - **Password**
 - **Occupation**
 - **Picture**
 - **MIME_TYPE**

- **Subjects:** ο δεύτερος πίνακας είναι ο subject, ο συγκεκριμένος πίνακας κρατάει δεδομένα τα οποία σχετίζονται με κάποιο θέμα το οποίο έχει δημιουργηθεί καθώς και ποιος χρήστης το έχει δημιουργήσει, το πεδίο Timestamp που υπάρχει και στον πίνακα FCM χρησιμεύει για να κρατήσουμε την ώρα που δημιουργήθηκε το κάθε θέμα, τα πεδία του είναι:
 - **SubID**
 - **UserID**
 - **Sub_name**
 - **Description**
 - **Max_FCM**
 - **Timestamp**
- **Keywords:** ο πίνακας Keywords είναι πίνακας ο οποίος έχει σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα Subjects και αποθηκεύει τα ονόματα των πιθανών κόμβους που ο δημιουργός του θέματος θεωρεί ότι μπορεί να δημιουργηθούν, τα πεδία του είναι τα εξής:
 - **Keywords_ID**
 - **SubID**
 - **keyword**
- **FCM:** ο πίνακας FCM έχει σχέση ένα προς πολλά με τον πίνακα Subjects και αποθηκεύει τις βασικές πληροφορίες για κάθε FCM που δημιουργείται, οι πληροφορίες αυτές είναι οι εξής:
 - **FCMID**
 - **UserID**
 - **FCMname**
 - **Timestamp**
- **Nodetable:** ο πίνακας Nodetable είναι ο πίνακας ο οποίος αποθηκεύει τους κόμβους που δημιουργούνται από την εφαρμογή FCM_Editor, τα πεδία του είναι τα εξής:
 - **NodeID**
 - **FCMID**
 - **NodeName**
 - **NodeValue**
 - **posX**
 - **posY**
 - **NID**
- **Linktable:** αντίστοιχα ο πίνακας Linktable αποθηκεύει τα δεδομένα που αφορούν τις συνδέσεις στο FCM, τα πεδία του είναι:
 - **LinkID**
 - **FCMID**
 - **NodeA**
 - **WeightA**
 - **NodeB**

- **WeightB**
- **LID**
- **Node_connections:** ο πίνακας Node_connections χρησιμεύει για να κρατάει ως πληροφορία το ποιες συνδέσεις σχετίζονται με κάποιον κόμβο, τα πεδία του είναι:
 - **Node_conn_ID**
 - **FCMID**
 - **NodeID**
 - **NID**
 - **LinkID**
 - **LID**
- **Link_connections:** όπως και ο πίνακας Node_connections έτσι και ο πίνακας Link_connections χρησιμεύει για να γίνει η αντιστοίχιση των συνδέσεων με τους κόμβους αλλά από την μεριά των συνδέσεων αυτή τη φορά, τα πεδία του είναι:
 - **Link_conn_ID**
 - **FCMID**
 - **LinkID**
 - **LID**
 - **NodeA**
 - **NodeB**
- **Results:** ο πίνακας Results είναι ο πίνακας ο οποίος κρατάει τα αποτελέσματα από την εκτέλεση του αλγορίθμου πάνω σε κάποιο συνενωμένο FCM, επίσης μερικά πεδία του χρησιμεύουν για την αποθήκευση πληροφοριών που αφορούν τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν όπως το είδος της συνάρτησης και τις αρχικές τιμές, τα πεδία του είναι τα εξής:
 - **Results_ID**
 - **UserID**
 - **SubID**
 - **Final_matrix**
 - **Initial_values**
 - **Function**
 - **node_names**
- **Node_weights:** τέλος υπάρχει ο πίνακας Node_weights, ο συγκεκριμένος πίνακας χρησιμεύει για να γίνει η αποθήκευση μόνο των βαρών των συνδέσεων σε ένα ξεχωριστό πίνακα ώστε να μην χρειάζεται να γίνεται πολύπλοκη ανάκτηση των βαρών από τον πίνακα Link_table, τα πεδία του είναι:
 - **node_weightsID**
 - **fcmlD**
 - **weights**

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

5. Παράδειγμα χρήσης εφαρμογής για ομαδικό περιβάλλον

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί πιο αναλυτικά και μέσω παραδειγμάτων η χρήση της εφαρμογής με πραγματικά δεδομένα, για καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας θα γίνει χρήση εικόνων των σελίδων για κάθε βήμα. Οι χρήστες μπορούν να χωριστούν σε τρία είδη, τους επισκέπτες και τους εγγεγραμμένους χρήστες οι οποίοι είτε θα είναι δημιουργοί ενός θέματος είτε απλά θα συνεισφέρουν με την δημιουργία ασαφών γνωστικών χαρτών σε κάποιο έτοιμο θέμα.

Η εφαρμογή φιλοξενείται μόνιμα στην διεύθυνση anagnostou-gfcm.rhcloud.com

5.1 Αρχική σελίδα

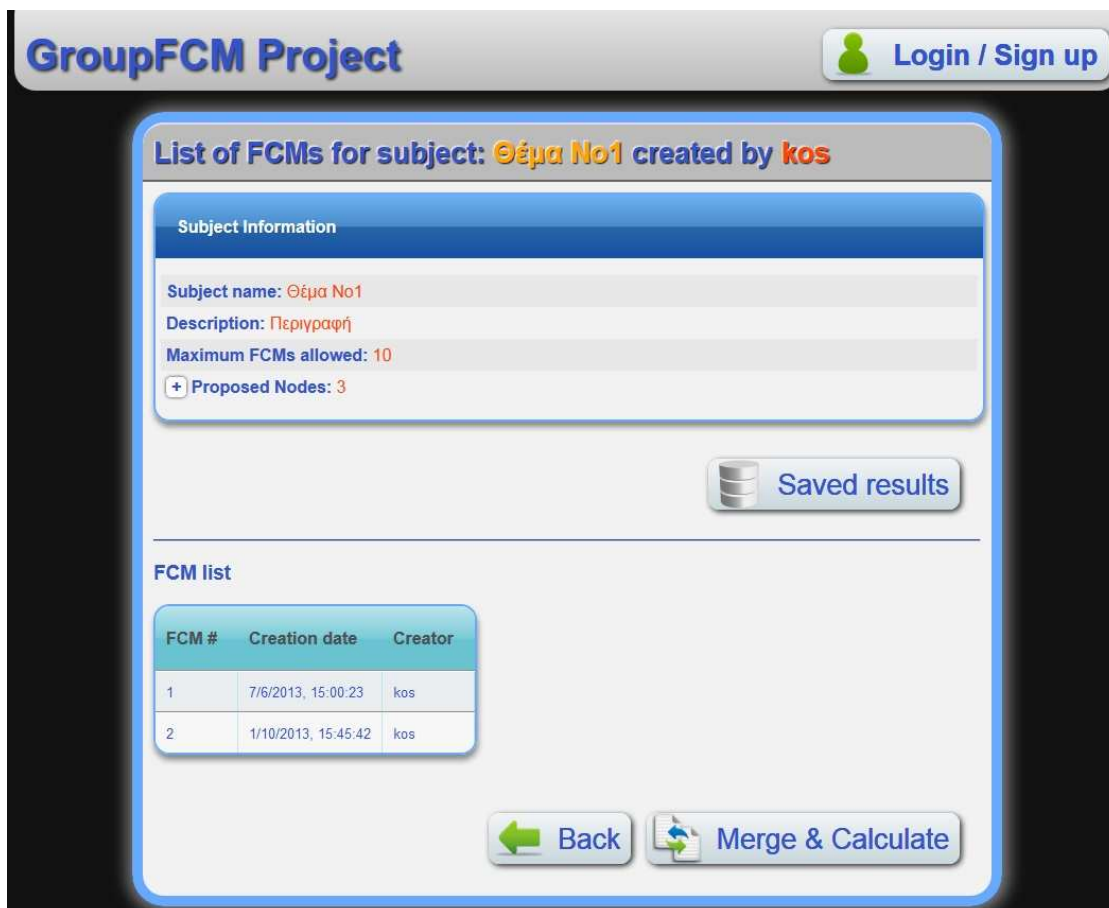
Στην αρχική σελίδα ο χρήστης μπορεί να δει όλα τα διαθέσιμα θέματα ταξινομημένα από το παλαιότερο προς το νεότερο. Ο χρήστης αρχικά σαν επισκέπτης μπορεί είτε να επισκεφθεί κάποιο θέμα είτε να πατήσει πάνω στο κουμπί που βρίσκεται στο πάνω δεξί μέρος της οθόνης ώστε να κάνει την εισαγωγή του ως εγγεγραμμένος χρήστης.

The screenshot shows the 'GroupFCM Project' web application. At the top, there is a navigation bar with the title 'GroupFCM Project' and a 'Login / Sign up' button. Below this is a section titled 'List of subjects' which contains a table of all subjects. The table has the following columns: Date, Subject name, Description, Creator, Maximum FCM allowed, and Current number of FCMs. The table lists six subjects with their respective details.

Date	Subject name	Description	Creator	Maximum FCM allowed	Current number of FCMs
18/6/2013, 09:21:21	dapost1	test	kos	5	2
13/6/2013, 14:44:46	name	Δοκιμαστικό θέμα	kos	5	3
7/6/2013, 14:58:44	Θέμα Νο1	Περιγραφή	kos	10	2
20/6/2013, 12:57:50	test		roi	5	3
20/9/2013, 06:48:12	football		roi000	5	0
20/9/2013, 04:47:12	health		roi000	10	0

Εικόνα 5-1: Αρχική σελίδα εφαρμογής για επισκέπτη

Στην περίπτωση που πατήσει πάνω σε κάποιο θέμα το οποίο εμφανίζεται στον πίνακα θα οδηγηθεί στην σελίδα με τα στοιχεία που αφορούν το συγκεκριμένο θέμα και με την λίστα των ασαφών γνωστικών χαρτών που έχουν ήδη δημιουργηθεί, σαν επισκέπτης όμως δεν θα έχει τη δυνατότητα να κάνει κάποια αλλαγή στα δεδομένα αυτά, παρακάτω φαίνεται η σελίδα για κάποιο θέμα όπως την βλέπει κάποιος επισκέπτης.



The screenshot displays the 'GroupFCM Project' interface. At the top right, there is a 'Login / Sign up' button. The main content area is titled 'List of FCMs for subject: **Θέμα No1** created by **kos**'. Below this title is a 'Subject Information' box containing the following details:

- Subject name: **Θέμα No1**
- Description: **Περιγραφή**
- Maximum FCMs allowed: **10**
- + Proposed Nodes: **3**

To the right of the subject information is a 'Saved results' button with a database icon. Below this is the 'FCM list' section, which contains a table with the following data:

FCM #	Creation date	Creator
1	7/6/2013, 15:00:23	kos
2	1/10/2013, 15:45:42	kos

At the bottom of the interface, there are two buttons: 'Back' and 'Merge & Calculate'.

Εικόνα 5-2: Σελίδα προβολής θέματος για επισκέπτη

Εάν ο χρήστης της εφαρμογής έχει ήδη κάποιο λογαριασμό και κάνει είσοδο με αυτόν τότε στην κεντρική σελίδα εμφανίζονται δυο πίνακες, στον πρώτο είναι η λίστα με τα θέματα που έχει δημιουργήσει ο ίδιος και στην δεύτερη είναι όλα τα θέματα που υπάρχουν, κάτω από τον πρώτο πίνακα μπορούμε να διακρίνουμε το κουμπί της δημιουργίας νέου θέματος.

GroupFCM Project kos Logout

List of subjects

My list of subjects

Date	Subject name	Description	Maximum FCM allowed	Current number of FCMs
18/6/2013, 09:21:21	dapost1	test	5	2
13/6/2013, 14:44:46	name	Δοκιμαστικό θέμα	5	3
7/6/2013, 14:58:44	Θέμα Νο1	Περιγραφή	10	2

[+ Create a new subject](#)

All subjects

Date	Subject name	Description	Creator	Maximum FCM allowed	Current number of FCMs
18/6/2013, 09:21:21	dapost1	test	kos	5	2

Εικόνα 5-3: Αρχική σελίδα για εγγεγραμμένο χρήστη

5.2 Εγγραφή χρήστη

Εάν ο χρήστης πατήσει το κουμπί στο πάνω δεξί μέρος της οθόνης το οποίο λέει Login / Sign Up τότε θα οδηγηθεί στην παρακάτω σελίδα η οποία περιέχει δυο φόρμες, στην πρώτη μπορεί να βάλει τα στοιχεία του εάν έχει ήδη κάποιο λογαριασμό και στη δεύτερη να κάνει εγγραφή βάζοντας προαιρετικά με τι ασχολείται και εάν το επιθυμεί μια εικόνα για το προφίλ του.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'anagnostou-gfcm.rhcloud.com/Login_page.jsp'. The page title is 'GroupFCM Project'. The main content area is titled 'Login Form' and is divided into two sections: 'Login' and 'Sign Up'. The 'Login' section includes a 'Username:' field, a 'Password:' field, and a 'Login' button. The 'Sign Up' section includes a 'Username:' field, a 'Password:' field, a 'Repeat password:' field, an 'Occupation:' dropdown menu (set to 'Άλλο'), a 'Profile picture:' section with a file upload button and the text 'Δεν επιλέχθηκε αρχείο.', a 'Sign Up' button, and a 'Back' button.

Εικόνα 5-4: Σελίδα για είσοδο ή δημιουργία λογαριασμού

5.3 Διαχείριση λογαριασμού χρήστη

Μετά την είσοδο του χρήστη με κάποιο λογαριασμό στην λωρίδα που βρίσκεται στο πάνω μέρος της κάθε σελίδας εμφανίζεται ένα επιπλέον κουμπί, εάν αυτό το κουμπί πατηθεί τότε εμφανίζεται ένα μικρό παράθυρο με τις βασικές πληροφορίες για τον χρήστη, σε αυτό το παράθυρο υπάρχει ένα κουμπί Edit με το οποίο ο χρήστης μπορεί να οδηγηθεί σε μια νέα σελίδα για την τροποποίηση των πληροφοριών του προφίλ του.

The screenshot displays the 'GroupFCM Project' interface. At the top right, there is a user profile dropdown showing 'kos' and a 'Logout' button. The main content area is titled 'List of subjects' and contains a table of subjects. A popup window is open over the table, showing the user's profile information for 'kos'. The popup includes a profile picture of daisies, the user's name 'kos', occupation 'Πληροφορική-Τηλεπικοινωνίες', 'Number of Subjects: 3', and 'Total number of FCMs: 8'. There is an 'Edit' button with a pencil icon and a 'Create a new subject' button with a plus sign.

Date	Subject name	Description
18/6/2013, 09:21:21	dapost1	test
13/6/2013, 14:44:46	name	Δοκιμαστικό θέμα
7/6/2013, 14:58:44	Θέμα No1	Περιγραφή

Εικόνα 5-5: Παράθυρο με τα στοιχεία του λογαριασμού του χρήστη

Παρακάτω φαίνεται η σελίδα τροποποίησης του προφίλ του χρήστη. Οι πληροφορίες που μπορεί να αλλάξει είναι το όνομα του, ο κωδικός πρόσβασης, το είδος της απασχόλησης καθώς και να αλλάξει ή να διαγράψει την εικόνα του.

GroupFCM Project kos Logout

Edit your profile

Username:

Password: **Change your password**

Current password:

New password:

Repeat new password:

OK

Occupation:

Profile picture:

 **Delete your picture**

New picture: Δεν επιλέχθηκε αρχείο. (Up to 2MB)

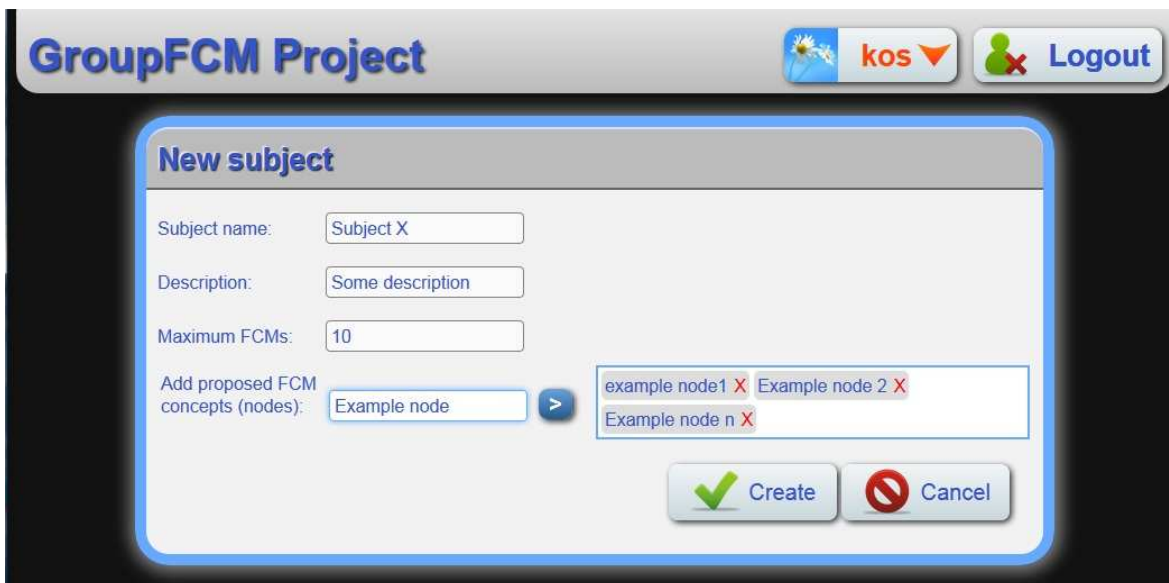
X Delete your profile

← Home **✓ Commit Changes**

Εικόνα 5-6: Σελίδα επεξεργασίας λογαριασμού

5.4 Δημιουργία θέματος

Για την δημιουργία νέου θέματος όπως προαναφέρθηκε μπορεί να γίνει μόνο από κάποιο εγγεγραμμένο χρήστη, για να εισάγει κάποιος ένα νέο θέμα μπορεί από την κεντρική σελίδα να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί για την δημιουργία νέου θέματος, η εικόνα παρακάτω παρουσιάζει την σελίδα που εμφανίζεται για την εισαγωγή δεδομένων που αφορούν το νέο θέμα, τα στοιχεία αυτά είναι το όνομα του θέματος, μια απλή περιγραφή για τον προσδιορισμό του, έναν αριθμό για να υπάρχει κάποιο μέγιστο όριο γνωστικών χαρτών και τέλος μια λίστα με πιθανά ονόματα κόμβων ώστε οι υπόλοιποι χρήστες να χρησιμοποιήσουν παρόμοιες ονομασίες στους κόμβους τους για την κατασκευή του υπολοίπων ασαφών γνωστικών χαρτών.



The screenshot shows the 'New subject' form in the GroupFCM Project interface. The form is titled 'New subject' and contains the following fields and elements:

- Subject name:** A text input field containing 'Subject X'.
- Description:** A text input field containing 'Some description'.
- Maximum FCMs:** A text input field containing '10'.
- Add proposed FCM concepts (nodes):** A text input field containing 'Example node' with a blue arrow button to its right.
- Proposed nodes list:** A list box containing three items: 'example node1 X', 'Example node 2 X', and 'Example node n X'. Each item has a red 'X' icon to its right.
- Buttons:** Two buttons at the bottom right: a green checkmark button labeled 'Create' and a red 'X' button labeled 'Cancel'.

The interface also features a header with the text 'GroupFCM Project', a user profile icon labeled 'kos', and a 'Logout' button.

Εικόνα 5-7: Σελίδα δημιουργίας νέου θέματος

5.5 Σελίδα δημιουργίας και διαχείρισης θέματος και Ασαφών γνωστικών χαρτών

Στην σελίδα για την διαχείριση ενός θέματος ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει:

- Τα στοιχεία που αφορούν το συγκεκριμένο θέμα
- Τις προτεινόμενες ονομασίες για τους κόμβους
- Να εμφανίσει τα αποθηκευμένα αποτελέσματα του συγκεκριμένου θέματος
- Τη λίστα με τα FCM που έχουν δημιουργηθεί και από ποιο χρήστη
- Να διαγράψει FCM που έχει δημιουργήσει ο ίδιος
- Και τέλος υπάρχουν κουμπιά με τα οποία μπορεί:
 - Να δημιουργήσει ένα νέο FCM
 - Να τροποποιήσει τις πληροφορίες του συγκεκριμένου θέματος εάν είναι και ο δημιουργός του
 - Να σβήσει το θέμα επίσης εάν είναι ο δημιουργός του
 - Και τέλος να προχωρήσει στην συνένωση των FCM

The screenshot displays the 'GroupFCM Project' interface. At the top, there is a header with the project name, a user profile for 'kos', and a 'Logout' button. The main content area is titled 'List of FCMs for subject: Θέμα No1 created by kos'. Below this, there is a 'Subject Information' section containing the following details:

- Subject name: Θέμα No1
- Description: Περιγραφή
- Maximum FCMs allowed: 10
- Proposed Nodes: 3 (with a list: test node name 1, test node name 2, test node name 3)

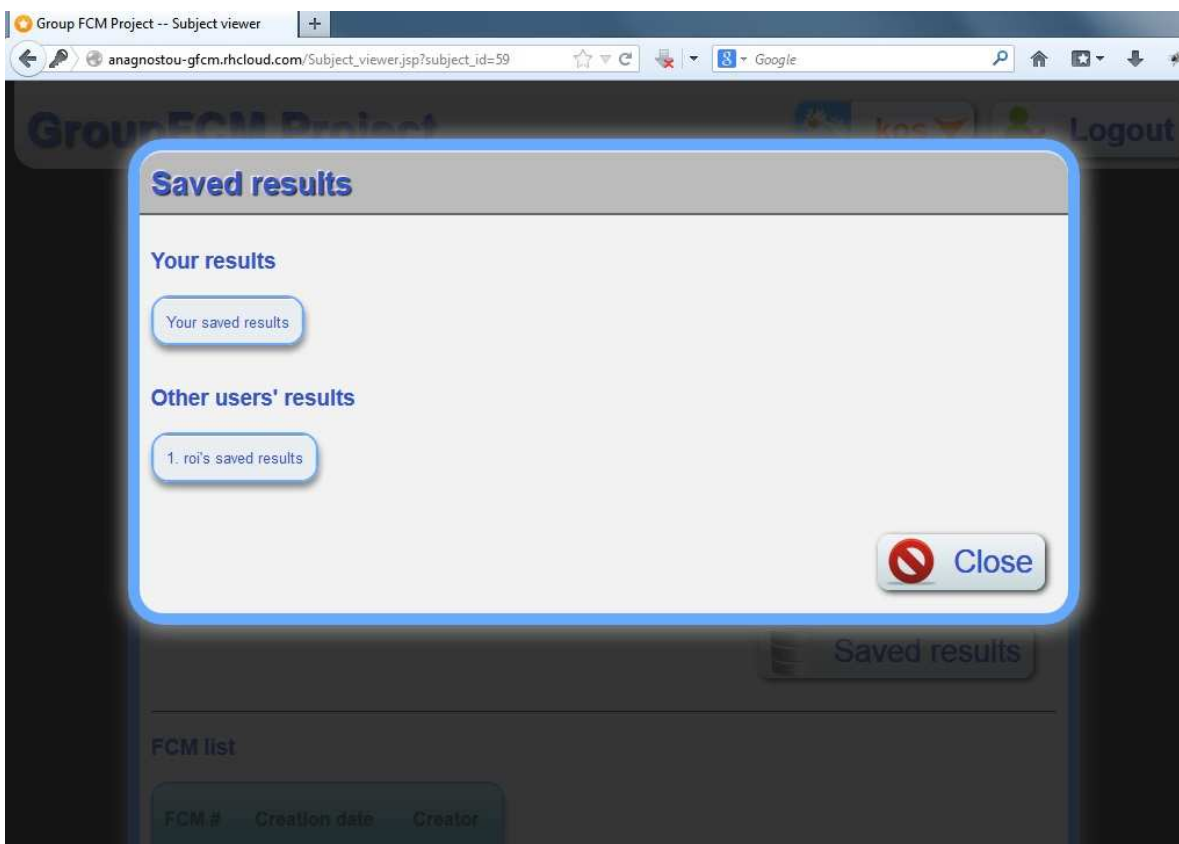
A 'Saved results' button is located below the subject information. The 'FCM list' section contains a table with the following data:

FCM #	Creation date	Creator
1	7/6/2013, 15:00:23	kos
2	1/10/2013, 15:45:42	kos

Below the table, there are several action buttons: 'Delete this FCM' (with a red X icon), 'Create FCM' (with a green plus icon), 'Edit' (with a yellow pencil icon), 'Delete subject' (with a red X icon), 'Back' (with a green left arrow icon), and 'Merge & Calculate' (with a blue double arrow icon).

Εικόνα 5-8: Σελίδα προβολής θέματος για εγγεγραμμένο χρήστη

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το παράθυρο το οποίο εμφανίζεται με την λίστα των αποτελεσμάτων, ο κάθε χρήστης μπορεί να έχει ένα αποτέλεσμα για κάθε θέμα.



Εικόνα 5-9: Προβολή αποθηκευμένων αποτελεσμάτων και κάποιο θέμα

Εάν ο χρήστης έχει μπει στη σελίδα του θέματος και είναι και ο δημιουργός του έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί της πληροφορίες του πατώντας στο κουμπί edit, με αυτό τον τρόπο εμφανίζεται ένα μικρό παράθυρο με μια φόρμα μέσω της οποίας μπορεί να γίνει η εισαγωγή των νέων στοιχείων.

List of FCMs for subject: Θέμα No1 created by kos

Subject Information

Subject name: Θέμα No1
 Description: Περιγραφή
 Maximum FCMs allowed: 10
 Proposed Nodes: 3
 test node name 1 test node name 2 test no

Edit

Subject name: Θέμα No1
 Description: Περιγραφή No2
 Max No of FCMs: 10
 Edit the keywords
 OK

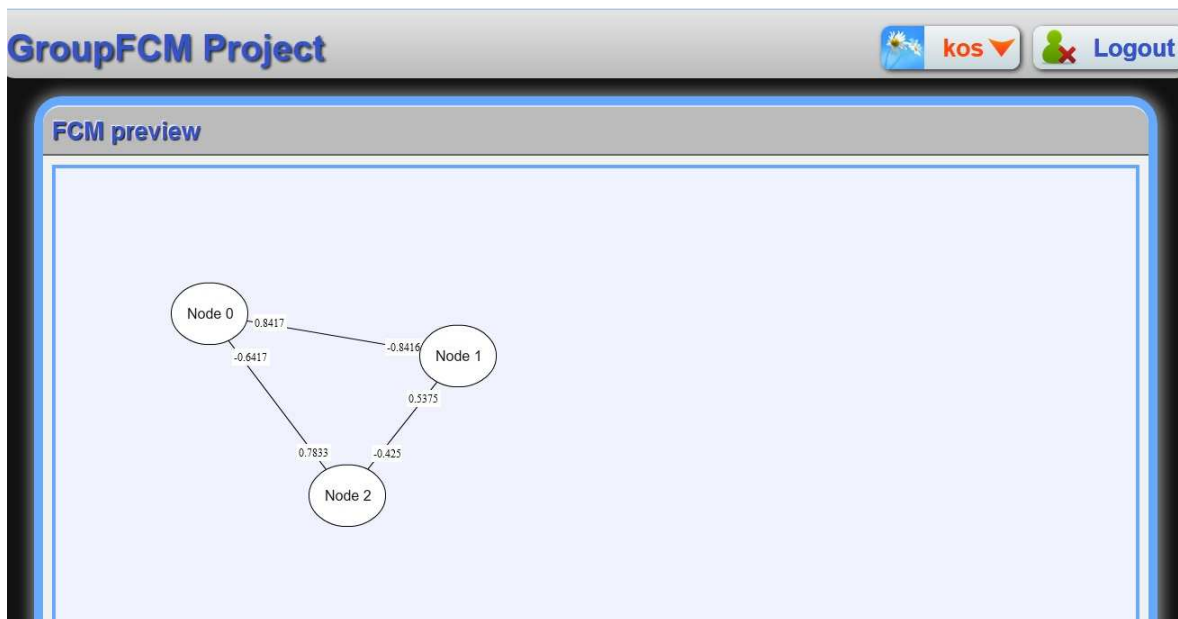
FCM list

FCM #	Creation date	Creator
1	7/6/2013, 15:00:23	kos
2	1/10/2013, 15:45:42	kos

Create FCM
 Edit
 Delete subject
 Back
 Merge & Calculate

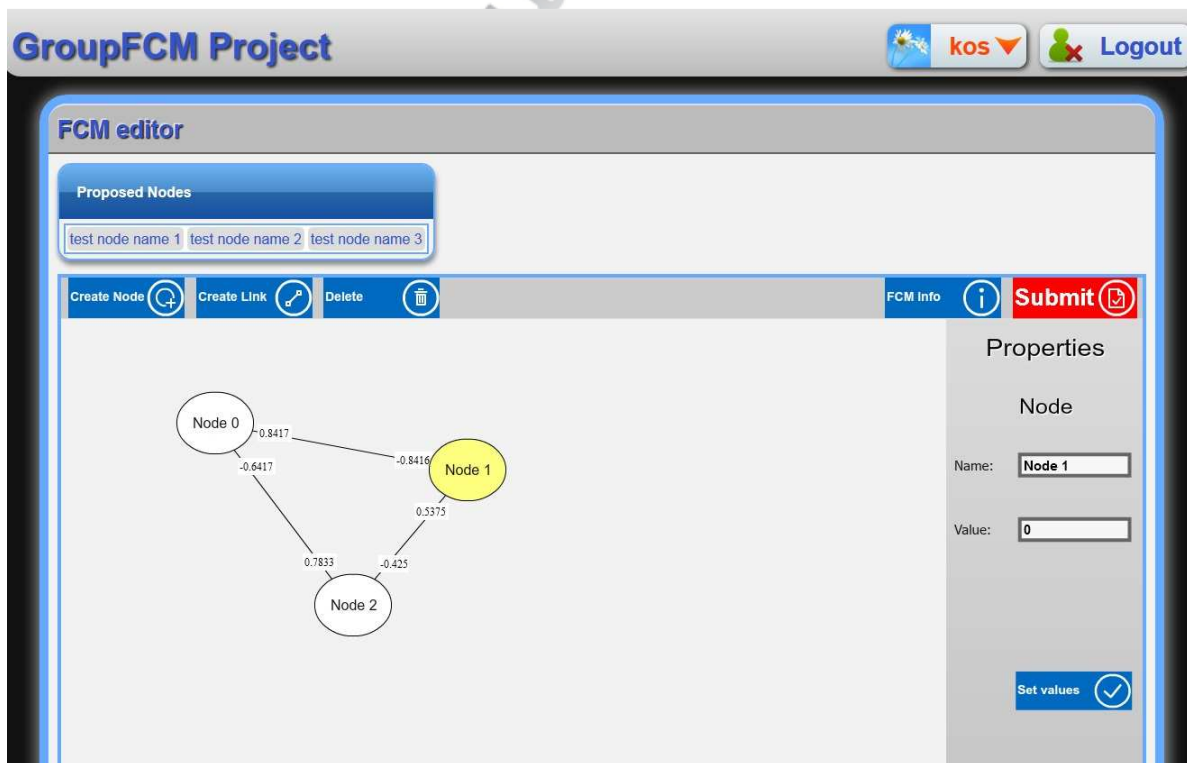
Εικόνα 5-10: Επεξεργασία στοιχείων κάποιου θέματος

Πατώντας πάνω σε κάποιο FCM στην λίστα που εμφανίζεται μπορεί κάποιος να δει το συγκεκριμένο FCM αλλά δεν μπορεί αρχικά να το τροποποιήσει.



Εικόνα 5-11: Προβολή ενός FCM

Στη συνέχεια εάν ο χρήστης είναι ο δημιουργός του FCM έχει τη δυνατότητα πατώντας στο αντίστοιχο κουμπί Edit να μεταβεί στην σελίδα τροποποίησης του FCM η οποία είναι η ίδια και για την κατασκευή ενός νέου FCM, πατώντας το κόκκινο κουμπί Submit το FCM που μόλις δημιουργήθηκε αποθηκεύεται στη βάση.



Εικόνα 5-12: Επεξεργασία ενός FCM

5.6 Σελίδα συνένωσης των ασαφών γνωστικών χαρτών

Όταν υπάρχει τουλάχιστον ένα FCM ο χρήστης μπορεί να πατήσει στο κουμπί Merge & Calculate που εμφανίζεται στο κάτω μέρος της σελίδας για την προβολή του θέματος.

Η νέα σελίδα που εμφανίζεται είναι χωρισμένη σε δυο τμήματα, στο αριστερό εμφανίζεται το πρώτο FCM που δημιουργήθηκε ως το βασικό και στην δεξιά μεριά εμφανίζονται διαδοχικά τα υπόλοιπα εάν υπάρχουν, η λογική που ακολουθήθηκε εδώ είναι η εξής μετά την συνένωση του πρώτου κόμβου με κάποιον άλλο δημιουργείται μια μήτρα με τις τιμές των βαρών σύμφωνα με τον αλγόριθμο που αναφέρθηκε στο 3^ο κεφάλαιο, τα επόμενα FCM ουσιαστικά ενώνονται με την επαυξημένη μήτρα που έχει δημιουργηθεί από τα προηγούμενα FCM.

Το πρώτο βήμα για την συνένωση είναι να επιλεγεί κάποιο FCM από την λίστα που εμφανίζεται στο δεξί μέρος της οθόνης, οι κόμβοι του εμφανίζονται αυτομάτως στον πίνακα Additional FCM (Nodes), από εκεί ο χρήστης μπορεί να πατήσει πάνω σε κάποιο κόμβο και να τον σύρει στην άδεια λίστα που υπάρχει στη μέση και ονομάζεται Same Nodes, η συγκεκριμένη λίστα έχει ως στόχο να βρεθούν δίπλα δίπλα οι όμοιοι κόμβοι από τα δυο FCM που πρόκειται να συνενωθούν.

Για το δεύτερο βήμα όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί Next οι εναπομείναντες κόμβοι του επιπροσθέτου FCM αποκτούν ένα checkbox με το οποίο μπορεί να προσδιοριστεί εάν οι κόμβοι που δεν ταίριαζαν στο πρώτο βήμα θα πρέπει να συμπεριληφθούν.

Οι παρακάτω εικόνα εμφανίζει το δεύτερο βήμα με το οποίο γίνεται η διαδικασία της εισαγωγής των επιπλέον κόμβων.

Εικόνα 5-13: Σελίδα συνένωσης των FCM για κάποιο θέμα, αντιστοίχιση κόμβων

Όταν πατηθεί το κουμπί OK γίνεται η συνένωση και στο κάτω μέρος της σελίδας εμφανίζεται ένας πίνακας ο οποίος σε κάθε κελί του έχει τις τιμές των βαρών για το κάθε FCM.

Main FCM (Nodes)

- Node 0
- Node 1
- Node 2
- Node 2

Same Nodes

- Node 0
- Node 1
-

Additional FCM (Nodes)

- Node 0
- Node 1
- Node 2

FCM Matrix

	Node 0	Node 1	Node 2
Node 0	0	-0.8416	0.7833
Node 1	0.8417	0	-0.425
Node 2	-0.6417	0.5375	0

FCM Matrix

	Node 0	Node 1	Node 2
Node 0	0	0	0
Node 1	0	0	0
Node 2	0	0	0

Merged FCM Matrix

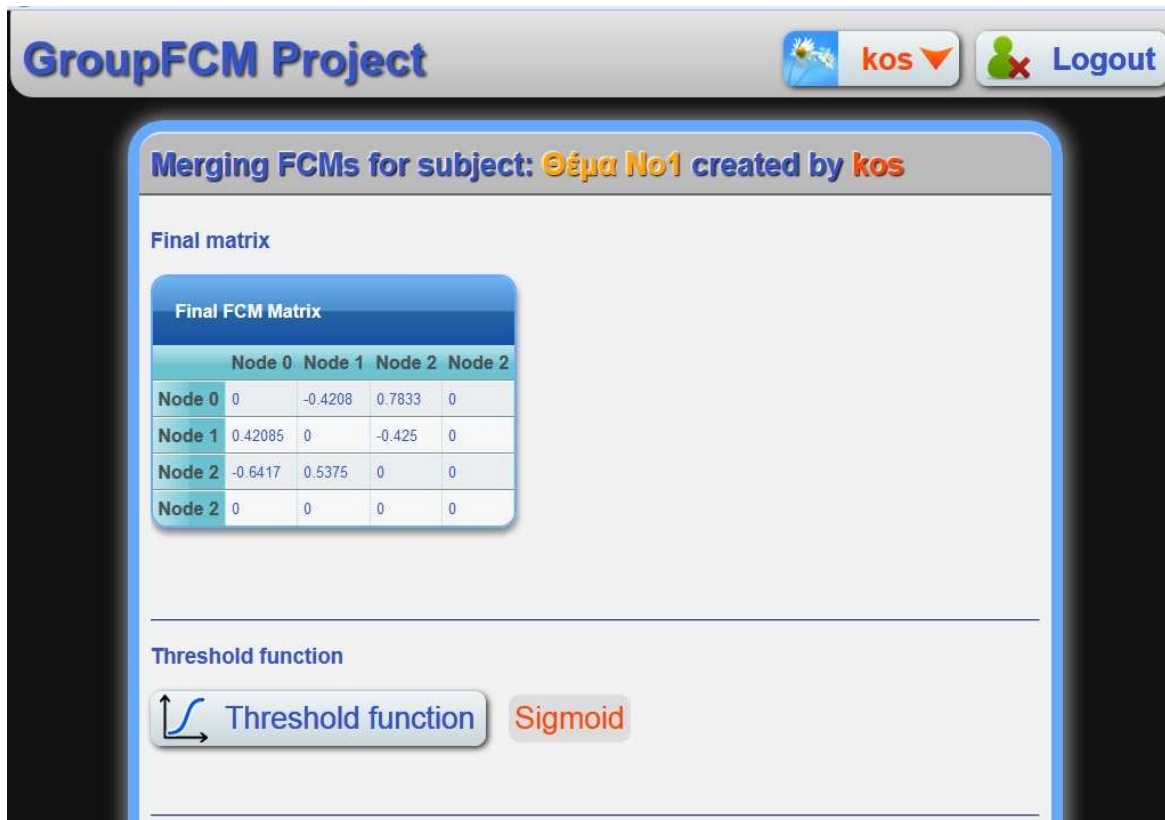
	Node 0	Node 1	Node 2	Node 2
Node 0	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	-0.8416 <input type="text" value="0"/>	0.7833	<input type="text" value="0"/>
Node 1	0.8417 <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	-0.425	<input type="text" value="0"/>
Node 2	-0.6417 <input type="text" value="0"/>	0.5375	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Node 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Back Proceed

Εικόνα 5-14: Σελίδα συνένωσης FCM, προβολή πινάκων με τα βάρη

5.7 Σελίδα παράγωγης αποτελεσμάτων

Τέλος υπάρχει η σελίδα από την οποία παράγονται τα αποτελέσματα, εδώ αρχικά βλέπουμε έναν πίνακα ο οποίος έχει τον μέσω όρο των βαρών από τα συνενωμένα FCM.



GroupFCM Project kos Logout

Merging FCMs for subject: Θέμα Νο1 created by kos

Final matrix

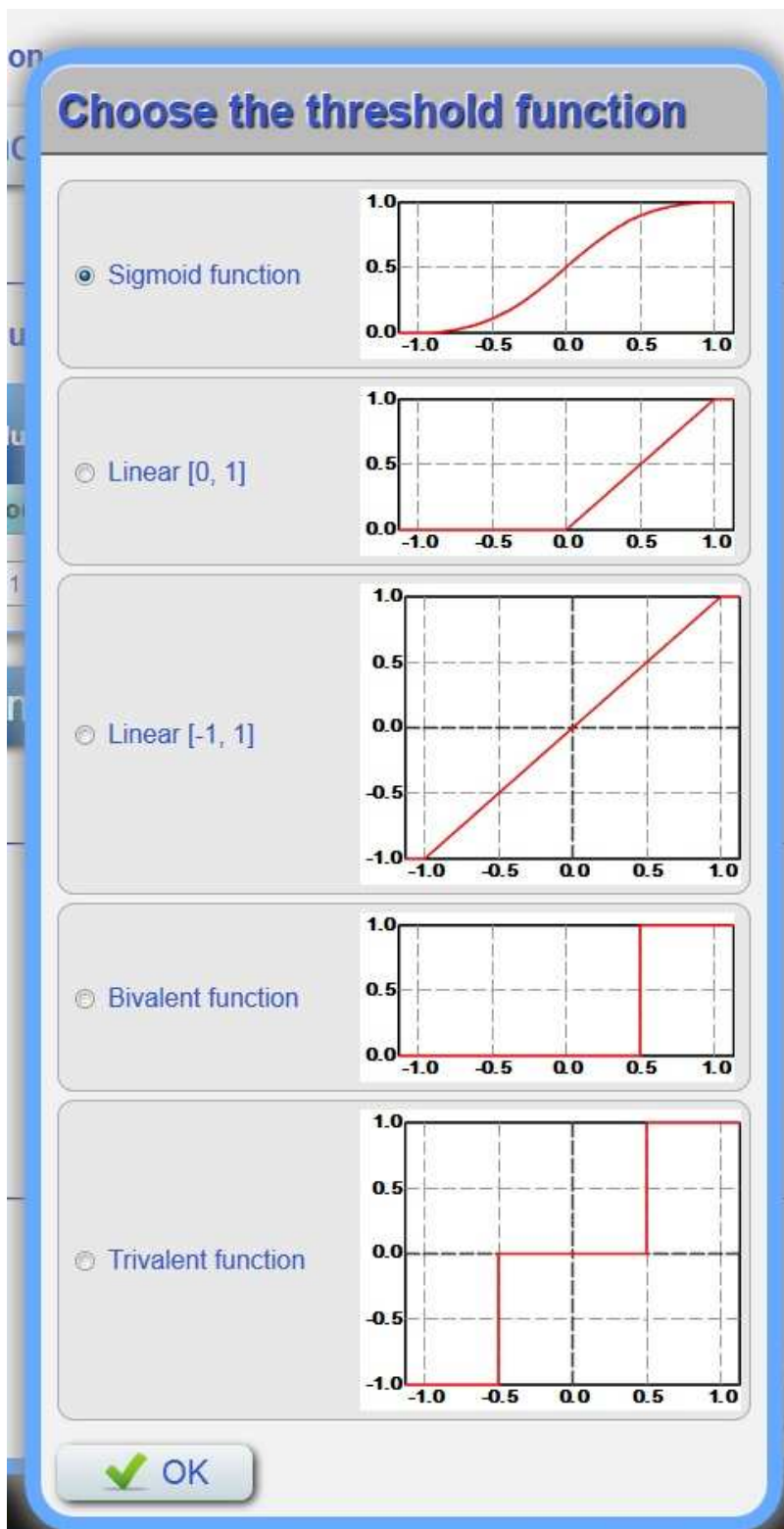
Final FCM Matrix				
	Node 0	Node 1	Node 2	Node 2
Node 0	0	-0.4208	0.7833	0
Node 1	0.42085	0	-0.425	0
Node 2	-0.6417	0.5375	0	0
Node 2	0	0	0	0

Threshold function

Threshold function Sigmoid

Εικόνα 5-15: Σελίδα αποτελεσμάτων, τελικός πίνακας βαρών

Πατώντας στο κουμπί Threshold function εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο έχει τις συναρτήσεις οι οποίες αναφέρθηκαν και στο 2^ο κεφάλαιο, επιλέγοντας κάποια ο αλγόριθμος που θα εκτελεστεί στη συνέχεια θα εφαρμοστεί την αντίστοιχη συνάρτηση.



Εικόνα 5-16: Επιλογή συνάρτησης κατωφλιού

Παρακάτω στην ίδια σελίδα εμφανίζονται ένας πίνακας με τον οποίο μπορεί να γίνει η εισαγωγή των αρχικών τιμών, για να καταχωρηθούν θα πρέπει να πατηθεί το αντίστοιχο κουμπί που λέει Insert initial values.



Nodes' initial Values

Node 0	Node 1	Node 2	Node 2
1	0.5	1	-0.8

Insert initial values

Results

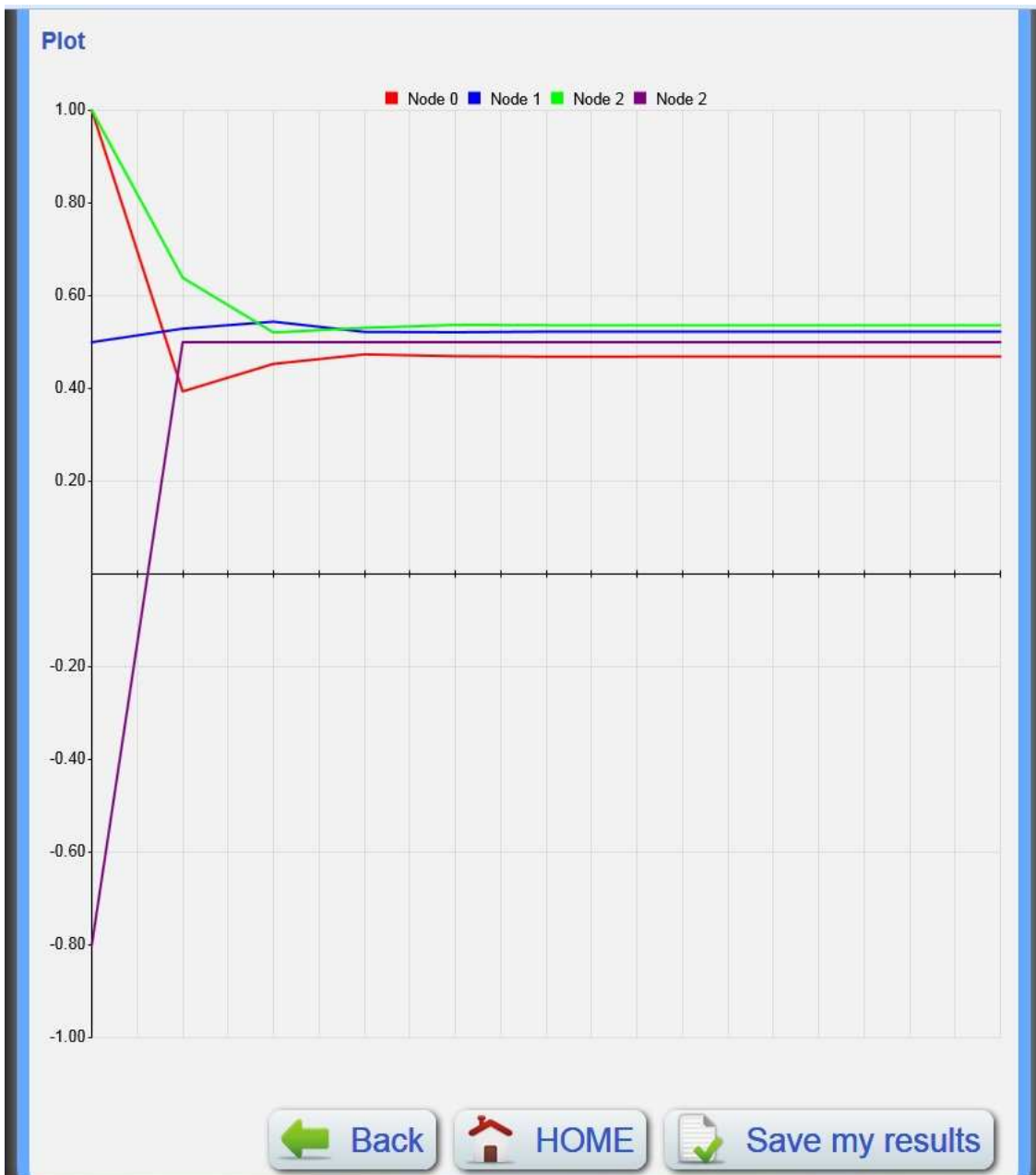
Calculate

Nodes' Values

	Node 0	Node 1	Node 2	Node 2
#0	1	0.5	1	-0.8
#1	0.39382	0.52914	0.63895	0.5
#2	0.45331	0.54431	0.52089	0.5
#3	0.47373	0.52229	0.5309	0.5
#4	0.46982	0.52149	0.53721	0.5
#5	0.46873	0.52275	0.53653	0.5
#6	0.46897	0.52277	0.53618	0.5
#7	0.46902	0.5227	0.53623	0.5
#8	0.46901	0.5227	0.53625	0.5
#9	0.46901	0.5227	0.53624	0.5
#10	0.46901	0.5227	0.53624	0.5

Εικόνα 5-17: Σελίδα αποτελεσμάτων, εισαγωγή αρχικών τιμών και προβολή αποτελεσμάτων

Πατώντας το κουμπί Calculate εκτελείται ο αλγόριθμος για την μήτρα των συνενωμένων FCM και παράγει τα αποτελέσματα σε βήματα, οι τιμές αυτές εμφανίζονται για κάθε κόμβο και κάθε βήμα στον πίνακα Nodes Values και παρακάτω για πιο εύκολη απεικόνιση της μεταβολής των τιμών υπάρχει και ένα γράφημα το οποίο δείχνει με χρωματιστές γραμμές τις τιμές που πήρε ο κάθε κόμβος για κάθε βήμα του αλγορίθμου.



Εικόνα 5-18: Σελίδα αποτελεσμάτων, προβολή γραφήματος αποτελεσμάτων

Τέλος εάν ο χρήστης έχει μπει στην εφαρμογή με κάποιο λογαριασμό έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει τα αποτελέσματα του ώστε να έχει πρόσβαση σε αυτά στο μέλλον, επίσης στην περίπτωση που γίνει αποθήκευση των δεδομένων οι υπόλοιποι χρήστες της εφαρμογής έχουν την δυνατότητα να δουν αυτά τα αποτελέσματα και είτε να πάρουν την γνώση που αντιπροσωπεύουν είτε να τα συγκρίνουν με τα δικά τους αποτελέσματα.



Εικόνα 5-19: Σελίδα αποτελεσμάτων, αποθήκευση αποτελεσμάτων

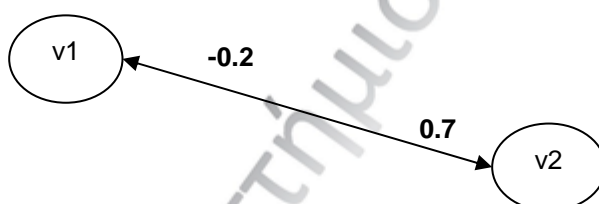
6. Ανάλυση διαδικασίας συνένωσης Ασαφών Γνωστικών Χαρτών από την εφαρμογή

Αυτό το κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στην πιο λεπτομερή ανάλυση της διαδικασίας συνένωσης των Ασαφών γνωστικών χαρτών όπως αυτή υλοποιείται από την εφαρμογή, για να γίνουν πιο κατανοητά τα παραδείγματα που ακολουθούν θα γίνει χρήση απλών αριθμητικών τιμών.

6.1 Συλλογή των ασαφών γνωστικών χαρτών

Αρχικά αυτό που γίνεται είναι να δημιουργηθεί μια λίστα με όλους τους γνωστικού χάρτες που έχουν δημιουργηθεί, όπως αναφέρθηκε ήδη και στο κεφάλαιο τρία, κύριο στοιχείο της συνένωσης είναι η αντιστοίχιση των κόμβων ώστε να βγει μια μέση τιμή της επίδρασης που προτείνουν οι ειδικοί προς κάποιον άλλο κόμβο.

Οι τιμές των ασαφών γνωστικών χαρτών μετατρέπονται σε μήτρες οι οποίες έχουν μέγεθος $n \times n$ όπου n είναι ο αριθμός των κόμβων, για την απεικόνιση των μητρών δημιουργούνται πίνακες στους οποίους φαίνεται ποιος κόμβος στην αντίστοιχη γραμμή επηρεάζει κάποιον κόμβο στην αντίστοιχη στήλη, για παράδειγμα ως υποθέσουμε ότι έχουμε δυο κόμβους όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 6-1: Απλός ασαφής γνωστικός χάρτης

Αυτό που απεικονίζεται εδώ είναι δυο κόμβοι οι οποίοι αλληλοεπηρεάζονται, ο πρώτος έχει βαθμό επιρροής 0.7 δηλαδή αρκετά πολύ θετικά και ο δεύτερος -0.2 δηλαδή λίγο αρνητικά, ο αντίστοιχος πίνακας που θα παραχθεί και θα έχει μέγεθος 2×2 είναι ο εξής:

	v1	v2
v1	0	0.7
v2	-0.2	0

Από τον συγκεκριμένο πίνακα μπορεί κανείς να καταλάβει ότι από την πρώτη γραμμή ο κόμβος ο οποίος ονομάζεται v1 έχει βαθμό επιρροής 0.7 προς τον κόμβο με όνομα v2 που βρίσκεται στην δεύτερη στήλη.

Στην εφαρμογή όταν ο χρήστης πλοηγηθεί στην σελίδα στην οποία γίνεται η συνένωση των γνωστικών χαρτών μπορεί να δει τους αντίστοιχους πίνακες που παράγονται και έχουν όνομα FCM Matrix.

Επειδή πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας ασαφής γνωστικός χάρτης στο αριστερό μέρος της σελίδας εμφανίζεται ο πρώτος γνωστικός χάρτης για το συγκεκριμένο θέμα,

αντίστοιχα στο δεξί μέρος της σελίδας υπάρχει μια λίστα με επικεφαλίδα List of additional FCMs με όλους τους υπόλοιπους γνωστικούς χάρτες.

Πατώντας πάνω σε κάποιο στοιχείο της λίστας εμφανίζονται με αυτόματο τρόπο οι αντίστοιχες πληροφορίες για τον επιλεγμένο ασαφή γνωστικό χάρτη, μεταξύ αυτών εμφανίζεται και ο αντίστοιχος πίνακας βαρών.

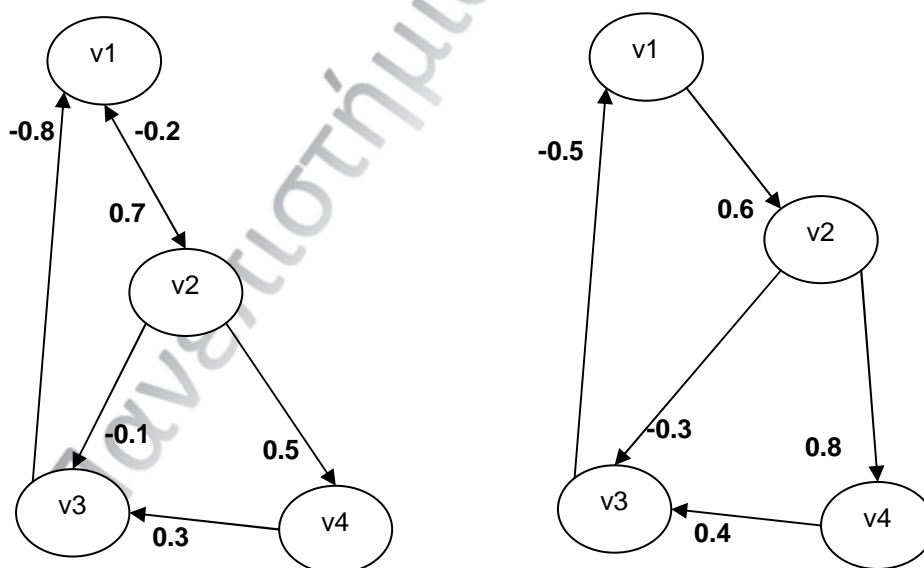
Αυτό που καλείται σε αυτό το σημείο ο χρήστης καλείται να κάνει είναι να επιλέξει διαδοχικά έναν έναν τον κάθε ασαφή γνωστικό χάρτη για να ακολουθήσει την διαδικασία της συνένωσης.

6.2 Αντιστοίχιση κόμβων

Στην περίπτωση που ο χρήστης έχει επιλέξει κάποιο από τους επιπρόσθετους ασαφείς γνωστικούς χάρτες και τα στοιχεία του έχουν εμφανιστεί στο δεξί μέρος της σελίδας μπορεί να αρχίσει η διαδικασία της συνένωσης αυτών των δυο γνωστικών χαρτών.

Το πρώτο βήμα είναι να γίνει η αντιστοίχιση των κόμβων, στο παρακάτω παράδειγμα φαίνεται με γραφικό τρόπο γιατί είναι τόσο σημαντική η αντιστοίχιση.

Ας υποθέσουμε πάλι ότι έχουμε δυο πολύ απλούς ασαφείς χάρτες από δυο ειδικούς οι οποίοι είναι σχετικά όμοιοι.



Εικόνα 6-2: Ασαφείς γνωστικοί χάρτες με κοινούς κόμβους

Αυτό που θα πρέπει να γίνει από την μεριά του συστήματος είναι να καταλάβει ποιος κόμβος αντιστοιχεί με ποιον.

Για να γίνει με σωστό τρόπο η αντιστοίχιση η εφαρμογή ζητά απ τον χρήστη να βάλει δίπλα δίπλα σε δυο πίνακες τους όμοιους κόμβους, όταν γίνει αυτό ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί.

Με την αντιστοίχιση των κόμβων μπορεί να δημιουργηθεί ένας πίνακας στον οποίο θα υπάρχουν δυο τιμές σε κάθε κελί του η πρώτη αντιστοιχεί στις τιμές των βαρών που έχει δώσει ο πρώτος ειδικός και η δεύτερη σε αυτή που έχει δώσει ο δεύτερος, για το παραπάνω παράδειγμα θα είχε δημιουργηθεί ο εξής πίνακας:

	v1		v2		v3		v4	
v1	0	0	0.7	0.6	0	0	0	0
v2	-0.2	0	0	0	-0.1	-0.3	0.5	0.8
v3	-0.8	-0.5	0	0	0	0	0	0
v4	0	0	0	0	0.3	0.4	0	0

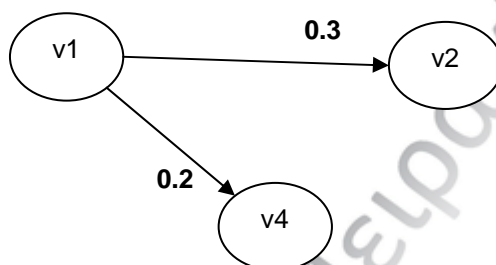
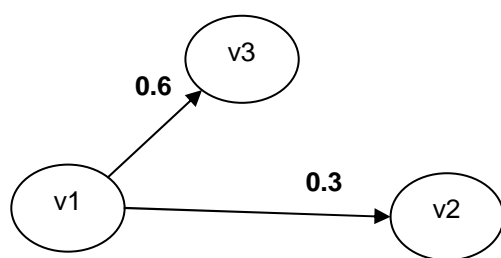
Για τους κόμβους που στο σχήμα δεν φαίνεται να έχουν κάποια επίδραση προς κάποιο άλλο κόμβο θεωρούμε ότι έχουμε μηδενική τιμή.

Ο σκοπός μας μέχρι στιγμής είναι να βγάλουμε τον μέσο όρο για τα βάρη του που έχει δώσει ο κάθε ειδικός, για παράδειγμα τώρα που γνωρίζουμε ότι οι κόμβοι v1 και v3 είναι ο ίδιος παράγοντας στο σενάριο που έχουν περιγράψει τα δυο άτομα μπορούμε να πούμε ότι ο πρώτος ειδικός έχει την άποψη ότι ο κόμβος v3 επηρεάζει με βαθμό -0.8 τον κόμβο v1 και ο δεύτερος ειδικός πιστεύει ότι η ίδια επιρροή έχει βαθμό -0.5 το σύστημα μπορεί να βγάλει ως συμπέρασμα ότι ο μέσος όρος επιρροής του κόμβου v3 προς τον κόμβο v1 είναι -0.65, αντίστοιχα η ίδια τεχνική μπορεί να ακολουθηθεί και για περισσότερους ασαφείς γνωστικούς χάρτες με τον πίνακα που φιλοξενεί τις τιμές να έχει περισσότερα στοιχεία ανά κελί.

6.3 Προσθήκη επιπλέον κόμβων

Ένα ακόμη πρόβλημα που πρέπει να ληφθεί υπ όψιν είναι ότι δυο ασαφείς γνωστικοί χάρτες που έχουν δημιουργηθεί από δυο διαφορετικούς ανθρώπους δεν θα έχουν ακριβώς τους ίδιους κόμβους, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα κάποιος κόμβος που υπάρχει στον πρώτο γνωστικό χάρτη να μην υπάρχει στον δεύτερο ή το αντίθετο.

Αυτό που πρέπει να γίνει εδώ είναι να υπάρχει η δυνατότητα να γίνει προσθήκη των περισσευόμενων κόμβων, για να το πετύχει αυτό η εφαρμογή έχει δημιουργηθεί ένα δεύτερο βήμα στο οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τους αντίστοιχους κόμβους για να προστεθούν στον τελικό πίνακα, ως υποθέσουμε πάλι ότι έχουμε δυο γνωστικούς χάρτες οι οποίοι θα πρέπει να συνενωθούν αλλά δεν είναι όλοι οι κόμβοι κοινός και στους δυο.



Εικόνα 6-3: Ασαφείς γνωστικοί χάρτες με μη κοινούς κόμβους

Στο παραπάνω σχήμα οι ειδικοί έχουν αναφέρει τους κόμβους v1 και v2 αλλά ο κόμβος v3 αναφέρεται μόνο απ τον πρώτο ειδικό και ο v4 μόνο από τον δεύτερο, στην περίπτωση που δεν πρόκειται για τον ίδιο παράγοντα που απλά του έχει δοθεί διαφορετικό όνομα αλλά είναι όντως δυο διαφορετικοί παράγοντες μπορούμε να πούμε ότι ο πρώτος ειδικός γνωρίζει για κάποιον παράγοντα τον οποίο αγνοεί ο δεύτερος ειδικός πιθανόν λόγω διαφορετικών γνώσεων πάνω στο ζήτημα που αντιπροσωπεύουν οι χάρτες τους και αντίστοιχα το ίδιο συμβαίνει και για τον δεύτερο ειδικό.

Εάν θέλουμε να αναπαραστήσουμε τους κοινούς κόμβους δίπλα δίπλα θα μπορούσαμε να το αποτυπώσουμε με τον παρακάτω πίνακα

Ειδικός #1	Ειδικός #2
v1	v1
v2	v2
v3	---
---	v4

Αυτό που πρέπει να γίνει εδώ είναι να δημιουργηθεί ένας πίνακα ο οποίος θα εμπεριέχει και τους τέσσερις παράγοντες, μια τεχνική είναι να συμπληρώσουμε με μηδενικά τις επιδράσεις ανάμεσα στους κόμβους που δεν υπάρχουν για τον κάθε γνωστικό χάρτη αλλά όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο τρία αυτό θα επηρεάσει λάθος τον μέσο όρο, μπορεί κάνει να πει ότι η μηδενική τιμή αντιπροσωπεύει την γνώση του ειδικού ότι δεν υπάρχει κάποια επιρροή ανάμεσα σε κάποιους κόμβους, στην παραπάνω περίπτωση όμως δεν συμβαίνει ακριβώς αυτό

το πράγμα, αυτό που γίνεται εδώ είναι ότι ο ειδικός δεν έχει άποψη ή γνώση για κάτι ενώ σε αντίθετη περίπτωση εάν είχε πιθανόν θα έλεγε ότι η επιρροή δεν είναι ουδέτερη.

Με την παραπάνω λογική λοιπόν η εφαρμογή δημιουργεί τον αντίστοιχο πίνακα.

	v1		v2		v3		v4	
v1	0	0	0.3	0.3	0.6	---	---	0.2
v2	0	0	0	0	0	---	---	0
v3	0	---	0	---	0	---	---	---
v4	---	0	---	0	---	---	---	0

Στον πίνακα που δημιουργήθηκε παραπάνω δεν έχουν εισαχθεί καθόλου τιμές για τους αντίστοιχους κόμβους που δεν υπάρχουν στον γνωστικό χάρτη του κάθε ειδικού, για παράδειγμα ο πρώτος ειδικός θεωρεί πως το κόμβος v1 επηρεάζει με βαθμό 0.6 τον κόμβο v3, σε αυτή την περίπτωση εάν συμπληρώναμε με μηδενικά τη επιρροή των κόμβων του δεύτερου ειδικού προς τον κόμβο v3 θα παίρναμε ως μέσο όρο την τιμή 0.3 το οποίο θα αλλοίωνε την γνώση του πρώτου ειδικού με κάτι το οποίο ο δεύτερος ειδικός πρακτικά αγνοεί τελείως.

Η υλοποίηση της συγκεκριμένης εφαρμογής μας επιτρέπει να παίρνουμε τον μέσο όρο μόνο για την γνώση που υπάρχει και στην παραπάνω περίπτωση είναι η γνώση μόνο του πρώτου ειδικού που μας λέει ότι η επιρροή είναι με βαθμό 0.6 από τον κόμβο v1 προς τον v3.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

7. Συμπεράσματα

7.1 Περίληψη και συμπεράσματα

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για την πιο σωστή ανάλυση της δομής ενός σεναρίου απ το οποίο θα πρέπει να παρθεί κάποια απόφαση, τέτοια σενάρια όπως προαναφέρθηκε και στην παρούσα εργασία μπορεί να είναι το πως κάποιος παράγοντας μέσα σε μια πόλη όπως η αύξηση πληθυσμού επηρεάζει την αύξηση των απορριμμάτων ή για παράδειγμα η απόφαση για το αν θα πρέπει κανείς να ανοίξει κάποιο κατάστημα σε μια συγκεκριμένη περιοχή με παράγοντες όπως η "κίνηση" στην περιοχή, τα δημοτικά τέλη, ο ανταγωνισμός και άλλα τέτοια να πρέπει να ληφθούν υπόψη διότι επηρεάζουν με τη σειρά τους το τελικό κέρδος της επιχείρησης.

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια προσαρμογής της διαδικασίας με την οποία υπολογίζονται οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε περιβάλλοντα όπου θα πρέπει να γίνει η λήψη μιας απόφασης από ομάδα ατόμων και όχι μόνο από ένα άτομο μεμονωμένα.

Αρχικά έγινε μια πιο θεωρητική προσέγγιση του θέματος για το ποιος είναι ο πιο σωστός τρόπος ώστε να γίνει η σχετικά δύσκολη διαδικασία της συνένωσης των γνώσεων πολλών ατόμων, πολύ σημαντικό στη διαδικασία αυτή είναι η ταυτοποίηση των κοινών κόμβων στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες που έχουν παραχθεί. Στη συνέχεια της διαδικασίας αυτό που πρέπει να γίνει είναι να βγει ο μέσος όρος από τα βάρη των συνδέσμων από και προς τον κάθε κόμβο.

Στο δεύτερο τμήμα της εργασίας έγινε μια παρουσίαση της υλοποίησης της εφαρμογής η οποία αναπτύχθηκε ώστε να υλοποιήσει όλες αυτές τις ιδέες, η εφαρμογή είναι ουσιαστικά μια διαδικτυακή εφαρμογή στην οποία οι χρήστες μπορούν να κάνουν λογαριασμούς και μέσω αυτών να συνεισφέρουν με τις ιδέες τους υπό τη μορφή ασαφών γνωστικών χαρτών στα θέματα που έχουν δημιουργηθεί είτε αν το επιθυμούν να δημιουργήσουν κάποιο δικό τους θέμα.

Αυτό που απαιτείται από τον χρήστη περά από την δημιουργία των ασαφών γνωστικών χαρτών για εκτελεστεί η διαδικασία της συγχώνευσης είναι να προσδιορίσει ποιοι κόμβοι είναι όμοιοι ανάμεσα σε διαφορετικούς ασαφείς γνωστικούς χάρτες, αυτό γίνεται διότι η αναγνώριση των κοινών κόμβων από κάποιο υπολογιστικό σύστημα είναι μια διαδικασία αρκετά δύσκολη και απαιτεί κάποιο προηγμένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης και ανάλυσης της φυσικής γλώσσας του ανθρώπου.

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες χρησιμεύουν ως ένα σημαντικό εργαλείο για την λήψη αποφάσεων, και η χρήση τους ως ομαδικό εργαλείο πολύ πιθανόν στο μέλλον να έχει αρκετά μεγάλη άνθηση, ο συνδυασμός του δε με άλλα εργαλεία λήψης αποφάσεων όπως η πολυκριτηριακή ανάλυση θα δώσει ως αποτέλεσμα ένα πιο ολοκληρωμένο σύστημα αφού οι γνωστικοί χάρτες θα δίνουν την δυνατότητα να απαντηθούν ερωτήματα όπως το εάν είναι προς το συμφέρον μας να παρθεί κάποια απόφαση ενώ το αντίστοιχο σύστημα πολυκριτηριακής ανάλυσης θα απαντά σε ερωτήματα όπως ποια είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση εφ όσον έχουμε αποφασίσει ότι θα κάνουμε κάποια ενέργεια με την βοήθεια των ασαφών γνωστικών χαρτών.

7.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

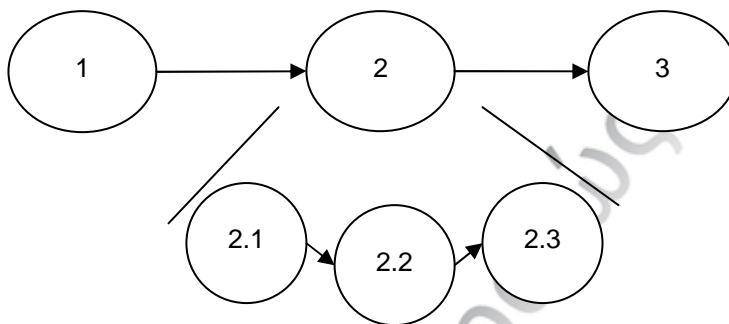
Ως μελλοντικές επεκτάσεις η συγκεκριμένη εργασία θα μπορούσε να εξελιχθεί προς αρκετές κατευθύνσεις οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω.

- **Σύστημα επικοινωνίας των χρηστών:** Η εφαρμογή θα μπορούσε να παρέχει κάποιο σύστημα σχολίων ή μηνυμάτων ώστε οι διάφοροι χρήστες να μπορούν να έχουν και ένα μέσο επικοινωνίας μεταξύ τους για τον πιο σωστό συντονισμό ή την αντιπαράθεση απόψεων πάνω στον σχεδιασμό των ασαφών γνωστικών χαρτών που έχει δημιουργήσει ο καθένας.
- **Επιλογή του πρώτου ασαφή γνωστικού χάρτη:** Στη σελίδα συνένωσης των επιμέρους ασαφών γνωστικών χαρτών θα μπορούσε να γίνεται επιλογή για το ποιος θα είναι ο πρώτος γνωστικός χάρτης ο οποίος θα ενωθεί με τους υπόλοιπους και να μην γίνεται χρήση πάντα του πρώτου γνωστικού χάρτη που δημιουργήθηκε για το συγκεκριμένο θέμα.
- **Αυτόματη αντιστοίχιση των κοινών κόμβων:** Δημιουργία κάποιου συστήματος ενδεχομένως με χρήση σημασιολογικού ιστού, το οποίο θα μπορεί αυτόματα να κάνει την ταύτιση των κοινών κόμβων ώστε να είναι μικρότερος ο φόρτος εργασίας για την διαδικασία συνένωσης των ασαφών γνωστικών χαρτών στον άνθρωπο ο οποίος προσπαθεί να κάνει την συνένωση, αυτό θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για θέματα τα οποία εμπεριέχουν πολλούς ασαφείς γνωστικούς χάρτες. Επίσης ο χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αναιρέσει της προτάσεις του συστήματος σε περίπτωση που αυτό έχει κάνει λάθος.
- **Προτάσεις κόμβων κατά τη δημιουργία ενός ασαφή γνωστικού χάρτη:** Κάθε νέος χρήστης που πάει να δημιουργήσει ένα ατομικό ασαφή γνωστικού χάρτη για ένα θέμα που έχει και άλλους έτοιμους ατομικούς ασαφείς γνωστικούς χάρτες από άλλους χρήστες, τότε το σύστημα να του προτείνει αυτόματα και τους κόμβους των έτοιμων ασαφών γνωστικών χαρτών έτσι ώστε να βάλει παρόμοιες ονομασίες κόμβων και στο δικό του.
- **Βαρύτητα άποψης για κάθε χρήστη:** Κάτι ακόμα που θα μπορούσε να υλοποιηθεί είναι ο βαθμός αξιοπιστίας για κάθε χρήστη, στη συγκεκριμένη εφαρμογή δεν γίνεται αξιολόγηση της βαρύτητας της γνώμης του κάθε ειδικού και κατ' επέκταση των ασαφών γνωστικών χαρτών που δημιουργεί με αποτέλεσμα όλοι οι γνωστικοί ασαφείς χάρτες να έχουν την ίδια βαρύτητα κατά την διαδικασία της συνένωσης κάτι το οποίο δεν είναι πάντα σωστό, με την παραπάνω λογική θα έπρεπε για πιο σωστά αποτελέσματα να υπάρχει και κάποια μεταβλητή αξιοπιστίας (credibility) σε κάθε ασαφή γνωστικό χάρτη.
- **Ανάλυση του κάθε ασαφή γνωστικού χάρτη:** Σύμφωνα με την βιβλιογραφία που υπάρχει για κάθε ασαφή γνωστικό χάρτη υπάρχουν μέθοδοι για την ανάλυσή τους, τα είδη της ανάλυσης που υπάρχουν αφορούν την σημαντικότητα ή αλλιώς κεντρικότητα των κόμβων, την έμμεση και συνολική επίδραση που δέχεται κάποιος κόμβος όπως περιγράφηκε και στην ενότητα 2.7, τέτοιου είδους αναλύσεις δεν εκτελούνται αυτή τη στιγμή από την συγκεκριμένη εφαρμογή καθώς δεν χρειάστηκε για τους σκοπούς της εργασίας.
- **Δυνατότητα δημιουργίας ασαφών γνωστικών χαρτών που είναι υποτημήματα ενός μεγαλύτερου ασαφή γνωστικού χάρτη:** Όπως περιγράφηκε και στο τρίτο κεφάλαιο δεν είναι απαραίτητο ένας ειδικός να έχει γνώση συνολικά για κάποιο σενάριο, έτσι θα έπρεπε να παρέχεται η δυνατότητα να μπορεί κάποιος να δημιουργεί κάποιο ασαφή γνωστικό χάρτη ο οποίος θα ήταν απλά ένας κόμβος για ένα ανώτερο επίπεδο του συστήματος.

Παρακάτω έχει γίνει απεικόνιση των δυο ειδών υποτημημάτων ασαφών χαρτών τα οποία θα μπορούσαν να υπάρξουν, στο πρώτο είδος είναι ένας "υπό ασαφής

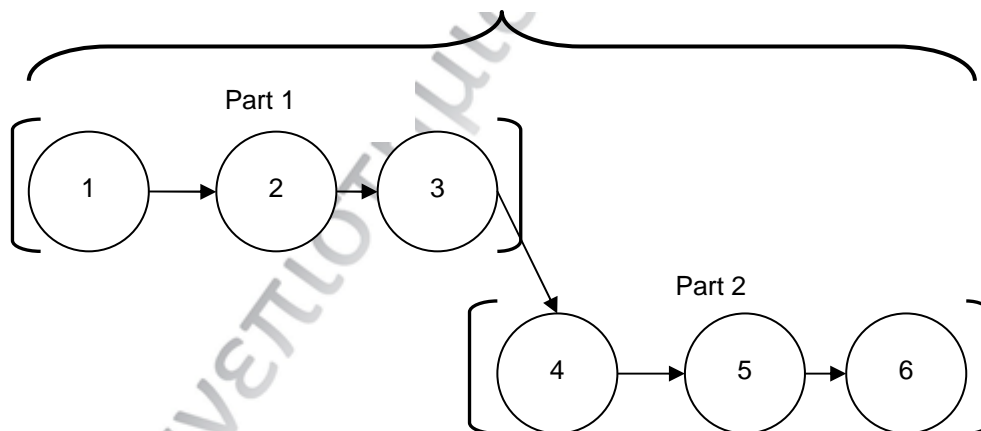
γνωστικός χάρτης" που αποτελεί έναν κόμβο για έναν μεγαλύτερο ασαφή γνωστικό χάρτη, στο δεύτερο είδος θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι τον γενικό ασαφή γνωστικό χάρτη τον τεμαχίζουμε σε τμήματα όπου το κάθε ένα δημιουργείται από κάποιο ειδικό με καλύτερη γνώση σε αυτό το τμήμα του προβλήματος.

- FCM σε επίπεδα



- Συμπληρωματικά FCM

Ολόκληρο το FCM



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

8. Βιβλιογραφία

- [1] B. Kosko, (1986) "Fuzzy cognitive maps", *International Journal Man-machine Stud.* 24 65-75.
- [2] Quaddus M, Khan S. M. (2004). "Group Decision Support Using Fuzzy Cognitive Maps for Casual Reasoning". *Kluwer Academic Publishers.* 463-480.
- [3] Chun Wen Li (2002) "SIMPLIFICATION, MERGING AND DIVISION OF FUZZY COGNITIVE MAPS" *International Journal of Computational Intelligence and Applications Vol. 2, No. 2* 185-208
- [4] Chrysostomos D. Stylios, Voula C. Georgopoulos and Peter P. Groumpos, "THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS IN MODELING SYSTEMS"
- [5] Axelrod, R. (1976). "Structure of Decision". Princeton, USA: *Princeton University Press.*
- [6] Park, K. S. (1995). "Fuzzy Cognitive Maps Considering Time Relationships" *International Journal of Human - Computer Studies.* 156-167.
- [7] Saaty T.L. (1980). "The Analytic Hierarchy Process". New York: McGraw Hill.
- [8] M. Hagiwara, (IEEE, New York, 1992) "Extended fuzzy cognitive maps", *IEEE International Conf. Fuzzy Syst.* 795-801.
- [9] Tsadiras, A. K. and K. G. Margaritis. (1995a). "Using Fuzzy Cognitive Maps for Decision Making," *Proceedings of the 3rd Balkan Conference on Operations Research*, 1–14.
- [10] Elert, G. (1999). The Chaos Hypertextbook, <http://hypertextbook.com/chaos/about.shtml> (accessed on August 7,2002).
- [11] Tsadiras, A. K. and K. G. Margaritis. (1995b). "Strategic Planning Using Extended Fuzzy Cognitive Maps," *Studies in Informatics and Control* 4 (3), 237–245.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Παράρτημα: Εγκατάσταση της εφαρμογής

Όπως αναφέρθηκε και στο 4^ο κεφάλαιο η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας είναι μια εφαρμογή ιστού η οποία χρησιμοποιεί έναν εξυπηρετητή ιστού και μια βάση δεδομένων.

Για την βάση δεδομένων έγινε χρήση της MySQL, αντίστοιχα για εξυπηρετητή ιστού μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε εξυπηρετητή ο οποίος υποστηρίζει την τεχνολογία Java Servlets και Java Server Pages.

Π.1 Εγκατάσταση της Java

Για να λειτουργήσει η εφαρμογή θα πρέπει πρώτα ο εξυπηρετητής να ξέρει με ποιο τρόπο να εκτελέσει τα αρχεία class της Java, για να γίνει αυτό θα πρέπει να υπάρχει στον υπολογιστή ο οποίος φιλοξενεί την εφαρμογή το περιβάλλον στο οποίο εκτελούνται τα αρχεία class.

Το περιβάλλον αυτό ονομάζεται Java Runtime Environment (JRE), στην περίπτωση που θέλουμε να κτίσουμε την εφαρμογή από τα αρχεία java τα οποία περιέχουν τον κώδικα θα πρέπει να έχουμε το πακέτο το οποίο κάνει την μεταγλώττιση αυτών των αρχείων java, το πακέτο αυτό ονομάζεται Java Development Kit (JDK) και συμπεριλαμβάνει το JRE.

Και τα δυο πακέτα μπορούμε να τα κατεβάσουμε από την ιστοσελίδα την Oracle και στη συνέχεια να τα εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή που επιθυμούμε.

<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html>

Π.2 Εγκατάσταση του εξυπηρετητή ιστού

Στη συνέχεια θα πρέπει να εγκαταστήσουμε κάποιον εξυπηρετητή συμβατό με την τεχνολογία Java, στην συγκεκριμένη εφαρμογή έγινε χρήση του Apache Tomcat αλλά αυτό δεν είναι δεσμευτικό.

Για την λήψη του Tomcat θα πρέπει να επισκεφτούμε την διεύθυνση <http://tomcat.apache.org/download-70.cgi> από εκεί μπορούμε να κατεβάσουμε την κατάλληλη έκδοση για το λειτουργικό του υπολογιστή που θα εγκατασταθεί ο Tomcat.

Τέλος για να μπορεί να δει ο εξυπηρετητής την εφαρμογή μας θα πρέπει να αντιγράψουμε τα αρχεία της εφαρμογής μας εκεί που έχει εγκατασταθεί ο Tomcat με στα στον φάκελο webapps, ο φάκελος που εμπεριέχει τα αρχεία της εφαρμογής μας ονομάζεται GFCM.

Για τον Tomcat συγκεκριμένα θα πρέπει μέσα στον φάκελο conf να ανοίξουμε το αρχείο server.xml και να πάμε στο πεδίο που ονομάζεται connector εκεί θα πρέπει να του προσθέσουμε την ιδιότητα URIEncoding="UTF-8" ώστε να κωδικοποιεί σωστά τους ελληνικούς χαρακτήρες, επίσης στην ιδιότητα port μπορούμε να αλλάξουμε την προεπιλεγμένη πόρτα (8080) ώστε να την κάνουμε όπως επιθυμούμε.

Π.3 JDBC connector για την σύνδεση της βάσης με τον εξυπηρετητή

Για να μπορέσει ο εξυπηρετητής να κάνει αιτήματα SQL στη βάση δεδομένων θα πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποια βιβλιοθήκη εντολών, η βιβλιοθήκη αυτή λέγεται JDBC Driver for MySQL (Connector/J) και μπορούμε να την κατεβάσουμε από την διεύθυνση:

<http://www.mysql.com/products/connector/>

Το αρχείο jar το οποίο ονομάζεται mysql-connector-java θα πρέπει να το αντιγράψουμε μέσα στο φάκελο lib που βρίσκεται στον φάκελο που έχει εγκατασταθεί ο εξυπηρετητής Tomcat.

Π.4 Εγκατάσταση της MySQL και του MySQL Workbench

Για την εγκατάσταση της βάσης δεδομένων θα πρέπει να επισκεφτούμε την τοποθεσία <http://dev.mysql.com/downloads/mysql/> από εκεί μπορούμε να κατεβάσουμε την κατάλληλη έκδοση της MySQL.

Για την εύκολη διαχείριση της βάσης μας μπορούμε να κατεβάσουμε εργαλεία τα οποία έχουν δημιουργηθεί για αυτή τη δουλειά, η συγκεκριμένη εργασία υλοποιήθηκε με την βοήθεια του MySQL Workbench το οποίο μπορεί να το βρει κάνεις στο

<http://dev.mysql.com/downloads/tools/workbench/>.

Μετά την εγκατάσταση την MySQL και του MySQL Workbench θα πρέπει να εισαχθεί η βάση δεδομένων της εφαρμογής, για να γίνει αυτό πρέπει να ανοίξουμε το MySQL Workbench και μέσω αυτού να εκκινήσουμε την υπηρεσία της MySQL, στη συνέχεια θα πρέπει να εισάγουμε τα δεδομένα.

Για την εισαγωγή του σχήματος της βάσης και τη σύνδεση της βάσης με την εφαρμογή θα πρέπει να δημιουργήσουμε κάποιον χρήστη με

- Username: gfcmm
- Password: gfcmm

Στη συνέχεια να του δώσουμε δικαιώματα διαχειριστή.

Μέσω αυτού του λογαριασμού μπορούμε να ανοίξουμε το αρχείο GFCM_Database.sql και να το εκτελέσουμε, με αυτό τον τρόπο θα δημιουργηθεί το κατάλληλο σχήμα και μέσα σε αυτό όλοι οι πίνακες και τα πεδία που χρειαζόμαστε.

Σε αυτό το σημείο εάν εκκινήσουμε τον εξυπηρετητή Tomcat και την βάση δεδομένων MySQL η εφαρμογή είναι έτοιμη ώστε κάποιος να την επισκεφτεί, για να το δούμε αυτό μπορούμε να ανοίξουμε κάποιο φυλλομετρητή και να εισάγουμε την διεύθυνση *localhost:8080/GFCM* ώστε να οδηγηθούμε στην αρχική σελίδα της εφαρμογής.