



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες(Fuzzy Cognitive Maps)
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Καλλιρρόη Κωνσταντινάκου
Πατρώνυμο	Νικόλαος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ/ 10030
Επιβλέπων	Δημήτριος Αποστόλου, Επ. Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης

Σεπτέμβριος 2013

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Παναγιώτης Κοτζανικολάου
Λέκτωρ

Χαράλαμπος Κωνσταντόπουλος
Επ. Καθηγητής

Δημήτρης Αποστόλου
Επ. Καθηγητής

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες. Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες είναι ένας τρόπος σχεδίασης και αναπαράστασης ενός προβλήματος με τους οποίους μπορούμε να αποθηκεύουμε και να εξάγουμε αποτελέσματα. Ακόμα και το πιο περίπλοκο πρόβλημα μπορεί να αναπαρασταθεί με τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες. Ωστόσο η διαδικασία σχεδίασης ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη μπορεί να αποδειχθεί μια δύσκολη διεργασία αφού εξαρτάται από το πρόβλημα που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε. Κατασκευάστηκε ένας ιστότοπος στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα θέμα, να σχεδιάσει τον ασαφή γνωστικό χάρτη για αυτό το θέμα, να τον αποθηκεύσει και να εξάγει τα αποτελέσματα.

Λέξεις Κλειδιά: ασαφής γνωστικός χάρτης

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Abstract

The present thesis makes reference to the fuzzy cognitive maps. These maps are ways of designing and depicting a problem, with which we can store and extract results. Even the most difficult and complex problem can be represented by utilising these maps. However, the process of designing fuzzy cognitive maps can be proven to be a difficult procedure since it depends on the problem we want to use as a model. A site was constructed in which the user has the ability to create a theme and design a fuzzy cognitive map for the aforementioned theme, store it and extract results.

Keywords: fuzzy cognitive maps

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πίνακας Περιεχομένων**1.Εισαγωγή 5**

- 1.1 Σκοπός 5
- 1.2 Οργάνωση κειμένου 5

2. Ασαφείς γνωστικοί χάρτες 7

- 2.1 Ιστορία 7
- 2.2 Γνωστικοί χάρτες 7
- 2.3 Ασαφής λογική 9
- 2.4 Ασαφείς γνωστικοί χάρτες 10
- 2.5 Στατιστική ανάλυση των ασαφών γνωστικών χαρτών 12
- 2.6 Παράδειγμα στατιστικής ανάλυσης 14
- 2.7 Αλγόριθμος προσομοίωσης αλληλεπιδράσεων 18
- 2.8 Συναρτήσεις ανανέωσης τιμών 19
- 2.9 Συναρτήσεις μεταφοράς 21
- 2.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα 22
- 2.11 Χρήση ασαφών γνωστικών χαρτών 22

3. Επίλυση ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη 23

- 3.1 Επανάλυση $t=1$ 24
- 3.2 Επανάλυση $t=2$ 25
- 3.3 Επανάλυση $t=3$ 26
- 3.4 Επανάλυση $t=4$ 28
- 3.5 Επανάλυση $t=5$ 28
- 3.6 Επανάλυση $t=6$ 29
- 3.7 Επανάλυση $t=7$ **Ошибка! Закладка не определена.0**
- 3.8 Επανάλυση $t=8$ **Ошибка! Закладка не определена.1**

4. User Interface για ασαφείς γνωστικούς χάρτες 33

4.1 Τεχνολογία και εργαλεία **Ошибка! Закладка не определена.**3

4.1.1 Adobe flash Professional CS6 **Ошибка! Закладка не определена.**3

4.1.2 Περιβάλλον εργασίας του Adobe flash Professional CS6 **Ошибка! Закладка не определена.**4

4.1.3 Actionscript **Ошибка! Закладка не определена.**7

4.2 Χρηστικότητα του User Interface **Ошибка! Закладка не определена.**7

4.3 User Interface ασαφών γνωστικών χαρτών **Ошибка! Закладка не определена.**8

5. Αλγόριθμος προσομοίωσης και επίλυση ασαφούς γνωστικού χάρτη 47

5.1 Σύνδεση χρήστη 47

5.2 Εμφάνιση θεμάτων 47

5.3 Δημιουργία θέματος 48

5.4 Τροποποίηση και διαγραφή θέματος 49

5.5 Εμφάνιση αποτελεσμάτων 50

6. Προηγμένες αρχιτεκτονικές ασαφών γνωστικών χαρτών 55

6.1 Αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning 55

6.1.1 Λειτουργία αλγορίθμου 55

6.1.2 Κριτήρια τερματισμού του αλγορίθμου 57

6.1.3 Εφαρμογή αλγορίθμου 58

6.2 Εξελκτικοί αλγόριθμοι 59

6.2.1 Λειτουργία αλγορίθμου 60

6.2.2 Εφαρμογή αλγορίθμου 61

6.3 Βελτιστοποίηση σμήνους σωματιδίων **Ошибка! Закладка не определена.**

6.3.1 Λειτουργία αλγορίθμου **Ошибка! Закладка не определена.**

6.3.1.1 Global best PSO 64

6.3.1.2Local best PSO	66
6.3.2Κριτήρια τερματισμού αλγορίθμου	67
6.3.3Εφαρμογή αλγορίθμου σε ασαφείς γνωστικούς χάρτες	68
6.4Γενετικοί αλγόριθμοι	72
6.4.1Λειτουργία αλγορίθμου	72
6.4.2Εφαρμογή αλγορίθμου σε ασαφείς γνωστικούς χάρτες	74
7.Σύνοψη και συμπεράσματα	76
8.Αναφορές	77

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 2.1-Πρόβλημα βίας στο ποδόσφαιρο	13
Σχήμα 2.2-Ασαφείς τιμές προβλήματος κατάταξης ύψους	15
Σχήμα 2.3-Διαβαθμίσεις του γκριζου χρώματος	15
Σχήμα 2.4-Λεκτικές τιμές στο διάστημα -1 μέχρι 1	16
Σχήμα 2.5-Παράδειγμα ασαφούς γνωστικού χάρτη	18
Σχήμα 2.6-Πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη	19
Σχήμα 2.7-Απλός αλγόριθμος προσομοίωσης	21
Σχήμα 2.8-Σιγμοειδής συνάρτηση	24
Σχήμα 3.1-Πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη	26
Σχήμα 4.1-Σκηνικό	35
Σχήμα 4.2-Καρέ	35
Σχήμα 4.3-Δημιουργία συμβόλου	36
Σχήμα 4.4-Διάγραμμα ροής χρόνου	36
Σχήμα 4.5-Εργαλειοθήκη	37
Σχήμα 4.6-User Interface	38
Σχήμα 4.7-Βασικό μενού	38
Σχήμα 4.8-Δημιουργία κόμβου	39
Σχήμα 4.9-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας κόμβου	39
Σχήμα 4.10-Ιδιότητες κόμβου	40
Σχήμα 4.11-Δημιουργία σύνδεσης	41
Σχήμα 4.12-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας σύνδεσης	41
Σχήμα 4.13-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας σύνδεσης	42
Σχήμα 4.14-Ιδιότητες σύνδεσης	42
Σχήμα 4.14-Λεκτικές τιμές	44
Σχήμα 4.15-Διαγραφή κόμβου ή σύνδεσης	45
Σχήμα 5.1-Σύνδεση χρήστη	46
Σχήμα 5.2-Εμφάνιση θεμάτων	47
Σχήμα 5.3-Δημιουργία θέματος	48

Σχήμα 5.4-Δημιουργία ασαφούς γνωστικού χάρτη	48
Σχήμα 5.5-Τροποποίηση θέματος	49
Σχήμα 5.6-Επισκόπηση δεδομένων	50
Σχήμα 5.7-Επίλυση ασαφούς γνωστικού χάρτη	51
Σχήμα 5.8-Αποτελέσματα επίλυσης	52
Σχήμα 5.9-Γραφική αναπαράσταση	53
Σχήμα 6.1-Παράδειγμα ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη	54
Σχήμα 6.2Αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning	55
Σχήμα 6.3-Παράδειγμα ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη	56
Σχήμα 6.4-Εξελικτικός αλγόριθμος	58
Σχήμα 6.5-Αλγόριθμος Local best PSO	61
Σχήμα 6.6-Αλγόριθμος Local Best PSO	63
Σχήμα 6.7-Πρόβλημα ελέγχου δεξαμενής	65

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 2.1-Πίνακας βαρών ενός γνωστικού χάρτη	14	
Πίνακας 2.2-Πίνακας βαρών για το πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη		20
Πίνακας 2.3-Υπολογισμός σημαντικότητας κόμβου	21	
Πίνακας 3.1-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=0		26
Πίνακας 3.2-Πίνακας βαρών του προβλήματος ασθενειών σε μια πόλη		26
Πίνακας 3.3-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=1		28
Πίνακας 3.4-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=2		29
Πίνακας 3.5-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=3		29
Πίνακας 3.6-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=4		30
Πίνακας 3.7-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=5		31
Πίνακας 3.8-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=6		32
Πίνακας 3.9-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=7		32
Πίνακας 3.10-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=8		33
Πίνακας 6.1-Αρχικός πίνακας βαρών ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη		57
Πίνακας 6.2-Πίνακας βαρών ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη στην επανάληψη t=1		57
Πίνακας 6.3-Αρχικός πληθυσμός στο πρόβλημα των μηχανών		59
Πίνακας 6.4-Αξιολόγηση των μηχανών	59	
Πίνακας 6.5-Διασταύρωση απογόνων	59	
Πίνακας 6.6-Μετάλλαξη απογόνων	60	
Πίνακας 6.7-Αξιολόγηση νέου πληθυσμού	60	
Πίνακας 6.8-Αρχικός πίνακας βαρών του προβλήματος της δεξαμενής		66
Πίνακας 6.9-Τελικός πίνακας βαρών έπειτα από την εκτέλεση του αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων	66	
Πίνακας 6.10-Στατιστική ανάλυση	67	
Πίνακας 6.11-Τελικός πίνακας βαρών έπειτα από την εκτέλεση του αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων(αφού βγάλαμε κάποιους περιορισμούς)	67	
Πίνακας 6.12-Εφαρμογή γενετικού αλγόριθμου στο πρόβλημα μεγιστοποίησης της συνάρτησης $f(x) = x^2$	68	

1 Εισαγωγή

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες εισήχθησαν το 1986 από τον Bart Kosko και χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ενός πολύπλοκου προβλήματος. Η διαδικασία σχεδίασης ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη μπορεί να είναι από μια πολύ απλή διεργασία έως και πολλή δύσκολη αφού εξαρτάται από το πρόβλημα που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε. Ο σχεδιασμός ενός προβλήματος είναι μια αρκετά αυθαίρετη διαδικασία, με αποτέλεσμα και η κατασκευή ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη να γίνεται με αυθαίρετο τρόπο. Έχουν εφευρεθεί διάφοροι αλγόριθμοι για την επίλυση ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Ο πιο απλός αλγόριθμος επεξηγείται αναλυτικά βήμα προς βήμα. Ωστόσο υπάρχουν και πιο προηγμένες τεχνικές, όπως ο Nonlinear Hebbian Learning, ο αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων και γενετικοί αλγόριθμοι, οι οποίοι αναλύονται διεξοδικά.

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία ενός φιλικού προς το χρήστη User Interface για την κατασκευή ασαφών γνωστικών χαρτών. Το User Interface πρέπει να είναι απλό έτσι ώστε να είναι γρήγορη η εκμάθησή του. Θα πρέπει να αυτοματοποιεί διάφορες διαδικασίες έτσι ώστε να γίνεται η αποφυγή λαθών ως προς το χρήστη. Επίσης ένα κατάλληλο User Interface θα πρέπει να περιέχει επεξηγηματικά μηνύματα για να γίνεται πιο κατανοητό το σύστημα. Η τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του User Interface είναι η Adobe Flash Professional CS6, η οποία προσφέρει διαδραστικότητα με το χρήστη με εύκολο τρόπο. Επίσης στόχος της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αλγορίθμου προσομοίωσης και επίλυσης ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Ο αλγόριθμος που υλοποιείται είναι ο πιο απλός αλγόριθμος που υπάρχει για επίλυση ασαφών γνωστικών χαρτών. Κατασκευάστηκε ένα site στο οποίο μπορείς να δημιουργήσεις έναν ασαφή γνωστικό χάρτη, να τον αποθηκεύσεις και να εξάγεις τα αποτελέσματα.

1.2 Οργάνωση κειμένου

Αυτή η πτυχιακή περιέχει επτά κεφάλαια. Παρακάτω περιγράφεται τι περιέχει το κάθε κεφάλαιο.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες, καθώς και εξηγείται ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται βασικές έννοιες γύρω από τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες όπως η ασαφής λογική, συναρτήσεις ανανέωσης τιμών, συναρτήσεις μεταφοράς καθώς γίνεται και μια στατιστική ανάλυση.

Στο τρίτο κεφάλαιο σχεδιάζεται ο ασαφής γνωστικός χάρτης ενός προβλήματος γνωστού στην βιβλιογραφία και αναλύεται βήμα προς βήμα ένας αλγόριθμος υπολογισμού ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Ο αλγόριθμος που περιγράφεται είναι ο πιο απλός που υπάρχει για ασαφείς γνωστικούς χάρτες.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το πρακτικό κομμάτι της πτυχιακής και αυτό είναι η ανάπτυξη User Interface για την κατασκευή ασαφών γνωστικών χαρτών. Σκοπός της διεπαφής είναι να είναι απλό και φιλικό ως προς το χρήστη.

Το πέμπτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την κατασκευή ενός site όπου ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει έναν ασαφή γνωστικό χάρτη και να εξάγει τα αποτελέσματα της επίλυσης του με βάση τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 3.

Στο έκτο κεφάλαιο επεξηγούνται προηγμένες αρχιτεκτονικές υπολογισμού ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Αυτοί οι προηγμένοι αλγόριθμοι είναι ο αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning, ο αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων και γενετικοί αλγόριθμοι.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται εν συντομία τα συμπεράσματα που έχουν βγαθεί από τη συγκεκριμένη πτυχιακή.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

2 Ασαφείς γνωστικοί χάρτες

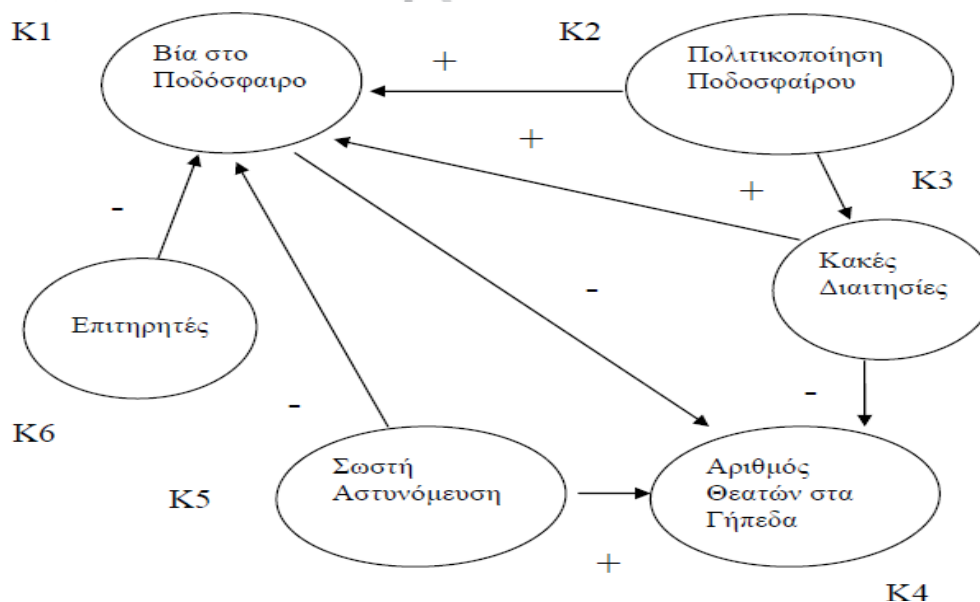
2.1 Ιστορία

Οι γνωστικοί χάρτες εισήχθησαν περίπου το 1950 και ο όρος προήλθε από τον Edward C. Tolman(1886-1959). Οι γνωστικοί χάρτες είναι μια διανοητική διεργασία με την οποία ο άνθρωπος μπορεί να αποκτήσει, να κωδικοποιήσει, να αποθηκεύσει, να θυμηθεί, και να αποκωδικοποιήσει τις πληροφορίες αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον του. [1]

Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των γνωστικών χαρτών έπαιξε και ο επιστήμονας Robert Axelrod(1976). Ο Axelrod χρησιμοποίησε αρκετά απλούς γνωστικούς χάρτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται και ευρέως. [final]. Το 1986 ο Bart Kosko επεκτείνει και απλοποιεί τη μέθοδο καθώς και προσθέτει την έννοια της «ασαφής» λογικής. Η κύρια διαφορά είναι ότι ο Axelrod χρησιμοποιεί πολλές διαφορετικές τιμές για τις ακμές του γνωστικού χάρτη, ενώ η δεύτερη μέθοδος βασικά αποτελούνται από διάφορες μήτρες, στις οποίες ο πολλαπλασιασμός εκτελείται. [2]

2.2 Γνωστικοί χάρτες

Ένας γνωστικός χάρτης είναι ένας κατευθυνόμενος γράφος. Αποτελείται από κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές-διασυνδέσεις. Κάθε κόμβος αναπαριστά και μια έννοια. Όταν ένας κόμβος επηρεάζει θετικά έναν άλλο κόμβο τότε έχουμε μια θετική ακμή. Αντίστοιχα αν έχουμε μια αρνητική ακμή από τον Α στον Β τότε σημαίνει ότι ο Α επιδρά αρνητικά στον Β. Μπορούμε να θέσουμε ως παράδειγμα το πρόβλημα της βίας στο ποδόσφαιρο. Ο ακόλουθος γράφος θα είναι ως εξής[1]:



Σχήμα 2.1-Πρόβλημα βίας στο ποδόσφαιρο

Όπως βλέπουμε στον παραπάνω γράφο, η σωστή αστυνόμευση επιδρά κατά τις βίαις στο ποδόσφαιρο. Υπάρχει δηλαδή αρνητική σχέση μεταξύ τους. Αν υπάρχει σωστή αστυνόμευση τόσο μικρότερη θα είναι η βία στο ποδόσφαιρο. Επίσης όση μεγαλύτερη είναι η πολιτικοποίηση ποδοσφαίρου τόσο θα υπάρχουν κακές διαιτησίες. Υπάρχει δηλαδή θετική σχέση μεταξύ τους. Όσο υπάρχουν κακές διαιτησίες τόσο αυξάνεται η βία στο ποδόσφαιρο. Όσο περισσότεροι επιτηρητές υπάρχουν τόσο λιγότερη βία στο ποδόσφαιρο.

Από τον παραπάνω γνωστικό χάρτη βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η βία στο ποδόσφαιρο επηρεάζεται θετικά, αυξάνεται δηλαδή, με τις κακές διαιτησίες και την πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου και μειώνεται με την σωστή αστυνόμευση και την παρουσία των επιτηρητών στις κερκίδες. Επίσης οι κακές διαιτησίες και η βία στα γήπεδα επηρεάζουν αρνητικά τον αριθμό των φιλάθλων που πηγαίνουν στα γήπεδα σε αντίθεση με την σωστή αστυνόμευση των γηπέδων που τον επηρεάζουν θετικά.

Ο παρακάτω πίνακας που απεικονίζεται δείχνει τις σχέσεις μεταξύ των κόμβων του γνωστικού χάρτη του παραδείγματός μας και είναι ο εξής:

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0	0	0	-1	0	0
K2	1	0	1	0	0	0
K3	1	0	0	-1	0	0
K4	0	0	0	0	0	0
K5	-1	0	0	1	0	0
K6	-1	0	0	0	0	0

Πίνακας 2.1-Πίνακας βαρών ενός γνωστικού χάρτη

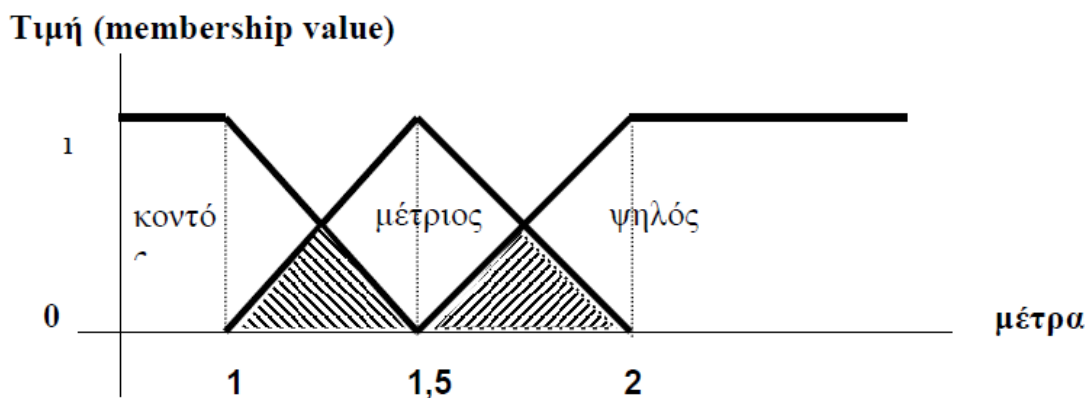
Σε αυτόν τον πίνακα τα K1, K2, K3, K4, K5 και K6 συμβολίζουν τους κόμβους του γνωστικού χάρτη και οι τιμές e_{ij} , όπου $e_{ij} = e(K_i, K_j)$ συμβολίζουν τα βάρη για κάθε ακμή δηλαδή την επίδραση του κόμβου K_i στον κόμβο K_j . Το βάρος κάθε ακμής μπορεί να πάρει ως τιμή τα -1, το 0 και το 1. Η τιμή 1 συμβολίζει την θετική επίδραση του κόμβου K_i στον κόμβο K_j , η τιμή -1 την αρνητική επίδραση και η τιμή 0 καμία επίδραση από τον πρώτο κόμβο στον δεύτερο. Για παράδειγμα αν πάρουμε τον κόμβο K5, που αντιπροσωπεύει την σωστή αστυνόμευση, σε αντιστοιχία με τον κόμβο K1, που αντιπροσωπεύει την βία στα γήπεδα, η τιμή που έχει το e_{51} είναι -1 κάτι που σημαίνει, όπως είπαμε και πιο πάνω, ότι εάν υπάρχει σωστή αστυνόμευση τότε τόσο λιγότερη βία στα γήπεδα δηλαδή επηρεάζει αρνητικά την βία στα γήπεδα.

Παρόλη την χρησιμότητα τους οι απλοί γνωστικοί χάρτες παρουσιάζουν ένα πρόβλημα σε πολλές περιπτώσεις όσον αφορά το βάρος της επίδρασης από κόμβο σε κόμβο. Για παράδειγμα στο παράδειγμα μας έχουμε τις κακές διαιτησίες και την πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου να επηρεάζουν θετικά τη βία στα γήπεδα. Όμως η επίδραση αυτή δεν είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Σίγουρα οι κακές διαιτησίες αυξάνουν πολύ περισσότερο τη βία στο γήπεδο σε σχέση με την πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου όπου δεν επηρεάζει τόσο τη βία στο γήπεδο.

2.3 Ασαφής λογική

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες συνδέονται με την έννοια της ασαφούς λογικής. Η ασαφής λογική πρωτοεμφανίστηκε από το Lofti Zadeh το 1965.

Ένα παράδειγμα το οποίο δεν θα μπορούσε να λυθεί με την κλασσική λογική είναι το εξής: ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να κατατάξουμε τους παίκτες της Εθνικής του μπάσκετ ανάλογα με το ύψος τους. Ένας παίκτης που έχει ύψος 1.95 είναι σχετικά ψηλός ενώ ένας άλλος που μπορεί να έχει ύψος 2.05 είναι αρκετά ψηλός. Υπάρχουν διάφορες διαβαθμίσεις για να κατατάξεις ένα παίκτη, δηλαδή μπορεί να είναι κοντός, μέτριος και ψηλός. Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε ότι στην ασαφή λογική υπάρχουν διαβαθμίσεις ενώ η κλασσική λογική βασίζεται μόνο σε δύο τιμές ναι και όχι(εάν είναι κοντός ή όχι). [2]



Σχήμα 2.2-Ασαφείς τιμές προβλήματος κατάταξης ύψους

Τα γραμμοσχιασμένα τμήματα δείχνουν ότι είναι δυνατόν να χαρακτηρίσουμε με ασάφεια το ύψος από 1.5 μέχρι 2 μέτρα είτε ως μέτριος είτε ως ψηλός.

Στην πραγματική ζωή μας χρησιμοποιούμε ενδιάμεσες καταστάσεις και όχι μόνο τα δύο άκρα. Για παράδειγμα στα χρώματα ανάμεσα στο μαύρο και στο άσπρο υπάρχουν αποχρώσεις του γκρι.[3]



Σχήμα 2.3-Διαβαθμίσεις του γκριζου χρώματος

Η ασαφής λογική είναι μια λογική των διαβαθμίσεων.

2.4 Ασαφείς γνωστικοί χάρτες

Ένας ασαφής γνωστικός χάρτης είναι μια γραφική αναπαράσταση ενός προβλήματος και είναι ένας συνδυασμός ασαφούς λογικής με γνωστικού χάρτη. Είναι ένας κατευθυνόμενος γράφος όπου κάθε κόμβος αναπαριστά μια έννοια. Κάθε κόμβος συνδέεται με άλλους κόμβους δηλαδή επηρεάζει κάποιους άλλους κόμβους και αυτοί με τη σειρά τους άλλους κόμβους σύμφωνα με κάποιο βαθμό. Η εύρεση αυτών των σχέσεων είναι μια περίπλοκη και επίπονη διαδικασία εφόσον αυτές οι σχέσεις είναι δυσεύρετες. Σ' αυτά τα περίπλοκα συστήματα έρχονται να μας δώσουν λύση οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες.

Οι διασυνδέσεις-βάρη, όπως και στα ασαφή σύνολα, παίρνουν διάφορες τιμές, οι οποίες ονομάζονται λεκτικές τιμές. Σε έναν απλό γνωστικό χάρτη, τότε οι διασυνδέσεις παίρνουν τις τιμές 0 ή 1 οι οποίες αποτελούν τις δί-τιμες τιμές του προβλήματος και βγάζουμε το συμπέρασμα ότι αυτές οι τιμές μπορούν να αναπαραστήσουν μόνο εάν η διασύνδεση ανάμεσα σε δυο κόμβους είναι ανοιχτή (1) ή κλειστή (0), εάν υπάρχει ή όχι διασύνδεση. Τα σύνθετα προβλήματα που έπρεπε να λυθούν απαιτούσαν περισσότερη ακρίβεια στις τιμές των διασυνδέσεων-βάρη μεταξύ των κόμβων. Έτσι οι διασυνδέσεις άρχισαν να γίνονται πολύ-τιμές, να παίρνουν τιμές από το -1 έως το 1 ή αλλιώς να περιγράφονται ως σημαντικό βάρους ή ασήμαντου. Το βάρος μιας διασύνδεσης αποτελεί τη σχέση αιτιότητας μεταξύ δυο κόμβων. Αυτή η σχέση αιτιότητας μας δείχνει κατά πόσο ο ένας κόμβος επηρεάζει έναν άλλον κόμβο και πόσο τον επηρεάζει δηλαδή τι τιμή παίρνει στο διάστημα [-1, 1].

Κάθε διασύνδεση μεταξύ δυο κόμβων εξαρτάται από το είδος της αιτιότητας, εάν είναι θετική ή αρνητική ή δεν υφίσταται. Η συσχέτιση από τον ένα κόμβο στον άλλο μπορεί να είναι [4]:

- $W_{ij} > 0$, που σημαίνει ότι, όταν αυξάνεται η τιμή του κόμβου C_i , αυξάνεται και η τιμή του κόμβου C_j και όταν μειώνεται η τιμή του κόμβου C_i , μειώνεται και η τιμή του κόμβου C_j
- $W_{ij} < 0$, που σημαίνει ότι όταν αυξάνει η τιμή του κόμβου C_i μειώνεται η τιμή του κόμβου C_j και όταν μειώνεται η τιμή του κόμβου C_i , αυξάνεται και η τιμή του κόμβου C_j
- $W_{ij} = 0$, που σημαίνει ότι δεν υπάρχει σχέση, διασύνδεση, μεταξύ του κόμβου C_i και του κόμβου C_j

Όπως είπαμε το βάρος μια διασύνδεσης εκτός από τις ακραίες τιμές, μπορεί να πάρει και ενδιάμεσες-λεκτικές τιμές[2]:

M(zero) δεν υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ των δύο κόμβων

M(positive very very low) υπάρχει θετική αλλά πολύ λίγη επιρροή (γύρω στο 10%) μεταξύ δύο κόμβων

M(positive very low) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 20%

M(positive low) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 35%

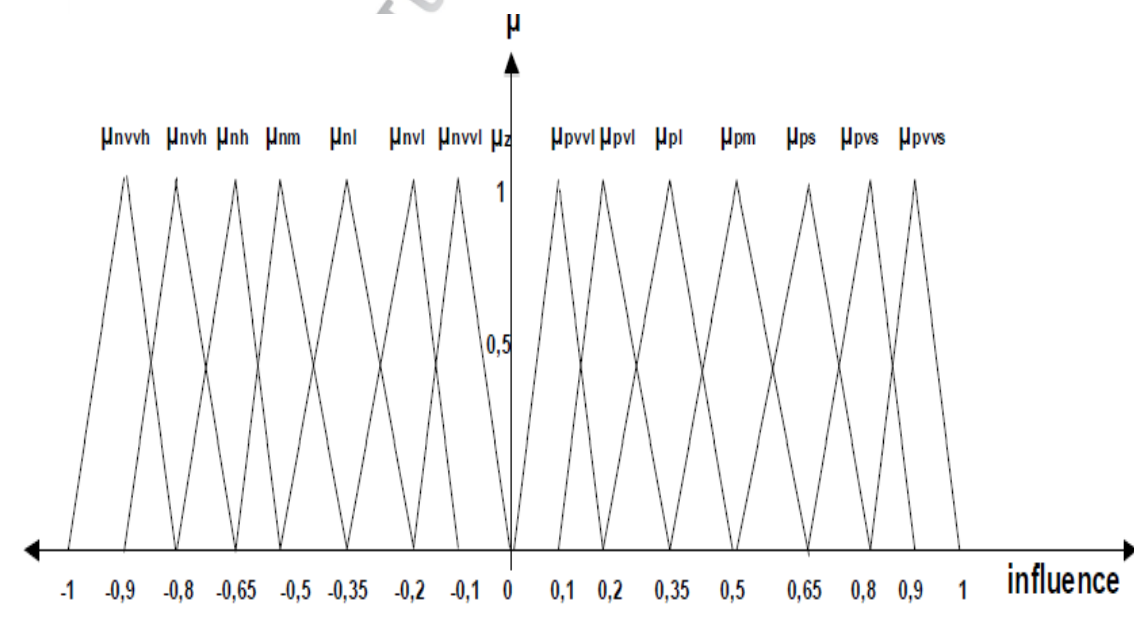
M(positive medium) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 50%

M(positive high) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 65%

M(positive very high) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 80%

M(positive very very high) υπάρχει μια θετική επιρροή γύρω στο 90%

Αντίστοιχα βγαίνουν και τα αρνητικά βάρη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Σχήμα 2.4-Λεκτικές τιμές στο διάστημα -1 μέχρι 1

2.5 Στατιστική ανάλυση των ασαφών γνωστικών χαρτών

Η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία δίνουν στατιστικές πληροφορίες για το μοντέλο του ασαφή γνωστικού χάρτη. Από αυτά τα χαρακτηριστικά θα καταλάβουμε πόσο ορθό είναι το μοντέλο μας δηλαδή πόσο ορθές είναι οι διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων και πόσο σωστές είναι οι τιμές αυτών των διασυνδέσεων.[4]

Τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

1. Πυκνότητα: είναι το ποσοστό μεταξύ των συνδέσεων του μοντέλου και των κόμβων του συστήματος. Η πυκνότητα δείχνει πόσο πολύπλοκο είναι το μοντέλο μας. Όσο αυξάνεται η πυκνότητα τόσο πιο πολύπλοκο είναι το πρόβλημα που θέλουμε να μοντελοποιήσουμε. Υπολογίζεται ως εξής[4]:

$$D = \frac{R}{N^2}$$

Όπου R ο αριθμός των συνδέσεων και N ο αριθμός των κόμβων.

2. Σημαντικότητα του κάθε κόμβου του δικτύου μας: καθορίζει πόσο σημαντικός είναι ένας κόμβος στο μοντέλο μας. Η σημαντικότητα κάθε κόμβου ορίζεται ως εξής:

$$\text{Σημαντικότητα του κόμβου } C_i = IN(C_i) + OUT(C_i)$$

Όπου $IN(C_i)$ το άθροισμα των απόλυτων τιμών των βαρών που εισέρχονται στον κόμβο C_i και $OUT(C_i)$ το άθροισμα των απόλυτων τιμών των βαρών που εξέρχονται από τον κόμβο C_i προς όλους τους υπόλοιπους κόμβους C_j με $i \neq j$. Όσο πιο μεγάλη είναι η σημαντικότητα τόσο πιο σημαντικός είναι ο κόμβος[4].

$$IN(C_i) = \sum_{j=1}^n |e_{ji}| \quad \quad \quad Out(C_i) = \sum_{j=1}^n |e_{ij}|$$

Αθροίζοντας τα βάρη μπορούμε να βρούμε την απόλυτη τιμή για κάθε βάρος και έτσι να υπολογίσουμε την αρνητική ή θετική αιτιότητα που δίνει και τη σημαντικότητα του κάθε κόμβου.

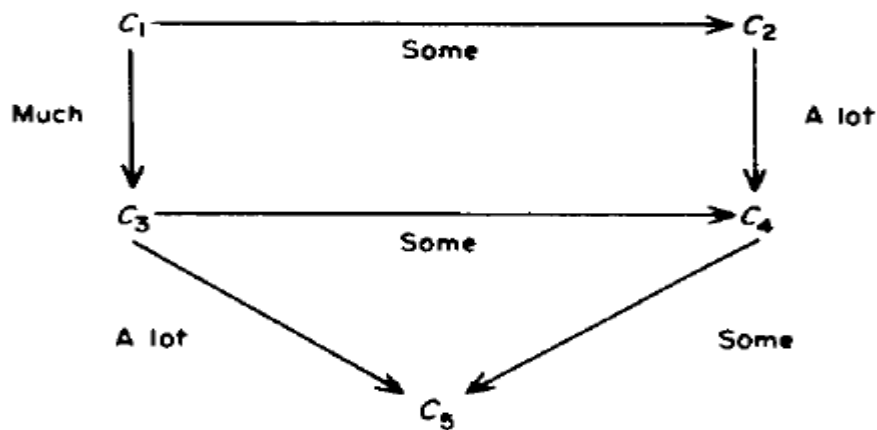
3. Έμμεση και ολική συνέπεια μεταξύ δύο κόμβων: έστω εάν υπάρχουν δύο κόμβοι C_i και C_j και οι οποίοι συνδέονται με m διαφορετικά μονοπάτια σχέσεων αιτιότητας. Ένα μονοπάτι μεταξύ του C_i και C_j γράφεται ως εξής: $i, K_{l1}, K_{l2}, \dots, K_{lm,j}$ για $1 < l \leq m$. [4].

Το $I_l(C_i, C_j)$ συμβολίζει τις έμμεσες συνέπειες του κόμβου C_i στον κόμβο C_j μέσω του μονοπατιού σχέσεων αιτιότητας l και υπολογίζεται ως εξής:

$$I_l(C_i, C_j) = \min_{p \in \{i, K_{l1}, K_{l2}, \dots, K_{lm,j}\}} I(C_p, C_{p+1}) \text{ όπου } p, p+1 \in (i, K_{l1}, K_{l2}, \dots, K_{lm,j})$$

Όπου $p, p+1$ συνεχόμενα μονοπάτια.

Για παράδειγμα έστω ότι έχουμε τον ακόλουθο γράφο:



Σχήμα 2.5-Παράδειγμα ασαφούς γνωστικού χάρτη

Όπου 3 μονοπάτια συνδέουν το C_1 και τον C_5 , τα οποία είναι $(1,3,5)$, $(1,3,4,5)$, $(1,2,4,5)$. Όπου οι 3 έμμεσες συνέπειες είναι:

$$l_1(C_1, C_5) = \min(e_{13}, e_{35}) = \min(\text{much}, \text{a lot}) = \text{much}$$

$$l_2(C_1, C_5) = \text{some}$$

$$l_3(C_1, C_5) = \text{some}$$

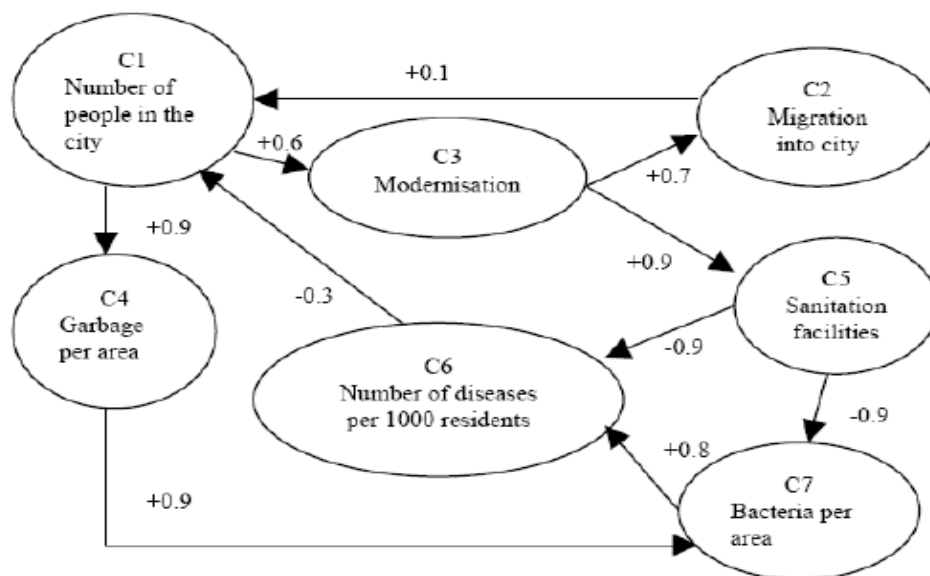
Το $T(C_i, C_j)$ συμβολίζει την ολική συνέπεια και ορίζεται ως εξής:

$$T(C_i, C_j) = \max\{l_i(C_i, C_j)\}$$

$$\begin{aligned} \text{Άρα } T(C_1, C_5) &= \max\{l_1(C_1, C_5), l_2(C_1, C_5), l_3(C_1, C_5)\} = \\ &= \max\{\text{much}, \text{some}\} = \text{much} \end{aligned}$$

2.6 Παράδειγμα στατιστικής ανάλυσης

Έστω ότι έχουμε τον παρακάτω ασαφή γνωστικό χάρτη[[textbook3](#)]:



Σχήμα 2.6-Πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη

Ο παραπάνω ασαφής γνωστικός χάρτης αποτελείται από τους εξής 7 κόμβους:

C1: ο αριθμός των ανθρώπων την πόλη

C2: πόσοι μετανάστες υπάρχουν στην πόλη

C3: ο εκσυγχρονισμός της πόλης

C4: σκουπίδια ανά περιοχή

C5: εγκαταστάσεις υγείας

C7: βακτήρια ανά περιοχή

C6: ο αριθμός των αρρωστιών ανά 1000 άτομα

Έστω ότι έχουμε αρχικό διάνυσμα $[0.6, 0.3, 0.5, 0.4, 0.6, 0.4, 0.3]$. Το αρχικό διάνυσμα είναι το διάνυσμα με τις αρχικές τιμές που μπορούν να πάρουν οι κόμβοι (δηλαδή στο βήμα 0). Συνήθως παίρνει τιμές ανάμεσα στο 0 και το 1. Εάν είναι πάνω από 0.5 τότε δείχνει ότι ο κόμβος έχει πάρει μια αύξηση στη τιμή του δηλαδή, για παράδειγμα, εάν ο κόμβος C1, ο αριθμός των ανθρώπων την πόλη έχει ως αρχική τιμή το 0.9 τότε πρόκειται για μια μεγάλη πόλη. Εάν είναι κάτω του 0.5, κάπου στο 0.3, τότε πρόκειται για μια μείωση. Για παράδειγμα ο κόμβος C2, πόσοι μετανάστες υπάρχουν στην πόλη σημαίνει ότι δεν υπάρχουν πολλοί μετανάστες στην πόλη. Εάν είναι 0.5 δείχνει μια ουδετερότητα στην τιμή του κόμβου.

Αυτό το αρχικό διάνυσμα ερμηνεύεται ως εξής:

1. Πρόκειται για μια κομόπολη
2. Δεν υπάρχουν πολλοί μετανάστες στην πόλη
3. Η πόλη είναι κάπως εκσυγχρονισμένη
4. Δεν υπάρχουν πολλά σκουπίδια σε κάθε περιοχή της πόλης
5. Η πόλη διαθέτει εγκαταστάσεις υγείας αλλά όχι και πάρα πολλές

6. Δεν υπάρχουν πολλά βακτήρια ανά περιοχή
7. Δεν υπάρχουν πολλές αρρώστιες στην πόλη

Εκτός από τους κόμβους οι ειδικοί καθόρισαν και τις διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων. Έτσι έχουμε τον παρακάτω πίνακα βαρών

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0	0	0.6	0.9	0	0	0
C2	0.1	0	0	0	0	0	0
C3	0	0.7	0	0	0.9	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0.9
C5	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9
C6	-0.3	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0.8	0

Πίνακας 2.2-Πίνακας βαρών για το πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη

Οι τιμές των βαρών ερμηνεύονται ως εξής:

W13=όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των κατοίκων τόσο αυξάνεται ο εκσυγχρονισμός της πόλης

W14=όσο αυξάνεται ο πληθυσμός της πόλης τότε αυξάνονται κατά πολύ τα σκουπίδια σε κάθε περιοχή

W21=η μετανάστευση στην πόλη επηρεάζει κατά λίγο τον αριθμό των κατοίκων της πόλης

W32=ο εκσυγχρονισμός της πόλης επηρεάζει θετικά την μετανάστευση.

W35=όσο πιο εκσυγχρονισμένη είναι η πόλη τόσες πιο πολλές εγκαταστάσεις υγείας θα έχουμε

W47=τα σκουπίδια της πόλης επηρεάζουν θετικά κατά πολύ τα βακτήρια σε κάθε περιοχή της πόλης

W56=εάν έχουμε εγκαταστάσεις υγείας τότε οι αρρώστιες θα μειωθούν κατά πολύ

W57=με τις εγκαταστάσεις υγείας δεν αναπτύσσονται τόσα πολλά βακτήρια

W61=ο αριθμός των αρρωστιών επηρεάζει κατά λίγο τον αριθμό των κατοίκων της πόλης

W76=όσο αναπτύσσονται τα βακτήρια θα έχουμε πολλές αρρώστιες

Υπολογίζουμε τα χαρακτηριστικά της στατικής ανάλυσης:

1. Πυκνότητα η οποία ορίζεται ως:

$$D = \frac{R}{N^2} = \frac{11}{7^2} = 0.224$$

2. Σημαντικότητα κόμβου:

IN(C1)= 0.1 + 0.3 =0.4	OUT(C1)=0.6+0.9=1.5	CEN=1.5+0.4=1.9
------------------------	---------------------	-----------------

IN(C2)=0.7	OUT(C2)=0.1	CEN=0.1+0.7=0.8
IN(C3)=0.6	OUT(C3)=0.7+0.9=1.6	CEN=1.6+0.6=2.2
IN(C4)=0.9	OUT(C4)=0.9	CEN=0.9+0.9=1.8
IN(C5)=0.9	OUT(C5)= -0.9 + -0.9 =1.8	CEN=0.9+1.8=2.7
IN(C6)= -0.9 + 0.8 =1.7	OUT(C6)= -0.3 =0.3	CEN=1.7+0.3=2
IN(C7)= -0.9 +0.9=1.8	OUT(C7)=0.8	CEN=0.8+1.8=2.6

Πίνακας 2.3-Υπολογισμός σημαντικότητας κόμβου

3. Έμμεση και ολική συνέπια

Έστω ότι θέλουμε να πάμε από τον κόμβο C1 στον C2. Υπάρχουν 2 μονοπάτια τα οποία είναι εξής:

(C1,C3,C2) και (C1,C4,C7,C6,C1,C3,C2)

Για το πρώτο μονοπάτι η έμμεση συνέπια υπολογίζεται ως εξής:

$$I_1(C1, C2) = \min(0.6, 0.7) = 0.6$$

$$I_2(C1, C2) = \min(0.9, 0.9, 0.8, -0.3, 0.6, 0.7) = -0.3$$

Άρα θα έχουμε ολική συνέπια

$$T(C1, C2) = \max(I_1(C1, C2), I_2(C1, C2)) = \max(0.6, -0.3) = 0.6$$

2.7 Αλγόριθμος προσομοίωσης αλληλεπιδράσεων

Ένας απλός αλγόριθμος προσομοίωσης ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη ακολουθεί τα εξής παρακάτω βήματα. Σκοπός του αλγορίθμου είναι να βρούμε τις κατάλληλες τιμές που θα πάρουν οι κόμβοι έτσι ώστε ο αλγόριθμος να συγκλίνει, δηλαδή ο κόμβος στο επόμενο βήμα να πάρει ίδια τιμή με αυτήν που πήρε στο προηγούμενο βήμα. Τα τελικά αποτελέσματα μας δείχνουν ότι έπειτα από αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων οι κόμβοι κατέληξαν στις συγκεκριμένες τιμές.

Αρχή

Βήμα 1: $t=0$ Διάβασε το αρχικό διάνυσμα τιμών καταστάσεων $A_0, t=0$.

Βήμα 2: Δώσε τον πίνακα με τα βάρη των διασυνδέσεων μεταξύ των κόμβων W .

Βήμα 3: $t=t+1$

Βήμα 4: Υπολόγισε την καινούρια τιμή καταστάσεως κάθε κόμβου $A_i(t)$

Βήμα 5: Εφαρμόζουμε τη συνάρτηση μεταφοράς στο διάνυσμα με τις νέες τιμές καταστάσεων των κόμβων $f(A(t))$

Βήμα 6: Ελέγχουμε εάν $A(t) == A(t - 1)$ ή $t ==$ μέγιστος αριθμός επαναλήψεων τότε ο αλγόριθμος σταματά αλλιώς

Πήγαινε στο βήμα 3.

Σχήμα 2.7-Απλός αλγόριθμος προσομοίωσης

Ο συμβολισμός $A_i(t)$ είναι η τιμή καταστάσεων του κόμβου σε μια χρονική επανάληψη t . Σε κάθε επαναληπτικό βήμα του αλγόριθμου οι κόμβοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ανάλογα με τα βάρη που τους ενώνουν και ανανεώνουν τις τιμές τους(συνάρτηση ανανέωσης τιμών-εξηγείται παρακάτω). Αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να οδηγήσει σε ακόλουθες καταστάσεις[5]:

1. Να φθάσει σε ισορροπία σε ένα σταθερό σημείο με τις τιμές των καταστάσεων των κόμβων να μη μεταβάλλονται από ένα σημείο και έπειτα, που σταθεροποιεί τη συμπεριφορά του συστήματος.
2. Οι τιμές των καταστάσεων των κόμβων να εμπίπτουν σε έναν βρόχο (κύκλο επαναλήψεων) των αριθμητικών τιμών για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
3. Να έχει μια χαοτική συμπεριφορά, όπου κάθε κόμβος παίρνει ποικίλες αριθμητικές τιμές με έναν μη καθοριστικό, τυχαίο τρόπο.

2.8 Συναρτήσεις ανανέωσης τιμών

Η τιμή ανανέωσης ενός κόμβου καθορίζεται σε σχέση με τους υπόλοιπους κόμβους του ασαφούς γνωστικού δικτύου. Υπάρχουν διάφορες συναρτήσεις για τον υπολογισμό της ανανέωσης των τιμών και είναι οι εξής:

$$A_i(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right)$$

$$A_i(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji}) + A_i(t-1)\right)$$

$$A_i(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (k_1 \times A_j(t-1) \times W_{ji} + k_2 \times A_i(t-1))\right)$$

Ο συντελεστής k_1 αντιπροσωπεύει το ποσοστό συμμετοχής της παλιάς τιμής κάθε κόμβου στο υπολογισμό της νέας τιμής και ο συντελεστής k_2 εκφράζει το βαθμό επίδρασης των διασυνδεδεμένων κόμβων στον καθορισμό της νέας τιμής του κάθε κόμβου. Οι δύο συντελεστές k_1 και k_2 μπορούν να παίρνουν τιμές στο διάστημα $0 \leq k_1(t), k_2(t) \leq 1$ ανάλογα με τον επιθυμητό βαθμό συμμετοχής κάθε όρου στον υπολογισμό της συνολικής τιμής. Οι τιμές των δύο συντελεστών δεν είναι σταθερές και μπορεί να μεταβάλλονται μέσα στο χρόνο, δηλαδή $k_1 = k_1(t)$ και $k_2 = k_2(t)$. Κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης του ασαφούς γνωστικού χάρτη, η συμμετοχή της προηγούμενης τιμής κάθε κόμβου πρέπει να είναι μεγαλύτερη, ο συντελεστής k_2 να είναι κοντά στη μονάδα και ο συντελεστής k_1 να είναι σχετικά μικρός παίρνοντας τιμές κοντά στο 0.1, κάτι που θα αντιστραφεί με την μετάβαση στο στάδιο μόνιμης λειτουργίας του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη.[6]

$$A_i(t)_{l,k} = f\left(\sum_{j(l,k),j(l,k) \neq i}^{n(l,k)} (A_j(t-1)_{l,k} \times W_{ij}(t-1)_{(l,k)}) - T_{d(l,k)} \times A_i(t-1)_{(l,k)}\right)$$

Όπου

$A_i(t)$: η τιμή του κόμβου C_i στην επανάληψη t

$A_i(t-1)$: η τιμή του κόμβου C_i στην επανάληψη $t-1$

$A_j(t-1)$: η τιμή του κόμβου C_j στην επανάληψη $t-1$, ο οποίος συνδέεται με τον κόμβο C_i

n : ο αριθμός όλων των κόμβων C_j που έχουν ακμή που ξεκινά από αυτούς και δείχνει στο C_i

W_{ji} : το βάρος της ακμής που συνδέει τον κόμβο C_j με τον κόμβο C_i (η ακμή ξεκινά από τον κόμβο C_j και καταλήγει στον κόμβο C_i)

k_1 : ένας συντελεστής που ρυθμίζει κατά πόσο θα επηρεάσει τη νέα τιμή του κόμβου C_i , $A_i(t)$, οι τιμές των κόμβων C_j που συνδέονται μαζί του και έχουν ακμή με βάρος και κατεύθυνση προς τον C_i

k_2 : ένας συντελεστής που ρυθμίζει κατά πόσο θα επηρεάσει τη νέα τιμή του κόμβου C_i , $A_i(t)$, η προηγούμενη τιμή του ίδιου κόμβου (δηλαδή η τιμή που είχε στην προηγούμενη επανάληψη)

$f()$: είναι μια συνάρτηση μεταφοράς οι οποίες θα αναφερθούν στο επόμενο υποκεφάλαιο

$A_i(t)_{(l,k)}$ είναι η τιμή του κόμβου C_i , στην επανάληψη t στο επίπεδο l στον ασαφή γνωστικό χάρτη k .

$A_j(t)_{(l,k)}$ είναι η τιμή του κόμβου C_j , στην επανάληψη t στο επίπεδο l στον ασαφή γνωστικό χάρτη k

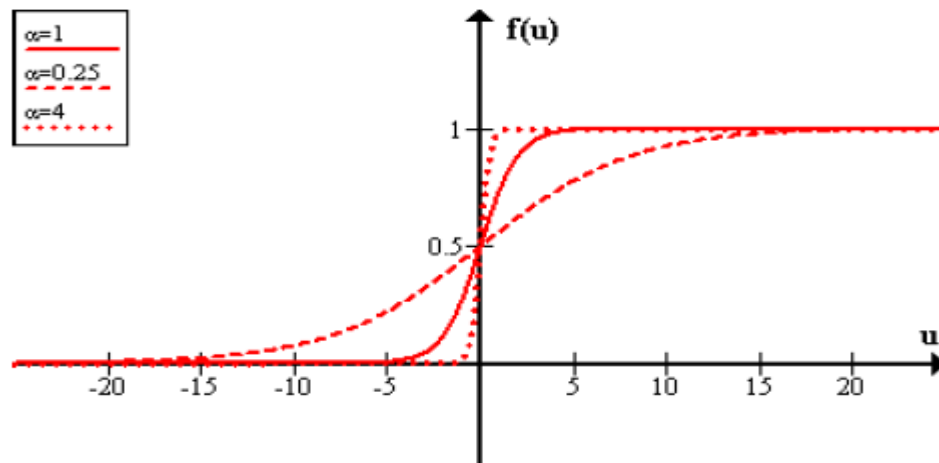
$T_{d(l,k)}$ είναι ο συντελεστής εξασθένισης ο οποίος αφαιρεί ένα ποσοστό από τη τιμή ενεργοποίησης του κόμβου στην προηγούμενη επανάληψη έτσι ώστε να εξασθενίσει η επιρροή του πάνω στην παρούσα τιμής ενεργοποίησης του

2.9 Συναρτήσεις μεταφοράς

Οι συναρτήσεις μεταφοράς είναι οι συναρτήσεις που βγάζουν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των κόμβων. Αφού κάθε κόμβος έχει πάρει την τιμή ενεργοποίησης του τότε εκτελείται η συνάρτηση μεταφοράς για να δούμε το αποτέλεσμα. Η τιμή της μιας συνάρτησης μεταφοράς μπορεί να είναι σε ένα διάστημα μεταξύ του $[0,1]$ ή $[-1,1]$. Η επιλογή της κατάλληλης συνάρτησης μεταφοράς γίνεται ανάλογα σε ποιο διάστημα θέλουμε να περιορίσουμε τα βάρη. Εάν θέλουμε να περιορίζονται στο διάστημα $[0,1]$ τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σιγμοειδής συνάρτηση ενώ εάν θέλουμε να το περιορίσουμε στο διάστημα $[-1,1]$ θα χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση \tanh . Μερικές συναρτήσεις μεταφοράς δίνονται παρακάτω:[3]

1. Σιγμοειδής: $f(u) = \frac{1}{1+e^{-au}}$

Το α είναι μια παράμετρος που καθορίζει την καμπυλότητα στις τιμές κοντά στο 0.



Σχήμα 2.8-Σιγμοειδής συνάρτηση

2. $f(x) = \tanh(x)$
3. Bivalent $f(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0 \\ 1, & x \leq 0 \end{cases}$
4. Trivalent $f(x) = \begin{cases} -1, & x \leq -0.5 \\ 0, & -0.5 < x < 0.5 \\ 1, & x \geq 0.5 \end{cases}$

2.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Με τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες μπορούμε να μοντελοποιήσουμε περίπλοκα και σύνθετα προβλήματα. Προσπαθώντας να μοντελοποιήσεις ένα ιδιαίτερα δυσνόητο πρόβλημα ως ένα ασαφή γνωστικό χάρτη κατανοείς καλύτερα το πρόβλημα και βοηθά και στην ανάλυση του. Ο ασαφής γνωστικός χάρτης είναι ένας ιδανικός τρόπος αναπαράστασης του προβλήματος. Επίσης ένας ασαφής γνωστικός χάρτης μπορεί να δημιουργηθεί παρότι οι ειδικοί διαφωνούν μεταξύ τους. Δηλαδή μπορούν να δοθούν διαφορετικές τιμές στα βάρη των διασυνδέσεων και να υπολογιστεί ο μέσος όρος τους. [7]

Η διαδικασία ανάπτυξης ενός ασαφής γνωστικού χάρτη παρουσιάζει διάφορα μειονεκτήματα και αδυναμίες. Για τη δημιουργία ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη απαιτείται η ύπαρξη ειδικών δηλαδή ανθρώπων που να γνωρίζουν το φορμαλισμό των ασαφών γνωστικών χαρτών. Η διαδικασία ανάπτυξης ενός μοντέλου μπορεί να χρειαστεί να επαναληφθεί πολλές φορές μέχρις ότου βρεθεί το κατάλληλο μοντέλο. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι σε μεγάλα και σύνθετα προβλήματα μπορεί να χρειαστεί να σχεδιαστούν πολλοί κόμβοι και πολλές διασυνδέσεις μεταξύ των κόμβων με αποτέλεσμα η διαδικασία ανάπτυξης του προβλήματος να είναι δύσκολη. [3]

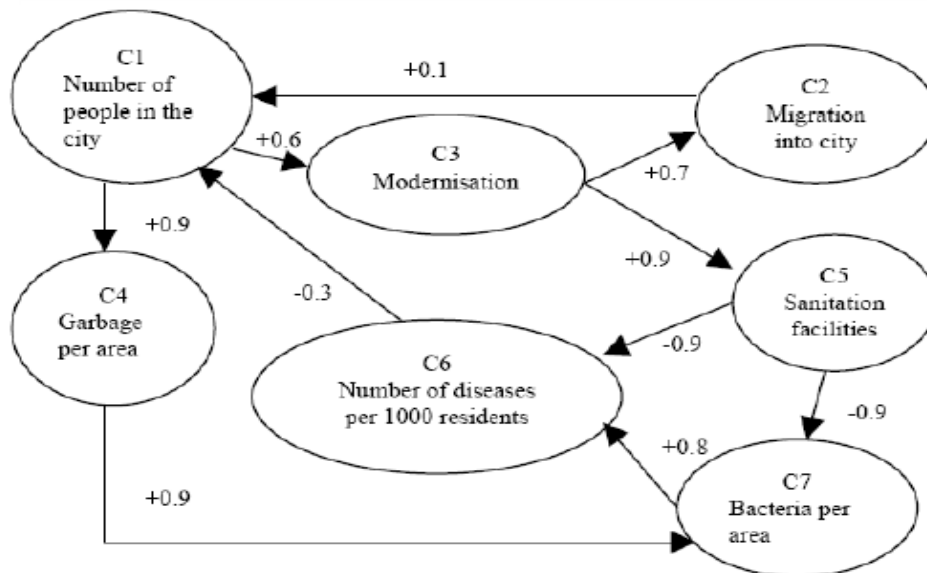
2.11 Χρήση ασαφών γνωστικών χαρτών

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, κυρίως στην ανάλυση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Μερικά κοινωνικά, οικονομικά, πολιτικά, περιβαλλοντικά και μηχανικά προβλήματα είναι σύνθετα, τα οποία μπορούν να μοντελοποιηθούν σε ασαφείς γνωστικούς χάρτες. Επίσης οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα στο τομέα της υγείας.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

3 Επίλυση ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη

Έστω ότι έχουμε τον παρακάτω ασαφή γνωστικό χάρτη, ο οποίος εξηγήθηκε λεπτομερώς στο κεφάλαιο 2:



Σχήμα 3.1-Πρόβλημα ασθενειών σε μια πόλη

Σύμφωνα με τον απλό αλγόριθμο που αναλύσαμε στο κεφάλαιο 2, σελίδα 10, έχουμε $t=0$ και έστω ότι οι αρχικές τιμές όλων των κόμβων είναι 0 δηλαδή (Βήμα 1):

1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3.1-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη $t=0$

Έχουμε τον παρακάτω πίνακα βαρών (Βήμα 2):

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	0	0	0.6	0.9	0	0	0
C2	0.1	0	0	0	0	0	0
C3	0	0.7	0	0	0.9	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0.9
C5	0	0	0	0	0	-0.9	-0.9
C6	-0.3	0	0	0	0	0	0
C7	0	0	0	0	0	0.8	0

Πίνακας 3.2-Πίνακας βαρών του προβλήματος ασθενειών σε μια πόλη

3.1 Επανάληψη $t=1$

Βήμα 3,4, $t=1$

Υπολογίζουμε την τιμή ανανέωσης του κάθε κόμβου ως εξής:

$$A_i(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right)$$

Άρα έχουμε:

$$A_{11}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0.1 \times 0 + 0 \times (-0.3)) = f(0)$$

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-au}} \rightarrow f(0) = \frac{1}{1 + e^{-0}} = 0.5$$

$$A_{12}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0 \times 0.7) = f(0)$$

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-au}} \rightarrow f(0) = \frac{1}{1 + e^{-0}} = 0.5$$

$$A_{13}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0 \times 0.6) = f(0)$$

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-au}} \rightarrow f(0) = \frac{1}{1 + e^{-0}} = 0.5$$

$$A_{14}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0 \times 0.9) = f(0) = 0.5$$

$$A_{15}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0 \times 0.9) = f(0) = 0.5$$

$$A_{16}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(-0.9 \times 0 + 0 \times 0.8) = f(0) = 0.5$$

$$A_{17}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1) \times W_{ji})\right) = f(0 \times 0.9 - 0 \times 0.9) = f(0) = 0.5$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Πίνακας 3.3-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=1

Εφόσον $A(t) \neq A(t-1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.2 Επανάληψη t=2

Βήμα 3,4, t=2

Υπολογίζουμε την τιμή καταστάσεως του κάθε κόμβου ως εξής:

$$A_{21}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.1 \times 0.5 + 0.5 \times (-0.3)) = f(-0.1) = 0.47502$$

$$A_{22}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.5 \times 0.7) = f(0.35) = 0.58662$$

$$A_{23}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.5 \times 0.6) = f(0.3) = 0.57444$$

$$A_{24}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.5 \times 0.9) = f(0.45) = 0.61064$$

$$A_{25}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.5 \times 0.9) = f(0.45) = 0.61064$$

$$A_{26}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(-0.9 \times 0.5 + 0.5 \times 0.8) = f(-0.05) = 0.4875$$

$$A_{27}(t) = f\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n (A_j(t-1,)) \times W_{ji}\right) = f(0.5 \times 0.9 - 0.5 \times 0.9) = f(0) = 0.5$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5

Πίνακας 3.4-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=2

Εφόσον $A(t) \neq A(t-1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.3 Επανάληψη t=3

Βήμα 3,4, t=3

Υπολογίζουμε την τιμή καταστάσεως του κάθε κόμβου ως εξής:

$$A_{31}(t) = f(0.1 \times 0.58662 + 0.4875 \times (-0.3)) = f(-0.087588) = 0.47812$$

$$A_{32}(t) = f(0.57444 \times 0.7) = f(0.4021) = 0.59919$$

$$A_{33}(t) = f(0.47502 \times 0.6) = f(0.285012) = 0.57077$$

$$A_{34}(t) = f(0.47502 \times 0.9) = f(0.427518) = 0.60528$$

$$A_{35}(t) = f(0.57444 \times 0.9) = f(0.516996) = 0.62645$$

$$A_{36}(t) = f(-0.9 \times 0.61064 + 0.5 \times 0.8) = f(-0.149575) = 0.46268$$

$$A_{37}(t) = f(0.61064 \times 0.9 - 0.61064 \times 0.9) = f(0) = 0.5$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5

Πίνακας 3.5-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=3

Εφόσον $A(t) \neq A(t-1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.4 Επανάληψη t=4

Βήμα 3,4, t=4

$$A_{41}(t) = f(0.1 \times 0.59919 + 0.46268 \times (-0.3)) = f(-0.078885) = 0.48029$$

$$A_{42}(t) = f(0.57077 \times 0.7) = f(0.399539) = 0.59858$$

$$A_{43}(t) = f(0.47812 \times 0.6) = f(0.286872) = 0.57123$$

$$A_{44}(t) = f(0.47812 \times 0.9) = f(0.430308) = 0.60595$$

$$A_{45}(t) = f(0.57077 \times 0.9) = f(0.513693) = 0.62567$$

$$A_{46}(t) = f(-0.9 \times 0.62645 + 0.5 \times 0.8) = f(-0.163805) = 0.45914$$

$$A_{47}(t) = f(0.60528 \times 0.9 - 0.62645 \times 0.9) = f(-0.019053) = 0.49524$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5
4	0.48029	0.59858	0.57123	0.60595	0.62567	0.45914	0.49524

Πίνακας 3.6-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=4

Εφόσον $A(t) \neq A(t-1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.5 Επανάληψη t=5

Βήμα 3,4, t=5

$$A_{51}(t) = f(0.1 \times 0.59858 + 0.45914 \times (-0.3)) = 0.48054$$

$$A_{52}(t) = f(0.57123 \times 0.7) = f(0.399861) = 0.59865$$

$$A_{53}(t) = f(0.48029 \times 0.6) = f(0.35214) = 0.57155$$

$$A_{54}(t) = f(0.48029 \times 0.9) = f(0.432261) = 0.60641$$

$$A_{55}(t) = f(0.57123 \times 0.9) = f(0.514107) = 0.62577$$

$$A_{56}(t) = f(-0.9 \times 0.62567 + 0.49524 \times 0.8) = f(-0.166911) = 0.45837$$

$$A_{57}(t) = f(0.60595 \times 0.9 - 0.62567 \times 0.9) = f(-0.017748) = 0.495565$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5
4	0.48029	0.59858	0.57123	0.60595	0.62567	0.45914	0.49524
5	0.48054	0.59865	0.57155	0.60641	0.62577	0.45837	0.495565

Πίνακας 3.7-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=5

Εφόσον $A(t) \neq A(t - 1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.6 Επανάληψη t=6

Βήμα 3,4, t=6

$$A_{61}(t) = 0.4806$$

$$A_{62}(t) = 0.59871$$

$$A_{63}(t) = 0.57159$$

$$A_{64}(t) = 0.60647$$

$$A_{65}(t) = 0.62584$$

$$A_{66}(t) = 0.45841$$

$$A_{67}(t) = 0.49564$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5
4	0.48029	0.59858	0.57123	0.60595	0.62567	0.45914	0.49524
5	0.48054	0.59865	0.57155	0.60641	0.62577	0.45837	0.495565
6	0.4806	0.59871	0.57159	0.60647	0.62584	0.45841	0.49564

Πίνακας 3.8-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=6

Εφόσον $A(t) \neq A(t-1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.7 Επανάληψη t=7

Βήμα 3,4, t=7

$$A_{71}(t) = 0.4806$$

$$A_{72}(t) = 0.59871$$

$$A_{73}(t) = 0.57159$$

$$A_{74}(t) = 0.60648$$

$$A_{75}(t) = 0.62584$$

$$A_{76}(t) = 0.45841$$

$$A_{77}(t) = 0.49564$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5
4	0.48029	0.59858	0.57123	0.60595	0.62567	0.45914	0.49524
5	0.48054	0.59865	0.57155	0.60641	0.62577	0.45837	0.495565

6	0.4806	0.59871	0.57159	0.60647	0.62584	0.45841	0.49564
7	0.4806	0.59871	0.57159	0.60648	0.62584	0.45841	0.49564

Πίνακας 3.9-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=7

Εφόσον $A(t) \neq A(t - 1)$ επαναλαμβάνουμε το βήμα 3.

3.8 Επανάληψη t=8

Βήμα 3,4, t=8

$$A_{81}(t) = 0.4806$$

$$A_{82}(t) = 0.59871$$

$$A_{83}(t) = 0.57159$$

$$A_{84}(t) = 0.60648$$

$$A_{85}(t) = 0.62584$$

$$A_{86}(t) = 0.45841$$

$$A_{87}(t) = 0.49564$$

Επομένως έχουμε τον εξής πίνακα τιμών των κόμβων:

Επανάληψη	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.47502	0.58662	0.57444	0.61064	0.61064	0.4875	0.5
3	0.47812	0.59919	0.57077	0.60528	0.62645	0.46268	0.5
4	0.48029	0.59858	0.57123	0.60595	0.62567	0.45914	0.49524
5	0.48054	0.59865	0.57155	0.60641	0.62577	0.45837	0.495565
6	0.4806	0.59871	0.57159	0.60647	0.62584	0.45841	0.49564
7	0.4806	0.59871	0.57159	0.60648	0.62584	0.45841	0.49564
8	0.4806	0.59871	0.57159	0.60648	0.62584	0.45841	0.49564

Πίνακας 3.10-Πίνακας ενεργοποίησης τιμών στην επανάληψη t=8

Εφόσον $A(t) = A(t - 1)$ ο αλγόριθμος τερματίζει.

4 User Interface για ασαφείς γνωστικούς χάρτες

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η δημιουργία ενός User Interface για την κατασκευή ασαφών γνωστικών χαρτών. Μία τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την κατασκευή Web εφαρμογών είναι η Adobe Flash Professional CS6.

4.1 Τεχνολογίες και εργαλεία

4.1.1 Adobe Flash Professional CS6

Για τη δημιουργία του User Interface ασαφών γνωστικών χαρτών χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Adobe Flash Professional CS6. Η πλατφόρμα του Flash είναι μια πολυμεσική πλατφόρμα που αναπτύχθηκε το 1996 από την Macromedia και αργότερα εντάχθηκε στην Adobe Systems. Αυτή η πλατφόρμα ευνοεί την δημιουργία διαδραστικών εφαρμογών. Είναι ένα εργαλείο χρήσιμο για την επεξεργασία γραφικών και την ανάπτυξη εφαρμογών κινούμενων σχεδίων. Το flash αποτελεί μια τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών πολυμεσικού περιεχομένου δηλαδή εικόνα, βίντεο, ήχο και κίνηση. Λόγω της διαδραστικότητας που προσφέρει είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη παιχνιδιών, ωστόσο σε αυτή τη διπλωματική χρησιμοποιείται ως εργαλείο κατάλληλο για την κατασκευή του User Interface.

Πολλά προϊόντα λογισμικού, συστήματα και διάφορες συσκευές μπορούν να δημιουργήσουν ή και να απεικονίσουν Flash περιεχόμενο, συμπεριλαμβανομένου και του Adobe Flash Player, το οποίο είναι διαθέσιμο στα πιο κοινά προγράμματα περιήγησης ιστού, σε ορισμένα κινητά τηλέφωνα και άλλες ηλεκτρονικές και φορητές συσκευές που χρησιμοποιούν το Flash Lite. Το Adobe Flash Player υποστηρίζεται από διάφορες συσκευές και συστήματα όπως Windows, Mac OS 9/X, Linux, Solaris, HP-UX, Android, OS/2, QNX, Symbian, Palm OS, BeOS και IRIX.[8]

Το Flash παρουσιάζει διάφορα πλεονεκτήματα όπως:

- Είναι ένα εργαλείο γρήγορο στην εκμάθηση του και από αρχάριους developers.
- Προσφέρει διαδραστικότητα με το χρήστη με εύκολο τρόπο.
- Παρέχει διάφορα έτοιμα σχήματα στα οποία έχεις τη δυνατότητα να αλλάξεις εύκολα το χρώμα τους και τις διαστάσεις τους.
- Δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας και επεξεργασίας κειμένου.
- Είναι συμβατό με όλα τα προγράμματα περιήγησης.
- Είναι συμβατό με Web εφαρμογές.
- Μπορούμε να επεξεργαστούμε και να συνθέσουμε σχήματα ελεύθερα.

4.1.2 Περιβάλλον εργασίας του Adobe Flash Professional CS6

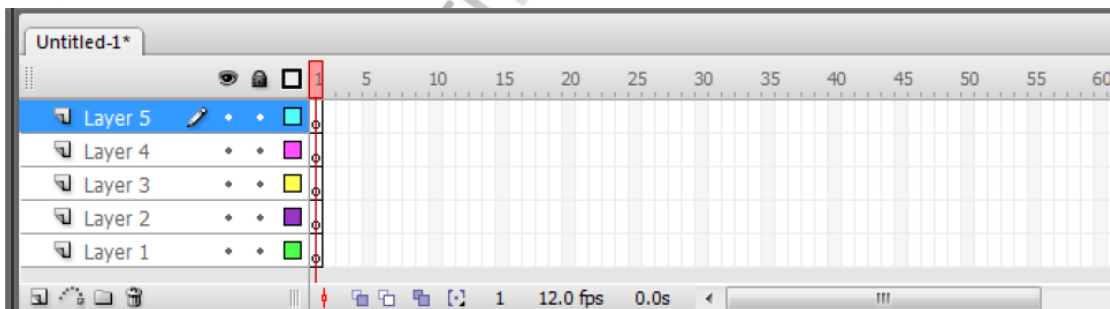
Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει την πλατφόρμα του Adobe Professional CS6.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα ορθογώνιο τμήμα το οποίο ονομάζεται σκηνικό-stage. Σε αυτό το ορθογώνιο τμήμα τοποθετούμε όλα τα αντικείμενα που θέλουμε να εμφανιστούν όταν τρέξουμε το πρόγραμμα ή μέσα από μια ιστοσελίδα. Σε αυτή τη διπλωματική στο σκηνικό θα βάλουμε διάφορα κουμπιά και μπάρες με τις οποίες θα αλληλεπιδρά ο χρήστης.



Σχήμα 4.1-Σκηνικό

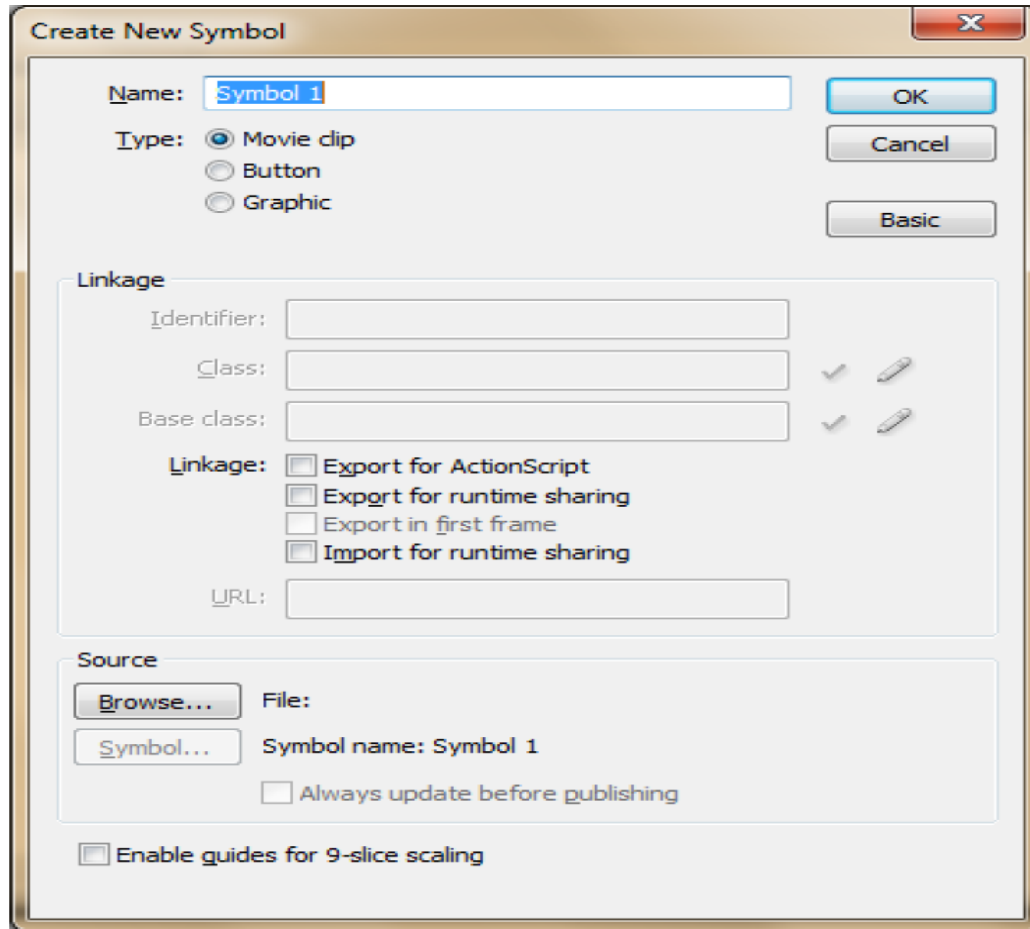
Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα επίπεδα-layers που μπορεί να βάλει ο σχεδιαστής. Τα επίπεδα χρησιμοποιούνται για να οργανώσουμε καλύτερα τα αντικείμενά μας. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται τα επίπεδα καθορίζει και την σειρά διαστρωμάτωσης των αντικειμένων που περιέχουν.



Σχήμα 4.2-Καρέ

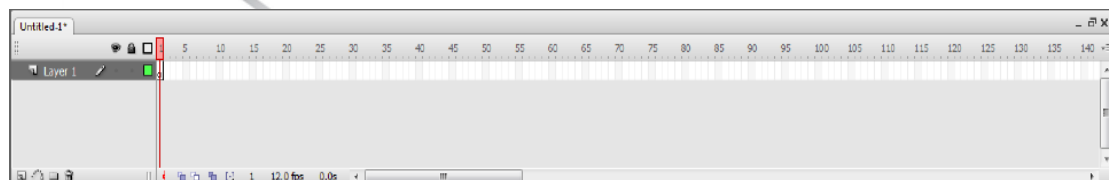
Ένας άλλος όρος εξίσου σημαντικός είναι το καρέ-frame. Ένα καρέ είναι ένα μέρος της ταινίας. Όταν τοποθετούμε ένα αντικείμενο στη σκηνή μπορούμε να ορίσουμε σε ποια καρέ θα εμφανίζεται, για πόσο χρόνο καθώς και αν θα αλλάξει σχήμα, μέγεθος ή κάποιο άλλο χαρακτηριστικό του. Επίσης το καρέ-κλειδί-keyframe είναι όταν βάζουμε ένα αντικείμενο σε ένα καρέ και στο επόμενο καρέ βάζουμε ένα άλλο αντικείμενο με αποτέλεσμα να τρέχει την πρώτη κατάσταση – πρώτο αντικείμενο όταν τρέχει αυτό το πρώτο καρέ ή να τρέχει τη δεύτερη κατάσταση όταν τρέχει το δεύτερο καρέ.

Το παρακάτω σχήμα αναπαριστά τη δημιουργία ενός συμβόλου. Ένα σύμβολο είναι ένα αντικείμενο που θέλουμε να προσθέσουμε στο σκηνικό μας. Μπορεί να είναι το οτιδήποτε για παράδειγμα ένας κύκλος. Σε ένα σύμβολο μπορούμε να αλλάζουμε το μέγεθος του και το χρώμα του. Μπορούμε να δημιουργήσουμε και να επεξεργαστούμε όσα αντίγραφα συμβόλων θέλουμε. Εάν θέλουμε να κάνουμε μια αλλαγή σε ένα σύμβολο αυτόματα μπορεί να γίνει και η αλλαγή και σε άλλα σύμβολα.



Σχήμα 4.3-Δημιουργία συμβόλου

Μια άλλη βασική έννοια του flash είναι η βιβλιοθήκη-library. Η βιβλιοθήκη μας επιτρέπει να δημιουργούμε τα σύμβολα καθώς και να εισάγουμε εικόνες, γραφικά, αρχεία ήχου και βίντεο στη ταινία μας μέσα από άλλες εφαρμογές. Επιπλέον ένας άλλος όρος είναι το διάγραμμα ροής χρόνου-timeline, το οποίο αναπαριστά πως τρέχει ο χρόνος. Καθώς ο χρόνος κυλά μια ταινία μπορεί να εξελίσσεται δηλαδή να δίνει την αίσθηση συνεχούς κίνησης.



Σχήμα 4.4-Διάγραμμα ροής χρόνου

Η εργαλειοθήκη-toolbox μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε και να επεξεργαστούμε τα αντικείμενα ή να δημιουργήσουμε διάφορα σχήματα.



Σχήμα 4.5-Εργαλειοθήκη

Για κάθε σχήμα ή αντικείμενο μπορούμε να το χρωματίσουμε πολύ εύκολα από το panel καθώς να ορίσουμε και τις διαστάσεις του.

4.1.3 Actionscript

Η Actionscript είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ιστοσελίδων και λογισμικού. Προσφέρει διαδραστικότητα που σημαίνει ότι ο σχεδιαστής μπορεί να κατασκευάσει πρόγραμμα με το οποίο ο χρήστης να μπορεί να αλληλεπιδρά με αυτό. Είναι μια γλώσσα εύκολη στην εκμάθησή της από αρχάριους σχεδιαστές αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάπτυξη περίπλοκων εφαρμογών. Επιτρέπει τη δημιουργία πολυμεσικών εφαρμογών δηλαδή εφαρμογές με ήχο, εικόνα και βίντεο. Η ActionScript έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί εφέ με αλληλεπίδραση, όπως καμία άλλη γλώσσα, μέσα από ένα περιηγητή. Όταν τρέξεις ένα πρόγραμμα flash στο περιβάλλον εργασίας του flash δημιουργείται ένα αρχείο .swf το οποίο μπορεί να φορτωθεί και σε μια ιστοσελίδα δηλαδή είναι συμβατό με μια Web εφαρμογή.

Η Actionscript είναι μια γλώσσα γεγονοστραφής δηλαδή υποστηρίζει πλήρως τον προγραμματισμό με γεγονότα. Ένα γεγονός μπορεί να είναι το κλικ του ποντικιού ή ενός χαρακτήρα ή όταν ο δείκτης του ποντικιού είναι πάνω από ένα αντικείμενο ή όταν φεύγει από αυτό. Ως μια αντικειμενοστραφής γλώσσα βασίζεται στην κληρονομικότητα. Μια κλάση μπορεί να κληρονομήσει από, ή να παρατείνει, μια άλλη κλάση. Αυτό σημαίνει ότι παίρνει όλες τις ιδιότητες και τις μεθόδους της άλλης κλάσης, εκτός από τις ιδιότητες και τις μεθόδους οι οποίες έχουν προσδιοριστεί ως private. Η υποκλάση, η κλάση δηλαδή που κληρονομεί τις ιδιότητες και τις μεθόδους, μπορεί να προσθέσει επιπλέον ιδιότητες και μεθόδους, ή να αλλάξει κάποιες από τις ιδιότητες και τις μεθόδους της υπερκλάσης. Σε αυτή τη διπλωματική χρησιμοποιήθηκε η Actionscript 3.

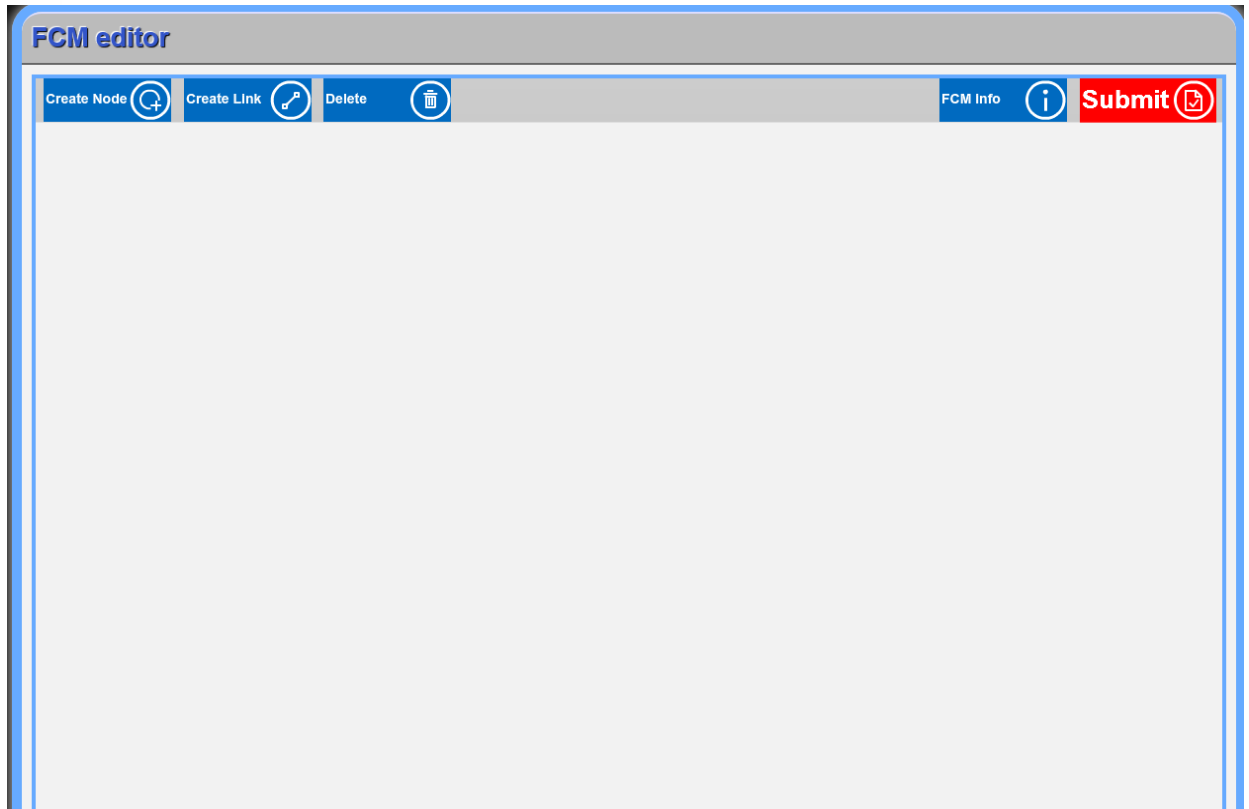
4.2 Χρηστικότητα του User Interface

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την χρηστικότητα του User Interface είναι τα εξής:

- **Συνέπεια:** να γίνεται η αποφυγή λαθών και να εξασφαλίζεται ότι το πρόγραμμα λειτουργεί ορθά.
- **Απλότητα:** Ένα User Interface πρέπει να είναι ευκολόχρηστο ώστε η διάρκεια εκμάθησής του να είναι μικρή και όχι επίπονη.
- **Ελαχιστοποίηση των ενεργειών του χρήστη:** πολλές ενέργειες θα πρέπει να εκτελούνται από το πρόγραμμα για την αποφυγή λαθών καθώς και να εξοικονομούμε το χρόνο που θα χρειάζονταν για να εκτελεστούν αυτές οι ενέργειες από το χρήστη.
- **Κατανοητά και επεξηγηματικά μηνύματα:** οδηγίες που βοηθούν το χρήστη να κατανοήσει εύκολα και γρήγορα το σύστημα.

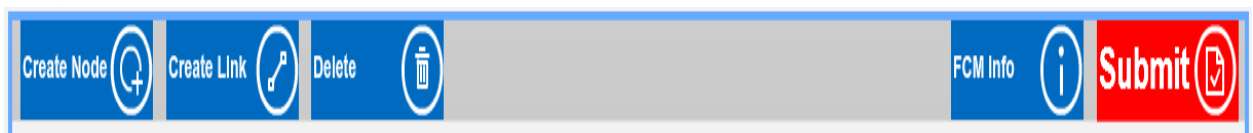
4.3 User Interface ασαφών γνωστικών χαρτών

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει το User Interface που φτιάχτηκε για την κατασκευή ασαφών γνωστικών χαρτών.



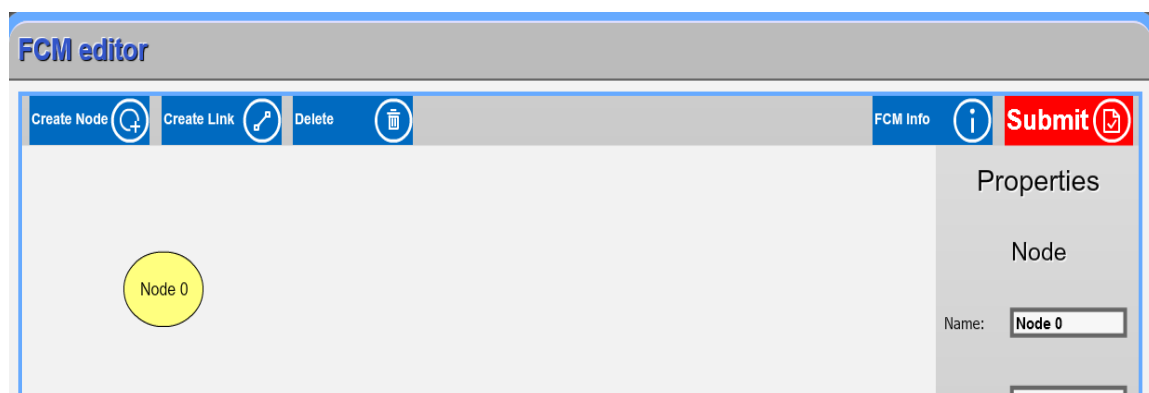
Σχήμα 4.6-User Interface

Η βασική λειτουργία του εξαρτάται από τα τρία αριστερά κουμπιά όπως το βλέπουμε.



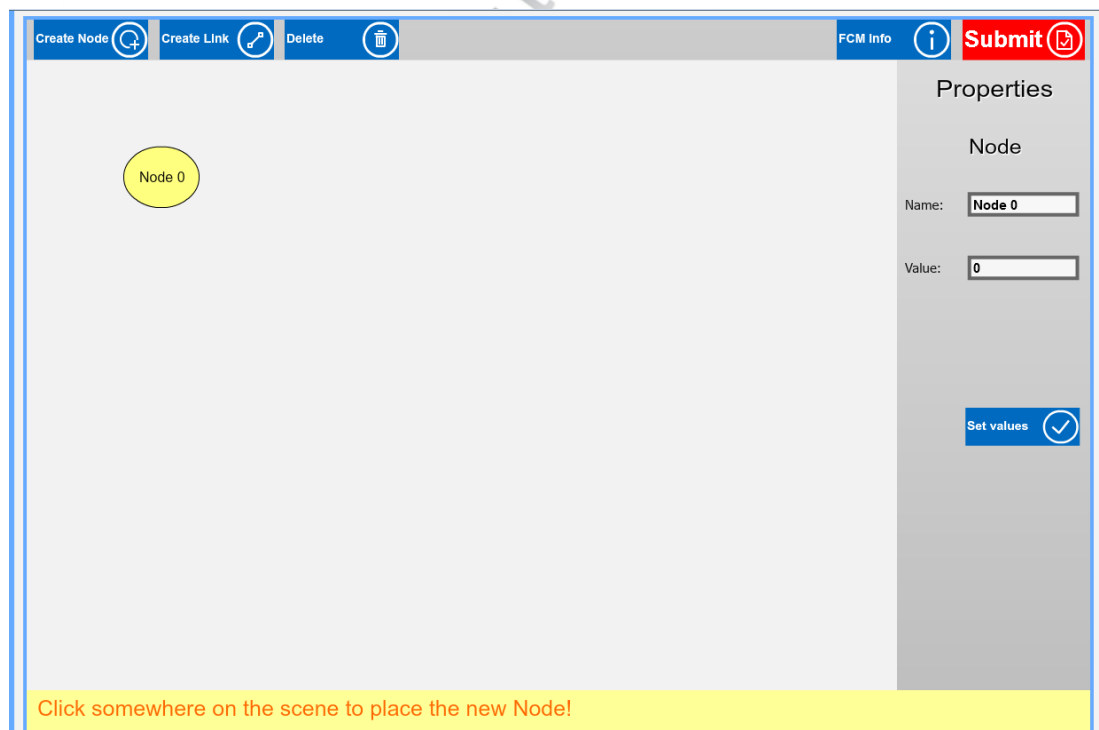
Σχήμα 4.7-Βασικό μενού

Το πρώτο κουμπί είναι το Create Node με το οποίο μπορείς να δημιουργήσεις έναν κόμβο. Όταν πατάς κλικ πάνω στο κουμπί αυτό έπειτα πατάς κλικ σε οποιοδήποτε μέρος πάνω στη σκηνή για να δημιουργήσει τον κόμβο όπως φαίνεται και παρακάτω:



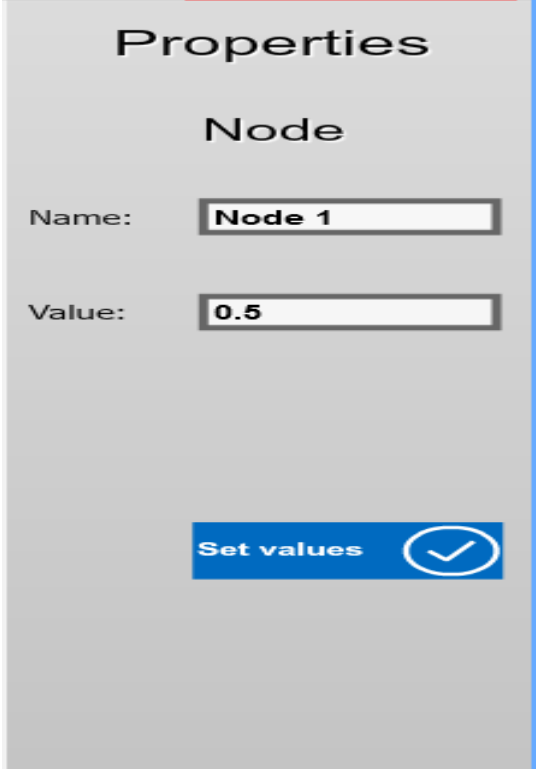
Σχήμα 4.8-Δημιουργία κόμβου

Για να γίνεται ακόμα πιο κατανοητό όταν πατάς το κουμπί Create Node στο κάτω μέρος της οθόνης βγάζει ένα κείμενο που επεξηγεί πως για να δημιουργήσεις έναν κόμβο κάνε κλικ οπουδήποτε στη σκηνή.



Σχήμα 4.9-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας κόμβου

Για να επιλέξουμε έναν κόμβο μπορούμε να κάνουμε κλικ πάνω στον κόμβο και αυτός αμέσως κιτρινίζει όπως φαίνεται και πιο πάνω. Τους κόμβους μπορούμε να τους αλλάξουμε θέση και να τους τοποθετήσουμε οπουδήποτε πάνω στην σκηνή. Αφού κάνουμε κλικ πάνω στον κόμβο και κιτρινίσει εμφανίζεται στην οθόνη στο δεξί μέρος μια μπάρα.

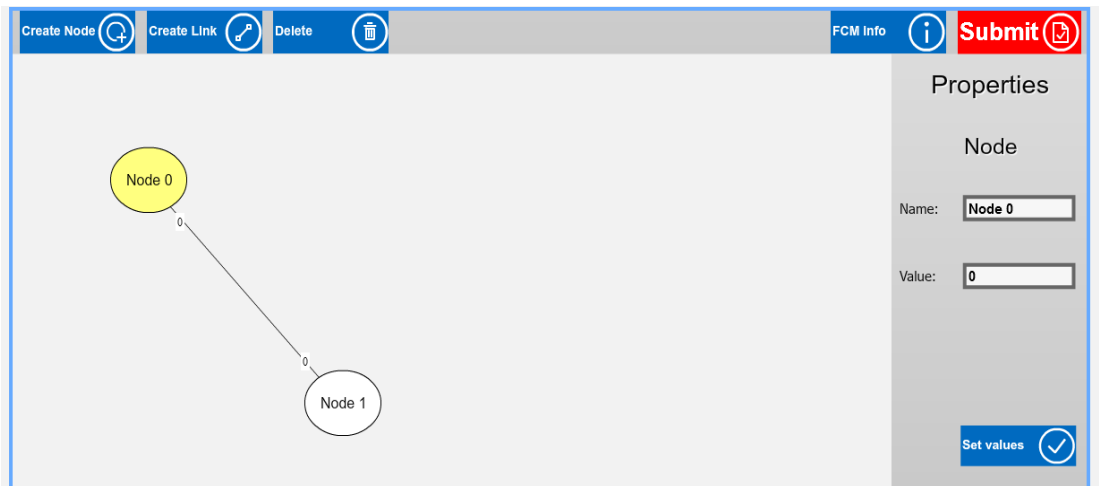


The image shows a 'Properties' dialog box for a 'Node'. It has a title bar 'Properties' and a subtitle 'Node'. There are two text input fields: 'Name' with the value 'Node 1' and 'Value' with the value '0.5'. Below the fields is a blue button labeled 'Set values' with a white checkmark icon.

Σχήμα 4.10-Ιδιότητες κόμβου

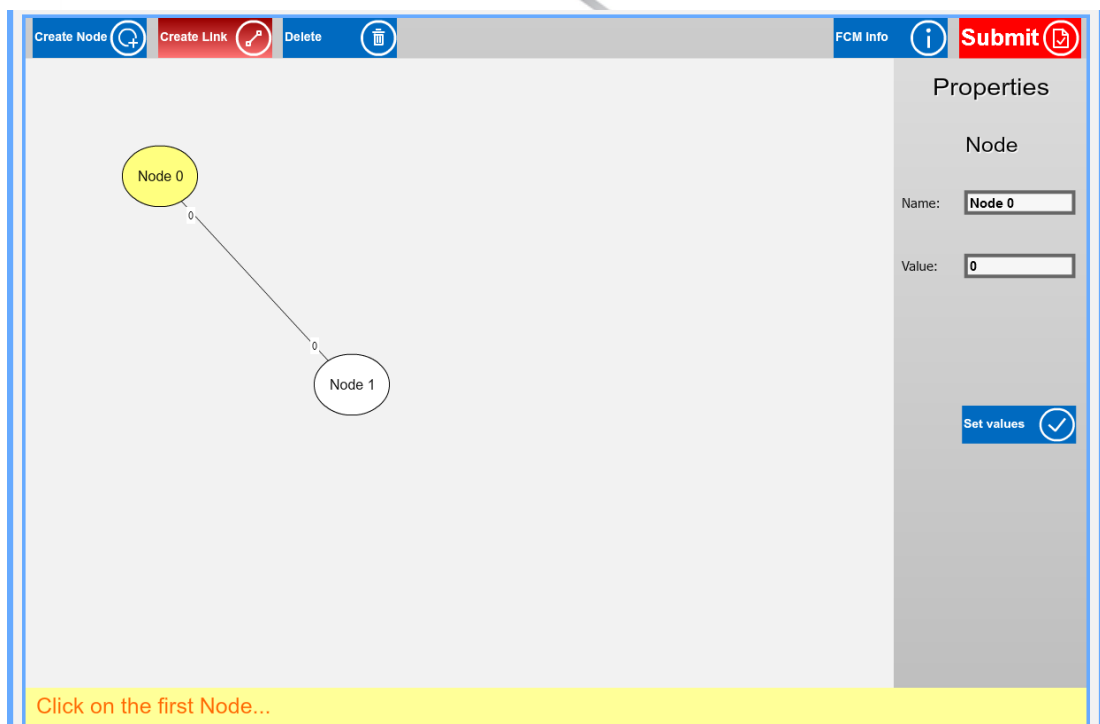
Όπως βλέπουμε πιο πάνω στο textbox που λέει name μπορούμε να βάλουμε το όνομα του κόμβου και στο textbox value να βάλουμε την αρχική τιμή του κόμβου για παράδειγμα 0.5 και έπειτα πατάμε το κουμπί Set values για να αποθηκεύσουμε τις αλλαγές.

Το δεύτερο κουμπί Create Link όταν το πατάμε αμέσως κοκκινίζει και περιμένει να κάνεις κλικ στον πρώτο κόμβο που θέλεις να ενώσεις και έπειτα δεύτερο κλικ στο δεύτερο κόμβο για να τους ενώσεις. Εάν κάνεις κλικ οπουδήποτε στη σκηνή αντί σε κόμβο δεν δημιουργείτε καμία σύνδεση(εξασφαλίζεται η συνέπεια).



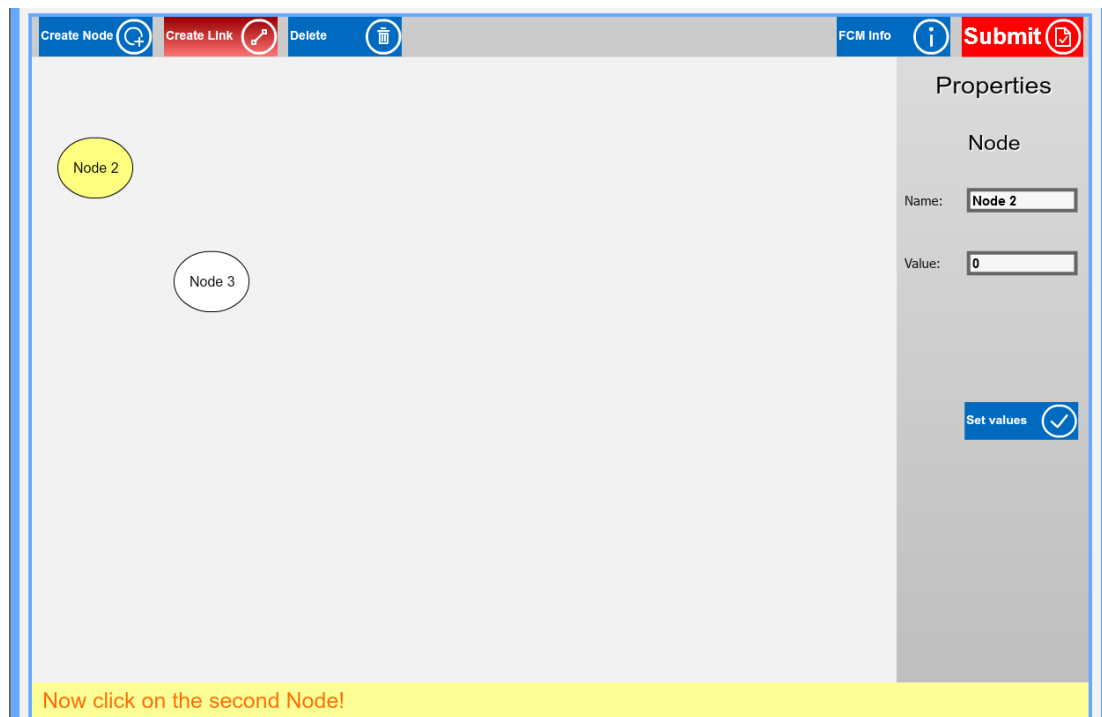
Σχήμα 4.11-Δημιουργία σύνδεσης

Για να γίνει πιο σαφές το πώς λειτουργεί το κουμπί Create Link όταν το πατήσεις και κοκκινίσει εμφανίζεται κάτω στην οθόνη ένα μήνυμα που λέει:



Σχήμα 4.12-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας σύνδεσης

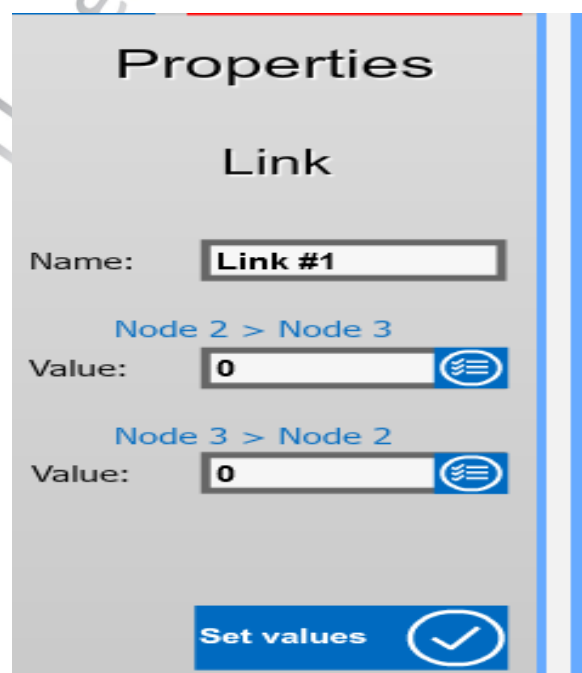
Αφού κάνεις κλικ στον πρώτο κόμβο έπειτα σου εμφανίζει το εξής επεξηγηματικό μήνυμα:



Σχήμα 4.13-Επεξηγηματικό μήνυμα-δημιουργίας σύνδεσης

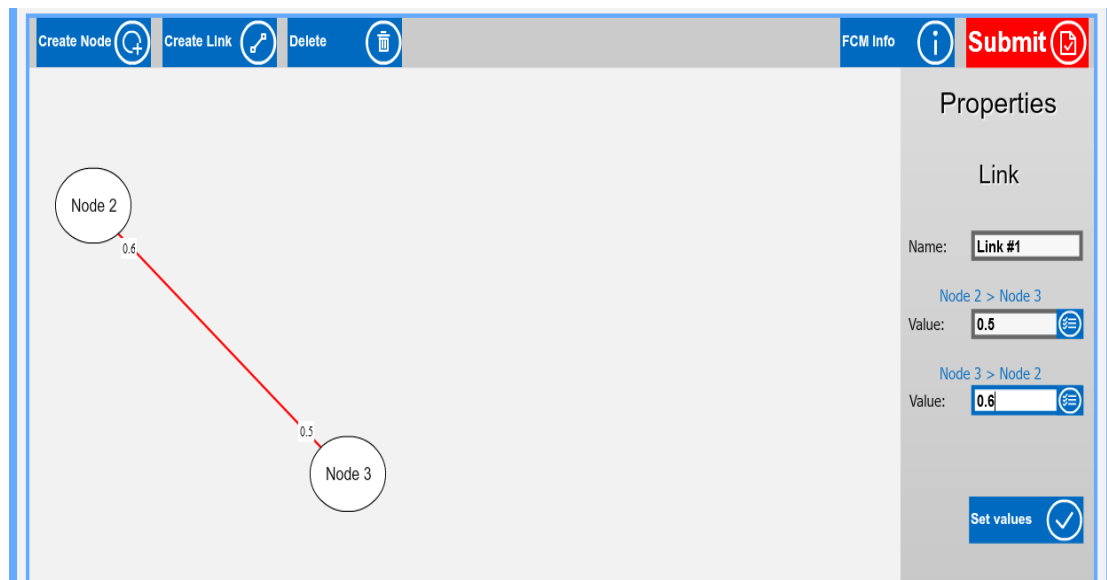
Να πατήσεις ένα κλικ στο δεύτερο κόμβο για να ολοκληρωθεί η διαδικασία της σύνδεσης των δύο κόμβων.

Όταν ολοκληρωθεί η σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων εμφανίζονται πάνω στη σύνδεση δύο textbox που απεικονίζουν τα βάρη της σύνδεσης. Εάν πατήσεις πάνω στα δύο αυτά textbox η ακμή κοκκινίζει και στο δεξί μέρος εμφανίζεται η εξής μπάρα:



Σχήμα 4.14-Ιδιότητες σύνδεσης

Παρατηρούμε ότι στο πρώτο textbox μπορούμε να βάλουμε το όνομα της σύνδεσης. Στο δεύτερο textbox βάζουμε το βάρος της σύνδεσης από τον πρώτο κόμβο στο δεύτερο, ενώ στο τρίτο βάζουμε το βάρος από τον δεύτερο κόμβο στον πρώτο. Πατάμε Set values για να αποθηκευτούν οι αλλαγές. Αφού πατήσουμε Set values τότε αυτόματα απεικονίζονται οι τιμές των βαρών πάνω στα textbox της σύνδεσης.



Όπως βλέπουμε τη δεξιά μπάρα τα δύο textbox έχουν και ένα σχήμα σαν κύκλο. Εάν το πατήσεις εμφανίζεται το εξής παράθυρο όπου μπορείς να βάλεις fuzzy τιμές.

Linguistic Values

- positive very very high
- positive very high
- positive high
- positive medium
- positive low
- positive very low
- positive very very low
- negative very very low
- negative very low
- negative low
- negative medium
- negative high
- negative very high
- negative very very high

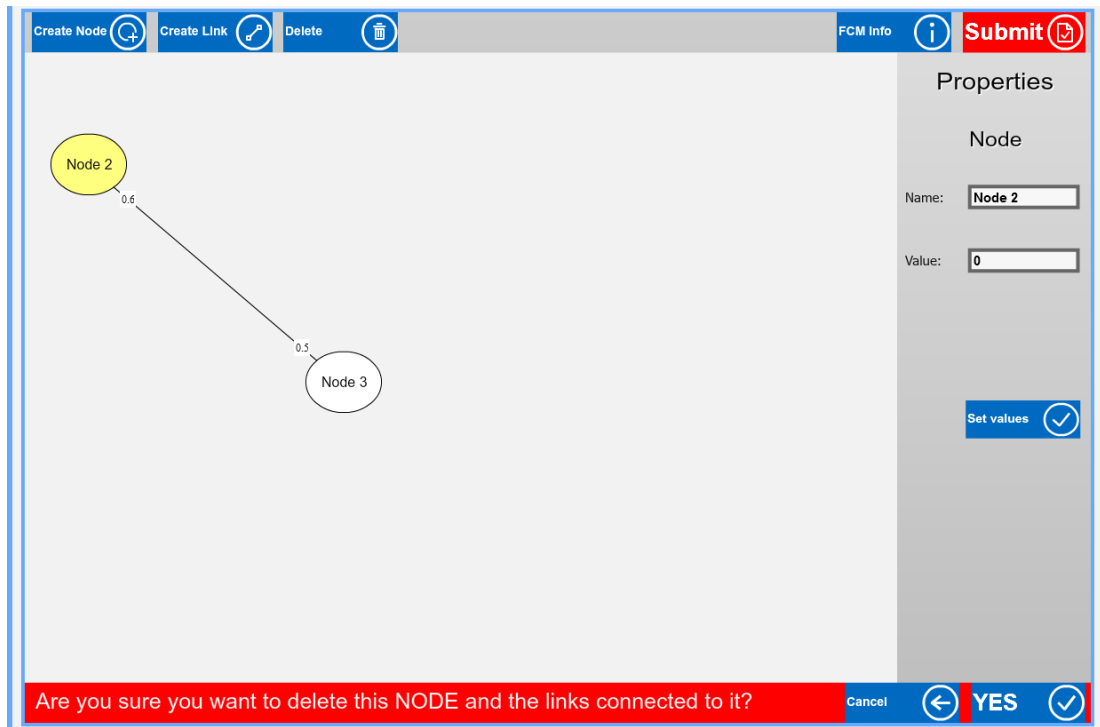
Center of gravity: **-0.2166**

OK Cancel

Σχήμα 4.14-Λεκτικές τιμές

Όπως βλέπουμε υπολογίζεται το κέντρο βάρους και πατάμε τα κουμπιά ok και cancel αναλόγως τι θέλουμε να κάνουμε.

Το τρίτο κουμπί delete το πατάμε για να διαγράψουμε μια σύνδεση ή έναν κόμβο. Αφού πατήσουμε κλικ πάνω στον κόμβο ή στη σύνδεση ώστε να επιλεγθούν τα διαγράφουμε. Όταν πατήσουμε το delete κάτω στην οθόνη εμφανίζεται το εξής μήνυμα και πράττουμε αναλόγως.



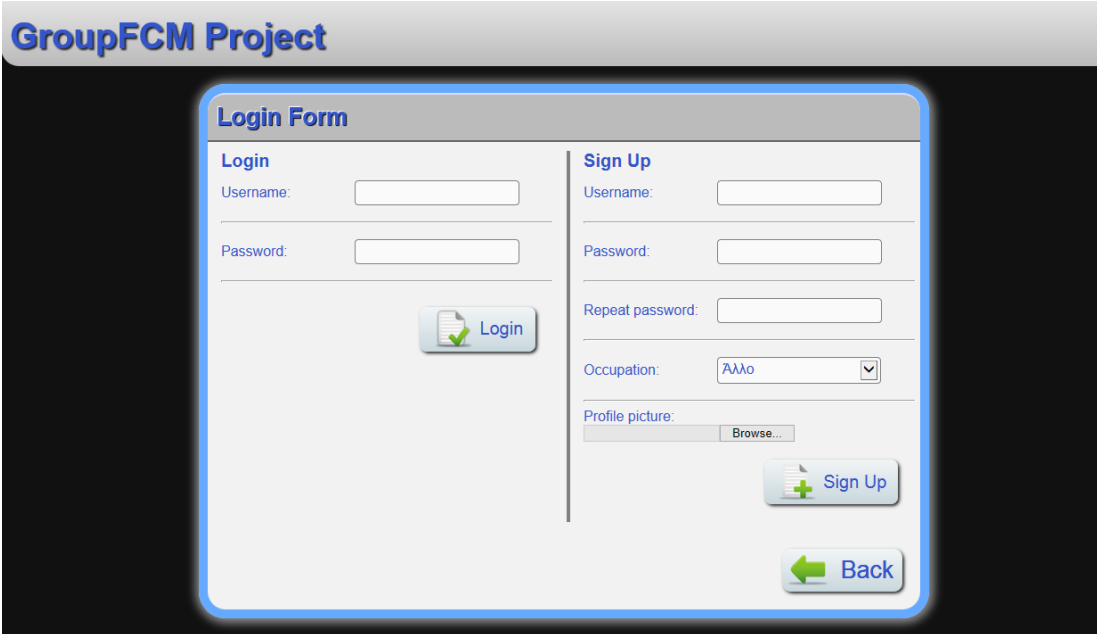
Σχήμα 4.15-Διαγραφή κόμβου ή σύνδεσης

5 Αλγόριθμος προσομοίωσης και επίλυση ασαφούς γνωστικού χάρτη

Κατασκευάστηκε ένα site στο οποίο κάθε χρήστης μπορεί να φτιάχνει έναν ασαφή γνωστικό χάρτη, να τον αποθηκεύει και να βγάζει τα αποτελέσματα του αλγορίθμου που χρησιμοποιήθηκε στο κεφάλαιο 3.

5.1 Σύνδεση χρήστη

Ο χρήστης είτε μη εγγεγραμμένος είτε εγγεγραμμένος μπορεί να συνδεθεί στο σύστημα ως εξής:



The screenshot shows a web interface for 'GroupFCM Project'. The main content area is titled 'Login Form' and is split into two vertical sections. The left section, labeled 'Login', contains two input fields: 'Username:' and 'Password:'. Below these is a button with a green checkmark icon and the text 'Login'. The right section, labeled 'Sign Up', contains three input fields: 'Username:', 'Password:', and 'Repeat password:'. Below these is a dropdown menu for 'Occupation:' with 'Άλλο' selected. Below the dropdown is a 'Profile picture:' label and a 'Browse...' button. At the bottom right of the 'Sign Up' section is a button with a green plus icon and the text 'Sign Up'. At the very bottom of the form is a 'Back' button with a green left arrow icon.

Σχήμα 5.1-Σύνδεση χρήστη

5.2 Εμφάνιση θεμάτων

Στην αρχική σελίδα εμφανίζονται σε έναν πίνακα τα θέματα του χρήστη αφού έχει συνδεθεί και σε έναν άλλο πίνακα τα θέματα όλων των χρηστών.

My list of subjects

Date	Subject name	Description	Maximum FCM allowed	Current number of FCMs
20/9/2013, 04:47:12	health		10	0
25/7/2013, 05:15:24	roi		5	1

 Create a new subject

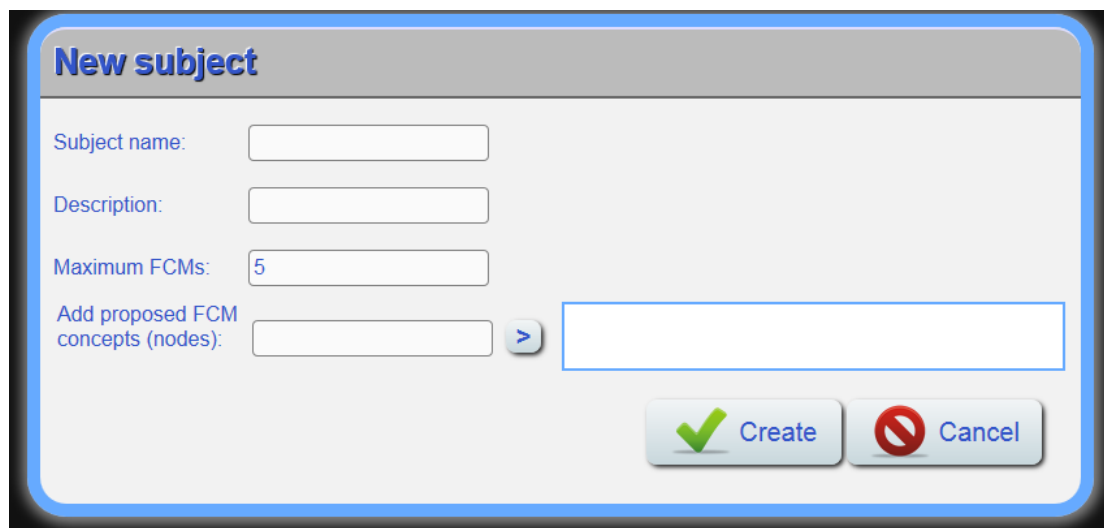
All subjects

Date	Subject name	Description	Creator	Maximum FCM allowed	Current number of FCMs
18/6/2013, 09:21:21	dapost1	test	kos	5	2
13/6/2013, 14:44:46	name	yfff	kos	5	2
7/6/2013, 14:58:44	Θέμα Νο1	Περιγραφή	kos	10	1
20/6/2013, 12:57:50	test		roi	5	3
20/9/2013, 04:47:12	health		roi000	10	0
25/7/2013, 05:15:24	roi		roi000	5	1

Σχήμα 5.2-Εμφάνιση θεμάτων

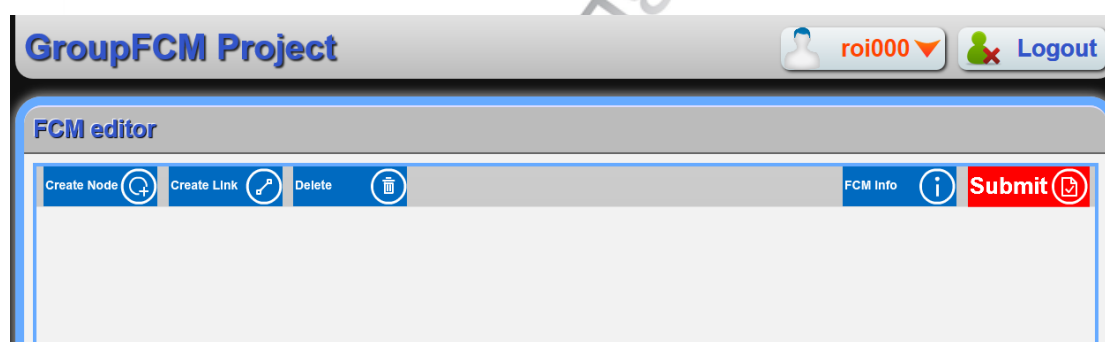
5.3 Δημιουργία θέματος

Εάν θέλουμε να δημιουργήσουμε έναν ασαφή γνωστικό χάρτη πατάμε στο κουμπί create a new subject, όπως βλέπουμε παραπάνω. Αφού πατήσουμε το κουμπί μας βγάζει έναν πίνακα όπου βάζουμε το όνομα του θέματος και μια περιγραφή του όπως φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 5.3-Δημιουργία θέματος

Εάν πατήσουμε το κουμπί create, μας βγάζει στο User Interface που εξηγήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο δηλαδή στην εξής σελίδα:



Σχήμα 5.4-Δημιουργία ασαφούς γνωστικού χάρτη

5.4 Τροποποίηση - διαγραφή θέματος

Εάν στην αρχική σελίδα πατήσουμε πάνω στο θέμα που μας ενδιαφέρει τότε μπορούμε να το τροποποιήσουμε ή να το διαγράψουμε:

The screenshot displays a web interface for managing FCMs (Functional Connectivity Maps) for a specific subject. The title bar reads "List of FCMs for subject: roi created by roi000". Below this, there is a "Subject Information" section with the following details: Subject name: roi, Description: (empty), and Maximum FCMs allowed: 5. A "Saved results" button is located to the right of the subject information. The main section is titled "FCM list" and contains a table with the following data:

FCM #	Creation date	Creator
1	16/9/2013, 05:34:43	roi000

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

Σχήμα 5.5-Τροποποίηση θέματος

5.5 Εμφάνιση αποτελεσμάτων

Όπως βλέπουμε στην παραπάνω εικόνα εάν πατήσουμε στο κουμπί merge and calculate μας βγάζει στην εξής σελίδα:

Merging FCMs for subject: roi created by roi000

Owner's Initial FCM

View

Additional FCM

Main FCM (Nodes)

- Node 0
- Node 1
- Node 2
- Node 3

Same Nodes

- ---
- ---
- ---
- ---

FCM Matrix

	Node 0	Node 1	Node 2	Node 3
Node 0	0	0.7	0	0
Node 1	0.8	0	0.4	0
Node 2	0	-0.9	0	-0.9
Node 3	0	0	0.8	0

Back Proceed

Σχήμα 5.6-Επισκόπηση δεδομένων

Εάν πατήσουμε proceed μας βγάξει την εξής σελίδα:

Merging FCMs for subject: roi created by roi000

Final matrix

Final FCM Matrix

	Node 0	Node 1	Node 2	Node 3
Node 0	0	0.7	0	0
Node 1	0.8	0	0.4	0
Node 2	0	-0.9	0	-0.9
Node 3	0	0	0.8	0

Threshold function

Threshold function

Sigmoid

Nodes' initial values

Nodes' initial Values

Node 0	Node 1	Node 2	Node 3
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Results

Calculate

Plot

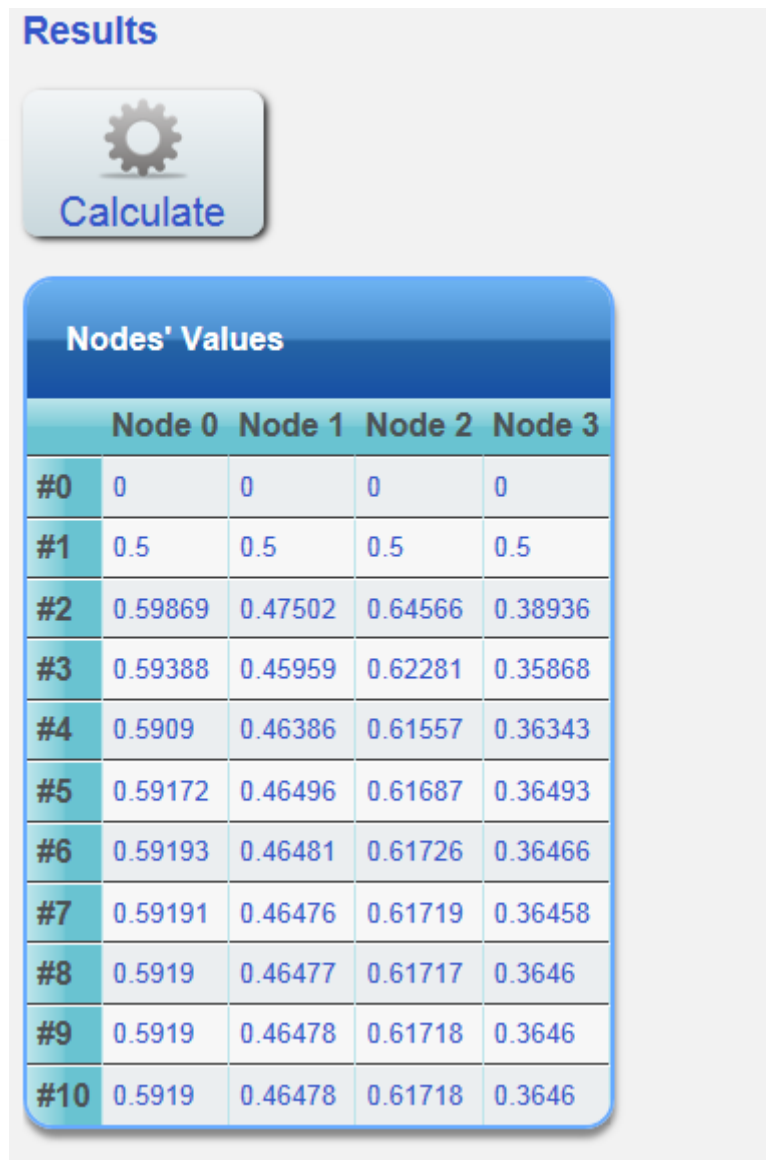
Back

HOME

Σχήμα 5.7-Επίλυση ασαφούς γνωστικού χάρτη

Σε αυτή τη σελίδα μας δείχνει τον πίνακα βαρών του ασαφούς γνωστικού χάρτη που έχουμε δημιουργήσει, ένα κουμπί που επιλέγουμε τη συνάρτηση μεταφοράς που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για παράδειγμα η σιγμοειδής και ένα κουμπί calculate για να υπολογίσει τα

αποτελέσματα. Αφού πατήσεις το κουμπί calculate βγάξει τα αποτελέσματα βήμα-βήμα το αλγορίθμου σε έναν πίνακα:

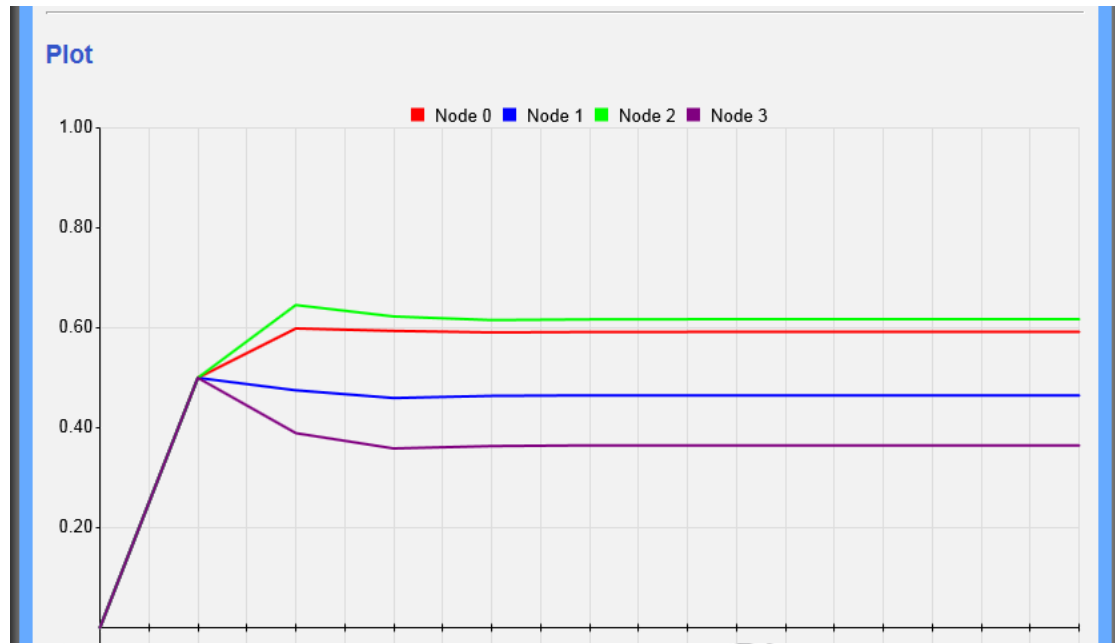


The screenshot displays a software interface with a 'Results' header. Below the header is a 'Calculate' button with a gear icon. The main content is a table titled 'Nodes' Values' with the following data:

	Node 0	Node 1	Node 2	Node 3
#0	0	0	0	0
#1	0.5	0.5	0.5	0.5
#2	0.59869	0.47502	0.64566	0.38936
#3	0.59388	0.45959	0.62281	0.35868
#4	0.5909	0.46386	0.61557	0.36343
#5	0.59172	0.46496	0.61687	0.36493
#6	0.59193	0.46481	0.61726	0.36466
#7	0.59191	0.46476	0.61719	0.36458
#8	0.5919	0.46477	0.61717	0.3646
#9	0.5919	0.46478	0.61718	0.3646
#10	0.5919	0.46478	0.61718	0.3646

Σχήμα 5.8-Αποτελέσματα επίλυσης

Επίσης σου βγάξει και τη γραφική παράσταση για κάθε κόμβο



Σχήμα 5.9-Γραφική αναπαράσταση

Πανεπιστήμιο Πειραιά

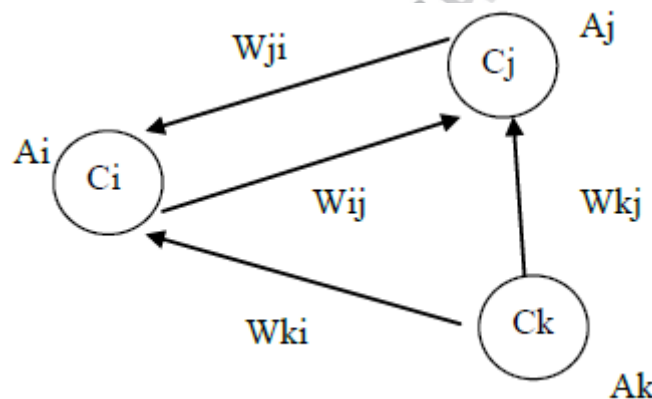
6 Προηγμένες αρχιτεκτονικές ασαφών γνωστικών χαρτών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η ανάλυση των προηγμένων αρχιτεκτονικών ασαφών γνωστικών χαρτών. Μία από αυτές είναι ο αλγόριθμος NHL, καθώς και οι εξελικτικοί αλγόριθμοι.

6.1 Αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning

6.1.1 Λειτουργία αλγορίθμου

Ο αλγόριθμος NHL βασίζεται στο μη γραμμικό κανόνα του Hebb.[5] Σε κάθε βήμα όλοι οι κόμβοι ενεργοποιούνται ταυτόχρονα ενώ τα μη μηδενικά βάρη τροποποιούνται. Τα μηδενικά βάρη παραμένουν ως έχουν και δεν δημιουργούνται νέες συνδέσεις. Χρησιμοποιούμε το παρακάτω σχήμα για να δούμε πως ενεργοποιούνται οι κόμβοι και πως τροποποιούνται τα βάρη.



Σχήμα 6.1-Παράδειγμα ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη

Το παραπάνω δίκτυο αποτελείται από 3 κόμβους και 4 βάρη. Σε κάθε βήμα του αλγορίθμου ενεργοποιείται ο κάθε κόμβος, υπολογίζεται η τιμή τους και τα βάρη προσαρμόζονται. Στο βήμα $k+1$ η τιμή ενεργοποίησης του κάθε κόμβου υπολογίζεται ως εξής:

$$A_i(k+1) = f(A_i(k) + \sum_{j=1}^N A_j(k) \times W_{ji}(k))$$

Σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα οι τιμές των κόμβων που ενεργοποιούνται υπολογίζονται ως εξής:

$$A_i(k+1) = f(A_i(k) + (A_j(k) \times W_{ji}(k) + A_k(k) \times W_{ki}(k)))$$

$$A_j(k+1) = f(A_j(k) + (A_i(k) \times W_{ij}(k) + A_k(k) \times W_{kj}(k)))$$

$$A_k(k+1) = f(A_k(k))$$

Όσον αφορά τα βάρη προσαρμόζονται χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$W_{ij}(k) = \gamma \times W_{ij}(k-1) + \eta \times A_j(k-1) \times ((A_i(k-1) - \sum W_{ij} \times W_{ij}(k-1) \times A_j(k-1)))$$

όπου η είναι η παράμετρος ποσοστού εκμάθησης και γ είναι η παράμετρος μείωσης βάρους. Για να έρθει το σύστημα μας σε σύγκλιση θα πρέπει το γ να παίρνει τιμές από 0.9 μέχρι 1 και το η από 0 μέχρι 0.1. Έτσι δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στην προηγούμενη τιμή του βάρους και λιγότερη σημασία στις προηγούμενες τιμές των κόμβων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το γ παίρνει υψηλή τιμή με αποτέλεσμα να τροποποιείται λίγο το προηγούμενο βάρος ενώ το η παίρνει χαμηλή τιμή ώστε να μην μετράει πολύ η αλληλεπίδραση των κόμβων. Εάν το γ πάρει μικρή τιμή τότε ο όρος $\gamma \times W_{ij}(k-1)$ θα πάρει πολύ μικρή τιμή με αποτέλεσμα το σύστημα μας να μην συγκλίνει. Εάν το η πάρει μεγάλη τιμή τότε ο όρος $\eta \times A_j(k-1) \times (A_i(k-1) - \sum W_{ij} \times W_{ij}(k-1) \times A_j(k-1))$ θα μεγαλώσει πολύ με αποτέλεσμα πάλι το σύστημα να μη συγκλίνει.[5]

Ο παρακάτω ψευδοκώδικας περιγράφει τον NHL αλγόριθμο:

Βήμα 1: Διάβασε το αρχικό διάνυσμα κατάστασης των κόμβων A^0 και τον αρχικό πίνακα βαρών W^0

Βήμα 2: Επανάλαβε για κάθε βήμα προσομοίωσης k

Βήμα 3: Προσάρμοσε τα μη μηδενικά βάρη

$$W_{ij}(k) = \gamma \times W_{ij}(k-1) + \eta \times A_j(k-1) \times ((A_i(k-1) - \sum W_{ij} \times W_{ij}(k-1) \times A_j(k-1)))$$

Βήμα 4: Υπολόγισε τη τιμή A_j^{k+1}

Βήμα 5: Υπολόγισε τις δύο συνθήκες τερματισμού

Βήμα 6: Μέχρι την ικανοποίηση των κριτηρίων τερματισμού

Βήμα 7: Επέστρεψε τον τροποποιημένο πίνακα βαρών W

Σχήμα 6.2 Αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning

6.1.2 Κριτήρια τερματισμού του αλγορίθμου

Εφόσον ορίσουμε τους κόμβους εξόδου DOCs κοιτάμε να ελαχιστοποιήσουμε την εξής συνάρτηση[5]:

$$F1 = \|DOC_i - T_i\|^2$$

όπου T_i είναι η επιθυμητή τιμή του στόχου που είναι ο ενδιαφερόμενος κόμβος DOC_i και συνήθως ορίζεται ως η μέση τιμή του ενδιαφερόμενου κόμβου όταν αυτός θέλουμε να παίρνει τιμές στο διάστημα $DOC_i = [T_i^{min}, T_i^{max}]$:

$$T_i = \frac{T_i^{min} + T_i^{max}}{2}$$

Αυτός ο τύπος της συνάρτησης τετρατισμού (που έχει την κλασσική μορφή της Ευκλείδειας απόστασης) είναι κατάλληλος για τον κανόνα εκμάθησης NHL των ΑΓΔ, διότι θέλουμε ο κόμβος DOC_i να παίρνει τιμές μέσα σε επιθυμητά όρια και θέτουμε ένα στόχο T_i .

Ένα άλλο κριτήριο σύγκλισης του αλγορίθμου είναι η ελαχιστοποίηση της εξής συνάρτησης:

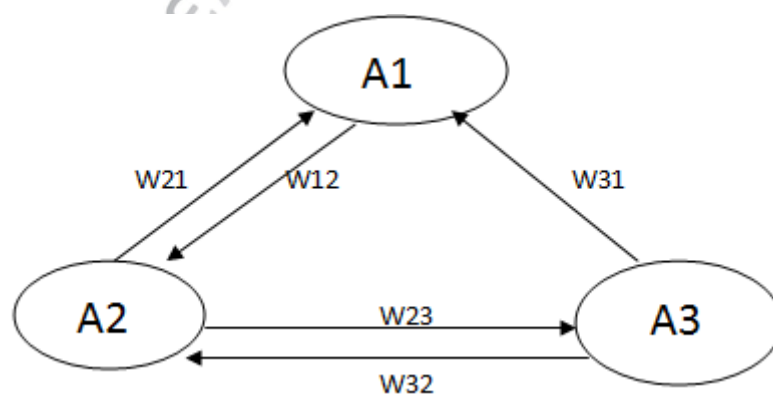
$$F_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^m (DOC_i - T_i)^2}$$

Επίσης ένα άλλο κριτήριο σύγκλισης είναι το εξής:

$$F_2 = |DOC_i^{(k+1)} - DOC_i^k| < 0.005$$

6.1.3 Εφαρμογή του αλγορίθμου

Έστω ότι έχουμε το εξής δίκτυο[9]:



Σχήμα 6.3-Παράδειγμα ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη

Ορίζουμε ως αρχικές τιμές των κόμβων ως εξής: $A1=0.5$, $A2=0.5$ και $A3=0.1$. Ο πίνακας βαρών είναι ως εξής:

W	1	2	3
1	0	0.3	0
2	0.7	0	0.2
3	-0.6	-0.3	0

Πίνακας 6.1-Αρχικός πίνακας βαρών ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη

Για να υπολογίσουμε τη τιμή του κόμβου A1 στο βήμα 1:

$$A_1^1 = F(A_1^0 + W_{21}^0 \times A_2^0 + W_{31}^0 \times A_3^0) = f(0.5 + 0.7 \times 0.5 + (-0.6) \times 0.1) = f(0.74) = 0.677$$

Τα βάρη ανανεώνονται για παράδειγμα(όπου $\gamma=1$ και $\eta=0.5$):

$$W_{21}^1 = W_{21}^0 + \eta \times (A_1^0 - A_2 \times W_{21}^0) = 0.7 + 0.5 \times (0.5 - 0.5 \times 0.7) = 0.707$$

$$W_{31}^1 = W_{31}^0 + \eta \times (A_1^0 - A_3 \times W_{31}^0) = -0.6 + 0.5 \times (0.5 - 0.1 \times (-0.6)) = -0.32$$

Προκύπτει ο εξής πίνακας βαρών:

W	1	2	3
1	0	0.475	0
2	0.707	0	0.317
3	-0.32	0.565	0

Πίνακας 6.2-Πίνακας βαρών ενός απλού ασαφούς γνωστικού χάρτη στην επανάληψη t=1

Υπολογίζονται οι τιμές ενεργοποίησης των κόμβων: $A_1=0.677$, $A_2=0.65$, $A_3=0.55$.

$$H \text{ αντικειμενική συνάρτηση } j: j = (0.677 - 0.5)^2 + (0.65 - 0.5)^2 + (0.55 - 0.1)^2 = 0.2563$$

Εάν το j είναι μικρότερο από ένα κατώτατο όριο τότε ο αλγόριθμος τερματίζει αλλιώς ξαναρχίζει η διαδικασία.

6.2 Εξελικτικοί αλγόριθμοι

6.2.1 Λειτουργία αλγορίθμου

Ο Εξελικτικός Υπολογισμός (Evolutionary Computation) είναι ένας γενικός επιστημονικός όρος, ο οποίος συμπεριλαμβάνει υπολογιστικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν υπολογιστικά μοντέλα εξελικτικών διαδικασιών στον σχεδιασμό τους και στην επίλυση προβλημάτων. Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι βασίζονται στο μοντέλο φυσικής, βιολογικής εξέλιξης το οποίο προτάθηκε από τον Κάρολο Δαρβίνο[10]. Ισχύει ο νόμος της φύσης δηλαδή η επιβίωση του ισχυρότερου. Όπως είναι φυσικό κάποια ζώα επιβιώνουν ενώ κάποια άλλα όχι. Αυτό εξαρτάται από το ότι είτε δεν μπορούν να βρουν τροφή είτε γιατί αποτέλεσαν γεύμα κάποιου άλλου ζώου. Έτσι κάποια ζώα είναι ικανότερα από κάποια άλλα. Όσα ζώα κατορθώσουν και επιβιώσουν μέχρι την ηλικία αναπαραγωγής θα αναμειχθούν μεταξύ τους και θα δώσουν την επόμενη γενιά.

Οι εξελικτικοί αλγόριθμοι περνούν από 4 στάδια: επιλογή, διασταύρωση, μετάλλαξη και πάλι επιλογή. Κατά την επιλογή επιλέγονται τα ικανότερα άτομα του πληθυσμού μέσω μια συνάρτησης καταλληλότητας. Η συνάρτηση καταλληλότητας αξιολογεί τα άτομα του πληθυσμού σύμφωνα με κάποια χαρακτηριστικά. Κατά το στάδιο της επιλογής παίρνουμε απόφαση για το ποιοι θα γίνουν γονείς και πόσους απογόνους θα έχουμε.

Ο διασταύρωση και η μετάλλαξη αποτελούν το σημαντικότερο κομμάτι του αλγορίθμου. Με την διασταύρωση, δυο γονείς συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά, τα οποία μερικά από αυτά παραμένουν ως έχουν, ενώ άλλα αλλάζουν με τυχαίο τρόπο. Σύμφωνα με το τελεστή της διασταύρωσης επιλέγεται τυχαία μία θέση της ακολουθίας και ανταλλάσσονται τα τμήματα πριν και μετά την θέση αυτή μεταξύ των δύο ακολουθιών. Για παράδειγμα, εάν οι συμβολοσειρές 10000100 και 11111111 διασταυρωθούν μετά την τρίτη θέση θα παραχθούν τα δύο παιδιά 10011111 και 11100100. Όπως παρατηρούμε μέχρι την τρίτη θέση έχουμε κοινά χαρακτηριστικά και έπειτα από αυτήν έχουν υποστεί μετάλλαξη.

Με τον τελεστή της μετάλλαξης κάποιο χαρακτηριστικό αλλάζει με τυχαίο τρόπο. Ο στόχος της μετάλλαξης είναι να εισαχθούν στον πληθυσμό νέα χαρακτηριστικά-πληροφορίες που είναι πιθανό να μην υπάρχουν στους γονείς, οπότε αυξάνει η ποικιλία του πληθυσμού. Για παράδειγμα, ο τελεστής μετάλλαξης αλλάζει τυχαία κάποια από τα δυαδικά ψηφία μιας ακολουθίας, μετατρέποντάς τα από 0 σε 1 ή αντίστροφα. Έστω, εάν στην συμβολοσειρά 00000100 γίνει μετάλλαξη στο δεύτερο δυαδικό ψηφίο της θα γίνει 01000100. Η μετάλλαξη μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε θέση μιας συμβολοσειράς.

Παρακάτω δίνεται ο ψευδοκώδικας ενός εξελικτικού αλγορίθμου.

```
t=0; //Αρχικοποίηση Χρόνου ή της Γενιάς

init_population P(t);//αρχικοποίηση τυχαίου πληθυσμού από πιθανές λύσεις

evaluate P(t);//υπολογισμός της καταλληλότητας του πληθυσμού

until (done){//επανάληψη έως κάποιου κριτηρίου τερματισμού

    t=t+1; //Αύξηση χρόνου ή της γενιάς

    P'=select parents P(t);//επιλογή γονέων

    Recombine P'(t);//Διασταύρωσε ώστε να προκύψουν οι απόγονοι

    Mutate P'(t);//Μετάλλαξη

    Evaluate P'(t);//αξιολόγησε τον νέο πληθυσμό

    P=survive P,P'(t);//επέλεξε κάποιους από τους επιζώντες

    Καταλληλότητα

}

;
```

Σχήμα 6.4-Εξελικτικός αλγόριθμος

6.2.2 Εφαρμογή αλγορίθμου

Στο παράδειγμα αυτό θέτουμε ως άτομα του πληθυσμού τις διαθέσιμες μηχανές[10]. Τα χαρακτηριστικά των μηχανών είναι τα κυβικά του κινητήρα, το σύστημα καυσίμων, ο αριθμός βαλβίδων, των κυλίνδρων και η ύπαρξη υπερσυμπιεστή καυσαερίων (turbo-charging). Έστω ότι ο αρχικός πληθυσμός είναι μεγέθους τέσσερα και ότι έχουμε τις εξής τιμές των χαρακτηριστικών:

Άτομο	Κυβικά	Σύστημα καυσίμων	Υπερσυμπίεση	Βαλβίδες	Κύλινδροι
1	350	4 σημείων	ναι	16	8
2	250	Μηχ. ψεκασμού	όχι	12	6
3	150	Ηλεκ.ψεκασμού	ναι	12	4
4	200	2 σημείων	όχι	8	4

Πίνακας 6.3-Αρχικός πληθυσμός στο πρόβλημα των μηχανών

Σαν πρώτο βήμα γίνεται η αξιολόγηση του κάθε ατόμου σύμφωνα με μια συνάρτηση καταλληλότητας. Έτσι προκύπτει ο εξής πίνακας:

Άτομο	Κυβικά	Σύστημα καυσίμων	Υπερσυμπίεση	Βαλβίδες	Κύλινδροι	Ποιότητα
1	350	4 σημείων	ναι	16	8	50
2	250	Μηχ. ψεκασμού	όχι	12	6	100
3	150	Ηλεκ.ψεκασμού	ναι	12	4	300
4	200	2 σημείων	όχι	8	4	150

Πίνακας 6.4-Αξιολόγηση των μηχανών

Επιλέγουμε τα δύο ισχυρότερα άτομα-μηχανές δηλαδή το 3 και το 4. Για να γίνει η διασταύρωση κάποια χαρακτηριστικά θα μείνουν όπως έχουν ενώ κάποια άλλα θα αλλάξουν. Για παράδειγμα οι κύλινδροι θα μείνουν όπως έχουν δηλαδή 4 ενώ θα αλλάξουν οι βαλβίδες. Αφού υποστούν διασταύρωση προκύπτει ο εξής πίνακας:

Άτομο	Κυβικά	Σύστημα καυσίμων	Υπερσυμπίεση	Βαλβίδες	Κύλινδροι
3'	200	Ηλεκ.ψεκασμού	ναι	8	4
4'	150	2 σημείων	όχι	12	4

Πίνακας 6.5-Διασταύρωση απογόνων

Προχωράμε στο τρίτο στάδιο του αλγορίθμου που είναι η μετάλλαξη δηλαδή τα χαρακτηριστικά θα υποστούν τυχαία αλλαγή για να προσδώσουν νέα χαρακτηριστικά στον πληθυσμό.

Άτομο	Κυβικά	Σύστημα καυσίμων	Υπερσυμπίεση	Βαλβίδες	Κύλινδροι
3'	250	Ηλεκ.ψεκασμού	ναι	8	4
4'	150	2 σημείων	όχι	12	6

Πίνακας 6.6-Μετάλλαξη απογόνων

Τέλος αφού αξιολογήσουμε πάλι γονείς και απογόνους επιλέγουμε τον καινούριο πληθυσμό

Άτομο	Κυβικά	Σύστημα καυσίμων	Υπερσυμπίεση	Βαλβίδες	Κύλινδροι	Ποιότητα
1	150	Ηλεκ. ψεκασμού	ναι	12	4	300
2	200	2 σημείων	όχι	8	4	150
3'	250	Ηλεκ. ψεκασμού	ναι	8	4	250
4'	150	2 σημείων	όχι	12	6	350

Πίνακας 6.7-Αξιολόγηση νέου πληθυσμού

Συνήθως το μέγεθος του πληθυσμού είναι σταθερό. Ο αλγόριθμος συνεχίζεται μέχρι την ικανοποίηση κάποιου κριτηρίου τερματισμού (π.χ. συνεχιζόμενη αδυναμία βελτίωσης του καλύτερου ατόμου, μέγιστο πλήθος αξιολογήσεων κ.λ.π.).

6.3 Βελτιστοποίηση σμήνους σωματιδίων

6.3.1 Λειτουργία αλγορίθμου

Ο J.Kennedy και ο R.C.Eberhart, ανέπτυξαν πρώτοι την αρχή ελαχιστοποίησης συνάρτησης από σμήνος σωματιδίων. Ένα σμήνος σωματιδίων μπορεί να είναι μια οργανωμένη κοινωνία είτε από μυρμήγκια, τερμίτες είτε ένα κοπάδι από ψάρια, πουλιά κ.α. Ως παράδειγμα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα σμήνος από μέλισσες[13]. Κάθε μέλισσα ψάχνει να βρει την υψηλότερη πυκνότητα λουλουδιού. Κάθε μέλισσα έχει τη δυνατότητα να θυμάται την καλύτερη θέση όπου έχει επισκεφτεί δηλαδή αυτή με την περισσότερη πυκνότητα λουλουδιού και να γνωρίζει τις θέσεις όπου οι άλλες μέλισσες βρήκαν άφθονα λουλούδια.

Κάθε μέλος του σμήνους ονομάζεται σωματίδιο και ο αριθμός S των σωματιδίων καλείται μέγεθος πληθυσμού. Όλα τα σωματίδια όπως οι μέλισσες κινούνται στο χώρο ψάχνοντας να βρουν την καλύτερη θέση. Η θέση του κάθε σωματιδίου i ($i=1, \dots, S$) συμβολίζεται ως $X_i = [X_{i1} \dots X_{in} \dots X_{iN}]^T$ όπου X_{in} , ($n = 1 \dots N$). Σε κάθε βήμα υπολογίζουμε την αντικειμενική συνάρτηση, η οποία καθορίζει την επίδοση του κάθε σωματιδίου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα μας ενδιαφέρει η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης δηλαδή να μειώνεται η απόσταση μεταξύ λουλουδιών. Η θέση του σωματιδίου κάθε φορά εξαρτάται από την προηγούμενη του θέση και την τωρινή ταχύτητα του. Ορίζεται ως εξής:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

Όπου $v_i(t+1)$ η ταχύτητα του σωματιδίου.

Τα σωματίδια επηρεάζονται από την προηγούμενη τους συμπεριφορά και από την συμπεριφορά των γειτόνων τους. Για τη συμπεριφορά των γειτόνων τους μας ενδιαφέρουν δύο βασικοί όροι το g -best και l -best. Το g -best είναι ένας πίνακας που περιλαμβάνει την καλύτερη θέση που έχει βρεθεί απ' όλα τα σωματίδια του σμήνους σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Αυτή η θέση ονομάζεται θέση g -best, ορίζεται με $g = [g_1 \dots g_n \dots g_N]^T$. Στο πρότυπο l best, κάθε i -στο σωματίδιο λαμβάνει υπόψη την καλύτερη θέση που έχουν βρει οι K_i γείτονές του. Αυτή η θέση ονομάζεται θέση l -best, συμβολίζεται $l_i = [l_{i1} \dots l_{in} \dots l_{iN}]^T$.

6.3.1.1 Global best PSO

Για τον αλγόριθμο gbest , η ταχύτητα ενός σωματιδίου δίνεται από τη σχέση[11]:

$$\bar{v}_i(t+1) = w \times \bar{v}_i(t) + c_1 \times rnd(t) \times [\bar{p}_i(t) - \bar{x}_i(t)] + c_2 \times rnd(t) \times [\bar{g}(t) - \bar{x}_i(t)$$

όπου w είναι μία θετική παράμετρος που ονομάζεται συντελεστής-βάρος αδράνειας, c_2 και c_1 θετικές σταθερές επιτάχυνσης και $rnd(t)$ τυχαίες τιμές μεταξύ 0 και 1. Ο συντελεστής αδράνειας w παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στη διασφάλιση της σύγκλισης του αλγορίθμου. Για τιμές $w \geq 1$, οι ταχύτητες αυξάνονται με το χρόνο και ο αλγόριθμος αποκλίνει. Για τιμές $w < 1$, τα σωματίδια επιβραδύνονται μέχρι οι ταχύτητές τους να φτάσουν την τιμή μηδέν. Για να διασφαλιστεί η σύγκλιση του αλγορίθμου θα πρέπει το w να μειωθεί γραμμικά από 0.9 σε 0.4. Η προηγούμενη καλύτερη θέση του i -στού σωματιδίου είναι η μέχρι στιγμής καλύτερη θέση στην οποία βρέθηκε το σωματίδιο αυτό. Η θέση αυτή καταγράφεται και συμβολίζεται ως $p_i = [p_{i1} \dots p_{in} \dots p_{iN}]^T$. Ο συντελεστής c_1 καθορίζει το κατά πόσο το σωματίδιο επηρεάζεται από τη μνήμη της καλύτερης θέσης του, ενώ ο c_2 καθορίζει το κατά πόσο το σωματίδιο επηρεάζεται από όλο το σμήνος (για το g-best πρότυπο) ή από τους γείτονές του (για το l-best πρότυπο).

Ο ψευδοκώδικας του αλγορίθμου είναι ο εξής[12]

Δημιουργία και αρχικοποίηση σμήνους σωματιδίων n_x διαστάσεων

Repeat

For σωματίδιο $i=1, \dots, n_x$ **do**

If $f(x_i) < f(y_i)$ **then** //υπολογισμός ατομικής βέλτιστης θέσης

$y_i = x_i$

End

If $f(y_i) < f(\hat{y})$ **then** //υπολογισμός καθολικής θέσης

$\hat{y} = y_i$

End

End

For σωματίδιο $i=1, \dots, n_x$ **do**

$\bar{v}_i(t+1) = w \times \bar{v}_i(t) + c_1 \times rnd(t) \times [\bar{p}_i(t) - \bar{x}_i(t)] + c_2 \times rnd(t) \times [\bar{g}(t) - \bar{x}_i(t)$

$\times [\bar{g}(t) - \bar{x}_i(t)$

$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$

End

Until (συνθήκη τερματισμού)

end

Μια πρόσφατη έκδοση της βελτιστοποίησης σμήνους σωματιδίων ορίζει ως ταχύτητα:

$$\bar{v}_i(t+1) = k \times \{\bar{v}_i(t) + \varphi_1 \times rnd(t) \times [\bar{p}_i(t) - \bar{x}_i(t)] + \varphi_2 \times rnd(t) \times [\bar{g}(t) - \bar{x}_i(t)]\}$$

Το k καλείται παράγοντας περιορισμού και ορίζεται ως εξής:

$$k = \frac{2}{|\sqrt{\varphi^2 - 4 \times \varphi + \varphi - 2}|}$$

Η παράμετρος φ ονομάζεται σταθερά επιτάχυνσης και πρέπει να ναι μεγαλύτερη του 4, $\varphi > 4$, και υπολογίζεται ως εξής:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

Όπου φ_1 και φ_2 έχουν την ίδια σημασία με τα c_1 και c_2 αντίστοιχα

6.3.1.2 Local best PSO

Σύμφωνα με τον αλγόριθμο local best PSO, η ταχύτητα ορίζεται ως εξής[11]:

$$\bar{v}_i(t+1) = w \times \bar{v}_i(t) + c_1 \times rnd(t) \times [\bar{p}_i(t) - \bar{x}_i(t)] + c_2 \times rnd(t) \times [\bar{l}(t) - \bar{x}_i(t)]$$

Όπου $\bar{l}(t)$ η βέλτιστη θέση που βρίσκεται στη γειτονιά N_i τη χρονική στιγμή t . Το κάθε σωματίδιο επιλέγει τους γείτονες του με βάση κάποια απόσταση μεταξύ τους όπως η Ευκλείδεια απόσταση. Ο ψευδοκώδικας του αλγορίθμου είναι ο εξής[12]

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Δημιουργία και αρχικοποίηση σμήνους σωματιδίων n_x διαστάσεων

```

Repeat
  For σωματίδιο  $i=1, \dots, n_x$  do
    //υπολογισμός ατομικής βέλτιστης θέσης
    If  $f(x_i) < f(y_i)$  then
       $y_i = x_i$ 
    End
    //υπολογισμός καθολικής θέσης
    If  $f(y_i) < f(\hat{y})$  then
       $\hat{y} = y_i$ 
    End
  End
  For σωματίδιο  $i=1, \dots, n_x$  do

$$\bar{v}_i(t+1) = w \times \bar{v}_i(t) + c_1 \times rnd(t) \times [\bar{p}_i(t) - \bar{x}_i(t)] + c_2 \times rnd(t) \times [\bar{l}(t) - \bar{x}_i(t)]$$


$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

  End
Until (συνθήκη τερματισμού)

```

Σχήμα 6.6-Αλγόριθμος Local Best PSO

6.3.2 Κριτήρια τερματισμού του αλγορίθμου

Για να συγκλίνει ο αλγόριθμος θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες[12].

Πρέπει να ορίσουμε έναν μέγιστο αριθμό επαναλήψεων. Ο αλγόριθμος σταματά όταν ξεπεραστεί το όριο των επαναλήψεων. Ο αλγόριθμος τερματίζει ακόμα και όταν δεν καταφέρει να συγκλίνει. Η συνθήκη αυτή είναι χρήσιμη όταν μας περιορίζει ο χρόνος. Άλλη μια συνθήκη τερματισμού είναι να βρούμε μια βέλטיστα αποδεκτή λύση. Έστω x^* η βέλτιστη λύση. Η αναζήτηση σταματά όταν βρεθεί σωματίδιο τέτοιο ώστε να ισχύει $f(x_i) \leq |f(x^*) - \epsilon|$. Το ϵ παίζει ιδιαίτερο ρόλο γιατί όταν παίρνει μεγάλη τιμή μπορεί να μη βρεθεί μια βέλτιστη λύση, ενώ όταν παίρνει μικρή τιμή είναι πιθανό ο αλγόριθμος να μην συγκλίνει.

Άλλο ένα κριτήριο τερματισμού είναι η μη ύπαρξη βελτίωσης για καθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Όταν οι αποστάσεις μεταξύ των καλύτερων λουλουδιών έχουν μικρή απόκλιση ή όταν η ταχύτητα τείνει να μηδενιστεί τότε ο αλγόριθμος μπορεί να τερματίσει

6.3.3 Εφαρμογή αλγορίθμου σε ασαφείς γνωστικούς χάρτες

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα θα παρουσιαστεί μία μέθοδος μάθησης ασαφών γνωστικών χαρτών χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων. Έστω ότι έχουμε N κόμβους C_1, \dots, C_N και κόμβους εξόδου $C_{out1}, \dots, C_{outm}$ όπου $1 \leq m \leq N$. Ο χρήστης θέτει τα όρια των τιμών ενεργοποίησης των κόμβων εξόδου[13]:

$$A_{outi}^{min} \leq A_{outi} \leq A_{outi}^{max}, \quad i = 1, \dots, m$$

Είναι πολύ σημαντικό το ποιες τιμές \max και \min θα θέσουν οι ειδικοί. Άγνωστο μας είναι το μητρώο βαρών που θα οδηγήσει το σύστημά μας σε μια σταθερή κατάσταση:

$$W = [W_{ij}] \quad \text{όπου } i, j = 1, \dots, N$$

Θεωρούμε την παρακάτω συνάρτηση ως αντικειμενική συνάρτηση:

$$F(W) = \sum_{i=1}^m H(A_{outi}^{min} - A_{outi}) \times |A_{outi}^{min} - A_{outi}| + \sum_{i=1}^m H(A_{outi} - A_{outi}^{max}) \times |A_{outi}^{max} - A_{outi}|$$

Όπου H η συνάρτηση Heaviside

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$$

και $A_{outi} \quad i=1, \dots, m$. Η συνάρτηση F δεν είναι παραγωγίσιμη επομένως δεν μπορεί να υπολογιστεί με μεθόδους βελτιστοποίησης που χρησιμοποιούν παραγώγους. Ο πίνακας βαρών μπορεί να απεικονιστεί ως εξής:

$$X = [W_{12}, \dots, W_{1N}, W_{21}, \dots, W_{2N}, \dots, W_{N1}, \dots, W_{N,N-1}]$$

όπου W_{12}, \dots, W_{1N} η πρώτη γραμμή του πίνακα βαρών, W_{21}, \dots, W_{2N} η δεύτερη γραμμή του πίνακα βαρών και $W_{N1}, \dots, W_{N,N-1}$ η νιοστή γραμμή.

Εφαρμόζουμε τον αλγόριθμο Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων για την ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης. Έστω S αρχικός πληθυσμός, ο οποίος αποτελείται από M διανύσματα:

$$S = \{X_1, \dots, X_M\}$$

καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε έναν πίνακα βαρών. Έτσι προκύπτουν M πίνακες βαρών με τυχαίες τιμές αλλά να είναι εντός των επιτρεπτών περιοχών των βαρών. Ο αλγόριθμος σταματάει όταν η συνάρτηση F μηδενιστεί.

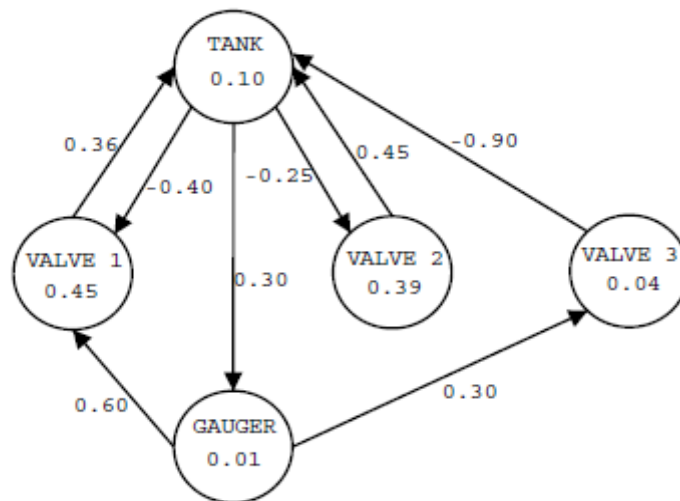
Ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης του αλγόριθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων σε Ασαφείς Γνωστικούς Χάρτες είναι το πρόβλημα ελέγχου με μια δεξαμενή [14]. Στο πρόβλημά μας έχουμε μια δεξαμενή και τρεις βαλβίδες που ρυθμίζουν την ποσότητα νερού στη δεξαμενή. Η βαλβίδα 1 και η βαλβίδα 2 βγάζουν δύο διαφορετικά υλικά μέσα στη δεξαμενή. Καθώς τα δύο υλικά αναμιγνύονται μέσα στη δεξαμενή προκύπτει μια χημική αντίδραση και έτσι παράγεται ένα νέο υλικό. Όταν το νέο υλικό που έχει παραχθεί φτάσει σε κάποιο σημείο της δεξαμενής, τότε η βαλβίδα 3 αδειάζει την δεξαμενή. Ένας αισθητήρας είναι τοποθετημένος μέσα στην δεξαμενή, ο οποίος μετράει την ποσότητα του παραγόμενου υλικού. Ο αισθητήρας ορίζει το διάστημα G όπου $[G_{min}, G_{max}]$ που έχει παραχθεί το επιθυμητό υγρό. Υπάρχει ένα όριο T ελάχιστου και μέγιστου ύψους του υλικού στη δεξαμενή:

$$T_{min} \leq T \leq T_{max}$$

$$G_{min} \leq G \leq G_{max}$$

Μια ομάδα ειδικών κατασκευάζει τον παρακάτω Ασαφή Γνωστικό Χάρτη και αποτελείται από 5 κόμβους:

1. Κόμβος 1: ποσότητα υγρού στη δεξαμενή
2. Κόμβος 2: κατάσταση της βαλβίδας 1 (ανοικτή, κλειστή, μερικώς ανοικτή)
3. Κόμβος 3: κατάσταση της βαλβίδας 2 (ανοικτή, κλειστή, μερικώς ανοικτή)
4. Κόμβος 4: κατάσταση της βαλβίδας 3 (ανοικτή, κλειστή, μερικώς ανοικτή)
5. Κόμβος 5: ποσότητα παραγόμενου υγρού στη δεξαμενή



Σχήμα 6.7-Πρόβλημα ελέγχου δεξαμενής

Οι ειδικοί ορίζουν ασαφείς τιμές στα βάρη, τα οποία παίρνουν τιμές στα διαστήματα:

$$-0.5 \leq W_{12} \leq -0.3$$

$$-0.40 \leq W_{13} \leq -0.20$$

$$0.20 \leq W_{15} \leq 0.40$$

$$0.30 \leq W_{21} \leq 0.40$$

$$0.40 \leq W_{31} \leq 0.50$$

$$-1.0 \leq W_{41} \leq -0.80$$

$$0.50 \leq W_{52} \leq 0.70$$

$$0.20 \leq W_{54} \leq 0.40$$

Έχουμε ως αρχικό πίνακα βαρών τον εξής:

$W^{initial} =$

0	-0.4	-0.25	0	0.3
0.36	0	0	0	0
0.45	0	0	0	0
-0.9	0	0	0	0
0	0.6	0	0.3	0

Πίνακας 6.8-Αρχικός πίνακας βαρών του προβλήματος της δεξαμενής

Οι κόμβοι εξόδου του συγκεκριμένου προβλήματος είναι ο C_1 και ο C_5 . Οι τιμές ενεργοποίησης των δύο κόμβων εξόδου παίρνουν τιμές στα εξής διαστήματα:

$$0.68 \leq C_1 \leq 0.70$$

$$0.78 \leq C_5 \leq 0.85$$

Παίρνουμε ως ενδεχόμενο ότι ισχύουν όλοι οι περιορισμοί που τέθηκαν στα βάρη από τους ειδικούς. Σύμφωνα με το άρθρο [13] πραγματοποιήθηκαν 100 ανεξάρτητα πειράματα χρησιμοποιώντας την local PSO με συντελεστή περιορισμού και μέγεθος γειτονιάς 3. Ο αρχικός πληθυσμός του σμήνους είναι 20 για όλα τα πειράματα. Ορίζουμε τις παραμέτρους του αλγορίθμου Βελτιστοποίηση Σμήνους Σωματιδίων ως εξής: $\chi=0.729$, c_1 , $c_2 =2.05$. Ο αλγόριθμος θα σταματά όταν η αντικειμενική συνάρτηση είναι ίση με 10^{-8} . Παρόλο τα 100 πειράματα που πραγματοποιήθηκαν δε βρέθηκε λύση δηλαδή κατάλληλο πίνακα βαρών. Ο καλύτερος πίνακας βαρών που βρέθηκε είναι ο εξής:

$W =$

0	-0.35	-0.2	0	0.4
0.4	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
-0.8	0	0	0	0
0	0.75	0	0.2	0

Πίνακας 6.9-Τελικός πίνακας βαρών έπειτα από την εκτέλεση του αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων

Και οι κόμβοι να παίρνουν τις εξής τιμές:

$$C_1 = 0.6723, C_2 = 0.7417, C_3 = 0.6188, C_4 = 0.6997, C_5 = 0.7311$$

Σύμφωνα με αυτούς τους περιορισμούς και αυτόν τον αρχικό πίνακα βαρών ο αλγόριθμος δεν μπορεί να συγκλίνει. Για να βρεθεί λύση στο πρόβλημα παραλείφθηκαν κάποιοι περιορισμοί συγκεκριμένα οι περιορισμοί W_{15} , W_{52} και W_{54} , όπου υπήρξε διαφωνία μεταξύ των ειδικών. Αυτά τα βάρη μπορούν να πάρουν τιμές από -1 μέχρι και 1. Αφού παραλείφθηκαν 3 περιορισμοί βρέθηκαν κάποιες λύσεις. Ύστερα από στατιστική μελέτη προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

	W12	W13	W15	W21	W31	W41	W52	W54
Μέση τιμή	-0.4027	-0.2016	0.8991	0.3999	0.5	-0.8	0.9659	0.1043
Διάμεσος	-0.4329	-0.2	0.9050	0.4	0.5	-0.8	0.9837	0.1
Τυπική απόκλιση	0.0487	0.0056	0.0909	0.0011	0.003	0.0002	0.042	0.009
Ελάχιστο	-0.45	-0.2291	0.7156	0.3889	0.4971	-0.801	0.868	0.1
Μέγιστο	-0.35	-0.2	1.00	0.4	0.5	-0.8	1	0.1363

Πίνακας 6.10-Στατιστική ανάλυση

Μία λύση είναι ο παρακάτω πίνακας βαρών:

W=

0	-0.45	-0.2	0	0.84
0.4	0	0	0	0
0.5	0	0	0	0
-0.8	0	0	0	0
0	0.99	0	0.1	0

Πίνακας 6.11-Τελικός πίνακας βαρών έπειτα από την εκτέλεση του αλγορίθμου Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων(αφού βγάλαμε κάποιους περιορισμούς)

Και οι τιμές των κόμβων:

$$C_1 = 0.6805, C_2 = 0.7798, C_3 = 0.6176, C_4 = 0.6816, C_5 = 0.7967$$

6.4 Γενετικοί αλγόριθμοι

6.4.1 Λειτουργία αλγορίθμου

Οι Γενετικοί αλγόριθμοι προτάθηκαν από το John Holland και ανήκουν στους Εξελικτικούς αλγόριθμους. Έτσι χρησιμοποιούν και αυτοί τους τελεστές διασταύρωσης, μετάλλαξης και επιλογής. Στους Γενετικούς αλγορίθμους τα σωματίδια ονομάζονται και γονότυποι. Κάθε γονότυπος αποτελείται

από χρωμοσώματα. Τα χρωμοσώματα αποτελούνται από γονίδια δηλαδή μια γραμμική ακολουθία από σύμβολα. Κάθε άτομο αποτελεί μια πιθανή λύση.[15]

Παρακάτω θα εξηγηθεί ένα παράδειγμα Γενετικού αλγορίθμου. Έστω ότι θέλουμε να βρούμε το μέγιστο της συνάρτησης $f(x) = x^2$ στο διάστημα $[0,15]$. Για να αναπαραστήσουμε το διάστημα $[0,15]$ θα χρειαστούμε 4 bits ($2^4 = 16$) με 0000 ($0 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^3 = 0$) να είναι ίσο με το 0 και 1111 ($1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 = 15$) να είναι ίσο με 15. Έστω ότι έχουμε ως αρχικό πληθυσμό τα εξής 4 χρωμοσώματα: 0110, 1100, 0100 και 1001. Υπολογίζουμε το χ ως εξής: για παράδειγμα το 0110 είναι ίσο με 13 ($0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^3 = 6$). Βρίσκουμε το $f(x) = x^2 = 6^2 = 36$ και το $f/\Sigma f = 36/277 = 0.12$. Για να βρούμε την επόμενη γενιά ακολουθούμε τη λογική της ρουλέτας. Η ρουλέτα χωρίζεται σε 4 περιοχές όπου η καθεμία καταλαμβάνει το ποσοστό της πιθανότητας του κάθε χρωμοσώματος (0.12, 0.51, 0.05, 0.29). Όσο πιο μεγάλη είναι η καταλληλότητα ενός χρωμοσώματος τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα να επιλεγεί στον επόμενο πληθυσμό. Το χρωμοσώμα 1100 περιλαμβάνει την μεγαλύτερη επιφάνεια της ρουλέτας 51%, έτσι έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγεί. Αφού περιστρέψουμε τη ρουλέτα 4 φορές έχουμε σαν αποτέλεσμα το 1^ο χρωμοσώμα να επιλεγεί 1 φορά, το 2^ο 2 φορές, το 3^ο καμία φορά και το 4^ο 1 φορά[15].

A/A χρωμοσώματος	Πληθυσμός	χ	$f(x)$ $= x^2$	$f/\Sigma f$	Πλήθος εμφανίσεων
1	0110	6	36	0.12	1
2	1100	12	144	0.51	2
3	0100	4	16	0.05	0
4	1001	9	81	0.29	1
Άθροισμα (Σf)			277	1.00	4
Μέση τιμή(f_{aver})			69.25	0.25	1
Μέγιστη τιμή			144	0.51	2

Πίνακας 6.12-Εφαρμογή γενετικού αλγορίθμου στο πρόβλημα μεγιστοποίησης της συνάρτησης $f(x) = x^2$

Για να βρούμε τα άτομα της επόμενης γενιάς ακολουθεί η διαδικασία της διασταύρωσης. Εφόσον το 1100 θα επιλεγεί 2 φορές θα μας δώσει δύο αντίγραφα. Το 0110 και το 1001 θα μας δώσουν ένα αντίγραφο το καθένα. Χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια τυχαίων αριθμών τα χρωμοσώματα 1100 και 0110 να διασταυρωθούν με σημείο διασταύρωσης το 3. Έτσι προκύπτουν τα αντίγραφα χρωμοσώματα 1101 και 0111. Τα χρωμοσώματα 1100 και 1001 μεταλλάσσονται στο σημείο μετάλλαξης 2, δηλαδή προκύπτουν τα εξής αντίγραφα 1111 και 1000. Άρα η επόμενη γενιά αποτελείται από τα εξής χρωμοσώματα: 0111, 1101, 1111, 1000.

A/A χρωμοσώματος	Πληθυσμός	χ	$f(x)$ $= x^2$
1	0111	7	49
2	1101	13	169
3	1111	15	225
4	1000	8	64
Άθροισμα (Σf)			507
Μέση τιμή(f_{aver})			126.75
Μέγιστη τιμή			225

Πίνακας 6.13-Νέος πληθυσμός

Όπως παρατηρούμε η μέγιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης αυξήθηκε από 144 σε 225 και η μέση τιμή της από 69.25 σε 126.75. Οι τιμές αυτές που αυξήθηκαν δεν προέκυψαν με τυχαίο τρόπο. Το

καλύτερο χρωμόσωμα 1100 επιλέχθηκε 2 φορές για μετάλλαξη. Ο αλγόριθμος συνεχίζει μέχρι ένα μέγιστο αριθμό επαναλήψεων.

6.4.2 Εφαρμογή αλγορίθμου σε ασαφείς γνωστικούς χάρτες

Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο θα αναλύσουμε τη δομή του γενετικού αλγορίθμου RCGA εφαρμόζοντάς τον σε ΑΓΔ. Κάθε χρωμόσωμα αποτελεί μια λύση[15]. Η δομή του κάθε χρωμοσώματος ορίζεται ως εξής:

$$\hat{E} = [e_{12}, \dots, e_{1N}, \quad e_{21}, \dots, e_{2N}, \quad \dots, \quad e_{N1}, \dots, e_{N,N-1}]$$

Όπου e_{12}, \dots, e_{1N} η πρώτη γραμμή του πίνακα βαρών και $e_{N1}, \dots, e_{N,N-1}$ η ποστή γραμμή του πίνακα βαρών. Σε T-1 επαναλήψεις θα έχουμε τα εξής ζευγάρια τιμών ενεργοποίησης των κόμβων:

Όπου e_{12}, \dots, e_{1N} η πρώτη γραμμή του πίνακα βαρών και $e_{N1}, \dots, e_{N,N-1}$ η ποστή γραμμή του πίνακα βαρών. Σε T-1 επαναλήψεις θα έχουμε τα εξής ζευγάρια τιμών ενεργοποίησης των κόμβων:

$$(\hat{C}(t-1), \hat{C}(t)) \quad \forall t = 1, 2, \dots, T-1$$

Όπου $\hat{C}(t)$ η τιμή ενεργοποίησης των κόμβων στην επανάληψη t. Επίσης ορίζουμε ως συνάρτηση καταλληλότητας[15]:

$$fitness = h(Error_{LP})$$

Όπου h είναι η συνάρτηση $h(x) = \frac{1}{a \times x + 1}$ και a χρησιμοποιείται για την εξομάλυνση του ποσοστού σφάλματος, η οποία είναι ίση με $1 / (T - 1)$. Το error_LP είναι ίσο $error_{LP} = a \times \sum_{i=1}^{T-1} \sum_{n=1}^N |C_n(t) - C_n(t)p|$.

7 Σύνοψη και συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες. Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες βοηθούν στην κατανόηση πολύπλοκων και σύνθετων προβλημάτων που συναντάμε σε διάφορους κλάδους όπως στο τομέα της ψυχολογίας, στη βιομηχανία, στην ιατρική κ.α. Με τη βοήθεια των ασαφών γνωστικών χαρτών ένα δύσκολο πρόβλημα αναπαριστάται με απλό τρόπο. Ωστόσο η δημιουργία ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη μπορεί να αποδειχθεί μια δύσκολη διεργασία κυρίως όταν είναι να περιγραφούν οι σχέσεις μεταξύ των κόμβων και είναι πολλές. Επίσης για να σχεδιαστεί ένας ασαφής γνωστικός χάρτης απαιτείται η γνώση ειδικών πάνω στον φορμαλισμό των ασαφών γνωστικών χαρτών.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύθηκαν βασικές έννοιες γύρω από τους ασαφείς γνωστικούς χάρτες όπως η ασαφής λογική, οι συναρτήσεις ανανέωσης τιμών και οι συναρτήσεις συμπίεσης, καθώς και έγινε και μια στατιστική ανάλυση. Στο επόμενο κεφάλαιο έγινε ο υπολογισμός ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη γνωστού προβλήματος στην βιβλιογραφία. Αναλύθηκε βήμα βήμα του απλού αλγορίθμου για την επίλυση ενός ασαφούς γνωστικού χάρτη. Σύμφωνα με αυτό τον αλγόριθμο τα βάρη δεν αλλάζουν κατά τη διαδικασία υλοποίησης του. Ενώ στο κεφάλαιο 6 εξηγήθηκαν πιο προηγμένοι αλγόριθμοι οι οποίοι αλλάζουν τα βάρη κατά την εκτέλεση τους. Μελετήθηκαν οι εξής αλγόριθμοι: ο αλγόριθμος Nonlinear Hebbian Learning, ο αλγόριθμος Βελτιστοποίησης Σμήνους Σωματιδίων και γενετικοί αλγόριθμοι.

Το πρακτικό μέρος της εργασίας αποτελεί η δημιουργία User Interface για την κατασκευή ασαφών γνωστικών χαρτών. Για την κατασκευή του User Interface χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία Adobe Flash Professional CS6, η οποία έχει πολλά πλεονεκτήματα. Προσφέρει διαδραστικότητα με το χρήστη με απλό τρόπο, είναι συμβατή με αρκετά προγράμματα περιήγησης, καθώς είναι και συμβατή με Web εφαρμογές. Το User Interface που σχεδιάστηκε είναι απλό, εύκολο στην εκμάθησή του, διατηρείται η συνέπεια, καθώς και υπάρχουν διάφορα επεξηγηματικά μηνύματα που βοηθούν το χρήστη να καταλάβει καλύτερα το σύστημα. Εκτός του User Interface κατασκευάστηκε ένα site στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα ασαφή γνωστικό χάρτη και να εξάγει τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον αλγόριθμο που επεξηγήθηκε στο κεφάλαιο 3. Ο αλγόριθμος που υλοποιήθηκε είναι ο πιο απλός αλγόριθμος που υπάρχει στη βιβλιογραφία. Σαν επέκταση θα μπορούσε να υλοποιηθεί ένας από τους αλγόριθμους που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 6.

8 Αναφορές

1. Προγραμματισμός συνόλου απαντήσεων και γνωστικοί χάρτες, Σάββας Κανατζιάς
2. Ευφυείς συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, Γ. Ξηρογιάννης
3. Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες, Κατερίνα Χαριλάου
4. Fuzzy Cognitive Maps, Bart Kosko
5. Νέες μέθοδοι εκμάθησης για ασαφή γνωστικά δίκτυα και εφαρμογές στην ιατρική και βιομηχανία, Ελπινίκη Ι. Παπαγεωργίου
6. Έλεγχος Λειτουργίας Συστημάτων Βασισμένος στα Ασαφή Γνωστικά Δίκτυα, Κωτάς Λ. Θεόδωρος
7. Έλεγχος ισχύος ασαφούς λογικής σε Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα LMDS, Κωνσταντίνος Σ. Χαλούλος
8. Εκμάθηση Νεοελληνικής Γλώσσας Β' Δημοτικού μέσω Flash, Γεωργακοπούλου Βασιλική
9. Learning Fuzzy Cognitive Maps by a Hybrid Method Using Nonlinear Hebbian Learning and Extended Great Deluge Algorithm, Zhaowei Ren
10. Εξελκτικοί αλγόριθμοι, Παναγιώτης Αδαμίδης
11. Σχεδίαση βέλτιστων στοιχειοκεραιών και μορφοποίηση δέσμης ακτινοβολίας με τη χρήση τεχνικών βελτιστοποίησης σμήνους σωματιδίων, Ζαχαρία Δ. Ζαχάρη
12. Ανακάλυψη πληροφορίας πλαισίου: Βελτιστοποίηση σμήνους σωματιδίων και θεωρία βέλτιστης παύσης, Νίκος Κουστούλης
13. A First Study of Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization, Konstantinos E. Parsopoulos, Elpiniki I. Papageorgiou, Petros P. Groumpos, Michael N. Vrahatis

14. Αλγόριθμοι υπολογιστικής νοημοσύνης για αριθμητική βελτιστοποίηση, Κωνσταντίνος Ε. Παρσόπουλος
15. Εξελικτικός αλγόριθμος για την εκπαίδευση και τη βελτιστοποίηση του μοντέλου των ασαφών γνωστικών απεικονίσεων και των νευρωνικών δικτύων, Σπυρίδων Χ. Ξηροκόστα

Πανεπιστήμιο Πειραιώς