Ατομική Διπλωματική Εργασία

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΟΥ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Σάββας Κανατζιάς

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Δεκέμβριος 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων και Γνωστικοί Χάρτες

Σάββας Κανατζιάς

Επιβλέπων Καθηγητής
κ. Γιάννης Δημόπουλος

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Δεκέμβριος 2009

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Γιάννη Δημόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια που μου έδωσε όποτε την χρειάστηκα καθώς επίσης και πολύτιμο υλικό και με βοήθησε πολύ στην εκπλήρωση της Ατομικής μου Διπλωματικής Εργασίας.

Περίληψη

Το θέμα της ατομική μου διπλωματικής εργασίας είναι ο Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων και οι Γνωστικοί Χάρτες. Σκοπός της ήταν η πλήρης κατανόησης των δύο αυτών θεμάτων και η προσπάθεια εκ μέρους μου δημιουργίας Γνωστικών Χαρτών με βάση τους κανόνες του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων και χρησιμοποίησης τους ούτως ώστε να μπορέσω να εξάγω κάποια συμπεράσματα όσον αφορά αυτούς τους κανόνες ή και να μπορέσω να ανακαλύψω, πάντα με την βοήθεια του Γνωστικού Χάρτη, κάποιους κανόνες που είναι αχρείαστοι ή περισσεύουν. Μετα από μια μικρή εισαγωγή στο πρώτο κεφάλαιο στο δεύτερο παρουσιάζω τον Προγραμματισμό Συνόλου Απαντήσεων για το πώς λειτουργεί, από πού προήλθε, που και πως χρησιμοποιείτε, τη σύνταξη του και άλλα. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζω τους Γνωστικούς και Ασαφή Γνωστικούς Χάρτες με παρόμοιο τρόπο. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η προσπάθεια να «παντρέψω» αυτά τα δύο θέματα και τέλος ακολουθούν τα συμπεράσματα μου.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο **1** **Εισαγωγή**……………………………………………………… **1**

Κεφάλαιο **2** **Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων**……………………. **2**

2.1 Λογικός Προγραμματισμός 2

2.2 Δηλωτικός Προγραμματισμός 3

2.3 Αλληλοεπιδρών Προγραμματισμός 4

2.4 Ιστορική Αναδρομή στον Π.Σ.Α. 4

2.5 Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων 5

Κεφάλαιο **3** **Γνωστικοί Χάρτες**……………………………………… ……... **17**

3.1 Γνωστικοί Χάρτες 17

3.2 Ασαφής Λογική 23

3.3 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες 24

Κεφάλαιο **4** **Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων- Γνωστικοί Χάρτες**.. **30**

4.1 Δημιουργία Γνωστικού Χάρτη από Π. Σ. Α 30

Κεφάλαιο **5** **Συμπεράσματα** …………………………………………………… **39**

Β ι β λ ι ο γ ρ α φ ί α ………………………………….………………… **41**

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων και Γνωστικοί Χάρτες αποτελούν στις μέρες μας σημαντικούς τομείς έρευνας από τους επιστήμονες της πληροφορικής. Οι Γνωστικοί Χάρτες μάλιστα αποτελούν αντικείμενο μελέτης και σε πολλούς άλλους τομείς και επιστήμες. Στην πληροφορική χρησιμοποιούνται κυρίως οι Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες, οι οποίοι επίσης θα παρουσιαστούν στο τρίτο κεφάλαιο.

Ο Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων αποτελεί σχετικά νέο είδος προγραμματισμού και αντικείμενου μελέτης. Εμφανίστηκε περίπου στα τέλη της δεκαετίας του '90. Εμπίπτει στην κατηγορία του λογικού προγραμματισμού και αποτελεί ένα δηλωτικό παράδειγμα για την επίλυση των προβλημάτων αναζήτησης που εμφανίζονται στην αναπαράσταση γνώσης και το συλλογισμό. Έχει πολλά πλεονεκτήματα και βρίσκει πολλές εφαρμογές κάτι που τον κάνει πάρα πολύ σημαντικό στις μέρες μας.

Οι Γνωστικοί Χάρτες πιστώνονται επίσημα στον Tolman (1948) αν και χρησιμοποιήθηκαν και νωρίτερα χωρίς να είναι ακριβώς οι ίδιοι. Το γεγονός ότι βρίσκουν εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς των επιστημών τους κάνει επίσης πολύ σημαντικούς και χρήσιμους. Συγκεκριμένα έχουν χρησιμοποιηθεί στην ψυχολογία, την εκπαίδευση, την αρχαιολογία, τον προγραμματισμό, την γεωγραφία κ.α..

Περισσότερα για αυτά τα θέματα και άλλα παρεμφερή τους θα δούμε στα κεφάλαια που ακολουθούν.

Κεφάλαιο 2

Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων

2.1 Λογικός Προγραμματισμός	2
2.2 Δηλωτικός Προγραμματισμός	3
2.3 Αλληλοεπιδρών Προγραμματισμός	4
2.4 Ιστορική Αναδρομή στον Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων	4
2.5 Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων	5

2.1 Λογικός Προγραμματισμός

Ο λογικός προγραμματισμός διαφέρει αρκετά από άλλα είδη προγραμματισμού. Ο λογικός προγραμματισμός πολύ γενικά μπορεί να συνοψιστεί από τα ακόλουθα τρία χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- ο υπολογισμός πραγματοποιείται πέρα από το πεδίο ορισμού των όρων του που καθορίζονται από ένα «καθολικό» αλφάβητο.
- οι τιμές ορίζονται στις μεταβλητές με τη βοήθεια των αυτόματα παραγμένων αντικαταστάσεων, αποκαλούμενων ως επί το πλείστον γενικά unifiers. Αυτές οι τιμές μπορούν να περιέχουν μεταβλητές, τις λεγόμενες λογικές μεταβλητές,
- ο έλεγχος παρέχεται από έναν ενιαίο μηχανισμό: την αυτόματη οπισθοδρόμηση.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του λογικού προγραμματισμού είναι η τεράστια απλότητα και περιεκτικότητα του. Το αδύνατο του σημείο είναι οι περιορισμοί σε έναν μηχανισμό ελέγχου και η χρήση ενός μοναδικού τύπου δεδομένων.

Έτσι αυτό το πλαίσιο εργασίας πρέπει να τροποποιηθεί και να εμπλουτιστεί για να προσαρμοστεί στις συνήθεις ανάγκες του προγραμματισμού, παραδείγματος χάριν με την παροχή διάφορων κατασκευασμάτων ελέγχου και με την εισαγωγή του τύπου δεδομένων ακέραιων αριθμών στις συνήθεις αριθμητικές διαδικασίες. Αυτό μπορεί να γίνει και στην πραγματικότητα η Prolog και άλλες γλώσσες λογικού προγραμματισμού είναι παραδείγματα μιας τέτοιας προσαρμογής αυτού του πλαισίου.

Δύο πρόσθετα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του λογικού προγραμματισμού που είναι σημαντικά είναι ότι υποστηρίζει το δηλωτικό προγραμματισμό (declarative programming) καθώς επίσης και τον αλληλεπιδρώντα προγραμματισμό (interactive programming), των οποίων κάποια στοιχεία θα δούμε στην συνέχεια.

2.2 Δηλωτικός Προγραμματισμός

Ένα δηλωτικό πρόγραμμα αναγνωρίζει δύο ερμηνείες. Η πρώτη, που ονομάζεται διαδικαστική ερμηνεία, εξηγεί πώς ο υπολογισμός πραγματοποιείται, ενώ η δεύτερη, που ονομάζεται δηλωτική ερμηνεία, ενδιαφέρεται για την ερώτηση η οποία υπολογίζεται.

Ανεπίσημα, η διαδικαστική ερμηνεία ενδιαφέρεται για τη μέθοδο, ενώ η δηλωτική ερμηνεία ενδιαφέρεται για την έννοια. Στη διαδικαστική ερμηνεία ένα δηλωτικό πρόγραμμα αντιμετωπίζεται ως περιγραφή ενός αλγορίθμου που μπορεί να εκτελεσθεί. Στη δηλωτική ερμηνεία ένα δηλωτικό πρόγραμμα αντιμετωπίζεται ως φόρμουλα, και κάποιος μπορεί να διαλογιστεί για την ορθότητα του χωρίς οποιαδήποτε αναφορά στον βασικό υπολογιστικό μηχανισμό. Αυτό καθιστά τα δηλωτικά προγράμματα ευκολότερα να κατανοηθούν και να αναπτυχθούν.

Σε μερικές καταστάσεις η προδιαγραφή ενός προβλήματος στη μορφή του λογικού προγραμματισμού διαμορφώνει μια αλγοριθμική λύση στο πρόβλημα. Έτσι ο δηλωτικός προγραμματισμός υποστηρίζεται από τον λογικό προγραμματισμό και επιτρέπει το γράψιμο εκτελέσιμων προδιαγραφών. Στην πράξη τα προγράμματα Prolog αποδείχθηκαν κατά αυτόν τον τρόπο να είναι συχνά ανεπαρκή, έτσι αυτή η προσέγγιση στον προγραμματισμό πρέπει να συνδυαστεί με τις διάφορες τεχνικές βελτιστοποίησης και μια κατάλληλη κατανόηση του βασικού υπολογιστικού μηχανισμού είναι απαραίτητη.

Αυτή η διπλή ερμηνεία των δηλωτικών προγραμμάτων αποτελεί επίσης τη διπλή χρήση του λογικού προγραμματισμού. Ως φορμαλισμός για τον προγραμματισμό και για την αντιπροσώπευση γνώσης και ως εξήγηση της σημασίας του λογικού προγραμματισμού στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης.

2.3 Αλληλοεπιδρών Προγραμματισμός

Με τον αλληλεπιδρώντα προγραμματισμό μπορούμε να πούμε ότι ο χρήστης μπορεί να γράψει ένα πρόγραμμα και να αλληλεπιδράσει με αυτό με τη βοήθεια των διάφορων επερωτήσεων ενδιαφέροντος στις οποίες παράγονται απαντήσεις. Τα συστήματα Prolog υποστηρίζουν μια τέτοια αλληλεπίδραση και παρέχουν απλά μέσα για να υπολογιστούν μια ή περισσότερες λύσεις στην υποβληθείσα επερώτηση, για να υποβληθεί μια άλλη ερώτηση, και να επισημανθεί η εκτέλεση της, εάν είναι επιθυμητό, για διάφορα σημεία ελέγχου και όλα αυτά μέσα στον ίδιο «βρόχο αλληλεπίδρασης». Αυτό οδηγεί σε ένα ευέλικτο στυλ προγραμματισμού.

Αυτό είναι απολύτως ανάλογο με τον τρόπο που τα λειτουργικά προγράμματα χρησιμοποιούνται όπου η αλληλεπίδραση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των εκφράσεων που πρέπει να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας μια δεδομένη συλλογή ορισμών συναρτήσεων.

2.4 Ιστορική Αναδρομή στο Προγραμματισμό Συνόλου Απαντήσεων

Ο Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων (ASP) προέκυψε προς το τέλος της δεκαετίας του '90 ως νέο παράδειγμα προγραμματισμού λογικής, έχοντας τις ρίζες του στο μη μονοτονικό συλλογισμό, τις βάσεις δεδομένων και τον προγραμματισμό λογικής με την άρνηση ως αποτυχία. Από την έναρξή της, έχει θεωρηθεί ως υπολογιστική ενσωμάτωση του μη μονοτονικού συλλογισμού και αρχικός υποψήφιος για ένα αποτελεσματικό εργαλείο αναπαράστασης γνώσης. Αυτή η άποψη έχει ωθηθεί από την εμφάνιση ιδιαίτερα αποδοτικών solvers για Προγραμματισμό Συνόλου Απαντήσεων. Φαίνεται τώρα δύσκολο να αμφισβητηθεί ότι ο Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων έφερε τη νέα ζωή στη λογική προγραμματίζοντας και στην έρευνα μη μονοτονική συλλογισμού και έχει γίνει μια σημαντική κατευθυντήρια δύναμη για αυτούς τους δύο τομείς.

2.5 Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων

Ο Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων ανήκει στην κατηγορία του λογικού προγραμματισμού. Έτσι τα προγράμματα του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων δεν διαφέρουν από τα άλλα είδη λογικού προγραμματισμού. Στη διπλωματική μου ασχολήθηκα κυρίως με τα προτασιακά (κανονικά) προγράμματα λογικής. Αυτού του είδους τα προγράμματα αποτελούνται από μια σειρά από κανόνες. Οι κανόνες αυτοί είναι της μορφής:

r: p0 ← p1, ….., pm, not pm+1. …., not pn ,;όπου $n \geq m \geq 0$

Κάθε pi αποτελεί μια ατομική πρόταση (p, q, r κτλ) και κάθε ατομική πρόταση παίρνει τιμές T(true) και ⊥(false) όπως ακριβώς και σε κάθε πρόγραμμα λογικής. Αυτός ο κανόνας χωρίζεται σε δύο μέρη. Έχουμε το κεφάλι του κανόνα (head(r)) και το σώμα του κανόνα (body(r)). Στο κεφάλι του κανόνα ανήκει η ατομική πρόταση που βρίσκεται αριστερά του βέλους (p0) και στο σώμα του κανόνα οι ατομικές προτάσεις που βρίσκονται στα δεξιά του βέλους (p1, ….., pm, not pm+1. …., not pn) . Το σώμα κάθε κανόνα επίσης χωρίζεται σε δύο μέρη. Το σώμα με τις θετικές ατομικές προτάσεις ($body^+$(r)) και το σώμα με τις αρνητικές ατομικές προτάσεις ($body^-$(r)). Στο $body^+$(r) συμπεριλαμβάνονται οι ατομικές προτάσεις p1, ….., pm, και στο $body^-$(r) οι ατομικές προτάσεις not pm+1. …., not pn , αυτές δηλαδή που έχουν μπροστά τους το not. Ένα πρόγραμμα λογικής ονομάζεται βασικό αν $body^-(r) = ø$ για κάθε κανόνα του, αν δηλαδή δεν υπάρχει καμιά ατομική πρόταση στο σώμα κανενός κανόνα του προγράμματος που να έχει μπροστά της το not.

Στην συνέχεια θα δούμε πως από ένα λογικό πρόγραμμα μπορούμε να εξαγάγουμε τα σύνολα απαντήσεων του. Καταρχήν σε ένα κανόνα το κεφάλι του κανόνα συμπεριλαμβάνεται στο σύνολο απαντήσεων αν όλες οι ατομικές προτάσεις που συμπεριλαμβάνονται στο θετικό σώμα του κανόνα ($body^+(r)$) δεν συμπεριλαμβάνονται στο αρνητικό σώμα του κανόνα ($body^-(r)$). Ένα σύνολο από ατομικές προτάσεις X είναι κλειστό κάτω από ένα βασικό πρόγραμμα Π αν για κάθε κανόνα r που ανήκει στο πρόγραμμα Π το κεφάλι του κανόνα (head(r)) ανήκει στο σύνολο X όποτε το θετικό σώμα του κανόνα ($body^+(r)$) είναι υποσύνολο του συνόλου X. Το μικρότερο σύνολο από ατομικές προτάσεις που είναι κλειστό κάτω από ένα βασικό πρόγραμμα Π αναπαριστάτε με Cn(Π) και καθορίζει το σύνολο απαντήσεων του προγράμματος Π. Επίσης για να βρούμε τα σύνολα απαντήσεων ενός προγράμματος χρειαζόμαστε κάποιες διαφοροποιήσεις στο πρόγραμμα μας για κάθε σύνολο από ατομικές προτάσεις X. Αυτό ορίζεται ως Π^X και αυτό που κάνουμε είναι να κάνουμε τους κανόνες της μορφής $head(r) \leftarrow body^+(r)$ και $body^-(r) \cap X = \emptyset$. Για παράδειγμα έχουμε το πρόγραμμα Π:

$p \leftarrow q$
$q \leftarrow not\ p$

Τα πιθανά σύνολα ατομικών προτάσεων σε κάθε πρόγραμμα είναι 2^n , όπου n οι διαφορετικές ατομικές προτάσεις που εμφανίζονται στο πρόγραμμα. Στο παράδειγμα μας έχουμε 2 ατομικές προτάσεις (p, q) άρα έχουμε 4σύνολα ατομικών προτάσεων τα οποία αποτελούν και τα υποψήφια σύνολα απαντήσεων του προγράμματος. Στο παράδειγμα είναι τα $\{\emptyset\}$, $\{p\}$, $\{q\}$και $\{p, q\}$. Έτσι έχουμε τα ακόλουθα reducts Π^X του προγράμματος μας:

$\Pi^{\{\emptyset\}} = p \leftarrow q$
$\quad q \leftarrow T$
$\Pi^{\{p\}} = p \leftarrow q$
$\quad q \leftarrow \bot$
$\Pi^{\{q\}} = p \leftarrow q$
$\quad q \leftarrow T$
$\Pi^{\{p, q\}} = p \leftarrow q$

$q \leftarrow \perp$

Πιο απλά κάνουμε τα εξής: Οι ατομικές προτάσεις που ανήκουν στο body $^{+}$(r) δεν υπόκεινται σε καμιά αλλαγή. Οι ατομικές προτάσεις που ανήκουν στο body $^{-}$(r) αν συμπεριλαμβάνονται στο σύνολο X τότε αντικαθιστώνται με $\perp$(false) ενώ αυτές που δεν συμπεριλαμβάνοντα στο σύνολο X τότε αντικαθιστώνται με T(true).

Ένα σύνολο ατομικών προτάσεων X αποτελεί σύνολο απαντήσεων ενός προγράμματος Π αν $Cn(\Pi^{X}) = X$. Έτσι τώρα για να βρούμε τα σύνολα απαντήσεων του προγράμματος του παραδείγματος μας πρέπει να βρούμε το μικρότερο σύνολο από ατομικές προτάσεις που είναι κλειστό κάτω από το πρόγραμμα μας για κάθε reduct του προγράμματος $Cn(\Pi^{X})$. Για να βρούμε το $Cn(\Pi^{X})$ κάθε reduct του προγράμματος παίρνουμε τον κάθε κανόνα ξεχωριστά. Αν ο κανόνας περιέχει στο σώμα του μόνο ατομικές προτάσεις και T(true) τότε συμπεριλαμβάνουμε την ατομική πρόταση που βρίσκεται στο κεφάλι του κανόνα στο $Cn(\Pi^{X})$. Αν στο σώμα έχουμε έστω και ένα $\perp$(false) τότε η ατομική πρόταση που βρίσκεται στο κεφάλι του κανόνα δεν συμπεριλαμβάνεται.

Έτσι στο παράδειγμα μας έχουμε:

$Cn(\Pi^{\{\varnothing\}}) =\{p, q\}$
$Cn(\Pi^{\{p\}}) =\{\varnothing\}$
$Cn(\Pi^{\{q\}}) =\{p, q\}$
$Cn(\Pi^{\{p, q\}}) =\{p\}$

Παρατηρούμε ότι η προϋπόθεση μας για τα σύνολα απαντήσεων ενός προγράμματος , $Cn(\Pi^{X})=X$, δεν ισχύει για κανένα σύνολο {p}. Άρα στο παράδειγμα μας δεν έχουμε κανένα σύνολο απαντήσεων

Στην εξαγωγή των συνόλων απαντήσεων υπάρχει ακόμη ένας περιορισμός. Υπάρχει η περίπτωση η ατομική πρόταση που βρίσκεται στο κεφάλι ενός κανόνα να βρίσκεται και στο σώμα του ίδιου κανόνα. Σε αυτή την περίπτωση η ατομική αυτή πρόταση δεν συμπεριλαμβάνεται στο σύνολο που είναι κλειστό κάτω από το πρόγραμμα ($Cn(\Pi^{X})$).

Για παράδειγμα έχουμε το πρόγραμμα Π:

$p \leftarrow p$

$q \leftarrow \text{not } p$

Τα reducts του προγράμματος μας με τον ίδιο τρόπο όπως προηγουμένως είναι:

$\Pi^{\{\varnothing\}} = p \leftarrow p$

$\quad q \leftarrow T$

$\Pi^{\{p\}} = p \leftarrow p$

$\quad q \leftarrow \bot$

$\Pi^{\{q\}} = p \leftarrow p$

$\quad q \leftarrow T$

$\Pi^{\{p, q\}} = p \leftarrow p$

$\quad q \leftarrow \bot$

Με βάση αυτό τον περιορισμό τα $Cn(\Pi^X)$ είναι τα ακόλουθα:

$Cn(\Pi^{\{\varnothing\}}) = \{q\}$

$Cn(\Pi^{\{p\}}) = \{\varnothing\}$

$Cn(\Pi^{\{q\}}) = \{q\}$

$Cn(\Pi^{\{p, q\}}) = \{\varnothing\}$

Όπως παρατηρούμε έχουμε ένα μόνο σύνολο απαντήσεων και αυτό είναι το {q}. Επίσης παρατηρούμε ότι η ατομική πρόταση p δεν συμπεριλαμβάνεται σε κανένα $Cn(\Pi^X)$, άρα δεν υπάρχει καμία πιθανότητα να έχουμε αυτή την ατομική πρόταση μέσα σε κάποιο σύνολο απαντήσεων. Οι κανόνες δηλαδή της μορφής p ←. p ουσιαστικά θέτουν την κάθε ατομική πρόταση p εκτός των συνόλων απαντήσεων ενός προγράμματος.

Στην συνέχεια ακολουθούν δύο εκτενή παραδείγματα για το πώς βρίσκουμε τα σύνολα απαντήσεων ενός προγράμματος.

Έστω το πρόγραμμα Π με τους ακόλουθους κανόνες:

p ← q, not s

r ← p, not q, not s

s ← not q

q ← not s

Καταρχήν υπάρχουν 24 sets of atoms, τα οποία είναι όλα τα υποσύνολα του συνόλου {p, q, r, s}

Έτσι πρέπει να βρούμε τα reduct (Π^X) αυτών των sets of atoms τα οποία είναι:

$$\Pi^{\emptyset} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, T, T \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\emptyset}) = \{p, q, r, s\}$

$$\Pi^{\{p\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, T, T \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p\}}) = \{p, q, r, s\}$

$$\Pi^{\{q\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, \perp, T \\ s \leftarrow \perp \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{q\}}$)= {p, q}

$$\Pi^{\{r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, T, T \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{r\}}$)= {p, q, r, s}

$$\Pi^{\{s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \perp \\ r \leftarrow p, T, \perp \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow \perp \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{s\}}$)= {s}

$$\Pi^{\{p,\, q\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, \perp, T \\ s \leftarrow \perp \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{p,\, q\}}$)= {p, q}

$$\Pi^{\{p,\, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, T, T \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{p,\, r\}}$)= {p, q, r, s}

$$\Pi^{\{p,\, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \perp \\ r \leftarrow p, T, \perp \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow \perp \end{array}$$

και Cn($\Pi^{\{p,\, s\}}$)= {s}

$$\Pi^{\{q,\, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, \bot, T \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q,\, r\}}) = \{p, q\}$

$$\Pi^{\{q,\, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \bot \\ r \leftarrow p, \bot, \bot \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q,\, s\}}) = \varnothing$

$$\Pi^{\{r,\, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \bot \\ r \leftarrow p, T, \bot \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{r,\, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{p,\, q,\, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \bot \\ r \leftarrow p, \bot, \bot \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p,\, q,\, s\}}) = \varnothing$

$$\Pi^{\{p,\, q,\, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, T \\ r \leftarrow p, \bot, T \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow T \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p,\, q,\, r\}}) = \{p, q\}$

$p \leftarrow q, \bot$

$$\Pi^{\{p, r, s\}} = \begin{array}{l} r \leftarrow p, T, \bot \\ s \leftarrow T \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, r, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{q, r, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \bot \\ r \leftarrow p, \bot, \bot \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q, r, s\}}) = \varnothing$

$$\Pi^{\{p, q, r, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow q, \bot \\ r \leftarrow p, \bot, \bot \\ s \leftarrow \bot \\ q \leftarrow \bot \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, q, r, s\}}) = \varnothing$

Παρατηρούμε ότι τα μοναδικά sets of atoms που ικανοποιούν τον ορισμό του σύνολου απαντήσεων Cn(ΠX) = X είναι τα {s} και {p, q} και είναι τα σύνολα απαντήσεων του προγράμματος μας.

Στο δεύτερο παράδειγμα θα δούμε και τον περιορισμό που αναφέραμε πιο πάνω
Έστω το πρόγραμμα Π με τους ακόλουθους κανόνες:

$p \leftarrow$ not r, not s

$q \leftarrow$ q, s, not p

$r \leftarrow$ p, q, not s

$s \leftarrow$ p, r

Όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα υπάρχουν 24 sets of atoms, τα οποία είναι όλα τα υποσύνολα του συνόλου {p, q, r, s}
Πρέπει πάλι να βρούμε τα reduct (Π^X) αυτών των sets of atoms τα οποία είναι:

$$\Pi^{\emptyset} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, T \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\emptyset}) = \{p, r, s\}$

Εδώ βλέπουμε την εφαρμογή του περιορισμού αφού το q αν και στον δεύτερο κανόνα ($q \leftarrow q, s, T$) βρίσκεται στο κεφάλι του κανόνα και στο σώμα του έχουμε μόνο ατομικές προτάσεις και T(true), δεν συμπεριλαμβάνεται στο σύνολο $Cn(\Pi^{\emptyset})$ για το λόγο ότι εμφανίζεται και στο σώμα του κανόνα.

$$\Pi^{\{p\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, T \\ q \leftarrow q, s, \perp \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p\}}) = \{p, r, s\}$

$$\Pi^{\{q\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, T \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q\}}) = \{p, r, s\}$

$$\Pi^{\{r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \perp, T \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{r\}}) = \{r, s\}$

$$\Pi^{\{s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, \perp \\ q \leftarrow q, s, T \end{array}$$

$r \leftarrow p, q, \perp$

$s \leftarrow p, r$

και $Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{p, q\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, T \\ q \leftarrow q, s, \perp \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, q\}}) = \{p, r, s\}$

$$\Pi^{\{p, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \perp, T \\ q \leftarrow q, s, \perp \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, r\}}) = \{r, s\}$

$$\Pi^{\{p, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, \perp \\ q \leftarrow q, s, \perp \\ r \leftarrow p, q, \perp \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{q, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \perp, T \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q, r\}}) = \{r, s\}$

$$\Pi^{\{q, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow r, \perp \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, \perp \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{r, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \bot, \bot \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, \bot \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{r, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{p, q, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow T, \bot \\ q \leftarrow q, s, \bot \\ r \leftarrow p, q, \bot \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, q, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{p, q, r\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \bot, T \\ q \leftarrow q, s, \bot \\ r \leftarrow p, q, T \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, q, r\}}) = \{r, s\}$

$$\Pi^{\{p, r, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \bot, \bot \\ q \leftarrow q, s, \bot \\ r \leftarrow p, q, \bot \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p, r, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{q, r, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \bot, \bot \\ q \leftarrow q, s, T \\ r \leftarrow p, q, \bot \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{q, r, s\}}) = \{s\}$

$$\Pi^{\{p,\, q,\, r,\, s\}} = \begin{array}{l} p \leftarrow \bot, \bot \\ q \leftarrow q, s, \bot \\ r \leftarrow p, q, \bot \\ s \leftarrow p, r \end{array}$$

και $Cn(\Pi^{\{p,\, q,\, r,\, s\}}) = \{s\}$

Παρατηρούμε ότι το μοναδικό σύνολο ατομικών προτάσεων που ικανοποιούν τον ορισμό του σύνολο απαντήσεων $Cn(\Pi^X) = X$ είναι το $\{s\}$ και αποτελεί το σύνολο απαντήσεων του προγράμματος μας.

Κεφάλαιο 3

ΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

3.1 Γνωστικοί Χάρτες	17
3.2 Ασαφής Λογική	23
3.3 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες	24

3.1 Γνωστικοί Χάρτες (Cognitive Maps)

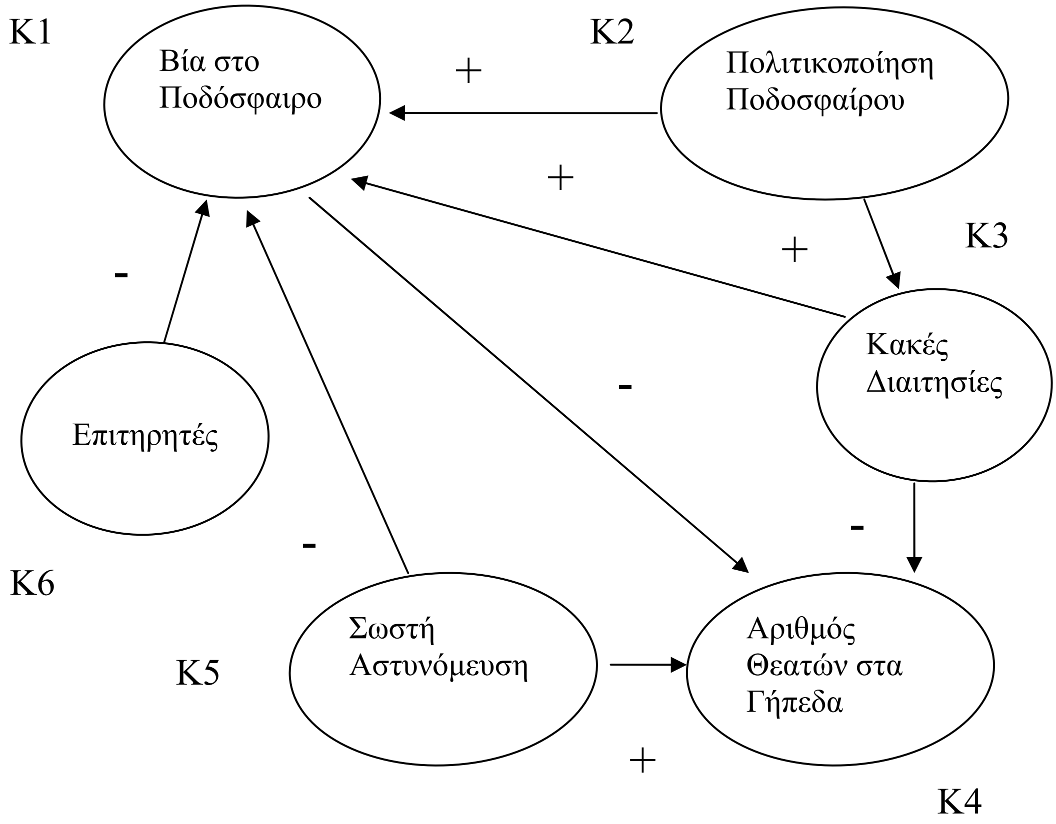
Οι γνωστικοί χάρτες έκαναν την εμφάνιση τους περίπου στο 1950. Συγκεκριμένα τον όρο «γνωστικό χάρτη» πιστώνεται ο Αμερικάνος ψυχολόγος Edward C. Tolman(1886-1959). Ήταν μια προσπάθεια να εξηγήσει την συμπεριφορά ανθρώπων και ποντικών δίνοντας τους κάποια ερεθίσματα. Προσπάθησε δηλαδή να σκιαγραφήσει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

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

Πιο απλά χρησιμοποιείται η «γνώση» για την κατανόηση, απλοποίηση και επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Με βάση αυτή την προσέγγιση οι γνωστικοί χάρτες βρήκαν εφαρμογή και αναπτύχθηκαν σε πάρα πολλούς τομείς. Εκτός από την ψυχολογία μελετήθηκαν επίσης στη γεωγραφία, στην αρχαιολογία, στην εκπαίδευση και φυσικά στον προγραμματισμό και την επιστήμη της πληροφορικής.

Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των γνωστικών χαρτών έπαιξε και ο πολιτικός επιστήμονας Robert Axelrod(1976). Ο Axelrod χρησιμοποίησε τους γνωστικούς χάρτες για αντιπροσώπευση της κοινωνικής πολιτικής γνώσης. Οι γνωστικοί χάρτες Axelrod είναι αρκετά απλοί και έτσι χρησιμοποιούνται ευρέως. Αυτού του τύπου λοιπόν οι γνωστικοί χάρτες είναι κάτι σαν κατευθυνόμενοι γράφοι. Αποτελούνται από κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν την γνώση και οι ακμές την θετική ή αρνητική επίδραση – σχέση μεταξύ των κόμβων. Πιο αναλυτικά μπορούμε να πούμε ότι μεταξύ 2 κόμβων αν έχουμε μια θετική ακμή από τον Α κόμβο στον Β τότε αυτό σημαίνει ότι ο Α έχει θετική επίδραση στον Β. Αντίστοιχα αν έχουμε μια αρνητική ακμή από τον Α στον Β τότε σημαίνει ότι ο Α επιδρά αρνητικά στον Β.

Ας δούμε για παράδειγμα το πρόβλημα της βίας στο ποδόσφαιρο. Αν χρησιμοποιήσουμε την βία στο ποδόσφαιρο σαν ένα κόμβο Α και σαν ένα άλλο κόμβο Β την πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου τότε θα έχουμε μια θετική ακμή από τον Β στον Α κάτι που σημαίνει απλά ότι η πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου επιδρά θετικά (αυξάνει) την βία στο ποδόσφαιρο. Αν παρομοίως χρησιμοποιήσουμε και ένα τρίτο κόμβο Γ που αντιπροσωπεύει την παρουσία επιτηρητών στα γήπεδα γίνετε εύκολα αντιληπτό ότι από τον κόμβο Γ θα έχουμε μία αρνητική ακμή από τον κόμβο Γ στον Α αφού η παρουσία των επιτηρητών στα γήπεδα προκαλεί μείωση της βίας. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να χτίσουμε ένα γνωστικό χάρτη. Σχηματικά ένας γνωστικός θα είναι ως ακολούθως.



Σχήμα 3.1

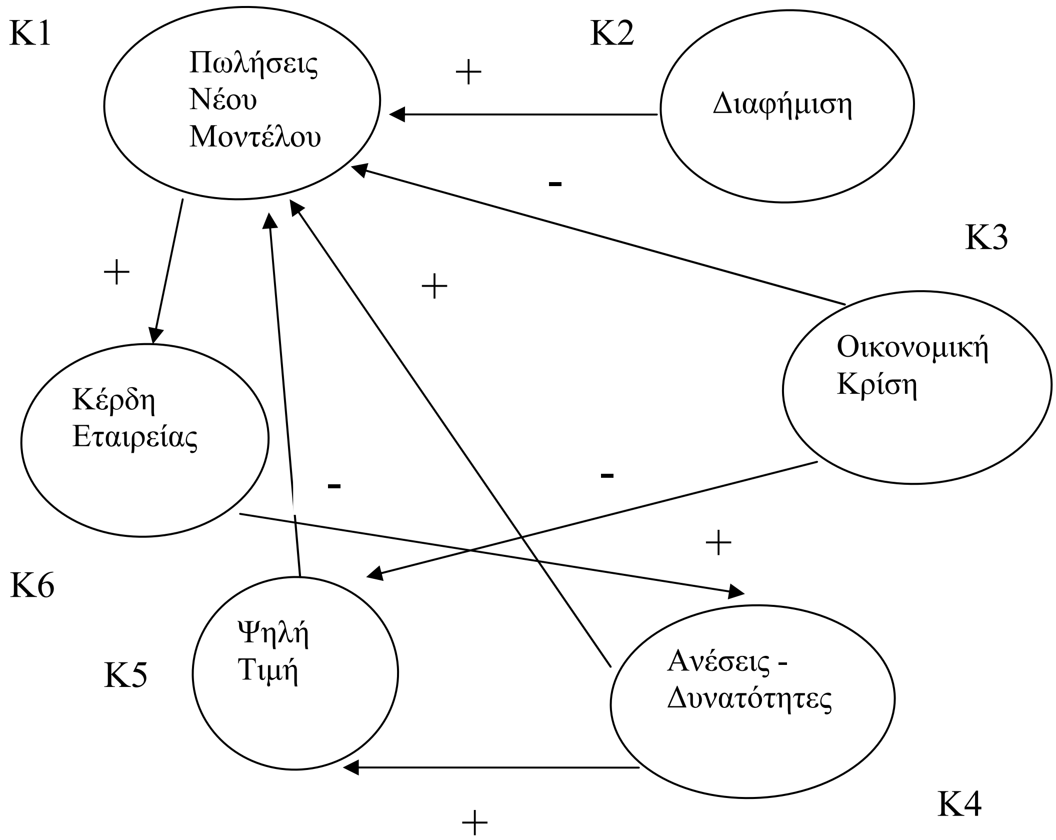
Έτσι με αυτό τον τρόπο έχουμε ένα απλό γνωστικό χάρτη για το πρόβλημα της βίας στα Κυπριακά γήπεδα. Από αυτό το γνωστικό χάρτη μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η βία στο ποδόσφαιρο επηρεάζεται θετικά, αυξάνεται δηλαδή, με τις κακές διαιτησίες και την πολιτικοποίηση του ποδοσφαίρου και μειώνεται με την σωστή αστυνόμευση και την παρουσία των επιτηρητών στις κερκίδες. Επίσης οι κακές διαιτησίες και η βία στα γήπεδα επηρεάζουν αρνητικά τον αριθμών των φιλάθλων που πηγαίνουν στα γήπεδα σε αντίθεση με την σωστή αστυνόμευση των γηπέδων που τον επηρεάζουν θετικά. Τέλος η παρέμβαση των πολιτικών στο ποδόσφαιρο επηρεάζει θετικά τις κακές διαιτησίες. Μπορούμε από αυτό το απλό παράδειγμα εξηγώντας τον γνωστικό χάρτη να καταγράψουμε τη γνώση μας και να βγάλουμε σημαντικά συμπεράσματα για το πρόβλημα της βίας. Ο γνωστικός χάρτης μπορεί επίσης να εκφραστεί και μέσω πίνακα. Στο παράδειγμα μας ο πίνακας που αναπαριστά τον γνωστικό μας χάρτη είναι ο ακόλουθος:

	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

Στον πίνακα αυτό τα K_i συμβολίζουν τους κόμβους του γνωστικού χάρτη και οι τιμές e_{ij} ,όπου $e_{ij}= e(K_i, K_j)$ συμβολίζουν την επίδραση του κόμβου K_i στον κόμβο K_j. Οι τιμές που μπορεί να πάρει το e_{ij} είναι το -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 ι τιμή 0 καμία επίδραση από τον πρώτο κόμβο στον δεύτερο. Βλέπουμε λοιπόν καθαρά και από τον πίνακα την αντιπροσώπευση του προβλήματος της βίας στα Κυπριακά γήπεδα. Για παράδειγμα αν πάρουμε τον κόμβο K_1, που αντιπροσωπεύει την βία στα γήπεδα, σε αντιστοίχιση με τον κόμβο K_4, που αντιπροσωπεύει τον αριθμό των θεατών στα γήπεδα, η τιμή που έχει το e_{14} είναι -1 κάτι που σημαίνει, όπως είπαμε και πιο πάνω, ότι η βία στα γήπεδα (K_1) επιδρά αρνητικά στον αριθμό των φιλάθλων που παρακολουθούν τα παιχνίδια (K_4).

Έτσι μπορούμε να δούμε πως οι γνωστικοί χάρτες και οι πίνακες που βγαίνουν από αυτούς είναι αρκετά απλοί και κατανοητοί και σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που περιλαμβάνουν και τα συμπεράσματα που μπορούν να βγουν από αυτούς μπορούμε να καταλάβουμε πόσο χρήσιμοι μπορούν να φανούν και γιατί χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται ευρέως. Επίσης όλα τα πιο πάνω ήταν και οι λόγοι που οι γνωστικοί χάρτες χρησιμοποιήθηκαν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλούς τομείς.

Είδαμε πιο πάνω τη χρησιμοποίηση γνωστικού χάρτη για ένα κοινωνικό φαινόμενο και πρόβλημα. Στην συνέχεια θα δούμε πως μια εταιρεία μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα γνωστικό χάρτη για να αυξήσει ή και να εξηγήσει τις πωλήσεις ενός νέου προϊόντος της. Ας πάρουμε πιο συγκεκριμένα για παράδειγμα τις πωλήσεις ενός νέου μοντέλου μιας αυτοκινητοβιομηχανίας. Ένας απλός γνωστικός χάρτης για τις πωλήσεις ενός νέου αυτοκινήτου που μπήκε στη αγορά θα ήταν ο εξής:



Σχήμα 3.2

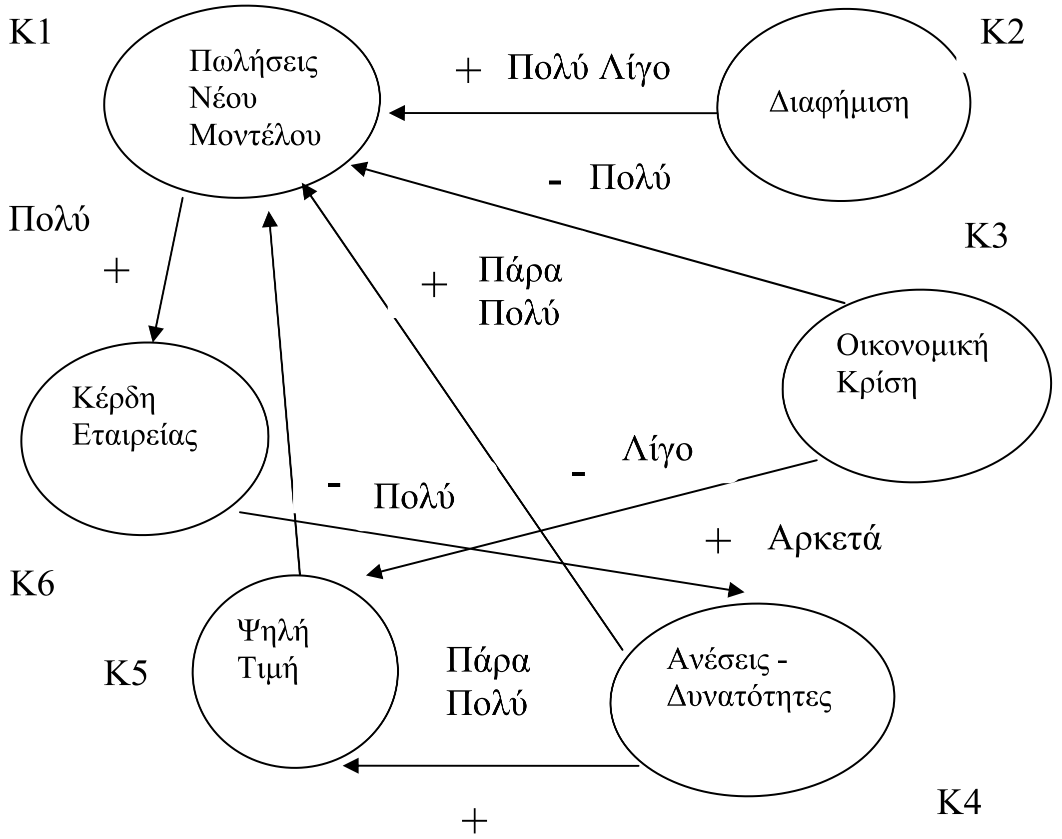
Και ο πίνακας ο εξής:

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

Όπως παρατηρούμε από τον γνωστικό χάρτη και τον πίνακα που απορρέει απ αυτόν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διαφήμιση καθώς και οι δυνατότητες και ανέσεις που παρέχει το συγκεκριμένο μοντέλο του παραδείγματος επηρεάζει θετικά τις πωλήσεις του σε αντίθεση με την οικονομική κρίση και την ψηλή τιμή που τις επηρεάζουν αρνητικά. Η οικονομική κρίση επηρεάζει αρνητικά επίσης την ψηλή τιμή και τα κέρδη της εταιρείας ενώ τα κέρδη της εταιρείας με την σειρά τους επηρεάζουν αρνητικά τις ανέσεις και τις δυνατότητες που παρέχει το αυτοκίνητο που πλασάρει η εταιρεία. Τέλος οι ανέσεις και δυνατότητες του αυτοκινήτου επιδρούν θετικά στη ψηλή του τιμή και φυσικά οι πωλήσεις επηρεάζουν θετικά τα κέρδη της εταιρείας.

Μόνο από αυτά τα δύο απλά παραδείγματα μπορούμε να συνειδητοποιήσουμε την χρησιμότητα των γνωστικών χαρτών σε πάρα πολλούς τομείς και περιπτώσεις. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς ότι τα παραδείγματα μου είναι γενικά και με βάση την δική μου γνώση και αντίληψη των δύο περιπτώσεων. Σίγουρα αν χρησιμοποιηθούν οι γνωστικοί χάρτες από εμπειρογνώμονες του κάθε θέματος, οι οποίοι γνωρίζουν και μελετούν εκ βαθέως το κάθε θέμα, μπορούν να εξαγάγουν πολύ σημαντικά συμπεράσματα ή και να πάρουν σημαντικότατες αποφάσεις για ενέργειες που θα κάνουν είτε για τη λύση ή αντιμετώπιση κάποιου προβλήματος είτε για την επίτευξη κάποιου στόχου είτε για μελέτη ή εξήγηση κάποιου φαινομένου, προβλήματος ή συμπεριφοράς.

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 των πωλήσεων των αυτοκινήτων έχουμε την διαφήμιση και τις ανέσεις – δυνατότητες του αυτοκινήτου να επηρεάζουν θετικά τις πωλήσεις του νέου μοντέλου. Όμως η επίδραση αυτή είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις; Σαφώς και όχι. Σίγουρα η περισσότερη διαφήμιση αυξάνει τις πωλήσεις αλλά οι δυνατότητες και ανέσεις του αυτοκινήτου επηρεάζουν πολύ περισσότερο τις πωλήσεις. Ο γνωστικός χάρτης λοιπόν θα ήταν πιο σωστός αν ήταν ως ακολούθως:



Σχήμα 3.3

Γι αυτόν ακριβώς τον λόγο είχαμε την εμφάνιση και ανάπτυξη των ασαφή γνωστικών χαρτών (Fuzzy Cognitive Maps) με τους οποίους θα ασχοληθούμε στη συνέχεια. Πρώτα όμως να δούμε τι εννοούμε με την ασαφή λογική.

3.2 Ασαφής Λογική

Η έννοια της ασαφής λογικής συλλήφθηκε από Lotfi Zadeh, ένα καθηγητή στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley, και παρουσιάστηκε όχι ως μεθοδολογία ελέγχου, αλλά ως τρόπος επεξεργασίας δεδομένων δεν ήταν ακριβή, αλλά κάπως ασαφή.. Αυτή η προσέγγιση στην καθορισμένη θεωρία δεν εφαρμόστηκε στα συστήματα ελέγχου μέχρι το 70' λόγω της ανεπαρκούς ικανότητας των μικρόυπολογιστών εκείνο τον καιρό. Ο καθηγητής Zadeh διαλογίστηκε ότι οι άνθρωποι δεν απαιτούν την ακριβή, αριθμητική εισαγωγή πληροφοριών, και όμως είναι ικανοί για υψηλό προσαρμοστικό έλεγχο. Εάν τα ανατροφοδοτούμενα controllers μπορούσαν να προγραμματιστούν για να δεχτούν τη θορυβώδη, ανακριβή είσοδο, θα ήταν αποτελεσματικότερα και ίσως ευκολότερα να εφαρμοστούν.

Η ασαφής λογικής χαρακτηρίζεται από το ότι η γνώση μεταφράζεται ως ένα σύνολο ελαστικών, ισοδύναμων ασαφών περιορισμών πάνω σε ένα σύνολο από μεταβλητές, όλα είναι θέμα βαθμού, ο ακριβής συλλογισμός θεωρείται ως μία ειδική περίπτωση του προσεγγιστικού συλλογισμού, η εξαγωγή συμπερασμάτων θεωρείται ως μία διαδικασία διασποράς ελαστικών περιορισμών και οπουδήποτε λογικό σύστημα μπορεί να γίνει ασαφές.

Παρατηρούμε ότι η ασαφής λογική είναι πολύ διαδεδομένη στις μέρες μας για το λόγο ότι δεν είναι αριθμητική αλλά γλωσσική κάτι που έχει ως συνέπεια να κατανοείται και να εξασκείται πιο εύκολα αφού είναι πιο κοντά στην ανθρώπινη σκέψη. Επίσης είναι ιδανική για κάποιες εφαρμογές αφού επιτρέπει την λήψη αποφάσεων με βάση εκτιμήσεις από ελλιπείς και αβέβαιες πληροφορίες και τα ασαφή συστήματα, που είναι βασισμένα σε αυτή, είναι κατάλληλα για προσεγγιστικό ή αβέβαιο συλλογισμό.

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

3.3 Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps)

Οι Ασαφείς Γνωστικοί Χάρτες (Fuzzy Cognitive Maps), όπως αναφέραμε και πιο πάνω είναι μια επέκταση των Γνωστικών Χαρτών (Cognitive Maps). Έχουν εισαχθεί περί του 1986 από τον Bart Kosko, ηλεκτρολόγο μηχανικό και καθηγητή στο πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας (USC) , ως σεσημασμένοι κατευθυνόμενοι γράφοι για την αναπαράσταση του αιτιολογικού συλλογισμού και της διαδικασίας της υπολογιστικής συμπεριφοράς, εξετάζοντας μια συμβολική αναπαράσταση της περιγραφή και της μοντελοποίησης ενός συστήματος. Οι κόμβοι του ασαφή γνωστικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν για να αναπαράσταση των διαφορετικών πτυχών του συστήματος καθώς και τη συμπεριφορά τους.

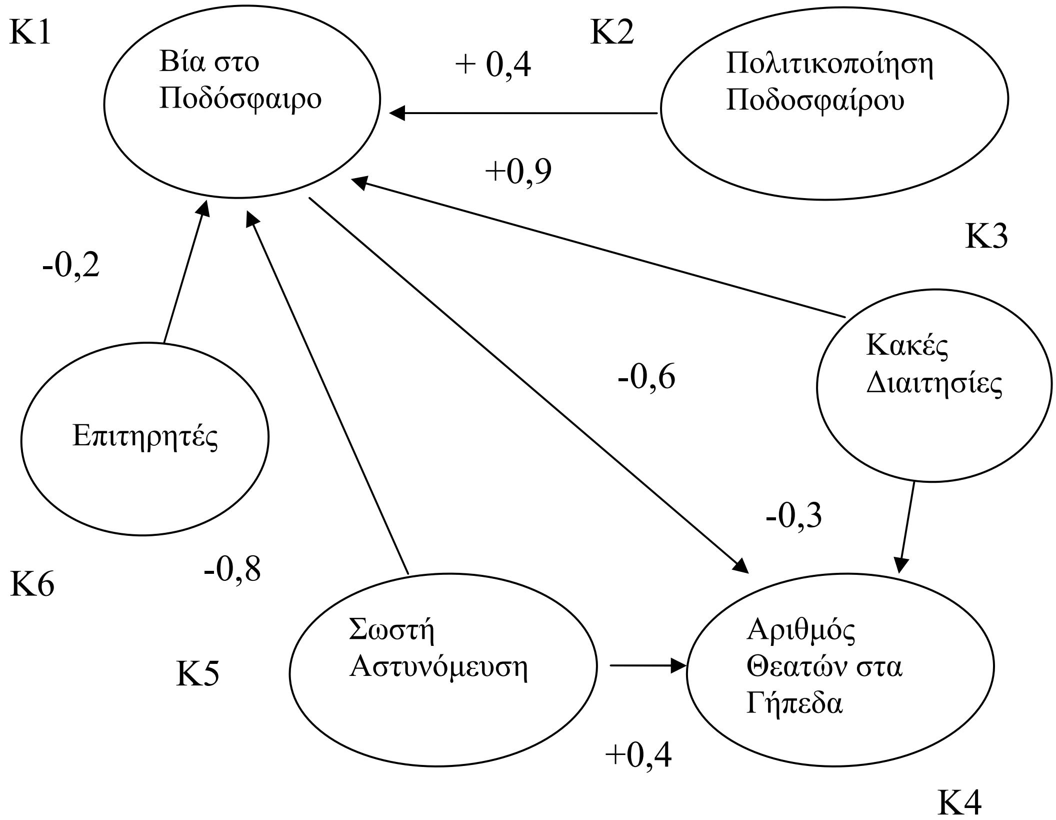
Στην κατασκευή ενός ασαφή γνωστικού χάρτη, όπως και ενός γνωστικού χάρτη, έχουμε εισαγωγή της ανθρώπινης εμπειρίας και γνώσης σχετικά με το υπό εξέταση σύστημα. Κατά συνέπεια, οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες ενσωματώνουν τη συσσωρευμένη εμπειρία και τη γνώση σχετικά με τις αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ των συνιστωσών, των χαρακτηριστικών, και των συστατικών που αποτελούν το σύστημα. Γενικά οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύσουν τόσο τα ποιοτικά όσο και τα ποσοτικά στοιχεία ενός συστήματος.

Ο τομέας εφαρμογής των ασαφών γνωστικών χαρτών είναι επίσης πολύ μεγάλος. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν στην μοντελοποίηση των σύνθετων και έμπειρων συστημάτων, στην ανάλυση αποφάσεων και στην ανάλυση της συμπεριφοράς των γράφων. Επίσης στον σχεδιασμό και στην δημιουργία απόφασης στους τομείς των διεθνών σχέσεων και στα μοντέλα κοινωνικών συστημάτων καθώς επίσης και στις διοικητικές επιστήμες, στις επιχειρησιακές έρευνες και στις οργανωτικές συμπεριφορές, ενώ οι Kosko και Dicherson τους χρησιμοποίησαν στην κατασκευή των εικονικών κόσμων. Τέλος οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες προτάθηκαν στην μοντελοποίηση εποπτικών συστημάτων και στην δημιουργία απόφασης στα συστήματα θεραπείας με ακτινοβολία.

Δυο είναι τα επιπρόσθετα και σημαντικά στοιχεία των ασαφών γνωστικών χαρτών που τους διαφοροποιεί από τους γνωστικούς χάρτες. Καταρχήν οι αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ των κόμβων είναι ασαφείς. Δεν χρησιμοποιείται απλά μια θετική ή μια αρνητική επίδραση μεταξύ των κόμβων, όπως είδαμε προηγουμένως στους γνωστικούς χάρτες, αλλά επιπρόσθετα χρησιμοποιείται και μια αριθμητική τιμή σε αυτή την επίδραση, η οποία κυμαίνεται από -1 μέχρι 1, δίνοντας ουσιαστικά ένα βαθμό ή ένα βάρος στην θετική ή αρνητική επίδραση. Αυτό δίνει την δυνατότητα στους εμπειρογνώμονες να χειρίζονται τις επιδράσεις μεταξύ των κόμβων χρησιμοποιώντας ανακριβή ή ασαφή γλωσσικούς όρους.

Το δεύτερο και εξίσου σημαντικό στοιχείο των ασαφή γνωστικών χαρτών είναι το όλο σύστημα είναι δυναμικό και εμπεριέχει ανάδραση. Αν έχουμε αλλαγή σε ένα κόμβο που επηρεάζει κάποιον άλλο ή κάποιους άλλους κόμβους μέσω των κατευθυνόμενων βελών, τότε η αλλαγή που προκαλεί στους κόμβους αυτούς μπορεί να επηρεάσει και τον κόμβο από τον οποίο ξεκίνησε η αλλαγή. Αυτή λοιπόν η παρουσία της ανάδραση δίνει στους ασαφείς γνωστικούς χάρτες μια χρονική όψη και σημασία και ενεργοποιεί την δυνατότητα της παρακολούθησης των ακολουθιακών αλλαγών σε ένα συγκεκριμένο σενάριο το οποίο αναπτύσσεται.

Έτσι λοιπόν οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες αποτελούνται, όπως και οι γνωστικοί χάρτες, από κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές. Οι κόμβοι αντιπροσωπεύουν την γνώση ή τους σημαντικούς παράγοντες κάποιου συστήματος, αφού περισσότερο οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες χρησιμοποιούνται στα συστήματα. Και ασφαλώς οι ακμές την επίδραση μεταξύ των κόμβων με την τιμή του e_{ij} ,όπου $e_{ij=}$ $e(K_i, K_j)$ συμβολίζουν την επίδραση του κόμβου K_i στον κόμβο K_j , να κυμαίνεται από -1 μέχρι 1, όπως αναφέραμε και πιο πάνω. Πιο παραστατικά να δούμε πώς τα παραδείγματα που είδαμε στους γνωστικούς χάρτες θα ήταν με τη χρησιμοποίηση των ασαφή γνωστικών χαρτών.

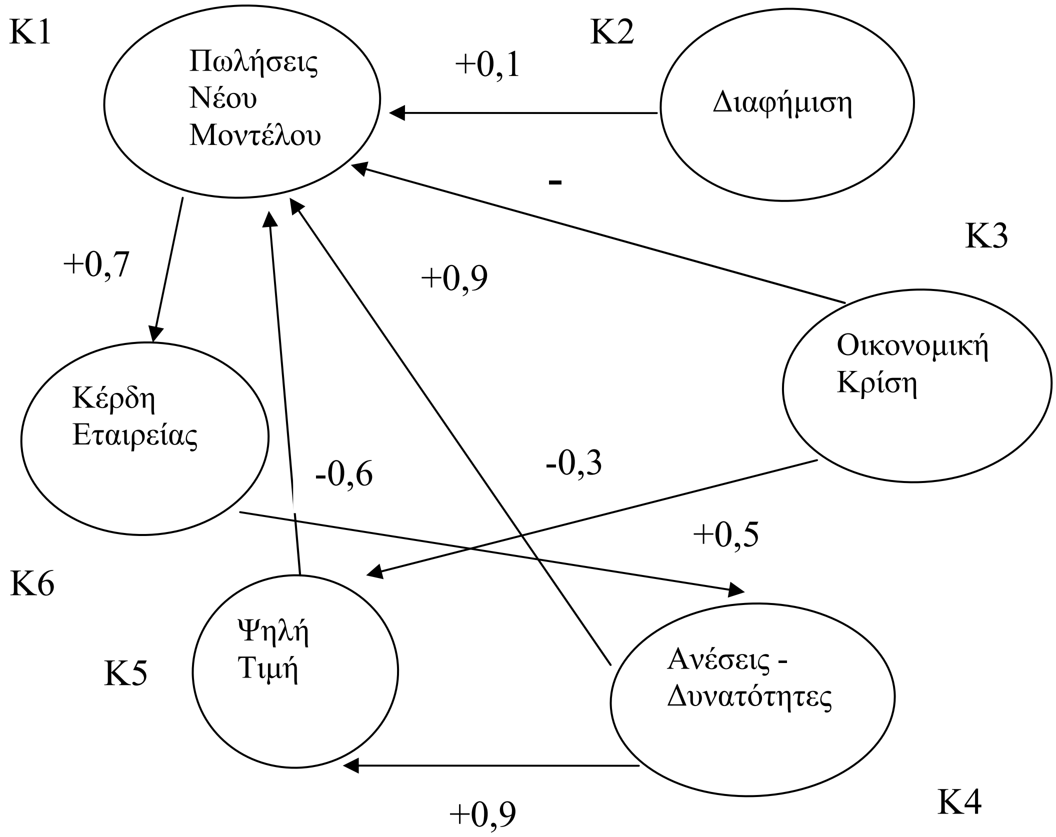


Σχήμα 3.4

Ο πίνακας που δημιουργείται για τους ασαφή γνωστικούς χάρτες δημιουργείται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που δημιουργείται και στους γνωστικούς χάρτες. Έτσι ο πίνακας του πρώτου μας παραδείγματος έχει ως εξής:

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0	0	0	-0,6	0	0
K2	0,4	0	0	0	0	0
K3	0,9	0	0	-0,3	0	0
K4	0	0	0	0	0	0
K5	-0,8	0	0	0,4	0	0
K6	-0,2	0	0	0	0	0

Και το δεύτερο παράδειγμα μας :



Σχήμα 3.5

Και ο πίνακας ο εξής:

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0	0	0	0	0	0,7
K2	0,1	0	0	0	0	0
K3	-0,7	0	0	0	-0,3	0
K4	0,9	0	0	0	0,9	0
K5	-0,6	0	0	0	0	0
K6	0	0	0	0,5	0	0

Στη συνέχεια θα δούμε πως λειτουργεί η ανάδραση στους ασαφή γνωστικούς χάρτες. Καταρχήν ορίζονται ο τύπος και ο αριθμός των κόμβων και οι αρχικές τιμές των επιδράσεων ή βαρών, όπως πιο συχνά χρησιμοποιούνται στους ασαφή γνωστικούς χάρτες, από τους εμπειρογνώμονες με βάση την γνώση και την εμπειρία τους στο σύστημα. Πρώτα, οι εμπειρογνώμονες συγκεντρώνονται για να καθορίσουν τους σχετικούς παράγοντες που θα αντιπροσωπευθούν στο ασαφή γνωστικό χάρτη ως κόμβοι. Κατόπιν, κάθε εμπειρογνώμονας περιγράφει τις αιτιολογικές σχέσεις μεταξύ των κόμβων χρησιμοποιώντας μια γλωσσική αντίληψη. Καθορίζεται η επίδραση από κόμβο σε κόμβο ως, "αρνητική", "θετική" ή "καμία επίδραση". Κατόπιν, γλωσσικά βάρη, "δυνατό", "αδύνατο", κλπ, ορίζονται σε κάθε κατευθυνόμενο βέλος.

Για κάθε κόμβο K_i ορίζεται μια συγκεκριμένη αξία A_i, η οποία εκφράζει την ποσότητα της φυσικής τιμής του περιεχομένου του κόμβου ή το τι αντιπροσωπεύει ο κόμβος που απορρέει από τον μετασχηματισμό των ασαφών τιμών, που έθεσαν οι εμπειρογνώμονες, σε αριθμητικές τιμές που κυμαίνονται από -1 μέχρι 1. Έτσι με τον καθορισμό των βαρών και της αξίας των κόμβων ο ασαφής γνωστικός χάρτης συγκλίνει σε μια σταθερή κατάσταση και αρχίζει η ανάδραση. Σε κάθε βήμα της ανάδρασης, η αξία A_i κάθε κόμβου επηρεάζεται από τις τιμές των κόμβων που επηρεάζουν τον συγκεκριμένο κόμβο και ενημερώνεται σύμφωνα με το συνάρτηση:

$$A_i\,(k+1) = f\,(\,A_i\,(k) + {}_{j=1}\Sigma^{n}\; e_{ji}\; A_j(k)\,)$$

Στην συνάρτηση αυτή το k είναι ο αριθμός των κύκλων ανάδρασης, το e_{ji} το βάρος της επίδρασης από τον κόμβο K_j στον κόμβο K_i (έχουμε το άθροισμα των βαρών που επηρεάζουν τον κόμβο K_i), το A_i και A_j η αξία του κάθε κόμβου K_i και K_j αντίστοιχα και η f είναι η σιγμοειδής συνάρτηση:

$$f(x) = 1/\,1 + e^{-\lambda x}$$

Στην συνάρτηση αυτή το λ είναι μια παράμετρος η οποία καθορίζει την καμπυλότητα στις τιμές κοντά στο μηδέν. Αυτή η συνάρτηση παίρνει τιμές από 0 μέχρι 1.

Έτσι το μοντέλο αυτό αφήνεται να αλληλεπιδράσει και να συνεχίσει την ανάδραση μέχρι να συμβούν μια από τις πιο κάτω περιπτώσεις. Η πρώτη περίπτωση είναι το μοντέλο να φτάσει σε ισορροπία σε ένα σταθερό σημείο με τις αξίες των κόμβων να σταθεροποιούνται σε αμετάβλητες αριθμητικές τιμές. Αυτή είναι και η επιθυμητή περίπτωση όπου έχουμε τα όσο γίνεται σωστά αποτελέσματα. Η δεύτερη περίπτωση είναι το μοντέλο να παρουσιάσει μια συμπεριφορά περιορισμένου κύκλου όπου οι αξίες των κόμβων μπαίνουν σε ένα βρόγχο αριθμητικών τιμών κάτω από μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η τρίτη περίπτωση είναι όταν παρουσιαστεί μια χαοτική συμπεριφορά με τις αξίες των κόμβων να παίρνουν μια ποικιλία αριθμητικών τιμών με ένα μη ντετερμινιστικό αυθαίρετο τρόπο. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις οι αξίες των κόμβων και τα βάρη επαναπροσδιορίζονται και αρχικοποιούνται ξανά από τους εμπειρογνώμονες και η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται από την αρχή ξανά και ξανά μέχρι να φτάσει το μοντέλο στην επιθυμητή κατάσταση. Στην δεύτερη περίπτωση όπου οι τιμές μπαίνουν σε βρόγχο το πρόβλημα μπορεί να διορθωθεί και με αλλαγή της παραμέτρου λ στην σιγμοειδή συνάρτηση που καθορίζει την καμπυλότητα τηςσυνάρτησης.

Μειονεκτήματα αυτής της τεχνικής και γενικά των ασαφή γνωστικών χαρτών είναι ότι υπάρχει πολύ κρίσιμη εξάρτηση στις απόψεις των εμπειρογνωμόνων και η πιθανή σύγκλιση σε ανεπιθύμητες καταστάσεις και έχει ως πλεονέκτημα ότι οι εμπειρογνώμονες δεν πρέπει να ορίσουν άμεσα τις αριθμητικές τιμές στις επιδράσεις μεταξύ των κόμβων αλλά να περιγράψουν ποιοτικά και λεκτικά το βαθμό και βάρος εξάρτησης.

Κεφάλαιο 4

Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων και Γνωστικοί Χάρτες

4.1 Δημιουργία Γνωστικού Χάρτη από Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων 30

4.1 Δημιουργία Γνωστικού Χάρτη από Προγραμματισμός Συνόλου Απαντήσεων

Σε αυτό το σημείο της διπλωματικής μου έπρεπε με όσα έμαθα για τον Προγραμματισμό Συνόλου Απαντήσεων και τους γνωστικούς χάρτες να καταφέρω να βρω μια σχέση μεταξύ τους. Συγκεκριμένα προσπάθησα να δημιουργήσω ένα γνωστικό χάρτη χρησιμοποιώντας τους κανόνες του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων. Όπως είδαμε πιο πριν ένας γνωστικός χάρτης ουσιαστικά μοιάζει με ένα γράφο. Αποτελείται από κόμβους και κατευθυνόμενες ακμές μεταξύ τους, που αποτελούν την σχέση ή την επιρροή μεταξύ τους. Άρα σαν πρώτο βήμα θα έπρεπε να αποφασίσω για το ποιό μέρος των προγραμμάτων του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων θα χρησιμοποιήσω ως κόμβο και στην συνέχεια να μπορέσω να βρω μια σχέση που να επηρεάζει τους κόμβους μεταξύ τους.

Αυτά που σκέφτηκα καταρχήν πως μπορώ να χρησιμοποιήσω ως κόμβο ήταν οι ατομικές προτάσεις των κανόνων ενός προγράμματος (p,q, r,…), οι κανόνες ενός προγράμματος, ίσως και τα reduct ($\Pi^{(X)}$) κάποιου προγράμματος. Χρησιμοποιώντας σαν κόμβους τις ατομικές προτάσεις και τα reduct δεν μπόρεσα να ανακαλύψω ή να προσέξω κάτι που θα ήταν χρήσιμο ή βοηθητικό σε κάτι. Η χρησιμοποίηση όμως των κανόνων του προγράμματος ως κόμβο στον γνωστικό χάρτη φάνηκε να έχει περισσότερες προοπτικές.

Βασικά ασχολήθηκα με τα κανονικά προτασιακά προγράμματα λογικής, που είναι της μορφής:

p0 ← p1, . . . , pm, not pm+1, . . . , not pn , όπου n ≥ m ≥ 0 και κάθε pi (0 ≤ i ≤ n) είναι ένα άτομο.

Καταρχήν το πρώτο βήμα που έκανα ήταν να δώσω ένα όνομα (ή flag) στον καθένα από τους κανόνες. Παραδείγματος χάριν το πρόγραμμα που έδωσα ως παράδειγμα στην εξήγηση του ASP θα γίνει ως εξής :

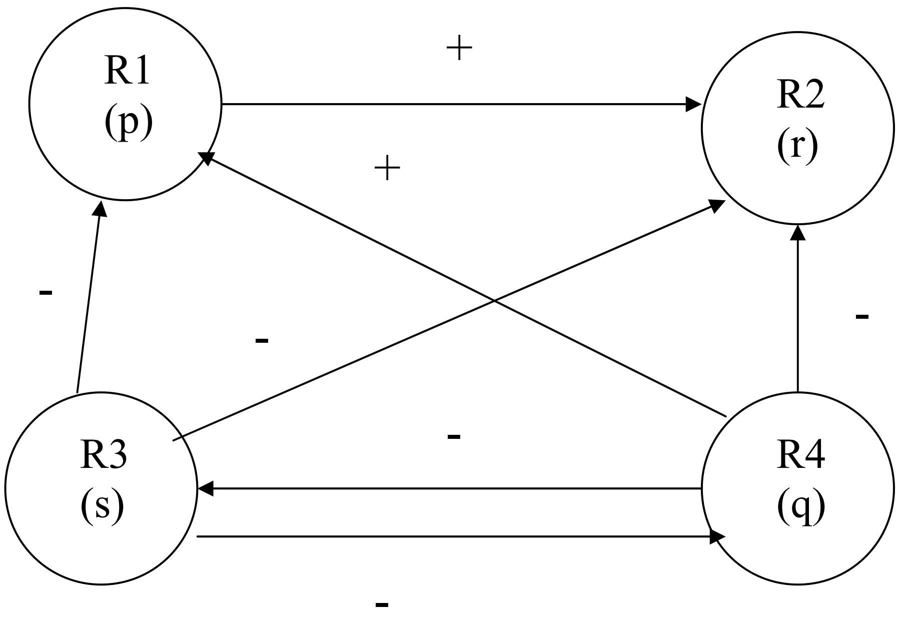
R1: p ← q, not s

R2: r ← p, not q, not s

R3: s ← not q

R4: q ← not s

Ουσιαστικά κάθε κανόνα αντιπροσωπεύει την κεφαλή του κανόνα. Συγκεκριμένα ο R1 αντιπροσωπεύει το p,ο R2 το r, ο R3 το s κα ο R4 το q. Η σχέση ή η επίδραση μεταξύ των κανόνων ουσιαστικά αποτελεί την επίδραση που έχουν οι ατομικές προτάσεις του σώματος του κάθε κανόνα στο κεφάλι του, δηλαδή την ατομική πρόταση που αντιπροσωπεύει ο κάθε κανόνας. Οι ατομικές προτάσεις που δεν έχουν not μπροστά επηρεάζουν θετικά τον κανόνα και αυτές που έχουν not αρνητικά. Συγκεκριμένα στο παράδειγμα, στον πρώτο κανόνα το q επηρεάζει θετικά και το s αρνητικά Το q αντιπροσωπεύεται από τον κανόνα R4 και το s από τον κανόνα R3, άρα ο κανόνας R4 επηρεάζει θετικά τον R1 και ο R3 αρνητικά. Για παράδειγμα να θέλουμε να κατασκευάσουμε τον γνωστικό χάρτη θα είχαμε μια θετική ακμή από τον R4 στον R1 και μια αρνητική από τον R3. Συγκεκριμένα στο παράδειγμα ο γνωστικός χάρτης θα ήταν ο εξής:



Σχήμα 4.1

Ο πίνακας που απορρέει από τον γνωστικό χάρτη είναι ο ακόλουθος:

	R1(p)	R2(r)	R3(s)	R4(q)
R1(p)	0	1	0	0
R2(r)	0	0	0	0
R3(s)	-1	-1	0	-1
R4(q)	1	-1	-1	0

Με αυτό τον γνωστικό χάρτη και με τον πίνακα του παρατήρησα ότι επίσης μπορούμε να βρούμε τα σύνολα απαντήσεων του προγράμματος. Μπορούμε βασικά για κάθε reduct να βρούμε το σύνολο κάτω από το οποίο είναι κλειστό το κάθε reduct, δηλαδή το $Cn(\Pi^{(X)})$. Για παράδειγμα το $\Pi^{(p)}$ όπως είδαμε στο παράδειγμα μας έχει ως $Cn(\Pi^{(p)})$ σύνολο το {p, q, r, s}. Αυτό μπορούμε να το δούμε και μέσα από τον γνωστικό χάρτη αφού δεν έχουμε καμία αρνητική ακμή από τον κανόνα(κόμβο) R1 που αντιπροσωπεύει το p προς κάποιον άλλον κόμβο έτσι μπαίνουν όλες οι ατομικές προτάσεις στο $Cn(\Pi^{(p)})$.

Επίσης αυτό μπορούμε να το δούμε και από τον πίνακα αφού στην πρώτη γραμμή του, που αντιπροσωπεύει τις ακμές που φεύγουν από το R1(p), δεν εμφανίζεται το -1, αρνητικές επιδράσεις δηλαδή προς άλλους κόμβους. Αν πάρουμε τον κόμβο R4 με αυτή την λογική, ο οποίος έχει δύο αρνητικές ακμές προς R2 και R3 τότε δεν θα συμπεριλάβουμε τις ατομικές προτάσεις που αντιπροσωπεύουν αυτοί (r,s) και θα έχουμε ως $Cn(\Pi^{(q)})$ το {p, q}. Πράγματι αυτό είναι σωστό. Αυτό βγαίνει και από τον πίνακα αφού από την τέταρτη γραμμή του ουσιαστικά αφαιρούνται οι ατομικές προτάσεις που αντιπροσωπεύονται από τις στήλες που έχουν -1 ή επιλέγονται τα 0 και 1 για να μπουν στο $Cn(\Pi^{(q)})$.

Φυσικά στο παράδειγμα μας δεν υπάρχει σε κανένα κόμβο ακμή προς τον εαυτό του. Αν υπήρχε αρνητική ακμή, δηλαδή θα είχαμε εμφάνιση της ατομικής πρότασης που έχουμε στο κεφάλι του κανόνα στο σώμα του κανόνα με not μπροστά (π.χ. $p \leftarrow q$, not p), δεν θα υπήρχε πρόβλημα και απλά δεν θα συμπεριλαμβανόταν η ατομική πρόταση που αντιπροσωπεύει ο κόμβος στο reduct του. Αν ο R1 για παράδειγμα ήταν $p \leftarrow q$, not s, not p το $Cn(\Pi^{(p)})$ θα ήταν {q, r, s}. Αν είχαμε όμως θετική ακμή ενός κόμβου τότε θα αποτελούσε μια ειδική περίπτωση. Αυτό θα σήμαινε ότι έχουμε ένα κανόνα της μορφής : $p \leftarrow p$. Αυτό από τον ορισμό του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων σημαίνει ότι το p δεν μπορεί να αποτελέσει σύνολο απαντήσεων του προγράμματος. Σε μια τέτοια περίπτωση απλά δεν θα συμπεριλαμβάναμε σε κανένα σύνολο κλειστό κάτω από reduct $Cn(\Pi^{(X)})$ την ατομική πρόταση την οποία αντιπροσωπεύει ο κανόνας στον οποίο εμφανίστηκε αυτό το γεγονός. Έτσι αποκλείουμε την πιθανότητα αυτή η ατομική πρόταση να συμπεριληφθεί στο σύνολο απαντήσεων του προγράμματος μας. Από εκεί και πέρα το $Cn(\Pi^{(\varnothing)})$, εφόσον δεν υπάρχουν ακμές από κανένα κόμβο προς τον εαυτό του, είναι το σύνολο όλων των ατομικών προτάσεων που υπάρχουν στα κεφάλια των κανόνων. Τα $Cn(\Pi^{(r)})$ και $Cn(\Pi^{(s)})$ μπορούν να αποφασιστούν με τον ίδιο τρόπο και είναι {p, q, r, s}και {s}αντίστοιχα. Τώρα τα σύνολα. $Cn(\Pi^{(X)})$ όπου το X είναι συνδυασμός των ατομικών προτάσεων (δηλ. {p, q}, {p, q, s}, {p, r} κ.τ.λ.) μπορούμε επίσης να τα βρούμε με τον ίδιο τρόπο. Όμως όπως έχω παρατηρήσει μπορούμε να τα βρούμε και με πιο εύκολο τρόπο. Αν θέλουμε το $Cn(\Pi^{(p, q)})$ μπορούμε απλά να πάρουμε την τομή των $Cn(\Pi^{(p)})$ και $Cn(\Pi^{(q)})$, to $Cn(\Pi^{(p,\, q,\, r)})$ με την τομή των $Cn(\Pi^{(p)})$, $Cn(\Pi^{(q)})$ και $Cn(\Pi^{(r)})$ και αντίστοιχα τα υπόλοιπα.

Επίσης μπορώ να παρατηρήσω ότι σε αυτού του είδους τα προγράμματα για τον υπολογισμό των σύνολων απαντήσεων τον καθοριστικό ρόλο των παίζουν οι αρνητικές ακμές. Για παράδειγμα αν είχαμε στον κανόνα R1 p ← r, not s αντί p ← q, not s, θα είχαμε το ίδιο ακριβώς αποτέλεσμα. Επίσης αν έχουμε ένα κανόνα που στο σώμα του έχουμε μόνο ατομικές προτάσεις χωρίς να έχουν not μπροστά, ένα κόμβο δηλαδή που επηρεάζεται μόνο θετικά, τότε η ατομική πρόταση που αντιπροσωπεύει τον κανόνα βρίσκεται σε όλα τα σύνολα που είναι κλειστά κάτω από τα reduct. Με βάση αυτό και με βάση κάποια άλλα παραδείγματα μπορώ να πω ότι οι ατομικές προτάσεις που αντιπροσωπεύονται από κόμβους που έχουν πολλές αρνητικές ακμές προς τους άλλους κόμβους αυξάνουν την πιθανότητα τους να βρίσκονται μέσα στα σύνολα που αποτελούν τα σύνολα απαντήσεων του προγράμματος όπως επίσης και αυτές που οι κόμβοι που τους αντιπροσωπεύουν έχουν λίγες αρνητικές ακμές προς αυτούς.

Στη συνέχεια θα δούμε και το δεύτερο παράδειγμα που αναφέραμε στο πρώτο μέρος και πως με τη βοήθεια του γνωστικού χάρτη και του πίνακα του βρίσκουμε τα σύνολα απαντήσεων λίγο πιο αναλυτικά.

Καταρχήν δίνουμε τα ονόματα στους κανόνες:

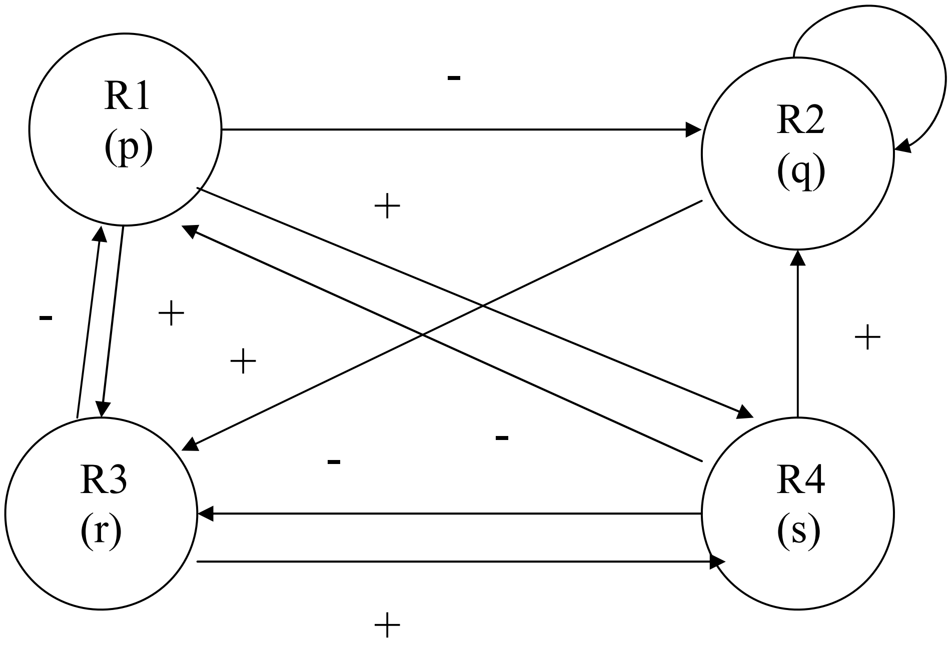
R1: p ← not r, not s

R2: q ← q, s, not p

R3: r ← p, q, not s

R3: s ← p, r

Στην συνέχεια και με βάση τους κανόνες κατασκευάζουμε τον γνωστικό χάρτη και τον πίνακα του.



Σχήμα 4.2

	R1(p)	R2(q)	R3(r)	R4(s)
R1(p)	0	-1	1	1
R2(q)	0	1	1	0
R3(r)	-1	0	0	1
R4(s)	-1	1	-1	0

Έτσι ξεκινούμε να βρίσκουμε τα σύνολα $Cn(\Pi^{(X)})$. Για το $Cn(\Pi^{(\varnothing)})$ είπαμε προηγουμένως ότι εφόσον δεν υπάρχει ακμή από κάποιον κόμβο στον εαυτό του ή παρουσιάζονται μόνο 0 στην διαγώνιο του πίνακα, αν θέλουμε να πάμε βάση πίνακα, περιλαμβάνει στο σύνολο του όλες τις ατομικές προτάσεις. Στο παράδειγμα μας όμως παρουσιάζεται αυτό το φαινόμενο στον κόμβο R2(q) έτσι αφήνουμε έξω το q. Άρα το $Cn(\Pi^{(\varnothing)})$ είναι το σύνολο {p, r, s}. Εφόσον υπάρχει αυτός ο κόμβος τότε σημαίνει ότι έχουμε περίπτωση όπου ο κανόνας έχει την μορφή $p \leftarrow p$ κάτι που σημαίνει ότι βάσει ορισμού του Προγραμματισμού Συνόλου Απαντήσεων η συγκεκριμένη ατομική πρόταση δεν συμπεριλαμβάνεται στα σύνολα απαντήσεων. Για αυτό το λόγο η ατομική πρόταση q δεν θα συμπεριληφθεί σε κανένα $Cn(\Pi^{(X)})$. Ουσιαστικά είναι σαν να αγνοούμε την δεύτερη στήλη του πίνακα. Για το $Cn(\Pi^{(p)})$ βλέπουμε από τον πίνακα ότι στην πρώτη γραμμή δεν παρουσιάζεται κανένα -1,εφόσον φυσικά αγνοούμε στην δεύτερη στήλη. Άρα το $Cn(\Pi^{(p)})$ είναι το σύνολο {p, r, s} και πάλι. Στην δεύτερη γραμμή επίσης δεν εμφανίζεται το -1, έτσι το $Cn(\Pi^{\{q\}})$ είναι επίσης το σύνολο {p, r, s}. Στην τρίτη γραμμή του πίνακα παρουσιάζεται το -1 στην πρώτη στήλη. Άρα μένει εκτός και το p, που αντιστοιχεί στον πρώτο κόμβο του χάρτη και την πρώτη στήλη του πίνακα, με το $Cn(\Pi^{\{r\}})$ να ισούται με {r, s}. Στην τέταρτη γραμμή έχουμε -1 και στην πρώτη και στην τρίτη στήλη. Ως εκ τούτου μένουν έξω από το σύνολο $Cn(\Pi^{\{s\}})$ τα p και r με αποτέλεσμα το σύνολο αυτό να είναι το {s}.

Τώρα έχουμε τα σύνολα $Cn(\Pi^{(X)})$ για κάθε ατομική πρόταση να αποτελεί από μόνη της το σύνολο X. Έτσι μπορούμε με τομή συνόλων να βρούμε και τα υπόλοιπα σύνολα $Cn(\Pi^{(X)})$. Έτσι αναλυτικά έχουμε:

$Cn(\Pi^{\{p,q\}}) = Cn(\Pi^{(p)}) \cap Cn(\Pi^{\{q\}}) = \{p, r, s\} \cap \{p, r, s\} = \{p, r, s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,r\}}) = Cn(\Pi^{(p)}) \cap Cn(\Pi^{\{r\}}) = \{p, r, s\} \cap \{r, s\} = \{r, s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,s\}}) = Cn(\Pi^{(p)}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{p, r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{q,r\}}) = Cn(\Pi^{\{q\}}) \cap Cn(\Pi^{\{r\}}) = \{p, r, s\} \cap \{r, s\} = \{r, s\}$
$Cn(\Pi^{\{q,s\}}) = Cn(\Pi^{\{q\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{p, r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{r,s\}}) = Cn(\Pi^{\{r\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,q,s\}}) = Cn(\Pi^{\{p,q\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{p, r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,q,r\}}) = Cn(\Pi^{\{p,q\}}) \cap Cn(\Pi^{\{r\}}) = \{p, r, s\} \cap \{r, s\} = \{r, s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,r,s\}}) = Cn(\Pi^{\{p,r\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{q,r,s\}}) = Cn(\Pi^{\{q,r\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$
$Cn(\Pi^{\{p,q,r,s\}}) = Cn(\Pi^{\{p,q,r\}}) \cap Cn(\Pi^{\{s\}}) = \{r, s\} \cap \{s\} = \{s\}$

Στις τελευταίες περιπτώσεις τα σύνολα μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας και διαφορετικά σύνολα στις τομές και θα έχουμε ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα.

Έχοντας τώρα όλα τα σύνολα $Cn(\Pi^{(X)})$ βλέπουμε ότι το μοναδικό σύνολο ατόμων που ικανοποιεί τον ορισμό του συνόλου απαντήσεων $Cn(\Pi^{X}) = X$ είναι το {s} και αποτελεί το σύνολο απαντήσεων του παραδείγματος μας.

Όσον αφορά τέλος του ασαφή γνωστικούς χάρτες δυστυχώς δεν μπόρεσα κάποιο τρόπο να τους συσχετίσω και να τους χρησιμοποιήσω με τον προγραμματισμό συνόλου απαντήσεων.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

Με βάση αυτά που διάβασα και την τριβή μου με τον προγραμματισμό σύνολου απαντήσεων και τους γνωστικούς χάρτες είμαι σίγουρος ότι θα συνεχίσουν να αποτελούν σημαντικοί τομείς με τους οποίους θα ασχοληθούν οι επιστήμονες και είμαι σίγουρος ότι θα υπάρξουν πολλές μελέτες στο μέλλον. Ο λογικός προγραμματισμός γενικά και ο προγραμματισμός σύνολο απαντήσεων ειδικότερα, εξελίσσεται ραγδαία και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερα Οι γνωστικοί χάρτες είναι μπορώ να πω εκ φύσεως πολύ σημαντικοί σε πολλούς τομείς και είμαι σίγουρος ότι και αυτοί θα συνεχίσουν για αρκετό καιρό ακόμα. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε που αποτελούν σημαντικό εργαλείο στην ανάπτυξη των αλγορίθμων εκμάθησης και την τεχνητή νοημοσύνη, δύο τομέων που περιμένουν πολλά από αυτούς οι επιστήμονες και οι ερευνητές.

Τα πλεονεκτήματα των γνωστικών χαρτών είναι ότι είναι πολύ απλοί και κατανοητοί και έτσι βρίσκουν εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς. Μεγάλο τους μειονέκτημα είναι ότι δεν έχουν τιμή ή βάρος επίδρασης μεταξύ των κόμβων τους και απλά θετική, αρνητική ή καμία επίδραση.

Οι ασαφείς γνωστικοί χάρτες με την σειρά τους είναι πιο περίπλοκοι και δυσνόητοι από τους γνωστικούς όμως δεν παρουσιάζουν το μειονέκτημα τους. Παράλληλα σημαντικό γεγονός είναι ότι τα βάρη απορρέουν από την κοινή λεκτική γλώσσα αφού χρησιμοποιείται η ασαφής λογική για τον καθορισμό των βαρών των επιδράσεων μεταξύ των κόμβων. Σημαντικό στοιχείο τους είναι και η ανάδραση που έχουμε στους ασαφή γνωστικούς χάρτες. Με αυτή τη δυνατότητα που έχουν δεν είναι απλά μια πηγή πληροφοριών και συμπερασμάτων όπως λίγο πολύ είναι οι γνωστικοί χάρτες αλλά το μοντέλο που δημιουργείται έχει δυναμική υπόσταση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο αξιόπιστα για πρόβλεψη μελλοντικής συμπεριφοράς του μοντέλου.

Μειονεκτήματα των ασαφή γνωστικών χαρτών είναι ότι υπάρχει μεγάλη και κρίσιμη εξάρτηση από τις απόψεις των εμπειρογνωμόνων και ότι υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η ανάδραση να φτάσει σε ανεπιθύμητη κατάσταση ή αδιέξοδο.

.Στο τέταρτο κεφάλαιο κατασκεύασα ένα γνωστικό χάρτη χρησιμοποιώντας τους κανόνες ενός προτασιακού λογικού προγράμματος και κατάφερα με την βοήθεια του να βρω τα σύνολα απαντήσεων του προγράμματος ευκολότερα από το παράδειγμα του κεφαλαίου 1. Επίσης έφτασα στο συμπέρασμα ότι ατομικές προτάσεις που βρίσκονται στο κεφάλι ενός κανόνα όσο πιο λίγες ατομικές προτάσεις που δεν έχουν not μπροστά του έχουν στο σώμα του κανόνα τους τόσο πιο πολλές είναι και οι πιθανότητες τους να αποτελούν μέρος των σύνολων απαντήσεων του προγράμματος. Το ίδιο ισχύει και όταν η ατομική πρόταση που βρίσκεται στο κεφάλι ενός κανόνα εμφανίζεται με not μπροστά όσο το δυνατόν περισσότερο στα σώματα των υπόλοιπων κανόνων.

Βιβλιογραφία

[1] Andreou AS, Mateou NH and Zombanakis GA (2003) *Soft Computing for Crisis Management and Political Decision Making: The Use of Genetically Evolved Fuzzy Cognitive Maps*

[2] A. Pena, H. Sosa, A. Gutierez, "Cognitive Maps: an Overview and their Application for Student Modeling",Ciudad de Mexico

[3[A. S. MOUSSA, "THE IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT QoS NETWORKING BY THE DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF NOVEL CROSS-DISCIPLINARY SOFT COMPUTING THEORIES AND TECHNIQUES "

[4] B. Kosko, " Fuzzy cognitive maps",VERAC, Incorpated, 9605 Scanton Road, S uite 500, San Diego, CA92121, USA

[5] B. Kosko (1997) *Fuzzy LogicH Νέα Επιστήμη*, Λέξημα, Ελλάδα

[6] Chr. Anger, K. Konczak, Th. Linke, and T. Schaub, "A Glimpse of Answer Set Programming", Universit¨at Potsdam,

[7] Chrysostomos D. Stylios, Voula C. Georgopoulos and Peter P. Groumpos, "THE USE OF FUZZY COGNITIVE MAPS IN MODELING SYSTEMS"

[8] Daniel R. Montello," Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches"

[9] D. Pearce, V. Sarsakov, T. Schaub, H. Tompits, and S. Woltran. A polynomial translation of logic programs with nested expressions into disjunctive logic programs. In P. Stuckey, editor, Proceedings of the International Conference on Logic Programming, pages 405–420. Springer, 2002.

[10] http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/dlv.

[11] http://www.tcs.hut.fi/Software/smodels.

[12] http://en.wikipedia.org/wiki/Answer_set_programming

[13] http://wiki.uni.lu/becs/docs/ASPpart2.pdf

[14] http://dic.academic.ru/dic.nsf/enwiki/683810

[15] http://www.cs.uni-potsdam.de/_linke/nomore.

[16] http://assat.cs.ust.hk.

[17] http://library.thinkquest.org/2705/

[18] http://www.wtec.org/loyola/kb/c1_s1.htm

[19] http://www.ifi.uzh.ch/~krafft/papers/2001/wayfinding/html/node33.html

[20] Konstantinos E. Parsopoulos, Elpiniki I. Papageorgiou, Petros P. Groumpos, Michael N. Vrahatis, “A First Study of Fuzzy Cognitive Maps Learning Using Particle Swarm Optimization”

[21] Krzysztof R. Apt, “The Logic Programming Paradigm and Prolog“, July 2, 2001

[22] L. Sterling and E. Shapiro. The Art of Prolog. The MIT Press, Cambridge, Mass., second edition,1994.

[23] M. Gelfond and V. Lifschitz. Classical negation in logic programs and disjunctive databases. New Generation Computing, 9:365–385, 1991.

[24] Papailiou-Keravnou E *Σημειώσεις Μαθήματος ΕΠΛ 443 Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα*, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

[25] P. Simons, I. Niemel¨a, and T. Soininen. Extending and implementing the stable model semantics. Artificial Intelligence, 138(1-2):181–234, 2002.

[26] R. Reiter. A logic for default reasoning. Artificial Intelligence, 13(1-2):81–132, 1980.

[27] S. K. Park and H.S. Kim, 'Fuzzy cognitive mapsconsidering timerelationships'*I nternational JournalHuman-Computer Studies,* Vol. 421, pp. 157-168, 1995

[28] T. Schaub and K. Wang. A semantic framework for preference handling in answer set programming. Theory and Practice of Logic Programming, 3(4 5):569–607,2003.

[29] V. Lifschitz, " Intoduction to Answer Set Programming", University of Texas at Austin.

[30] V. Lifschitz, L. Tang, and H. Turner. Nested expressions in logic programs. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 25(3-4):369–389, 1999.