

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ
ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ**

Χριστοφή Χαρά

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μοντέλα και εφαρμογές συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων για την επίλυση προβλημάτων στην ιατρική

Χριστοφή Χαρά

Επιβλέπων καθηγήτρια

Ελπίδα Κεραυνού Παπαηλίου

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

Μάιος 2012

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου κα. Ελπίδα Κεραυνού Παπαηλίου για τη βοήθεια, την υποστήριξη και την καθοδήγησή της καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε σε αυτήν την προσπάθεια μου για ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας. Την ευχαριστώ επίσης για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε σε όλη τη διάρκεια του χρόνου αλλά και για το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που επέδειξε.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω όλη μου την οικογένεια, όπως και τον σύντροφό μου Αντωνίου Αντρέα, για την υποστήριξη και την αγάπη τους όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καταπιάνεται με το ευρύ πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική (Artificial Intelligence in Medicine) κι έχει ως κύριο άξονά της τις εφαρμογές των πολλαπλών πρακτόρων σε αυτή (multi agents). Λόγω του ότι το πεδίο αυτό είναι αρκετά μεγάλο θα αναφερθούν δύο κύριες εφαρμογές των πολλαπλών πρακτόρων στο πεδίο της Ιατρικής, στην ιατρική διάγνωση (Medical Diagnosis) και στην διαχείριση ιατρικών πληροφορικών συστημάτων (Hospital Information Systems / Workflow Management).

Η εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια το κάθε ένα από τα οποία αναπτύσσει διαφορετικό θέμα σχετικά με το πεδίο των πολλαπλών πρακτόρων και των εφαρμογών τους στην Ιατρική. Στόχοι της διπλωματικής εργασίας είναι: (α) η εξοικείωση του αναγνώστη με το πεδίο των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, (β) η ανάδειξη των ευφών πρακτόρων ως εργαλείων πολύ χρήσιμων για την επιστήμη της ιατρικής και (γ) η εξέταση των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων συγκεκριμένα στην ιατρική διάγνωση και στη διαχείριση ιατρικών πληροφορικών συστημάτων.

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση του πεδίου των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων ως μοντέλων συνεργασίας/ανταγωνισμού. Αναφέρονται τα χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων τους, οι τρόποι και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, συγχρονισμού, συνεργασίας και διαπραγμάτευσης. Γίνεται επίσης μια σφαιρική αναφορά στη χρήση συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων στην επιστήμη της Ιατρικής.

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται ένα δείγμα εφαρμογών των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων στην ιατρική διάγνωση ενώ στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται ένα δείγμα εφαρμογών τους στη διαχείριση ιατρικών πληροφορικών συστημάτων.

Η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 4 στο οποίο γίνεται μια κριτική ανάλυση της έρευνας που έχει γίνει σε αυτούς τους τομείς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή	5
Κεφάλαιο 2	Ιατρική Διάγνωση	16
2.1	Γενικά στοιχεία	16
2.2	Υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης διάγνωσης.....	17
2.2.1	Δομή και λειτουργία.....	17
2.2.1.1	Υποσύστημα προεπεξεργασίας δεδομένων.....	18
2.2.1.2	Υποσύστημα ορισμού περιοχών ενδιαφέροντος	18
2.2.1.3	Υποσύστημα εξαγωγής και επιλογής χαρακτηριστικών μεγέθων	18
2.2.1.4	Υποσύστημα ταξινόμησης.....	18
2.3	Υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης θεραπευτικών αποφάσεων.....	19
2.4	Συμπεράσματα	19
2.5	Σύστημα AMPLIA.....	20
2.5.1	Εισαγωγή	20
2.5.2	Το Περιβάλλον του AMPLIA.....	22
2.5.3	Σύστημα AMPLIA: Φάση 1-κατασκευή του μοντέλου.....	24
2.5.3.1	Ποιοτική ανασκόπηση της κατασκευής του μοντέλου... ..	24
2.5.3.2	Ποσοτική ανασκόπηση της κατασκευής του μοντέλου.. ..	24
2.5.4	Σύστημα AMPLIA: Φάση 2- εκτίμηση διαγνωστικής υπόθεσης.. ..	26
2.5.4.1	Ποιοτική αξιολόγηση διαγνωστικής υπόθεσης	27
2.5.5	Η Αρχιτεκτονική του AMPLIA.....	27
2.5.5.1	Επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων.....	29
2.5.5.2	Η διαδικασία των διαπραγματεύσεων.....	31
2.5.6	Ένα παράδειγμα του συστήματος AMPLIA Έρυματικός πυρετός.....	37
2.5.7	Συμπεράσματα και μελλοντικές εργασίες.....	50
2.6	Βοηθητικό σύστημα ιατρικής διάγνωσης MADHS.....	51
2.6.1	Εισαγωγή.....	51

2.6.2	Το μοντέλο του MADHS.....	52
2.6.3	Ασάφεια και έλλειψη βεβαιότητας στο MADHS.....	57
2.6.4	Υλοποίηση του MADHS.....	60
2.6.5	Ο έλεγχος του MADHS.....	61
2.6.6	Συμπεράσματα	62
2.7	Σύνοψη Κεφαλαίου 2	65
Κεφάλαιο 3	Πληροφοριακά Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων για τη.....	67
	Διαχείριση της Ροής Εργασίας σε Νοσοκομεία	
3.1	Γενικά Στοιχεία-Εισαγωγή.....	67
3.2	Σύστημα Πολλαπλών πρακτόρων για προγραμματισμό των ασθενών στο νοσοκομείο	69
3.2.1	Εισαγωγή	69
3.2.2	Εννοιολογικό πλαίσιο	71
3.2.3	Υλοποίηση.....	72
3.2.4	Σενάριο δοκιμής	73
3.2.5	Η γενική διάταξη του νοσοκομείου	74
3.2.6	Άφιξη ασθενών	74
3.2.7	Καταστάσεις υγείας και μείωση τιμών	74
3.2.8	Κλινικές πορείες	75
3.2.9	Η προσομοίωση και τα μέτρα στόχου	77
3.3	Πειραματικά αποτελέσματα	77
3.3.1	Απόδοση συστήματος	77
3.3.2	Χρόνος αναμονής ασθενών.....	77
3.3.3	Απασχόληση πόρων.....	79
3.4	Περίληψη και συμπεράσματα	80
3.5	Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για τη διαχείριση ροής εργασίας στην υγειονομική περίθαλψη	81
3.5.1	Εισαγωγή	81
3.5.2	Η διαδικασία μοντελοποίησης	82
3.5.3	Μια περίπτωση μελέτης στην υγειονομική περίθαλψη	83

3.5.3.1 Το περιβάλλον	83
3.5.3.2 Ανάλυση περίπτωσης χρήσης	86
3.5.3.3 Μετατροπή με το Μοντέλο Συναλλαγής και δημιουργία Οντολογιών των Τύπων	87
3.5.3.4 Συγκεκριμένα σενάρια μοντέλου	89
3.5.3.5 Συμπεράσματα με ερωτήματα και επικύρωση	90
3.5.3.6 Μετάφραση σε προδιαγραφές σχεδιασμού	94
3.5.4 Περίληψη και Συμπεράσματα	96
3.6 Σύνοψη Κεφαλαίου 3	99
Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα	102
4.1 Γενικά Συμπεράσματα	102
4.2 Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας	105
Βιβλιογραφία	106

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Όσο δύσκολο είναι να ερμηνευτεί ο όρος Τεχνητή Νοημοσύνη τόσο δύσκολο είναι να ερμηνευτεί και ο όρος πράκτορας. Αυτό γιατί τόσο οι πράκτορες όσο και η Τεχνητή Νοημοσύνη προκύπτουν από την ανθρώπινη κοινότητα και η προσπάθεια προσομοίωσης κάποιων ευφυών ανθρώπινων συμπεριφορών είναι προφανώς πολύ δύσκολο εγχείρημα.

Περισσότερο από 50 χρόνια πριν, οι επιστήμονες της Πληροφορικής προσπάθησαν να δημιουργήσουν προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης τα οποία να μιμούνται την ανθρώπινη συμπεριφορά, έτσι ο στόχος ήταν να δημιουργήσουν τεχνουργήματα με τις ιδιότητες ενός ευφυούς ατόμου. Τώρα προσπαθούν να προσομοιώσουν τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος ενεργά στο περιβάλλον του, αλληλεπιδρά με κάποιον άλλο, συνεργάζεται και λύνει προβλήματα ή ενεργά εκ μέρους άλλων, λύνει περισσότερα και ακόμα πιο πολύπλοκα προβλήματα διανέμοντας δουλειές ή ανταλλάζοντας τις αποδόσεις των λύσεων στα προβλήματά τους με κάποιους διαγωνισμούς.

Όπως και άλλες έρευνες, αναμένεται ότι στο μέλλον οι πράκτορες και τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων θα είναι σταθμός στην επιστήμη της Πληροφορικής, θα φέρουν μεγάλη δύναμη, νέες μεθόδους και νέες τεχνικές και θα επεκτείνουν τις μέχρι τώρα εφαρμογές μας στην Πληροφορική.

Με όσα αναφέραμε πιο πάνω, φαίνεται πως θεωρούμε τον παράγοντα πράκτορα προικισμένο αναγκαστικά με νοημοσύνη. Είναι όμως όλα τα υπολογιστικά συστήματα ευφυή; Γιατί ένα σύστημα να χαρακτηρίζεται ως πράκτορας και όχι ως ένα συνηθισμένο υπολογιστικό σύστημα; Τι είναι αυτό που διακρίνει ένα συνηθισμένο σύστημα από ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων; Για να μην αρχίσουμε τώρα μια συζήτηση για το τι είναι Νοημοσύνη θα δούμε πιο κάτω κάποια χαρακτηριστικά των πρακτόρων τα οποία εκδηλώνουν κάποιες πτυχές της ευφυούς συμπεριφοράς.

Αν επανέλθουμε σε πολυχρησιμοποιημένες λέξεις και συνδυάζοντας αυτές με μια έννοια που δύσκολα μπορεί να καθοριστεί, η επόμενη μας ερώτηση θα ήταν αν υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ ενός υπολογιστικού προγράμματος και ενός υπολογιστικού πράκτορα. Για να απαντήσουμε αυτή την ερώτηση θα εξετάσουμε διάφορους ορισμούς της έννοιας “πράκτορας” και θα αναγνωρίσουμε τα πιο σχετικά της στοιχεία. Ένα κύριο χαρακτηριστικό που ξεχωρίζει τους πράκτορες από ένα συνηθισμένο πρόγραμμα είναι το ότι ένας πράκτορας πρέπει να είναι αυτόνομος. Διάφοροι ορισμοί των πρακτόρων συμπεριλαμβάνουν αυτό το χαρακτηριστικό, για παράδειγμα: (α) “Συνήθως, όταν οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τον όρο “πράκτορας” αναφέρονται σε μια οντότητα η οποία ενεργεί συνεχώς και αυτόνομα σε ένα περιβάλλον στο οποίο άλλες διεργασίες λειτουργούν και άλλοι πράκτορες υπάρχουν.”[1], (β) “Ένας πράκτορας είναι μια οντότητα η οποία αισθάνεται το περιβάλλον της και ενεργά πάνω του.” [2], (γ) “Ο όρος

πράκτορας χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει δυο ορθογώνιες οντότητες. Η πρώτη είναι η ικανότητα του πράκτορα για αυτόνομη εκτέλεση. Η δεύτερη είναι η ικανότητα του πράκτορα να εκτελέσει την κύρια, προσανατολισμένη λογική. ” (the MuBot Agent), (δ) “Ευφυείς πράκτορες είναι λογισμικές οντότητες, οι οποίες κουβαλούν κάποια σύνολα από λειτουργίες εκ μέρους κάποιου χρήστη ή άλλου προγράμματος, με κάποιο βαθμό ανεξαρτησίας ή αυτονομίας και με τον τρόπο αυτό αξιοποιούν κάποια γνώση ή αντιπροσώπευση των στόχων του χρήστη ή των επιθυμιών του.” (the IBM Agent), (ε) “Ένας αυτόνομος πράκτορας είναι ένα σύστημα το οποίο τοποθετείται μέσα σε ένα μέρος κάποιου περιβάλλοντος το οποίο αισθάνεται αυτό το περιβάλλον και ενεργά σε αυτό, σε αναζήτηση της δικής του ατζέντας έτσι ώστε να ισχύει αυτό που αισθάνεται για το μέλλον. ” (Franklin, Gasser, 1997).

Αν και δεν φαίνεται καθαρά η έννοια της αυτονομίας στο δεύτερο ορισμό που αναφέραμε πιο πάνω, συγκεκριμένα στον ορισμό του Russell [2], εντούτοις συνεπάγεται ο ορισμός της αυτονομίας αφού ο πράκτορας θα ενεργήσει έτσι ώστε να αντιλαμβάνεται αλλαγές στο περιβάλλον. Οι υπόλοιποι τέσσερις ορισμοί αναφέρονται ρητά στην αυτονομία του πράκτορα αν και προσθέτουν και κάποια άλλα χαρακτηριστικά, όπως η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, η οποία αναφέρεται περισσότερο. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που αναφέρεται είναι η ιδιότητα του πράκτορα να εκτελεί καθήκοντα εκ μέρους του χρήστη, φέρνοντάς μας έτσι στην αρχική σημασία της λέξης πράκτορας, δηλαδή κάποιος ο οποίος ενεργεί για λογαριασμό κάποιου άλλου.

Ένας όμως από τους πιο περιεκτικούς ορισμούς της έννοιας πράκτορας είναι αυτός που διατυπώθηκε από τους Wooldridge και Jennings [3]. Ο ορισμός αυτός αναφέρεται σε ιδιότητες όπως η αυτονομία, όπου οι πράκτορες εργάζονται χωρίς την επέμβαση άλλων κι έχουν όμως κάποιο έλεγχο στις πράξεις τους και στις εσωτερικές τους καταστάσεις. Μια άλλη ιδιότητα που αναφέρεται στον ορισμό αυτό είναι η κοινωνική δυνατότητα όπου οι πράκτορες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους όπως επίσης αλληλεπιδρούν και με ανθρώπους με κάποια γλώσσα επικοινωνίας. Επίσης σημαντική ιδιότητα είναι αυτή της επαναδραστηριότητας, όπου οι πράκτορες αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και ανταποκρίνονται σε αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό. Τέλος οι Wooldridge και Jennings αναφέρονται στην προενεργητικότητα όπου οι πράκτορες δεν αντιδρούν απλά ως ανταπόκριση στο περιβάλλον τους αλλά είναι ικανοί να εκδηλώσουν μια συμπεριφορά βάσει κάποιου στόχου παίρνοντας μία πρωτοβουλία.

Μελετώντας και συγκρίνοντας τους πιο πάνω ορισμούς που αναφέραμε, διακρίνουμε δύο κύριες τάσεις στο καθορισμό του όρου “πράκτορας” και στις υπηρεσίες του. Κάποιοι ερευνητές θεωρούν πως μπορούμε να μιλάμε και να καθορίζουμε ένα πράκτορα σε απομόνωση, ενώ κάποιοι άλλοι προβάλλουν τους πράκτορες κυρίως σαν οντότητες που ενεργούν μαζί με άλλους πράκτορες, δηλαδή υπάρχουν πολλαπλοί πράκτορες. Ακόμα όμως και αν μείνουμε στον απλό τύπο πράκτορα είναι δύσκολο να αναμένουμε ότι ένας πράκτορας θα υπάρχει σαν μία αυτόνομη οντότητα η οποία δεν θα συναντά άλλους πράκτορες στο περιβάλλον του. Πράκτορες οι οποίοι δεν πρέπει απαραίτητα να εργαστούν συλλογικά για επίλυση προβλημάτων, όπως οι προσωπικοί

πράκτορες ή οι πράκτορες πληροφοριών, θα έχουν σίγουρα πολλά να κερδίσουν αν αλληλεπιδρούν με άλλους πράκτορες και σύντομα, με την ευρεία εξάπλωση της τεχνολογίας, δεν θα είναι καν ικανοί να επιλύσουν τις εργασίες τους σε απομόνωση. Γι αυτό και η κοινωνική διάσταση του πράκτορα είναι ένα από τα πιο ουσιώδη χαρακτηριστικά του.

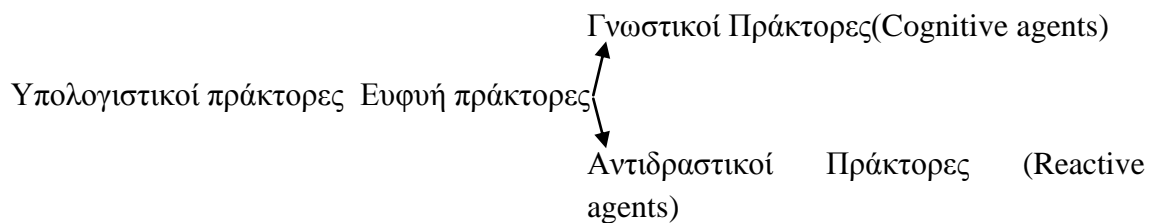
Αν και σχεδόν όλα τα πιο πάνω χαρακτηριστικά των πρακτόρων μπορούν να θεωρηθούν πως μοιράζονται κάτι με ευφυή συμπεριφορά, οι ερευνητές προσπάθησαν να τραβήξουν μια διαχωριστική γραμμή μεταξύ υπολογιστικών πρακτόρων και ευφύων πρακτόρων. Από μία άποψη είναι αρκετά ξεκάθαρο ότι αν στο σχεδιασμό ενός πράκτορα ή ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων, χρησιμοποιήσουμε μεθόδους και τεχνικές οι οποίες αφορούν την Τεχνητή Νοημοσύνη τότε ο πράκτορας μπορεί να θεωρηθεί ως ευφυής. Για παράδειγμα, αν ο πράκτορας είναι ικανός να μάθει από παραδείγματα ή αν η εσωτερική του αναπαράσταση είναι βασισμένη στη γνώση, πρέπει να τον θεωρήσουμε σαν ένα ευφυή πράκτορα. Αν ο πράκτορας χρησιμοποιεί ευρετικά για να επιλέξει τις καλύτερες λειτουργίες με τις οποίες θα πετύχει το στόχο του, χρησιμοποιεί ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό των προγραμμάτων της Τεχνητής Νοημοσύνης και μπορεί να θεωρηθεί και πάλι ως ευφυής. Είναι όμως αυτά που η νοημοσύνη προϋποθέτει στο κόσμο των τεχνητών πρακτόρων ή μήπως αυτό το νέο μοντέλο φέρει και κάποια νέα χαρακτηριστικά στην Τεχνητή Νοημοσύνη;

Για να εφαρμόσουν το μοντέλο της ανθρώπινης νοημοσύνης και της ανθρώπινης προοπτικής του κόσμου, οι ερευνητές της Τεχνητής Νοημοσύνης, συνήθως χαρακτηρίζουν τους ευφυείς πράκτορες χρησιμοποιώντας ψυχικές έννοιες όπως γνώση, πεποιθήσεις, προθέσεις, επιθυμίες, επιλογές, δεσμεύσεις και τέλος υποχρεώσεις [3]. Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των ευφύων πρακτόρων είναι το ότι μπορούν να θεωρηθούν “ως συστήματα των οποίων η συμπεριφορά μπορεί να προβληθεί με τη μέθοδο της απόδοσης της πεποίθησης, της επιθυμίας και του ορθολογικού δαιμόνιου” [39]. Όπως σημειώνει ο Shoham [1] αυτή η ψυχική προβολή των πρακτόρων δεν είναι απλά μια εφεύρεση των επιστημόνων της πληροφορικής αλλά ένα χρήσιμο παράδειγμα για την περιγραφή πολύπλοκων κατανεμημένων συστημάτων. Η πολυπλοκότητα ενός τέτοιου συστήματος ή ακόμη και το γεγονός ότι δεν μπορούμε να προβλέψουμε την εσωτερική δομή του, φαίνεται να υπονοεί ότι πρέπει να βασιστούμε σε ανιμιστικές, εσκεμμένες εξηγήσεις της λειτουργίας των συστημάτων και της συμπεριφοράς τους. Επανερχόμαστε έτσι στην ιδέα που παρουσιάσαμε εξ αρχής: να προσπαθούμε δηλαδή να εφαρμόσουμε το μοντέλο των ανθρώπινων κατανεμημένων δραστηριοτήτων και συμπεριφοράς στα όλο και πιο σύνθετα, υπολογιστικά βασισμένα, τεχνουργήματα.

Τέτοιοι ευφυείς πράκτορες, οι οποίοι χαρακτηρίζονται κυρίως από ένα συμβολικό επίπεδο το οποίο αντιπροσωπεύει γνώση και από ψυχικές έννοιες, θεωρούνται ως γνωστικοί πράκτορες. Όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη προτείνεται σαν μια εναλλακτική προσέγγιση στην υλοποίηση των υπηρεσιών πληροφοριών των συμβολικών επιπέδων των νευρωνικών δικτύων, κάποιοι ερευνητές σε συστήματα πολλαπλών πρακτόρων

ανάπτυξαν ένα εναλλακτικό μοντέλο της νοημοσύνης στα συστήματα πρακτόρων, τούς ονομαζόμενους αντιδραστικούς πράκτορες (reactive agents). Οι αντιδραστικοί πράκτορες είναι απλές μονάδες επεξεργασίας που αντιλαμβάνονται και αντιδρούν σε αλλαγές του περιβάλλοντός τους. Αυτοί οι πράκτορες δεν έχουν μια συμβολική αναπαράσταση του κόσμου και δεν χρησιμοποιούν πολύπλοκη συμβολική λογική. Οι υποστηρικτές των αντιδραστικών πρακτόρων ισχυρίζονται ότι η νοημοσύνη δεν είναι μια ιδιότητα της ενεργούς οντότητας αλλά είναι κατανεμημένη στο σύστημα, και βγαίνει σαν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των πολλών οντοτήτων της κατανεμημένης δομής και του περιβάλλοντος. Με αυτό τον τρόπο, η νοημοσύνη θεωρείται ως αναδυόμενη ιδιοκτησία ολόκληρης της δραστηριότητας του συστήματος και το μοντέλο προσπαθεί να μιμηθεί την συμπεριφορά μεγάλων κοινοτήτων κατώτερων όντων, όπως η κοινότητα των εντόμων.

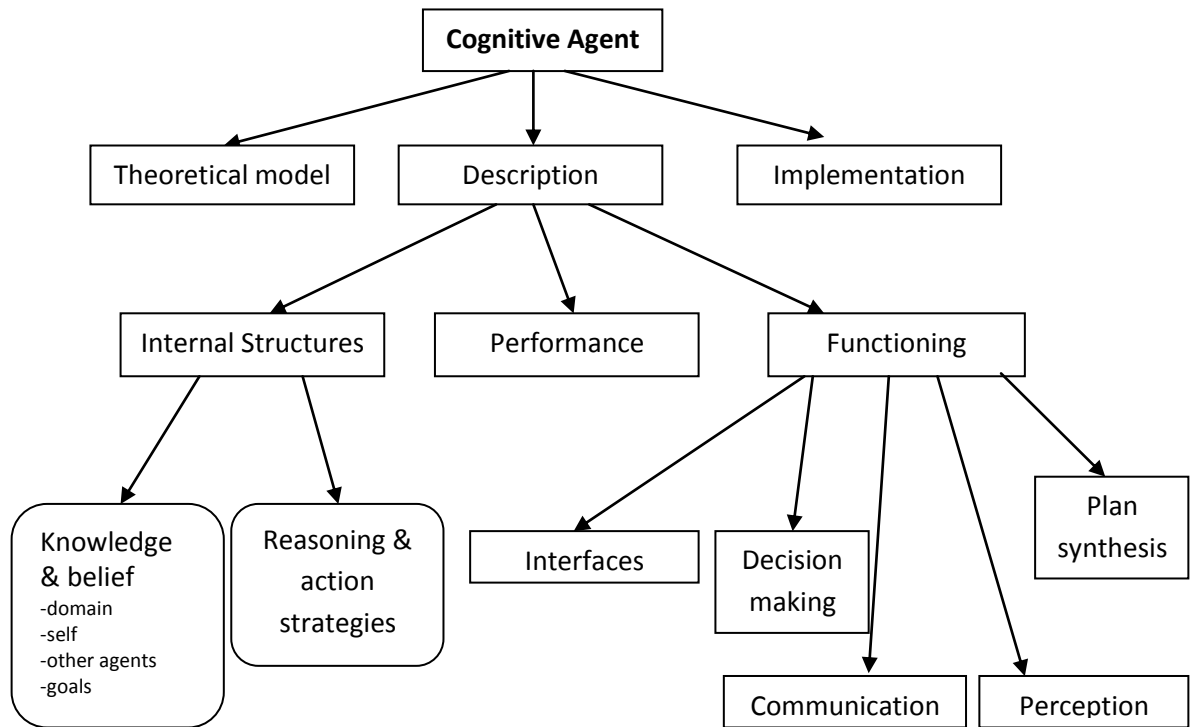
Θα μπορούσαμε έτσι να δούμε τον κόσμο των πρακτόρων όπως η πιο κάτω κατηγοριοποίηση:



Ανάμεσα στους υπολογιστικούς πράκτορες μπορούμε να διακρίνουμε κι ένα άλλο σκέλος πρακτόρων, οι οποίοι σήμερα είναι οι πιο γνωστοί και γενικά ονομάζονται λογισμικοί πράκτορες (software agents) με κατεξοχήν παραδείγματα τους πράκτορες πληροφορίας και τούς προσωπικούς πράκτορες. Ένας πράκτορας πληροφορίας είναι ένας πράκτορας ο οποίος έχει πρόσβαση σε μία ή περισσότερες πηγές πληροφορίας, είναι ικανός να συλλέγει, να φιλτράρει και να επιλέγει σχετικές πληροφορίες για ένα θέμα και στη συνέχεια να παρουσιάζει αυτές τις πληροφορίες στο χρήστη. Οι προσωπικοί πράκτορες ή οι πράκτορες διεπαφής είναι πράκτορες οι οποίοι λειτουργούν σαν προσωπικοί βοηθοί του χρήστη, τον διευκολύνουν σε διάφορα κουραστικά καθήκοντα όπως στο φιλτράρισμα και στη ταξινόμηση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, στην αλληλεπίδραση του χρήστη με το λειτουργικό σύστημα, στη διαχείριση του καθημερινού προγραμματισμού δραστηριοτήτων κτλ.

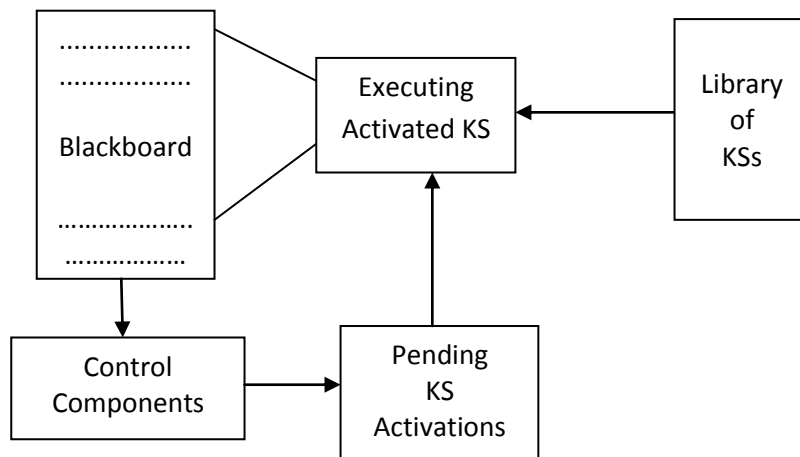
Τέλος θα μπορούσαμε να αναφέρουμε και τους συναισθηματικούς πράκτορες (emotional agents) όπως προβλέπεται να εμφανιστούν στο μέλλον. Τέτοιοι πράκτορες προβλέπεται να αναπτύξουν περαιτέρω την εισαγωγή ανθρωπίνων χαρακτηριστικών σε υπολογιστικά προγράμματα, προσπαθώντας να προσομοιώσουν με ακρίβεια συγκεκριμένα ανθρώπινα χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα συναισθήματα, αλτρουισμό, δημιουργικότητα, δίνοντάς μας την ψευδαίσθηση της αληθινής ζωής. Αν και τώρα χρησιμοποιούνται κυρίως σε υπολογιστικά παιχνίδια και γενικότερα σε θέματα ψυχαγωγίας, θεωρείται ότι τέτοια μοντέλα μπορεί να συνεργαστούν στην

ανάπτυξη της γενικής ιδέας των υπολογιστικών πρακτόρων και περαιτέρω να εμπλουτίσουν τις ικανότητες μας στην επίλυση προβλημάτων.



Σχήμα 1. Τα επίπεδα των προδιαγραφών και του σχεδιασμού των ευφυών πρακτόρων σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων [37].

Στο Σχήμα 1 βλέπουμε ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, την επικοινωνία. Η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων μπορεί να ποικίλει από απλές μορφές, όπως αυτή που περιορίζεται σε απλά σήματα, έως πιο πολύπλοκες, όπως αυτή που βασίζεται στην θεωρία της ομιλίας. Μια πιο πολύπλοκη μορφή επικοινωνίας είναι αυτή του μαυροπίνακα. Ο μαυροπίνακας είναι μια κοινή πηγή, η οποία συνήθως μοιράζεται σε διάφορες περιοχές, σύμφωνα με τους διαφορετικούς τύπους γνώσης ή τα διαφορετικά επίπεδα αφαιρετικότητας στη λύση προβλημάτων όπου οι πράκτορες μπορούν να διαβάσουν ή να γράψουν τις αντίστοιχες πληροφορίες για τις πράξεις τους. Στα συστήματα μαυροπίνακα, (βλέπε Σχήμα 2), επίσης υπάρχει κοινή γλώσσα διεπαφής, ανεξαρτησία εμπειρογνωμοσύνης, ευελιξία στην αναπαράσταση πληροφοριών και ενεργοποίηση βασισμένη σε γεγονότα.



Σχήμα 2. Αρχιτεκτονική Βασικού Συστήματος Μαυροπίνακα [38].

Στην κοινωνία των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων υπάρχει μια κοινή συμφωνία, ότι η επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων σημαίνει πολύ περισσότερα από την επικοινωνία στα καταναμημένα συστήματα και γι' αυτό είναι πολύ πιο σωστό να μιλάμε για αλληλεπίδραση παρά για επικοινωνία. Μια από τις πιο γνωστές γλώσσες αλληλεπίδρασης η οποία βασίζεται στην θεωρία ομιλίας είναι η KQML (Knowledge Query and Manipulation Language), η οποία προτάθηκε το 1992. Η KQML χρησιμοποιεί την KIF (Knowledge Interchange Format) γλώσσα για να περιγράψει το περιεχόμενο ενός μηνύματος. Η KIF είναι μια ASCII αναπαράσταση της πρώτης κατηγορηματικής λογικής χρησιμοποιώντας μια συντακτική που μοιάζει κατά πολύ με τη γλώσσα προγραμματισμού LISP.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που αξίζει να αναφέρουμε στην εισαγωγή μας είναι ο συντονισμός των πρακτόρων. Ένας πράκτορας υπάρχει και εργάζεται σε μια κοινωνία στην οποία υπάρχουν και άλλοι πράκτορες. Επομένως, ο συντονισμός μεταξύ των πρακτόρων είναι απαραίτητος για να επιτευχθούν οι στόχοι και να αντιδράσουν σε ένα ζήτημα προς επίλυση με συνέπεια. Ο συντονισμός υλοποιείται με βάση τις πράξεις άλλων πρακτόρων στο σύστημα όταν σχεδιάζουν και εκτελούν τις δράσεις τους. Συντονισμός επίσης σημαίνει το να επιτευχθεί η συνέπεια στη συμπεριφορά ολόκληρου του συστήματος. Ο συντονισμός μπορεί να υπονοεί συνεργασία και σε αυτή την περίπτωση η κοινωνία των πρακτόρων δουλεύει ομαδικά με κοινούς στόχους προς επίτευξη, αλλά μπορεί επίσης να υπονοεί και συναγωνισμό, με τους πράκτορες να έχουν διστάμενους ή ακόμα και ανταγωνιστικούς στόχους. Σε αυτή τη περίπτωση, ο συντονισμός είναι σημαντικός διότι ο πράκτορας πρέπει να λογαριάσει τις πράξεις των άλλων πρακτόρων στο σύστημα.

Τέλος πρέπει να αναφερθούμε περιληπτικά και στους διάφορους οργανισμούς των πρακτόρων, αφού τα τελευταία χρόνια έχει επισημανθεί αρκετή έρευνα σε αυτή την κατεύθυνση. Διάφορα μοντέλα οργανώσεων σε συστήματα πολλαπλών πρακτόρων

έχουν αναπτυχθεί, από απλές δομές έως πιο πολύπλοκες δομές, με κύριο χαρακτηριστικό την ύπαρξη κεντρικού ελέγχου ή την αποκέντρωση του ελέγχου της οργάνωσης.

Ένα πιο πολύπλοκο μοντέλο οργανισμού είναι το ιεραρχικό, το οποίο βασίζεται στην παραδοσιακή master/slave σχέση. Σε μια τέτοια δομή, υπάρχει ένας υπεύθυνος, ο οποίος έχει την ευθύνη για το διαχωρισμό των δραστηριοτήτων, την ανάθεση υποδραστηριοτήτων στους “σκλάβους”, και τον έλεγχο της ολοκλήρωσης των δραστηριοτήτων. Οι “σκλάβοι” πρέπει να μοιραστούν την απαραίτητη πληροφορία για να πετύχουν τις δραστηριότητες και πρέπει να είναι υπάκουοι. Η δομή αναπαράγεται σε διάφορα ιεραρχικά επίπεδα.

Με ότι αναφερθήκαμε μέχρι τώρα στην εισαγωγική ενότητα της έρευνας που αποτελεί τη μελέτη της παρούσας διπλωματικής εργασίας και η οποία θα παρουσιαστεί πιο αναλυτικά στα κεφάλαια που ακολουθούν, έχουν επισημανθεί δύο ιδέες οι οποίες βρίσκονται στο επίκεντρο αυτής της τεχνολογίας. Πρώτον ότι τα συστήματα των πολλαπλών πρακτόρων αντλούν από ένα κατανεμημένο πλούτο διαφόρων τομών, όπως τα κατανεμημένα συστήματα, την Τεχνητή Νοημοσύνη, την Τεχνολογία Λογισμικού, τη συνεργασία υπολογιστικής υποστήριξης, την αναπαράσταση γνώσης, την οργανωτική θεωρία, την κοινωνιολογία, τη γλωσσολογία, τη φιλοσοφία, την οικονομία, την ιατρική (που θα αναπτύξουμε κυρίως σε αυτή την έρευνα) και τη γνωστική επιστήμη. Δεύτερον, είναι ευρέως αναμενόμενο και παραδεκτό ότι τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων θα αποτελέσουν το σημαντικότερο παράδειγμα για την ανάπτυξη σύνθετων κατανεμημένων συστημάτων, για δικτυωμένα συστήματα πληροφοριών, και για τις διασυνδέσεις του υπολογιστή κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα.

Συνοψίζοντας, η παρούσα εργασία αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια το κάθε ένα από τα οποία αναπτύσσει διαφορετικό θέμα σχετικά με το πεδίο των πολλαπλών πρακτόρων και των εφαρμογών τους στην Ιατρική. Οι στόχοι της διπλωματικής εργασίας, είναι: (α) η εξοικείωση του αναγνώστη με το πεδίο των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, (β) η ανάδειξη των ευφών πρακτόρων ως εργαλείων πολύ χρήσιμων για την επιστήμη της ιατρικής και (γ) η εξέταση των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων στην ιατρική διάγνωση και στη διαχείριση ιατρικών πληροφορικών συστημάτων.

Στο παρόν εισαγωγικό κεφάλαιο έγινε μια επισκόπηση του πεδίου των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων ως μοντέλων συνεργασίας/ανταγωνισμού. Αναφέρθηκαν επιγραμματικά τα χαρακτηριστικά των περιβαλλόντων τους, οι τρόποι και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, συγχρονισμού, συνεργασίας και διαπραγμάτευσης.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 2, αναλύεται ένα δείγμα εφαρμογών των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων στην ιατρική διάγνωση ενώ στο Κεφάλαιο 3 αναλύεται ένα δείγμα εφαρμογών στη διαχείριση ιατρικών πληροφορικών συστημάτων.

Η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 4 στο οποίο γίνεται μια κριτική ανάλυση ολόκληρης της έρευνας και των επιτευγμάτων που έχουν γίνει σε αυτούς τους τομείς.

Έτσι έχουμε τώρα μια αρκετά καθαρή εικόνα για τον όρο “πράκτορας”. Περισσότερες λεπτομέρειες και περαιτέρω έννοιες θα αναλυθούν σε επόμενα κεφάλαια.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην ιατρική σχετίζεται με προγράμματα τα οποία βοηθούν στην διάγνωση του ασθενή κι επίσης προτείνουν μία μέθοδο θεραπείας. Τα προγράμματα της Τεχνητής Νοημοσύνης στην ιατρική βασίζονται σε συμβολικά μοντέλα των οντοτήτων που αφορούν την ασθένεια, των σχέσεων τους με τους παράγοντες και τις κλινικές παραμέτρους που αφορούν τον κάθε ασθενή. Ένα μεγάλο ποσοστό της γνώσης η οποία χρησιμοποιείται σε αυτά τα προγράμματα είναι ευρετική, οφείλεται δηλαδή στην εμπειρία του γιατρού και είναι δύσκολο να τυποποιηθεί, γι’ αυτό και είναι απαραίτητη η παρουσία και η συνεργασία του γιατρού για τη δημιουργία των σχετικών υπολογιστικών συστημάτων.

Παρατηρήθηκε πως λίγα συστήματα στην ιατρική βρήκαν πρακτική εφαρμογή κι αυτό προκάλεσε πολλά ερωτήματα. Αυτό βέβαια οφείλεται στο ότι η ιατρική είναι υπερβολικά πολύπλοκος τομέας. Αυτή η πολυπλοκότητα οφείλεται στην πολυπλοκότητα του ανθρώπινου σώματος, στη ρηχή γνώση για τις πιο πολλές ασθένειες, στον τεράστιο όγκο πληροφοριών για όλες τις περιοχές της ιατρικής, στην έλλειψη εξοικείωσης του υγειονομικού προσωπικού με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τέλος στον χρόνο που πρέπει να αφιερώσει ο ειδικός γιατρός για να μάθει το σύστημα. Ο γιατρός συνήθως αντιμετωπίζει ένα ευρύ φάσμα υποθέσεων και πρέπει να φτάσει σε ένα συμπέρασμα χρησιμοποιώντας την κρίση και την εμπειρία του εκτός από την γνώση του. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως ένα τέτοιο σύστημα πρέπει να παίρνει από τον γιατρό την περιγραφή του ασθενή και την άποψή του για κάθε περίπτωση.

Κεφάλαιο 2

Ιατρική Διάγνωση

- 2.1 Γενικά στοιχεία
 - 2.2 Υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης διάγνωσης
 - 2.3 Υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης θεραπευτικών αποφάσεων
 - 2.4 Συμπεράσματα
 - 2.5 Σύστημα AMPLIA
 - 2.6 Βοηθητικό σύστημα ιατρικής διάγνωσης MADHS
 - 2.7 Σύνοψη Κεφαλαίου 2
-

2.1 Γενικά στοιχεία - Εισαγωγή

Η ιατρική χαρακτηρίζεται κυρίως από καταναμεμένα δεδομένα, πληροφορίες, γνώση και επάρκεια. Όλα αυτά αποθηκεύονται σε διάφορα μέσα όπως βιβλία, φωτογραφίες, ηλεκτρονικά αρχεία ακόμη και σε προσωπικές επικοινωνίες. Συνήθως δηλαδή, δεν είναι συγκεντρωμένα σε ένα και μοναδικό τόπο μία συγκεκριμένη στιγμή. Κι αυτό είναι μεγάλο πρόβλημα όταν πρέπει να ληφθούν αποφάσεις σε γρήγορο χρονικό διάστημα.

Η ιατρική γνώση, οι εξετάσεις και η θεραπεία κατανέμονται λειτουργικά, γεωγραφικά κι επίσης χρονικά. Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη για μια αξιόπιστη ροή πληροφοριών μεταξύ όλων των ατόμων που συμμετέχουν έτσι ώστε να ικανοποιηθεί ο απώτερος στόχος ο οποίος δεν είναι άλλος από την βελτίωση της υγείας του ασθενούς. Για να γίνει όμως αυτό θα πρέπει να προηγηθεί μια διαδικασία από τον ειδικό γιατρό, η διαδικασία της Ιατρικής Διάγνωσης. Ιατρική διάγνωση είναι η διαδικασία της προσπάθειας να προσδιοριστεί ή και να εντοπιστεί η πιθανή ασθένεια ή διαταραχή, καθώς και η γνώμη που επιτεύχθηκε από αυτή τη διαδικασία. Οι γιατροί με αυτή τη διαδικασία προσπαθούν να ταξινομήσουν την ασθένεια σε ξεχωριστές και διακριτές κατηγορίες που επιτρέπουν ιατρικές αποφάσεις σχετικά με τη θεραπεία και τη πρόγνωση που πρέπει να γίνει.

2.2 Υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης διάγνωσης

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί πολλά υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων, συστήματα τα οποία συμβουλεύουν τον γιατρό στη διάγνωση του ασθενή. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τόσο τα δεδομένα του ασθενή όσο και τους παράγοντες αποτελεσματικότητας των διαφόρων θεραπειών οι οποίες είναι αποθηκευμένες σε μια βάση δεδομένων.

Ο ιατρός στη διάγνωση μιας ασθένειας στηρίζεται περισσότερο στο ιστορικό του ασθενούς και στη μελέτη των εξετάσεών του. Κάποιες φορές όμως η επιβεβαίωση της διάγνωσης απαιτεί υψηλή εξειδίκευση αλλά και πολλή εμπειρία.

Τα υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης ιατρικής διάγνωσης ενισχύουν τη διαγνωστική δυνατότητα των ιατρών και μειώνουν το χρόνο που απαιτείται για τη σωστή διάγνωση. Η πρώτη τους εμφάνιση έγινε στις αρχές της δεκαετίας του '50, όπου βασίστηκαν σε πλαίσια αποφάσεων και κανόνες παραγωγής ενώ στη συνέχεια εμφανίστηκαν πιο πολύπλοκα συστήματα, όπως αυτά του μαυροπίνακα, ακολούθησαν τα μοντέλα Bayes κι έπειτα τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Η επιλογή του καταλληλότερου θεραπευτικού σχήματος για ένα ασθενή είναι πολύπλοκη διαδικασία και βασίζεται σε εμπειρία του γιατρού, σε τρέχουσες και προηγούμενες πληροφορίες σχετικά με τον ασθενή και την ασθένειά του.

Γι' αυτό το λόγο έχουν δημιουργηθεί συστήματα υποστήριξης επιλογής κάποιου θεραπευτικού σχήματος τα οποία βασίζονται σε προσομοιώσεις και κάποια διαθέσιμα δεδομένα έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η θεραπευτική αγωγή.

2.2.1 Δομή και λειτουργία

Τα υπολογιστικά συστήματα υποστήριξης διάγνωσης αποτελούνται από τα τέσσερα πιο κάτω υποσυστήματα :

1. Το υποσύστημα προεπεξεργασίας δεδομένων
2. Το υποσύστημα ορισμού περιοχών ενδιαφέροντος
3. Το υποσύστημα εξαγωγής και επιλογής χαρακτηριστικών μεγεθών και
4. Το υποσύστημα ταξινόμησης

2.2.1.1 Υποσύστημα προεπεξεργασίας δεδομένων

Το υποσύστημα προεπεξεργασίας στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων με εφαρμογή φίλτρων, επαναδειγματοληψία και την ενίσχυση της αντίθεσης σε περίπτωση εικόνων.

2.2.1.2 Υποσύστημα ορισμού περιοχών ενδιαφέροντος

Το υποσύστημα αυτό έχει ως στόχο τον εντοπισμό πιθανών παθολογικών ευρημάτων. Ο ορισμός των περιοχών ενδιαφέροντος γίνεται είτε με τη χρήση ημιαυτόματων ή αυτόματων μεθόδων, όπου και προσδιορίζονται οι ύποπτες περιοχές με κατάλληλες τεχνικές. Για παράδειγμα, η μέθοδος της ταυτοποίησης προτύπων που χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση όγκου από εικόνες μαστογραφίας ή η μέθοδος ανίχνευσης ηπατικών βλαβών από εικόνες υπερήχου.

2.2.1.3 Υποσύστημα εξαγωγής και επιλογής χαρακτηριστικών μεγεθών

Το υποσύστημα εξαγωγής και επιλογής χαρακτηριστικών μεγεθών χρησιμοποιείται για την εξαγωγή ενός συνόλου χαρακτηριστικών μετά από κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων του ασθενή. Πολλές φορές είναι απαραίτητη η μείωση της διάστασης των χαρακτηριστικών που έχουν εξαχθεί και γι' αυτό πρέπει να επιλέγονται τα πιο εύρωστα χαρακτηριστικά. Έτσι μεγιστοποιείται η ακρίβεια της ταξινόμησης και ελαχιστοποιείται η πολυπλοκότητα του συστήματος.

2.2.1.4 Υποσύστημα ταξινόμησης

Ο ρόλος αυτού του συστήματος επιλέγει από ένα πλήθος, ποια διανύσματα χαρακτηριστικών μεγεθών θα ενταχθούν. Η ανάπτυξη και η υλοποίηση αυτού του συστήματος μπορεί να βασίζεται είτε σε χρήση μεθόδων μάθησης με επίβλεψη είτε χωρίς επίβλεψη.

2.3 Υπολογιστικά Συστήματα Υποστήριξης Θεραπευτικών Αποφάσεων

Ένα Υπολογιστικό Σύστημα Υποστήριξης Θεραπευτικών Αποφάσεων (ΥΣΥΘΑ) σε γενική μορφή βασίζεται στο συνδυασμό διαθέσιμης πληροφορίας και μοντέλων προσομοίωσης.

Ο ιατρός εισάγει δεδομένα του ασθενή όπως εξετάσεις, ιατρικό ιστορικό και μία κλινική εικόνα στο κατάλληλο μοντέλο προσομοίωσης σε συνδυασμό με πληροφορίες σχετικά με την ασθένεια, οι οποίες εξάγονται μετά από αναζήτηση στις κατάλληλες Βάσεις Δεδομένων. Στη συνέχεια εκτελείται η προσομοίωση και τέλος από την προσομοίωση εξάγεται το θεραπευτικό σχήμα για τον ασθενή που εκτιμάται ως το βέλτιστο. Αν ο γιατρός εγκρίνει την εκτίμηση του συστήματος τότε εφαρμόζεται στον ασθενή αλλιώς επανεκτελείται η προσομοίωση για άλλο όμως σχήμα και πιθανό να εισαχθούν κι άλλες πληροφορίες.

Μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορα ΥΣΥΘΑ με στόχο τη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής αγωγής του ασθενή.

2.4 Συμπεράσματα

Τα ΥΣΥΚΑ συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών υγείας, στη βελτίωση της επίδοσης του ιατρού και στη μείωση του κόστους των διαφόρων εξετάσεων. Για να αναπτυχθούν τα διάφορα ΥΣΥΚΑ είναι απαραίτητη η συνεργασία της Ιατρικής και της Πληροφορικής έτσι ώστε να κωδικοποιηθεί η γνώση και να καθοριστούν οι λογικές διαδικασίες οι οποίες θα είναι στη διάθεση του γιατρού κατά τη διαδικασία της διάγνωσης.

Πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι η υλοποίηση αξιόπιστων τέτοιων συστημάτων είναι πολύπλοκη, μιας και συνεργάζονται δύο τόσο πολύπλοκες επιστήμες όπως η πληροφορική και η ιατρική. Ενώ λίγα είναι τα συστήματα τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη.

Αν και ο ρόλος τους παραμένει υποστηρικτικός και η λήψη της διάγνωσης είναι ακόμη καθήκον του γιατρού, είναι δύσκολο να προβλεφθεί το εύρος της εφαρμογής τους στο μέλλον και ο βαθμός της αποδοχής τους από γιατρούς αλλά και από ασθενείς.

2.5 Σύστημα AMPLIA

2.5.1 Εισαγωγή

Το AMPLIA είναι ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων το οποίο υποστηρίζει την εκπαίδευση της αιτιολόγησης της διάγνωσης και εστιάζει στην περιοχή της ιατρικής [39]. Ο γιατρός κάνει διάγνωση μιας ασθένειας βασιζόμενος σε κάποια συμπτώματα αλλά η διάγνωση του θα είναι μια υπόθεση η οποία μπορεί να είναι και λανθασμένη. Ένα λάθος μπορεί να προκύψει, είτε από μη ολοκληρωμένη γνώση είτε από έλλειψη κάποιων στοιχείων. Γι' αυτό και η διάγνωση με ιατρικά προγράμματα τα οποία βασίζονται σε πιθανολογική λογική είναι πολύ πιο αξιόπιστη.

Ο σκοπός του συστήματος AMPLIA είναι να αναπτυχθεί ένα σύστημα με πολλαπλούς πράκτορες που να πληρεί τα ακόλουθα κριτήρια: Αρχικά ο εκπαιδευόμενος επεξεργάζεται τη δική του γνώση και το σύστημα στη συνέχεια τον ρωτά για τις ενέργειες και τις αποφάσεις του. Επίσης επιπρόσθετες πληροφορίες και αρκετή ανατροφοδότηση είναι διαθέσιμα συνεχώς. Τέλος, αν είναι απαραίτητο γίνεται μια διαπραγματευτική διαδικασία μεταξύ των πρακτόρων και ο εκπαιδευτής κάνει επίδειξη του δικού του μοντέλου.

Στην ιατρική εκπαίδευση, οι φοιτητές/εκπαιδευόμενοι πρέπει να εξασκήσουν τις ικανότητές τους στο υποθετικό συμπερασματικό κατασκευαστικό μοντέλο και στον διαγνωστικό συλλογισμό. Ο εκπαιδευόμενος λοιπόν θα έχει την ευκαιρία να κατασκευάσει διάφορα μοντέλα ασθενειών μαζί με τα συμπτώματά τους, τις διάφορες αιτίες που τις προκαλούν έτσι ώστε να έχει μια εκτίμηση της εφαρμογής του μοντέλου. Με αυτό το τρόπο ο μαθητής μπορεί να χρησιμοποιήσει γνώση αποκλειστικά στο διαγνωστικό συλλογισμό όπως επίσης θα έχει την ευκαιρία να εφαρμόσει διάφορες τεχνικές ενώ εκτελεί το διαγνωστικό συλλογισμό.

Το σύστημα AMPLIA χρησιμοποιεί μία εποικοδομητική προσέγγιση για να εκτελέσει το διαγνωστικό συλλογισμό. Αν και δεν είναι πλήρως κατασκευασμένο, αφού αρχικά σχεδιάστηκε μόνο για να προσφέρει γνώση για ενίσχυση των αποφάσεων στη κατασκευή των συστημάτων, τώρα έχει ενισχυθεί με ένα καινούριο μεγαλύτερο στόχο. Να διαθέσει ένα εργαλείο το οποίο μαθαίνει στον μαθητή πως να χτίζει ένα μοντέλο μέσω πιθανοτικών δικτύων.

Το AMPLIA συγκρίνει το κυρίως μοντέλο με αυτό που δημιούργησε ο μαθητευόμενος. Αν η σύγκριση καταλήξει στο ότι τα δύο συστήματα διαφέρουν μεταξύ τους τότε ξεκινά μια διαδικασία η οποία βοηθά τον μαθητή να επιθεωρήσει το μοντέλο του. Η διαδικασία αυτή βασίζεται πάνω σε παιδαγωγικές στρατηγικές. Με το AMPLIA ο μαθητής μπορεί επιπρόσθετα να προδιαγράψει, να εκτιμήσει και να ανασκοπήσει το μοντέλο του σε ποσοτικό και ποιοτικό επίπεδο.

Σε αυτό το έργο έχει επιλεγεί το Bayesian δίκτυο για να χειριστεί την αβέβαιη γνώση αφού αυτό το δίκτυο είναι με μαθηματικές αρχές. Το Bayesian δίκτυο είναι ένας κατευθυνόμενος μη κυκλικός γράφος όπου οι κόμβοι του είναι τυχαίες μεταβλητές και τα τόξα του παρουσιάζουν πιθανές εξαρτησιακές σχέσεις μεταξύ των συνδεδεμένων κόμβων. Τα δίκτυα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για να μοντελοποιούν αβέβαια πεδία. Ακόμη ένας σημαντικός λόγος που επιλέχτηκε το Bayesian δίκτυο είναι οι δύο χαρακτηριστικές του πτυχές που ενεργοποιούν το ποσοτικό και ποιοτικό πεδίο της μοντελοποίησης. Κάποια άλλα συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν τα Bayesian δίκτυα και σχετίζονται με τη δουλειά που κάνει το AMPLIA είναι τα CAPIT[8], MUNIN [7], ANDES [9] και πιο πρόσφατα τα MammoNet [10], Internist/QMR [11], Medicus και Community – Acquired Pneumonia [12] τα οποία υποστηρίζουν τις αποφάσεις για ιατρική διάγνωση. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει κάποια πρόσφατα παραδείγματα συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων τα οποία χρησιμοποιούν Bayesian δίκτυα για ιατρική διάγνωση.

Στα πιο πάνω συστήματα στόχος είναι να βρεθεί η λύση του προβλήματος. Με μια πιο παιδαγωγική προσέγγιση ο καθηγητής μπορεί να μεγεθύνει το πεδίο του μαθητή ενθαρρύνοντάς τον να μπορεί να απαντά όχι μόνο το “πώς”, αλλά ερωτήσεις όπως το “τι”, “γιατί” και “τι κι αν”. Αυτή η στρατηγική αναγκάζει το μαθητή να αλληλεπιδρά περισσότερο με το περιβάλλον και μεταφέρει το κέντρο των σπουδών στο Intelligent Learning Environment και στα Multi-agent systems.

Criteria	Community-Acquired Pneumonia [4]	MammoNet [22]	Internist/QMR [27]	Medicus [11,28]	AMPLIA*
Qualitative development	Variables extracted from retrospective study with 32,662 patients; interviews with medical experts	Medical literature reviews; statistic medical databases; expert interviews	Cases abstracted from SAM ^b database	Built-in knowledge acquisition facilities	Medical literature reviews; expert interviews
Quantitative development	Machine learning algorithm for Bayesian networks	–	Cases abstracted from SAM database	Built-in knowledge acquisition facilities	Interview with experts
Accuracy testing method	Case-control study with real patients	Case-control study with patients from mammographic atlas	Sample from SAM cases	NA	Case-control study with real patients ^c
Metrics for testing	Sensibility, sensitivity, ROC curve, positive predictive value	Sensibility, sensitivity, ROC curve, positive predictive value	Wilcoxon signed-rank test	NA	Sensibility, sensitivity, ROC curve, positive predictive value ^d
Pedagogic tool	No	No	No	No	Yes
Diagnostic purpose	Yes (knowledge base only)	Yes (knowledge base only)	Yes	Yes	Yes
Agent oriented	Third party inference engine	Third party inference engine	No	No	Yes

NA: not applicable; (–) information not available.

^a Four networks in database.

^b Scientific American Medicine Continuing Medical Education Service.

^c Only Heart Failure network validated by case-control study.

^d Only Heart Failure network with calculated metrics.

Πίνακας 1. Συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν Bayesian δίκτυα για ιατρική διάγνωση [39].

Στη συνέχεια της έρευνας θα περιγράψουμε το περιβάλλον του συστήματος AMPLIA, έπειτα την αρχιτεκτονική του, κάποια παραδείγματα χρήσης του και τέλος τα συμπεράσματα και τις μελλοντικές του χρήσεις.

2.5.2 Το περιβάλλον του AMPLIA

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω το σύστημα AMPLIA είναι ένα περιβάλλον το οποίο ενισχύει τη μάθηση με εποικοδομητικό τρόπο. Για να περιγράψουμε το περιβάλλον του AMPLIA θα επικεντρωθούμε στον ιατρικό συλλογισμό. Η ανάπτυξη του συστήματος γίνεται σύμφωνα με την εκπαίδευση του γιατρού και της ειδικότητάς του. Οι μαθητές της ιατρικής και οι καθηγητές συζητούν πραγματικές περιπτώσεις και επίκαιρα θέματα σύμφωνα με την ειδικότητά τους. Ο μαθητής της ιατρικής μπορεί να χρησιμοποιήσει το σύστημα AMPLIA σαν επιπρόσθετο εργαλείο για να διευκολύνει τις τεχνικές του ικανότητες σε διατυπωμένες διαγνώσεις.

Με λίγα λόγια η διαδικασία της ιατρικής διάγνωσης μπορεί να περιγραφεί σαν η σύνθεση των εξής βημάτων: της ιατρικής συνέντευξης, της πρόσφατης ιστορίας της ασθένειας (CDH), τη διατύπωση μιας διαφορικής διάγνωσης, τη διατύπωση μιας προκαταρκτικής διάγνωσης και πριν την καταληκτική διάγνωση ο γιατρός μπορεί να δείξει το τεχνικό υλικό και να ζητήσει συμπληρωματικές εργαστηριακές δοκιμές. Στις ιατρικές συνεντεύξεις ο γιατρός ρωτά τον ασθενή για το ιστορικό των πρόσφατων ασθενειών του. Για να πάρει το CDH ο γιατρός μαθαίνει από τον ασθενή το κυρίως πρόβλημά του. Ο γιατρός εξετάζει οπτικά τον ασθενή για να καθορίσει την κατάστασή του, ψάχνοντας για σημάδια στο σώμα και σημειώνοντας τα συμπτώματα που του

ανάφερε ο ασθενής. Στη συνέχεια ο γιατρός εξετάζει φυσικά τον ασθενή κατευθυνόμενος από σημάδια και συμπτώματα που ήδη ανίχνευσε. Με όλες αυτές τις πληροφορίες ο γιατρός συλλέγει ένα σύνολο από ασθένειες οι οποίες είναι συμβατές με τα δεδομένα που είχε συλλέξει και προσπαθεί να πάρει νέα αποτελέσματα τα οποία μπορεί να εξαιρούν κάποιες υποθετικές παθολογίες. Μειώνοντας το σύνολο των παθολογιών είναι πιθανό να καθοριστεί η πιο πιθανή παθολογία. Τα αποτελέσματα από τις εξετάσεις μπορούν να επιβεβαιώσουν τη προκαταρκτική διάγνωση κάνοντας την τελική ή να την ενισχύσουν με νέες πληροφορίες για μια καινούρια προκαταρκτική διαγνωστική διατύπωση.

Η χρήση πιθανοτικών συστημάτων για ενίσχυση αυτής της ιατρικής διαδικασίας διευκολύνει τα στάδια της διάγνωσης. Μπορεί να μειώσει την ανάγκη τεχνικού υλικού και συμπληρωματικών εξετάσεων αλλά δεν μειώνει την οριστική ποιότητα της διάγνωσης. Επομένως μπορούν να βελτιώσουν τη ποιότητα της ιατρικής διάγνωσης μειώνοντας το χρόνο και το κόστος που χρειάζεται για να γίνει η διαδικασία της διάγνωσης. Αν ο γιατρός έχει ένα πιθανοτικό μοντέλο να τον βοηθά στη διαδικασία της διάγνωσης τότε οι εργαστηριακές εξετάσεις θα μειωθούν.

Το σύστημα AMPLIA αποτελείται από τρεις πράκτορες, τον εκπαιδευόμενο πράκτορα (Learner Agent), που παρουσιάζει τη γνώση του μαθητή, τον κυρίως πράκτορα (Domain Agent), που αντιπροσωπεύει τη βασική γνώση του ειδικού, και τον πράκτορα μεσολαβητή (Mediator Agent), ο οποίος παρακινεί τον μαθητή να επανεξετάσει το μοντέλο του σε περίπτωση που είναι διαφορετικό από το μοντέλο που έχει δημιουργηθεί. Ο Mediator Agent οδηγεί το μαθητευόμενο βασισμένος σε παιδαγωγικές στρατηγικές.

Στην ενότητα που ακολουθεί θα αναφερθούμε στις κύριες συναρτήσεις του AMPLIA χωρίς να επικεντρωθούμε στις λεπτομέρειες των πρακτόρων.

2.5.3 Σύστημα AMPLIA: Φάση 1-Κατασκευή του μοντέλου

2.5.3.1 Ποιοτική ανασκόπηση της κατασκευής του μοντέλου

Ο μαθητής κατασκευάζει ένα ποιοτικό μοντέλο χρησιμοποιώντας ένα κατευθυνόμενο ακυκλικό γράφο (DAF). Ο Domain Agent αρχικά επαληθεύει ότι το δίκτυο είναι ακυκλικό και συνδεδεμένο. Στη συνέχεια επαληθεύει αν ο μαθητής έλαβε υπόψη του όλες τις κύριες μεταβλητές οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε πορίσματα ή σε μεταβλητές διάγνωσης. Τα πορίσματα αντιπροσωπεύουν ντετερμινιστικές τιμές σε μεταβλητές που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ιατρικής συνέντευξης ή από συμπληρωματικές εργαστηριακές δοκιμές. Οι μεταβλητές διάγνωσης αντιπροσωπεύουν διαγνωστικές υποθέσεις.

Τα πορίσματα είναι τύπου ενεργοποίησης (trigger), απαραίτητα (essential), συμπληρωματικά (complementary) ή αποκλειόμενα (excluder). Τα πορίσματα ενεργοποίησης απομονώνουν τη διάγνωση σαν δυνητική λύση στο πρόβλημα όταν αυτό παρουσιαστεί. Τα απαραίτητα πορίσματα πρέπει να παρουσιαστούν για να βεβαιώσουν την αναγνώριση της διάγνωσης. Τα συμπληρωματικά πορίσματα μπορεί να παρουσιαστούν για να αυξήσουν την πιθανότητα της διάγνωσης. Τα αποκλειόμενα πορίσματα υποδεικνύουν ότι η διάγνωση είναι απίθανη για παράδειγμα έχει πολύ χαμηλή πιθανότητα. Ο Domain Agent θα χρησιμοποιήσει αυτές τις ταξινομήσεις μαζί με το κύριο μοντέλο για να ενημερώσει τον Mediator Agent για τις διαφορές μεταξύ της λύσης του μαθητή και του κυρίως μοντέλου. Ο Mediator Agent θα διαλέξει μια παιδαγωγική στρατηγική από μια Βάση Δεδομένων για να μεσολαβήσει μια διαπραγματευτική διαδικασία μεταξύ του μαθητή και του Domain Agent.

2.5.3.2 Ποσοτική ανασκόπηση της κατασκευής του μοντέλου

Η ποσοτικοποίηση του ποιοτικού μέρους του δικτύου προϋποθέτει την αξιολόγηση όλων των δεσμευμένων κατανομών πιθανότητας όλων των μεταβλητών που παρουσιάζονται. Αυτή η κωδικοποίηση των πιθανοτήτων τείνει να είναι όχι το πιο δύσκολο αλλά σίγουρα το μεγαλύτερο έργο στη διαδικασία κατάρτισης του μοντέλου. Παρά το ότι μερικές φορές, σε ιατρικά πεδία, υπάρχουν πιθανοτικά στοιχεία σε αφθονία στη βιβλιογραφία, αυτό το είδος των πληροφοριών σπάνια μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας στις πιθανοτικές κατανομές αξιολόγησης. Μερικές φορές η ιατρική βιβλιογραφία παρουσιάζει πιθανότητες όπως η συχνότητα των συμπτωμάτων που

δίνουν την εμφάνιση μιας ασθένειας, αλλά σχεδόν ποτέ δεν παρουσιάζει τη συχνότητα των συμπτωμάτων αυτών σε περίπτωση απουσίας της συγκεκριμένης ασθένειας. Επίσης, η ιατρική βιβλιογραφία δεν καταπιάνεται με ερωτήσεις όπως: ποια είναι η πιθανότητα μιας παθολογικής κατάστασης για να καθορίσει την εμφάνιση κάποιων συμπτωμάτων ή εργαστηριακών ευρημάτων; Αυτό που συνήθως βρίσκουμε είναι δηλώσεις όπως «σπάνιο εύρημα» ή «συχνό εύρημα». Διαφορετικά αν η βιβλιογραφία δεν μπορεί να προσφέρει αξιόπιστες πιθανολογικές πληροφορίες, οι εκτιμήσεις μπορούν να ληφθούν από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων ή με τη χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης. Η εμπειρία δείχνει ωστόσο ότι ακόμη και όταν υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα δεδομένα, πολύ σπάνια συμβάλουν στις προσπάθειες ποσοτικοποίησης. Σε ιατρικά στατιστικά δεδομένα, για παράδειγμα, οι ενδιάμεσες παθοφυσιολογικές καταστάσεις της ασθένειας δεν είναι τυπικά εγγεγραμμένες. Γι αυτό και οι ειδικοί του χώρου πρέπει να αξιολογήσουν ένα μεγάλο αριθμό των πιθανοτήτων.

Η ανάλυση της απόφασης προσφέρει διάφορες τεχνικές για να αποσπάσει πιθανότητες. Η πιο απλή τεχνική είναι να χρησιμοποιήσουμε μια αριθμητική πιθανοτική κλίμακα. Η αριθμητική πιθανοτική κλίμακα είναι είτε κάθετη είτε οριζόντια γραμμή με τελικά σημεία το 0 και το 100%, και με λίγες ενδιάμεσες τιμές, όπως 25, 50 και 75%. Μια δεύτερη τεχνική, η οποία χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την παραπάνω, είναι η τεχνική της συχνότητας. Εδώ ο ειδικός δίνει την πρόταση να εξεταστούν 100 περιπτώσεις με κάποιο συγκεκριμένο πλαίσιο. Για παράδειγμα, ένας καρδιολόγος καλείται να φανταστεί ένα πληθυσμό με 100 ασθενείς οι οποίοι πάσχουν από καρδιομεγαλία και στη συνέχεια να προσδιορίσει πόσοι από αυτούς παρουσιάζουν τη ασθένεια Chagas, ως η αιτία αυτής της ασθένειας. Δυστυχώς όμως η εμπειρία έχει δείξει πως η χρήση πιθανοτικής κλίμακας, μαζί με την τεχνική της συχνότητας, παρέχει στους ειδικούς πολύ λίγα και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανακριβείς εκτιμήσεις των πιθανοτήτων.

Σε μια φυσική εξέλιξη των πιο πάνω τεχνικών παρουσιάζεται μια νέα αριθμητική και προφορική κλίμακα μόνο με προφορικές ερωτήσεις και χωρίς μαθηματικούς συμβολισμούς (Σχήμα 3). Τα σημάδια σε αυτή την κλίμακα είναι ζευγάρια αριθμητικών τμημάτων της πιθανότητας (0, 15, 25, 50, 75, 85, και 100%) και συνήθως χρησιμοποιούν ειδικές εκφράσεις όπως αδύνατο, απίθανο, αβέβαιο, 50-50, αναμένεται, πιθανόν και ορισμένα.



Σχήμα 3. Η τροποποιημένη κλίμακα πιθανοτήτων που πρότειναν οι van der Gaag και Renooij [39].

Οι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με το πόσο κοντά είναι η κοινή αίσθηση της έννοιας αυτών των εκφράσεων και των αριθμητικών προσεγγίσεων τους. Πέρα από αυτό, αντιλήφθηκαν ακόμη ότι οι προφορικές ερωτήσεις ήταν απαραίτητες, αφού πολλοί από αυτούς ένιωθαν άβολα με τους μαθηματικούς συμβολισμούς. Κάτι άλλο που παρατήρησαν ήταν ότι όσο πιο εξειδικευμένοι ήταν οι ειδικοί σε ένα θέμα, τόσο πιο επιρρεπής ήταν στο λόγο από την άποψη των λέξεων. Οι προφορικές ενδιάμεσες τιμές στην κλίμακα, τους βοήθησαν να καθορίσουν ποιά πιθανότητα είχαν ακριβώς στο μυαλό τους (Σχήμα 3). Αυτή η μέθοδος επίσης ομαδοποιεί τις ερωτήσεις οι οποίες σχετίζονται με την ίδια κατανομή πιθανοτήτων, έτσι ώστε ο κύριος ειδικός να μπορεί να τις εξετάσει ταυτόχρονα. Με όλες τις πιο πάνω επισημάνσεις για την πιθανοτική κλίμακα οι ειδικοί ενθαρρύνονται να αξιολογήσουν πιθανότητες στις οποίες είναι πιο σίγουροι, συνήθως αυτές οι πιθανότητες είναι στα άκρα, όπως και πιθανότητες με μοναδικές επιρροές, και μετά να παρεμβάλλουν τις υπόλοιπες πιθανότητες.

2.5.4 Σύστημα AMPLIA: Φάση 2-Εκτίμηση Διαγνωστικής υπόθεσης

Η διαδικασία της εκτίμησης διαγνωστικής υπόθεσης ξεκινά αφού ολοκληρωθεί η φάση κατασκευής του μοντέλου. Η διαδικασία αποτελείται από τις ενδείξεις των εισόδων και την αναπαραγωγή τους μέσα στο Bayesian δίκτυο. Το σύστημα AMPLIA χρησιμοποιεί τη μέθοδο της σύνδεσης δέντρου για να αναπαράγει στοιχεία και να παράγει τη μικρή πιθανότητα διανομής για κάθε μεταβλητή της διάγνωσης από τις ανανεωμένες πιθανοτικές κατανομές. Αυτές οι μικρές πιθανότητες διανομής είναι πιθανοτικές κατανομές οι οποίες σχετίζονται με όλα τα πορίσματα που εισάγονται στο Bayesian

δίκτυο. Τα πορίσματα αυτά στον ιατρικό τομέα παρουσιάζουν πληροφορίες οι οποίες συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, των αποτελεσμάτων από τις εργαστηριακές εξετάσεις κτλ. Κάποια πορίσματα μπορούν να κάνουν μια διαγνωστική υπόθεση πιο πιθανή από κάποια άλλα πορίσματα. Ο σκοπός του AMPLIA, σε αυτή τη φάση είναι να βοηθήσει την ανάπτυξη των ικανοτήτων του μαθητευόμενου γιατρού στη διαδικασία της διάγνωσης, κυρίως στη διαφορική διάγνωση. Το AMPLIA το υποστηρίζει ποιοτικά αλλά και ποσοτικά.

2.5.4.1 Ποιοτική αξιολόγηση διαγνωστικής υπόθεσης

Η ποιοτική αξιολόγηση της διάγνωσης του AMPLIA φέρει τον μαθητευόμενο γιατρό ικανό να απαντήσει σε ερωτήσεις όπως: (α) ποιές είναι οι πιο πιθανές διαγνωστικές υποθέσεις; (β) ποιο είναι το πιο αναφορικό πόρισμα για να δώσει βοήθεια στο να αποδεχθεί ή να απορριφθεί μια συγκεκριμένη διαγνωστική υπόθεση; (γ) τι πρέπει να κάνω για να διαγνώσω μια συγκεκριμένη ασθένεια, για παράδειγμα, ηπατίτιδα; (δ) ποιά είναι τα απαραίτητα πορίσματα για μια συγκεκριμένη διάγνωση; Και τέλος (ε) ποια πορίσματα είναι αποκλειστικά σε μια συγκεκριμένη διαγνωστική υπόθεση;

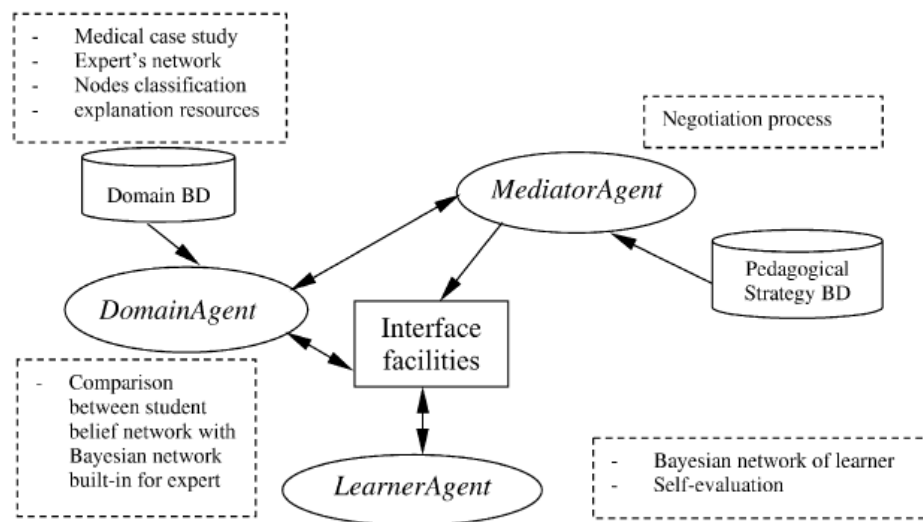
Ο μαθητευόμενος έχει την επιλογή να ζητήσει από το σύστημα AMPLIA να του παρουσιάσει μια κειμενική επεξήγηση η οποία περιγράφει μια επιλεγμένη διάγνωση και μια αναφορά, η οποία έχει ουσιαστικές πληροφορίες για αλλαγές στη δυναμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών σαν συνέπεια της απόδειξης της διάδοσης.

2.5.5 Η αρχιτεκτονική του AMPLIA

Στην αρχιτεκτονική του AMPLIA έχουμε τρεις γνωστικούς πράκτορες, τον εκπαιδευόμενο πράκτορα (Learner Agent), τον πράκτορα μεσολαβητή (Mediator Agent), τον κυρίως πράκτορα (Domain Agent), δύο βάσεις δεδομένων, την expert knowledge built-in model, και την παιδαγωγικής στρατηγικής βάση. Τέλος, έχουμε τη διεπιφάνεια που συνθέτει την αρχιτεκτονική του AMPLIA, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 4 πιο κάτω.

Ο Learner Agent παρουσιάζει τα πιστεύω του μαθητή σε αυτό τον τομέα, και το βαθμό εμπιστευτικότητας τον οποίο έχει ο μαθητευόμενος στο δίκτυο που έκτισε. Επίσης συμπεριλαμβάνει ένα σταθερό τμήμα με βασικές πληροφορίες του μαθητευόμενου. Ο Learner Agent επεξεργάζεται και ενημερώνει το μοντέλο του μαθητευόμενου.

Ο Mediator Agent λαμβάνει αποφάσεις για το πότε θα επεμβαίνει στη διαδικασία κατά την οποία ο μαθητευόμενος κατασκευάζει το δίκτυο του μοντέλου του. Επιπρόσθετα μπορεί και να δράσει μετά από αίτημα του μαθητευόμενου πάντοτε. Ο Mediator Agent θα επιλέξει την πιο κατάλληλη παιδαγωγική στρατηγική για να βοηθήσει τον μαθητευόμενο.



Σχήμα 4. Η αρχιτεκτονική του AMPLIA [39].

Ο Domain Agent ζευγαρώνει το δίκτυο το οποίο κτίζει ο μαθητευόμενος με το ενσωματωμένο μοντέλο. Το αποτέλεσμα στέλνεται στο Mediator Agent για να συντάξει την διαδικασία της διαπραγμάτευσης.

Η βάση δεδομένων της παιδαγωγικής στρατηγικής, αποθηκεύει και βάζει διαθέσιμες στρατηγικές σύμφωνα με το μοντέλο του μαθητευόμενου (Βλέπε Πίνακα 2). Η διαδικασία διαπραγμάτευσης χρησιμοποιεί παιδαγωγικές στρατηγικές.

Strategy	Network model	Learner's confidence level
(1) Your diagnostic model is complete, matching the expert's network model	Complete	High
(2) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is lower		Moderate
(3) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is higher		Low
(4) Consider the following information: (...) and think about which nodes are necessary to incorporate findings	Feasible	High
(2) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is lower		Moderate
(3) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is higher		Low
(4) Consider the following information: (...) and think about which nodes are necessary to incorporate findings	Incomplete	High
(2) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is lower		Moderate
(3) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is higher		Low
(4) Consider the following information: (...) and think about which nodes are necessary to incorporate findings	Incorrect	High
(2) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is lower		Moderate
(3) Click on the nodes or causal relationship where your confidence is higher		Low
(5) Your diagnostic model is not according to Bayesian network structures. Please, review the network concepts	Unfeasible	High
(5) Your diagnostic model is not according to Bayesian network structures. Please, review the network concepts		Moderate
(5) Your diagnostic model is not according to Bayesian network structures. Please, review the network concepts		Low

Πίνακας 2. Στρατηγικές διαπραγμάτευσης του Mediator Agent [39].

Η διεπιφάνεια κάνει δυνατή την αλληλεπίδραση με το μαθητευόμενο, αφού ο ίδιος μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύντομο κείμενο, στα SEAMED εργαλεία, στα μενού για διάφορες επιλογές, στην επιλογή να μεταδώσει το βαθμό αυτοπεποίθησης στο δίκτυο και την επιλογή να αποθηκεύσει το δίκτυό του σε ένα φάκελο της βάσης δεδομένων.

2.5.5.1 Επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων

Οι πράκτορες του συστήματος AMPLIA επικοινωνούν πάνω από μια FIPA-OS πλατφόρμα. Το Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA) έχει προωθήσει μια γλώσσα επικοινωνίας μεταξύ πρακτόρων (ACL), η οποία βασίζεται στη θεωρία του λόγου. Το FIPA υποθέτει την ύπαρξη ενός συστήματος διαχείρισης πρακτόρων και αφαιρεί την επικοινωνία χαμηλού επιπέδου. Οι επίκαιρες πληροφορίες, απαιτήσεις, τα διάφορα ερωτήματα χρησιμοποιούνται μέσω των FIPA πρωτοκόλλων απαιτήσεων και ερωτήσεων αλληλεπίδρασης. Τα Bayesian δίκτυα παρουσιάζονται σε XML μορφή (XBN) και FIPA-SL0 χρησιμοποιείται σαν γλώσσα περιεχομένου για ομιλητικά μηνύματα. Για να ιδρυθεί η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων υπάρχει η ανάγκη για ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς ή κοινής οντότητας. Η κοινή αυτή οντότητα καθορίζει πόσο συγκεκριμένο είναι ένα περιεχόμενο μηνύματος για να μεταφραστεί. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τύποι μηνυμάτων που ανταλλάσσονται μεταξύ πρακτόρων.

- Τα πιστεύω του Learner Agent μοντελοποιούνται σε ένα Bayesian δίκτυο με ένα γραφικό συντάκτη, μέσω του οποίου ο μαθητευόμενος δημιουργεί μοντέλα υποθετικών δικτύων και διαγνωστική αιτιολόγηση. Ο Learner Agent στέλνει μηνύματα απαιτήσεων στον Domain Agent με τα πιστεύω του, ζητώντας μια κριτική. Ο συμβολισμός σύνταξης για εκφράσεις τέτοιου είδους μηνυμάτων είναι:

Review-beliefs (Learner Agent Goal) = {XBN_Learner Agent}

- Ο Domain Agent έχει πιστεύω στον τομέα ιατρικής γνώσης τα οποία περιγράφονται μέσω Bayesian δικτύων. Διαθέτει στο μαθητή, βασική γνώση και πηγές επεξήγησης αρκετές για να τον βοηθήσουν στη διαδικασία εκμάθησης. Ο Domain Agent στέλνει μηνύματα πληροφόρησης στον Learner Agent για να μοντελοποιηθεί η περίπτωση μάθησης, στέλνει επίσης τη λίστα με τις μεταβλητές τις οποίες ο μαθητευόμενος μπορεί να χρησιμοποιήσει στη κατασκευή του υποθετικού μοντέλου. Παρέχοντας μεταβλητές οι οποίες είναι ευαίσθητες στη περίπτωση μελέτης του περιεχομένου θα βοηθήσει στο να υποστηριχθούν κοινές οντότητες μεταξύ πρακτόρων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης. Μόλις ο Domain Agent λάβει το μοντέλο δικτύου του μαθητευόμενου, αρχίζει ένα πρόγραμμα το οποίο κριτικάρει τα πιστεύω του, συγκρίνοντας το μοντέλο δικτύου του ειδικού με αυτό του μαθητή. Αφότου ανιχνευτούν κάποιες συγκρούσεις στα αποτελέσματα αυτής της σύγκρισης, ο Domain Agent στέλνει μηνύματα πληροφόρησης στο Mediator Agent παρουσιάζοντας αυτά τα σημεία σύγκρουσης. Η αφηρημένη σύνταξη για εκφράσεις οι οποίες μεταφέρονται από μελέτη περιπτώσεων μηνυμάτων σύγκρουσης είναι:

Case_study (Learner Agent Goal) = {Text_case_study, Variables_list}

Conflicts (Learner Agent Goal)

= {Classification_model, Conflict_points, Arguments}

- Ο Mediator Agent μεσολαβεί την αλληλεπίδραση μεταξύ του Domain Agent και του Learner Agent στοχεύοντας στο να βοηθήσει στη διαδικασία επίλυσης των συγκρούσεων. Αφού λάβει το μήνυμα του Domain Agent, ο Mediator Agent

στέλνει μηνύματα ερωτήσεων στον Learner Agent ζητώντας πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο εμπιστοσύνης για το δομημένο υποθετικό τομέα. Βασιζόμενος σε αυτές τις πληροφορίες όπως και σε παιδαγωγικές στρατηγικές, ο Mediator Agent στέλνει στον Learner Agent παραμέτρους οι οποίες θα παρακινήσουν το μαθητή να επανεξετάσει τις πεποιθήσεις του και να τροποποιήσει τις ενέργειές του. Η αφηρημένη σύνταξη συμβολισμού για εκφράσεις δράσης που μεταφέρονται από την εμπιστοσύνη και την επιλογή τύπων μηνυμάτων είναι:

$$\text{Confidence (Learner Agent Goal)} = \{\text{Confidence_level}\}$$
$$\text{Strategy (Learner Agent Goal)} = \{\text{XBN_model, Confidence_Level, Arguments}\}$$

Ο πιο πάνω διάλογος επικοινωνίας που περιγράψαμε μεταξύ των πρακτόρων θα συνεχιστεί όσο ο Learner Agent θέλει να επανεξετάσει το μοντέλο του. Αυτό μπορεί να τον κάνει να φτάσει σε ένα μοντέλο δικτύου ίδιο με αυτό του Domain Agent ή με ένα άλλο εφικτό μοντέλο δικτύου όχι όμως ίδιο με του Domain Agent.

2.5.5.2 Η διαδικασία των διαπραγματεύσεων

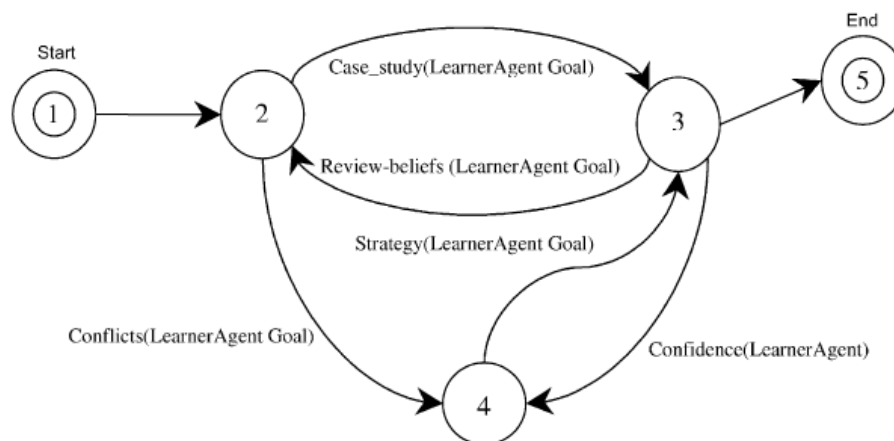
Σε ένα μαθησιακό περιβάλλον πολλαπλών πρακτόρων, όπου ο μαθητευόμενος είναι ένα ενεργό αντικείμενο στη διαδικασία διαπραγμάτευσης, η συνεργασία μπορεί να θεωρηθεί ως δεδομένη. Η συνεργασία πρέπει να σχεδιαστεί και αυτό πετυγχάνεται μέσω της επικοινωνίας και της διαπραγμάτευσης η οποία είναι βασισμένη σε επιχειρήματα.

Η θεωρία των επιχειρημάτων είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο το οποίο τραβάει την προσοχή των φιλοσόφων, των γλωσσολόγων και των ερευνητών της ομιλίας. Η προσέγγιση στην επιχειρηματολογία προσπαθεί να ερευνήσει πιθανές σχέσεις μεταξύ επιχειρηματολογίας και μάθησης, λαμβάνοντας υπόψη την άποψη των ερευνητών, των γνωστικών επιστημών και της εκπαίδευσης. Μία κεντρική αρχή της κατασκευής της γνώσης είναι η λογική, και το αποτέλεσμα αυτής της λογικής είναι ένα επιχείρημα, μια δομή που αποτελείται από ένα συμπέρασμα και μια σειρά από λόγους που το υποστηρίζουν.

Στο AMPLIA, ο μαθητής εκφράζει την επιχειρηματολογία του μέσω της μοντελοποίησης του Bayesian δικτύου. Οι Rolf και Magnusson ισχυρίζονται ότι η

πρακτική και η διδασκαλία, η λογική και η επιχειρηματολογία είναι επαρκή για χρήση διαγραμμάτων, στα οποία ένας μεγάλος αριθμός από βιβλία παρουσιάζουν επιχειρήματα στη μορφή κουτιών και βελών [5]. Με αυτό τον τρόπο ο μαθητευόμενος μπορεί να δημιουργήσει ένα μοντέλο χώρου μέσω ενός γραφικού επεξεργαστή όπου τα επιχειρήματα αποτελούνται από κόμβους και συνδέσεις μεταξύ τους. Το AMPLIA βρίσκεται στο τρίτο επίπεδο επιχειρημάτων, το οποίο συνθέτεται από συστήματα που περιέχουν ανώτερες θεωρητικές ικανότητες για υπολογισμούς. Ο λογισμός του AMPLIA βασίζεται σε Bayesian πιθανότητες.

Η διαδικασία διαπραγμάτευσης ακολουθεί μια αλληλεπίδραση η οποία φαίνεται στην αυτόματη μηχανή στο Σχήμα 5. Στην αρχική κατάσταση, ο Domain Agent παρουσιάζει μια κατάσταση μελέτης στο μαθητευόμενο. Στη δεύτερη κατάσταση, ο μαθητευόμενος μοντελοποιεί την διαγνωστική του υπόθεση από τη μελέτη των καταστάσεων όπου ο Domain Agent έχει θέσει στη διάθεσή του. Επίσης, στη δεύτερη κατάσταση, ο Learner Agent στέλνει το μοντέλο του στον Domain Agent για να αξιολογηθεί. Αυτή η αξιολόγηση έχει ως αποτέλεσμα την ταξινόμηση των σημείων όπου το μοντέλο του μαθητή διαφέρει από αυτό του Domain Agent.



Σ

Σχήμα 5. Πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης [39].

Η ταξινόμηση είναι αντίστοιχη με τη σημασία κάθε πορίσματος του μοντέλου. Στη τρίτη κατάσταση, ο μαθητής αξιολογεί το μήνυμα το οποίο έλαβε από το Mediator Agent και κάνει τα επιχειρήματά του μέσω αλλαγών που ολοκληρώθηκαν στο διαγνωστικό του μοντέλου. Σε αυτή την κατάσταση, ο Learner Agent μπορεί επίσης να αποφασίσει να εγκαταλείψει τη διαδικασία μάθησης, είτε γιατί νιώθει ικανοποιημένος, είτε γιατί δεν αισθάνεται ικανοποιημένος. Στο τέταρτο στάδιο, ο Mediator Agent,

βασισμένος στο αποτέλεσμα της ανάλυσης του Domain Agent και στο επίπεδο της εμπιστοσύνης που παρέχεται από τον Learner Agent ενεργοποιεί την καλύτερη παιδαγωγική στρατηγική (Πίνακας 2).

Η διαδικασία των διαπραγματεύσεων του AMPLIA συμβαίνει μέσα από μια δυναμική επιλογή στρατηγικής. Οι παράμετροι συνδέονται με τις δράσεις του μαθητή και την αξιολόγηση που εκτελεί ο Domain Agent. Σε αυτή τη διαδικασία, μόνο ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εγκαταλείψει την αλληλεπίδραση. Παρόλα' αυτά, όταν τα επιχειρήματα που χρησιμοποιεί ο μαθητής είναι επαρκή για μία λύση, ο Mediator Agent μπορεί και να αποδεχθεί το μοντέλο του μαθητή, ακόμη και αν αυτό διαφέρει από το μοντέλο του Domain Agent.

Η διαπραγμάτευση βασίζεται στην ίδια τη διαδικασία μάθησης του μαθητή. Προϋποθέτοντας ότι η ικανότητα του μαθητή για εξέταση όλων των ευρημάτων ενός διαγνωστικού μοντέλου, επηρεάζεται από την εμπειρία του σαν επαγγελματία, η διαισθησιακή διαδικασία διαπραγμάτευσης του επιτρέπει να αλλάξει ιδέες άλλων πρακτόρων μέσω της επιχειρηματολογίας, χρησιμοποιώντας ένα Bayesian επεξεργαστή γραφικών.

Σε μια διαπραγματευτική διαδικασία, πρέπει κανείς να θεωρήσει ένα διάστημα στο οποίο υπάρχουν διάφορες πιθανότητες για τη λύση ενός αδιεξόδου. Αυτό συμβαίνει κατά τη διάρκεια ενός διαγνωστικού υποθετικού μοντέλου. Δηλαδή ένα διαγνωστικό μπορεί να προσδιοριστεί από διαφορετικές υποθέσεις, ωστόσο η ενεργοποίηση και τα βασικά πορίσματα πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα συμπληρωματικά πορίσματα θα βοηθήσουν μόνο στην επιβεβαίωση της διάγνωσης.

Η διαδικασία της διαπραγμάτευσης μπορεί επίσης να διαχειριστεί ως ένα παιχνίδι, όπου οι πράκτορες είναι ικανοί να παραπλανήσουν τον αντίπαλο. Επομένως, στο AMPLIA, ο Domain Agent μπορεί να συγχύσει το μαθητευόμενο συμπεριλαμβάνοντας έναν αποκλειστικό κόμβο στη λίστα των μεταβλητών.

Σε ποιά στιγμή όμως ο Domain Agent ενδίδει στη γνώμη του Learner Agent; Αν και η μοντελοποίηση του μαθητευόμενου δεν είναι ακριβώς η ίδια με αυτή του Domain Agent λύνει το πρόβλημα της μελέτης των περιπτώσεων.

Ο Learner Agent θα μπορεί να ενδίδει στη γνώμη του Domain Agent όταν αντιληφθεί τις ροές στο μοντέλο του, συμπεριλαμβάνοντας στρατηγικές οι οποίες επιλέγονται από τον μεσολαβητή, όπως βλέπουμε στο επόμενο παράδειγμα:

- Ο Domain Agent προτείνει ένα πρόβλημα.
- Ο Learner Agent μοντελοποιεί και υποβάλλει μια εκτίμηση.
- Το αποτέλεσμα αυτής της εκτίμησης στέλνεται στον Mediator Agent σαν συγκεκριμένα σχόλια για κάθε περιοχή του δικτύου. Ο Domain Agent πληροφορεί επίσης τα κυρίως σημεία ή τα πιο σημαντικά.
- Ο Mediator Agent ζητά από το μαθητευόμενο να του πει το επίπεδο εμπιστοσύνης σχετικά με τη γραφική περιοχή.
- Βασισμένος σε αυτές τις πληροφορίες ο Mediator Agent επιλέγει τη σωστή στρατηγική.
- Στην επόμενη φάση της διαδικασίας, ο Mediator Agent έχει μια εντύπωση για το μαθητή κι επίσης, βασισμένος σε αυτή τη πληροφορία, ο Mediator Agent επιλέγει και πάλι μια νέα στρατηγική.

Το σύστημα AMPLIA ακολουθεί μια εποικοδομητική γραμμή, διαισθητικά ο Mediator Agent θα πρέπει να είναι συγκαταβατικός με τη θέση του μαθητή, προσπαθώντας να μην είναι επιθετικός μαζί του και προσπαθώντας να λάβει υπόψη του αυτά που ο μαθητής γνωρίζει καλύτερα έτσι ώστε να τον βοηθήσει να προχωρήσει στις υποθέσεις του.

Η ιδέα στη συνέχεια είναι να μεγιστοποιήσει τις ικανότητες του μαθητή και του ειδικού. Ο Mediator Agent μπορεί να ησυχάσει τις συγκρούσεις οι οποίες δημιουργούνται μεταξύ των δύο πρακτόρων, του Domain Agent και του Learner Agent, με ένα μη επιθετικό τρόπο, χρησιμοποιώντας παιδαγωγικές στρατηγικές.

Η παιδαγωγική πρόταση του AMPLIA ακολουθεί την εποικοδομητική προσέγγιση. Σε αυτή τη προσέγγιση, ο μαθητής είναι ένα ενεργό αντικείμενο στη διαδικασία μάθησης και ο δάσκαλος αναλαμβάνει το ρόλο του μεσολαβητή για να παρακινήσει το μαθητευόμενο, προτάσσοντάς του στρατηγικές για τη διαδικασία επίλυσης. Έτσι, η διαδικασία μεσολάβησης του AMPLIA διεξάγεται από ένα ευφυή Mediator Agent, ο οποίος χρησιμοποιεί παιδαγωγικές στρατηγικές κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μάθησης. Ανάμεσα στις παιδαγωγικές στρατηγικές που χρησιμοποιούνται σε ένα

εποικοδομητικό περιβάλλον αναφέρονται προτάσεις προβλημάτων τα οποία εμπλέκουν διατυπώσεις υποθέσεων, σύγκριση ή/και αποκλεισμό, κατηγοριοποίηση δεδομένων και διατύπωση μοντέλων, όπως και αναζήτηση για δεδομένα επαναδιοργάνωσης για αποτελεσματικές δράσεις. Επίσης αναφέρεται ο μαθησιακός κύκλος του Kolb, στον οποίο ο Belhot [6] αναφέρεται σε ερωτήσεις κλειδιά όπως “τι;, πώς;, τι κι αν;, και γιατί;”. ωστόσο όταν ο μαθητευόμενος χρησιμοποιεί το AMPLIA, πρέπει να παρακινηθεί να μάθει επίσης το “γιατί” και όχι μόνο το “πώς” για να λύσει ένα θέμα.

Στο μοντέλο του Kolb, το κίνητρο είναι ένα στοιχείο κλειδί στη μάθηση, και τα αισθήματα έχουν σημαντικό ρόλο όταν μιλάμε για παρακίνηση του μαθητή. Αντιθέτως από αυτό, το σύστημα AMPLIA υποστηρίζει ότι ο μαθητής κάνει μια αυτοεκτίμηση και πληροφορεί το βαθμό εμπιστοσύνης του, ο οποίος θα είναι η μεταβλητή που θα ληφθεί υπόψη από τον Mediator Agent.

Ο Mediator Agent ξεκινά τη διαδικασία διαπραγμάτευσης αφού ο μαθητευόμενος παρουσιάσει τη γνώμη του. Αυτή η ανασκόπηση διεξάγεται από διαδικασίες οι οποίες προωθούν μία ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση της λύσης του μαθητευόμενου, κατηγοριοποιώντας τα μοντέλα ως εφικτά, ανέφικτα, ολοκληρωμένα, μη ολοκληρωμένα ή λανθασμένα.

Ο Domain Agent κατατάσσει το μοντέλο του μαθητή και στέλνει ένα μήνυμα το οποίο περιλαμβάνει τα σημεία σύγκρουσης στον Mediator Agent, μαζί με μία λίστα εξηγήσεων η οποία θα είναι χρήσιμη στη διαδικασία διαπραγμάτευσης. Ο Mediator Agent προτείνει στο μαθητευόμενο να κάνει μια αυτοαξιολόγηση και να πληροφορήσει το βαθμό εμπιστοσύνης στο μοντέλο του. Ο βαθμός εμπιστοσύνης μπορεί να είναι Ψηλός, Μέτριος ή Χαμηλός. Ο Learner Agent επιλέγει το βαθμό εμπιστοσύνης και πληροφορεί τον Mediator Agent. Ο Mediator Agent στέλνει ένα μήνυμα στον Learner Agent με επιχειρήματα που βασίζονται στην ταξινόμηση του μοντέλου. Αυτό το μήνυμα θα παρακινήσει το μαθητή να αναθεωρήσει τα πιστεύω του, βοηθώντας τον έτσι να αποφασίσει ποιες θα είναι οι επόμενες του κινήσεις. Ένα γενικό παράδειγμα μηνύματος είναι το εξής:

Το διαγνωστικό σας μοντέλο είναι (ολοκληρωμένο, εφικτό, ανέφικτο, μη ολοκληρωμένο) και η εμπιστοσύνη σας είναι (ψηλή, μέτρια, χαμηλή).

Στη συνέχεια, ο Mediator Agent περιμένει για την επόμενη κίνηση του μαθητεύομένου η οποία μπορεί να είναι:

- Ζητά περισσότερες πληροφορίες για τους κόμβους ή/και σχέσεις όπου ο Learner Agent έχει ένα χαμηλό βαθμό εμπιστοσύνης.
- Ζητά μια κριτική στις έννοιες του Bayesian δικτύου.
- Συνέχισε με τις αλλαγές του δικτύου για να τις στείλεις στον Domain Agent αργότερα.
- Άφησε τη διαδικασία διαπραγμάτευσης.
- Κοίταξε το μοντέλο δικτύου του ειδικού.

Η διαδικασία των διαπραγματεύσεων είναι μια διαδραστική μέθοδος όπου ο Mediator Agent θα παρακινεί συνεχώς τον Learner Agent να πετύχει τους στόχους του, οι οποίοι είναι: η κατασκευή του υποθετικού μοντέλου και η κατασκευή της διαγνωστικής αιτιολόγησης. Μετά από επανειλημμένες συναντήσεις, ο Mediator Agent μπορεί να αναλύσει τη συμπεριφορά του μαθητή για να δημιουργήσει μια αναλογία στο ρόλο του δασκάλου. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την αξιολόγηση των επιχειρημάτων, όπως βλέπουμε σε περιπτώσεις αδιεξόδων. Παρατηρώντας τις αντιδράσεις στα επιχειρήματα, ο Mediator Agent μπορεί να ενημερώσει ακόμα και να διορθώσει το μοντέλο του Learner Agent.

Ένα παράδειγμα μιας κατάστασης αδιεξόδου είναι όταν ο μαθητής παραμένει στο ίδιο σφάλμα, ακόμα και με όλα τα αρχικά επιχειρήματα που του παρέχονται. Μια νέα στρατηγική τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, ας πούμε πως ένας μαθητής κάνει ένα ανέφικτο μοντέλο. Το σύστημα, χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη στρατηγική, ενημερώνει ότι η δομή του δικτύου δεν είναι επαρκές για τις αρχές του Bayesian δικτύου. Ο μαθητής όμως επιμένει στο ίδιο λάθος, και δεν μπορεί να εντοπίσει το πρόβλημα, το οποίο μπορεί να είναι ένα κυκλικό δίκτυο, ένα αποσυνδεδεμένο δίκτυο, ή ένα δίκτυο με λανθασμένη κατανομή πιθανοτήτων. Με το καιρό, αναλύοντας τη συμπεριφορά του μαθητή, ο Mediator Agent μπορεί να πάρει την απόφαση να στείλει ένα επιχειρήματα στο πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει ο μαθητής, για παράδειγμα, ότι το δίκτυο του παρουσιάζει κύκλους.

2.5.6 Ένα παράδειγμα του συστήματος AMPLIA: Ρευματικός Πυρετός

Ένα παράδειγμα του AMPLIA σε δράση είναι το εξής. Κατά τη πρώτη του πρόσβαση στο σύστημα ο μαθητής θα γεμίσει μια φόρμα με κάποια δεδομένα όπως όνομα, κωδικό πρόσβασης, κτλ. Δημιουργώντας έτσι ένα φάκελο στη βάση δεδομένων του μαθητή. Στις επόμενες συνδέσεις του, θα ενημερώσει μόνο το κωδικό πρόσβασής του. Μετά την αναγνώριση ο Learner Agent επιλέγει μια ιατρική μελέτη περίπτωσης από τη βάση δεδομένων του Domain Agent. Μια μελέτη περίπτωσης αντιπροσωπεύεται από ένα διαγνωστικό κειμενικό πρόβλημα, το οποίο πιθανώς εμπλουτίζεται από γραφικά ή/και αρχεία ήχου (Σχήμα 6). Ο Domain Agent συγκρίνει κάθε περίπτωση μελέτης με ένα ενσωματωμένο μοντέλο διαχείρισης.

Identification: J.P.C., 9 years old, female, Caucasian, resident in Criciúma, state of Santa Catarina, Brazil.

Main Complaint: "Tender knee"

Current Disease History: A 9-year-old girl, accompanied by her mother, comes to her medical appointment complaining of a left tender, red knee. She refers that this pain started two weeks ago in her left ankle. As soon as the swelling in the ankle subsided, her knee started to redden. She feels the pain is now moving to her right hand too. Her mother informs that about 8 weeks ago she had a febrile illness, followed 2 days later by a severe sore throat. Also, she says that yesterday her daughter was also complaining of a burning sensation in her chest.

Vital signs:

- HR (Heart Rate): 56 bpm;
- BR (Breath Rate): 26 ipm;
- BP (Blood Pressure): 90/60mmHg;
- Temperature: 37.9°C

Physical Exam:

Ectoscopy :

- Pale ocular mucous membrane. Presence of a small, soft, pea-sized, painless to percussion swelling, over distal, anterior portion of her right forearm. The skin moves freely over it, and there's no apparent local change in color, or temperature. (Click here to see image - when clicking, an image of the arm will appear)
- Presence of a round 2 cm wide pinkish rash, not indurated on mandibular portion of face, that blanches on pressure.
- Pulmonary Auscultation: Uniformly distributed vesicular sounds heard, with crepitant rales over lung bases.

Cardiac Auscultation:

- Gallop rhythm, bradycardic, with presence of a high-pitched holosystolic blowing murmur over the aortic area. (Click here to listen - when clicking, the sound can be listened) Also audible is a pericardial friction rub, best heard over the left sternal border. (Click here to listen - when clicking, the sound can be listened)

Oral exam: No signs of mucous erythema, discrete hypertrophic tonsils.

Otoscopic exam: Transparent, shiny, tympanic membranes.

Abdomen Exam: Normal bowel sounds. No signs of visceromegalies.

Lab Tests: Ht: 31.8

Hb: 9.2

MCV: 90

HCM : 26,8

Leucocytes: 8000, Bast:4%, Seg: 69%, Mon:10%, Lymph:12%, Eo:5%

Platelets: 280000

ASOT : 600 (Normal range: up to 200)

ESR: 80 (Normal range: up to 20)

C-Reactive Protein: Reactive (+++). (Normal range: negative).

ECG: Sinus bradycardia, HR:52bpm, prolonged PR interval, elevation of ST segment on leads V1 to V3, compatible with epicardial injury and/or pericarditis. Echocardiography suggested.

Chest X-Ray: Cardiomegaly. Bilateral pericardial effusion. Kerling-B lines observed, and possible incipient signs of heart failure. (Click here to see image - on click

Σχήμα 6. Μια ιατρική περίπτωση μελέτης [39].

Μετά από αυτή τη μελέτη περίπτωσης, ο μαθητευόμενος μπορεί να ξεκινήσει τη κατασκευή του μοντέλου με την υποστήριξη του γραφικού επεξεργαστή του Bayesian δικτύου. Ο Domain Agent παρουσιάζει μία λίστα με τους κόμβους που απαιτούνται συν τους κόμβους οι οποίοι δεν σχετίζονται με τη παρούσα έρευνα του μαθητή. Ο μαθητής στη συνέχεια ενθαρρύνεται να αναπτύξει ένα καινούριο Bayesian δίκτυο, επιλέγοντας από τη λίστα τους κόμβους για τους οποίους αισθάνεται πως είναι οι καλύτεροι για τη περίπτωση. Ο μαθητής μπορεί να επεξεργαστεί και τα ποιοτικά αλλά και τα ποσοτικά μέρη του μοντέλου. Χρειάζεται επίσης να εντοπίσει όλες τις μεταβλητές, διαγνωστικές και ευρηματικές, που παρουσιάζονται στην περίπτωση, και να αξιολογήσει την αρχική κατανομή πιθανοτήτων για όλο το σύνολο μεταβλητών.

Το σχήμα 7 παρουσιάζει το μοντέλο που είχε προηγουμένως αναπτυχθεί από ένα ειδικό για το παράδειγμα που αναφέραμε πιο πάνω. Η συγκεκριμένη εικόνα είναι ορατή μόνο στο μαθητευόμενο έπειτα από εντολή.

Ο διαγνωστικός κόμβος “Rheumatic Fever” στο σχήμα παρουσιάζει την οριστική διάγνωση αυτής της περίπτωσης. Ο Ρευματικός Πυρετός είναι μια συστηματική αυτοάνοση ασθένεια που οφείλεται σε διασταυρωμένη αντιδραστικότητα με β-αιμολυτικό στρεπτόκοκκο της Ομάδας Α. Μετά από μια λοίμωξη του λαιμού, για παράδειγμα, τα αντισώματα που αναπτύχθηκαν από το ανοσοποιητικό σύστημα έναντι των βακτηρίων (στρεπτόκοκκος) αντιδρούν με τους ίδιους ιστούς οι οποίοι επηρέασαν τον ασθενή. Στο 2% του ευπαθούς πληθυσμού, μπορεί να υπάρξει μόνιμη ζημιά των καρδιακών βαλβίδων και ο κίνδυνος για μετέπειτα ενδοκαρδίτιδα (φλεγμονή του ιστού που καλύπτει τα τοιχώματα της καρδιάς) είναι αυξημένος.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, οι κόμβοι κατηγοριοποιούνται ως διαγνωστικοί ή/και ευρηματικοί. Οι ευρηματικοί κόμβοι υποκατηγοριοποιούνται επίσης σαν ενεργή, αισθητοί, συμπληρωματικοί και αποκλειστικοί.

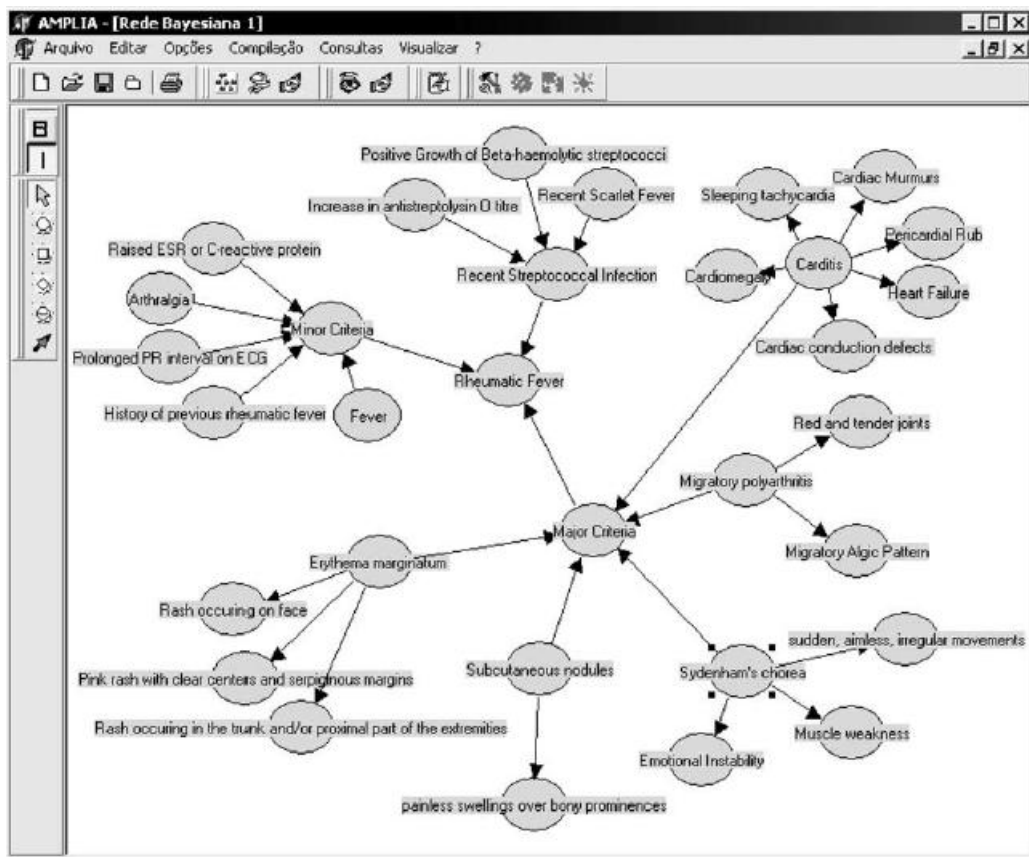
Στο Σχήμα 8, όπου βλέπουμε ένα παράδειγμα κόμβου ενεργοποίησης, παρατηρούμε το “άνώδυνο πρήξιμο πάνω από οστεώδη περιοχή”, (painless swellings over bony prominences).

Μια θετική ένδειξη για αυτό τον κόμβο είναι αρκετή για να μας υποδείξει μια πραγματική εκ των υστέρων κατανομή του κόμβου “Subcutaneous nodules” (ένας διαγνωστικός και ευρετικός κόμβος). Οι κόμβοι “Recent Streptococcal Infection”,

“Major Criteria”, και “Minor Criteria” στο Σχήμα 9 παρουσιάζουν ουσιώδης κόμβους σε αυτό το δίκτυο.

Αυτοί οι κόμβοι κατηγοριοποιούνται ως εξής επειδή είναι απαραίτητοι για την τελική διάγνωση του “Ρευματικού Πυρετού”. Σύμφωνα με τα αναθεωρημένα κριτήρια Jones, μια διάγνωση Ρευματικού Πυρετού μπορεί να προσδιοριστεί μόνο από την παρουσία στοιχείων της προηγούμενης στρεπτοκοκκικής λοίμωξης, συν δύο Major Criteria ή ενός κύριου στοιχείου και δύο Minor Criteria.

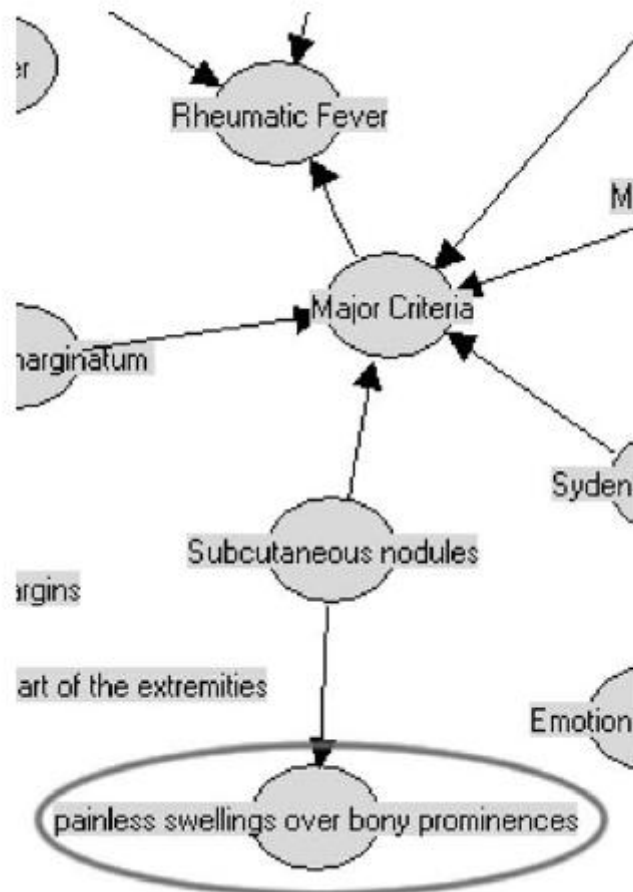
Τα Major και Minor κριτήρια, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, συμβολίζονται από κόμβους. Οι κόμβοι στον Πίνακα 3 κατηγοριοποιούνται σαν συμπληρωματικοί, επειδή βοηθούν στη δημιουργία πεποιθήσεων σε άλλους κόμβους.



Σχήμα 7. Το βασικό μοντέλο κατασκευασμένο από έναν ειδικό [39].

Nodes	Presented by patient?
Major Criteria	
Carditis (heart inflammation)	Yes
Migratory polyarthritis (pain that “moves” from joint to joint)	Yes
Sydenham’s chorea (involuntary movements of extremities)	No
Subcutaneous nodules (swellings under skin)	Yes
Erythema marginatum (pink rash in skin)	No
Minor Criteria	
Raised ESR or C-reactive protein (unspecific signs of inflammation in body)	Yes
Arthralgia (tender joint)	No (because evidence was already marked for Migratory polyarthritis)
Fever	Yes
History of previous Rheumatic Fever	No
Prolonged PR interval on ECG	Yes

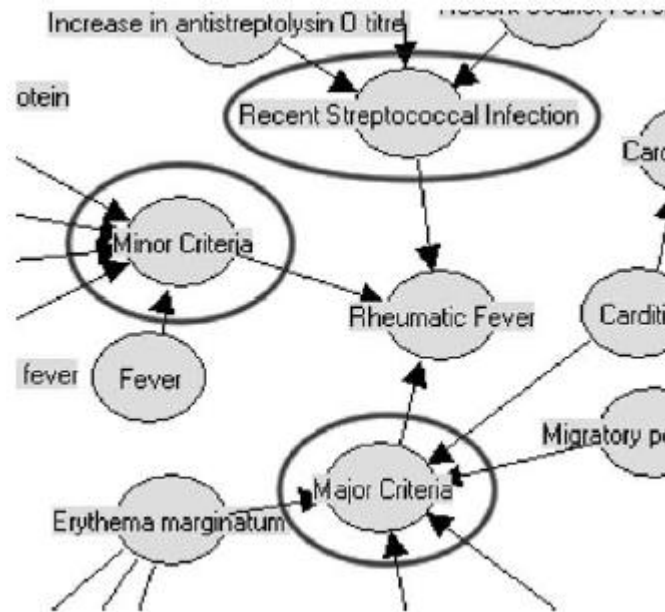
Πίνακας 3. Major και Minor κριτήρια [39].



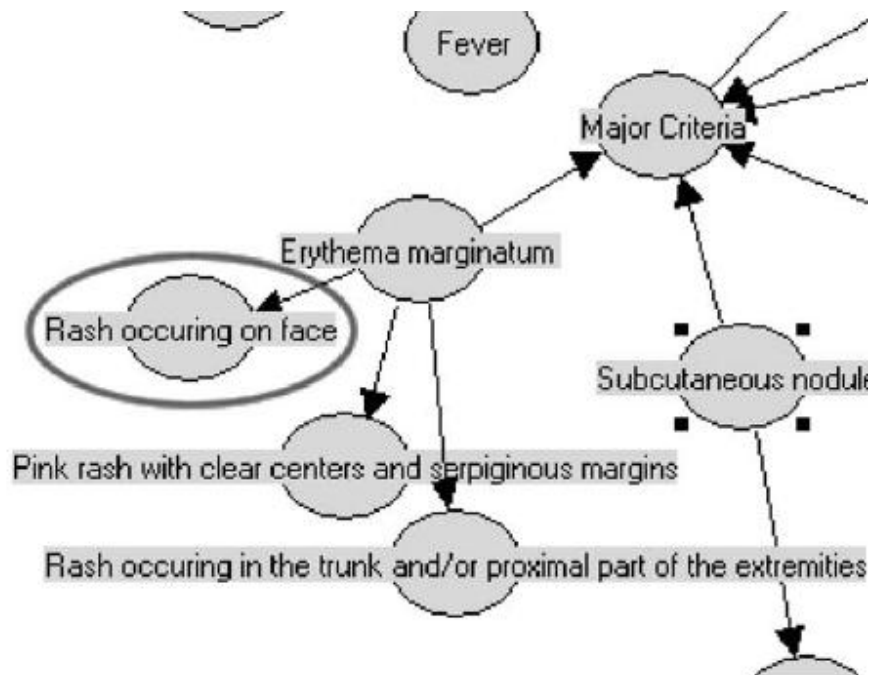
Σχήμα 8. Ένα δίκτυο με ένα κόμβο ενεργοποίησης [39].

Τέλος, σαν παράδειγμα ενός εξωτερικού κόμβου (βλέπε Σχήμα 10), παρατηρούμε την οντότητα “Rash occurring on face”. Ο Domain Agent έχει συμπεριλάβει αυτόν το

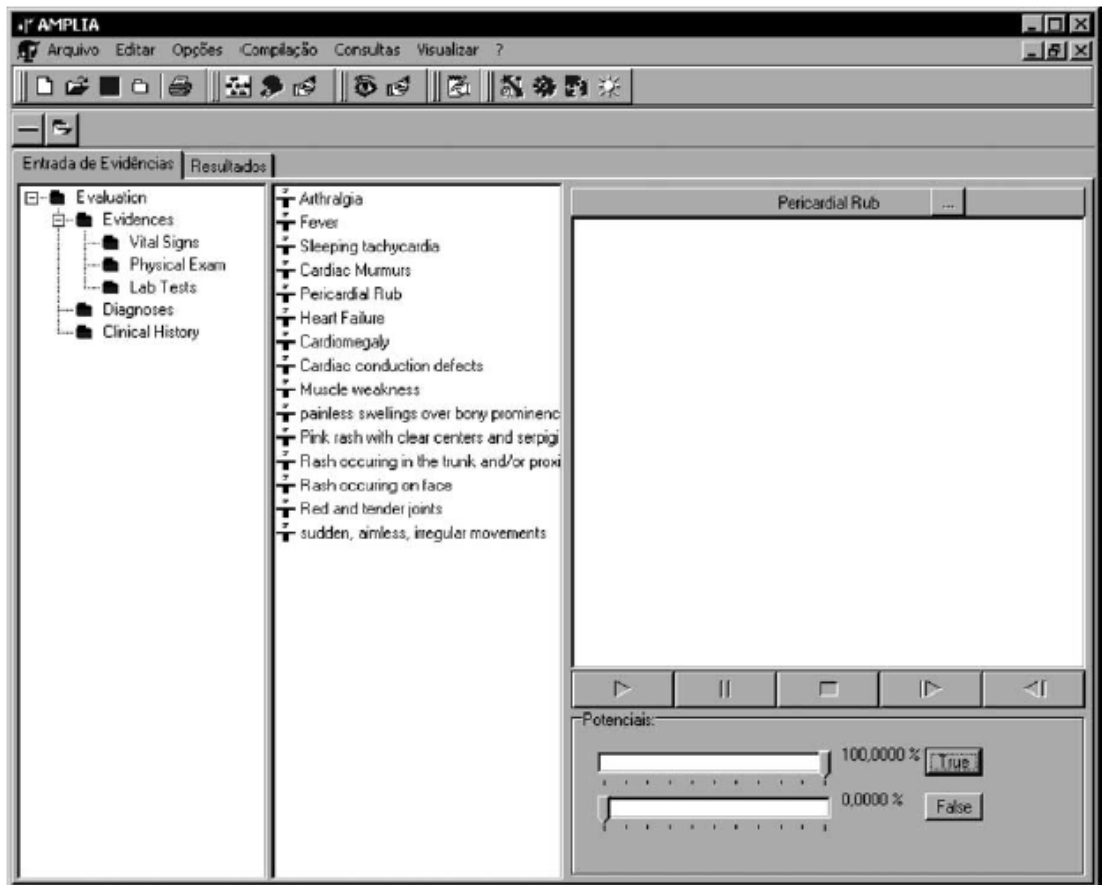
κόμβο για να συγχύσει τον μαθητευόμενο. Το ροζ εξάνθημα “Erythema Marginatum”, δεν εμφανίζεται ποτέ στο πρόσωπο. Σε περίπτωση ενός θετικού στοιχείου για αυτό το κόμβο, η εκ των υστέρων κατανομή πιθανότητας του κόμβου Erythema Marginatum θα πρέπει να είναι αρνητική.



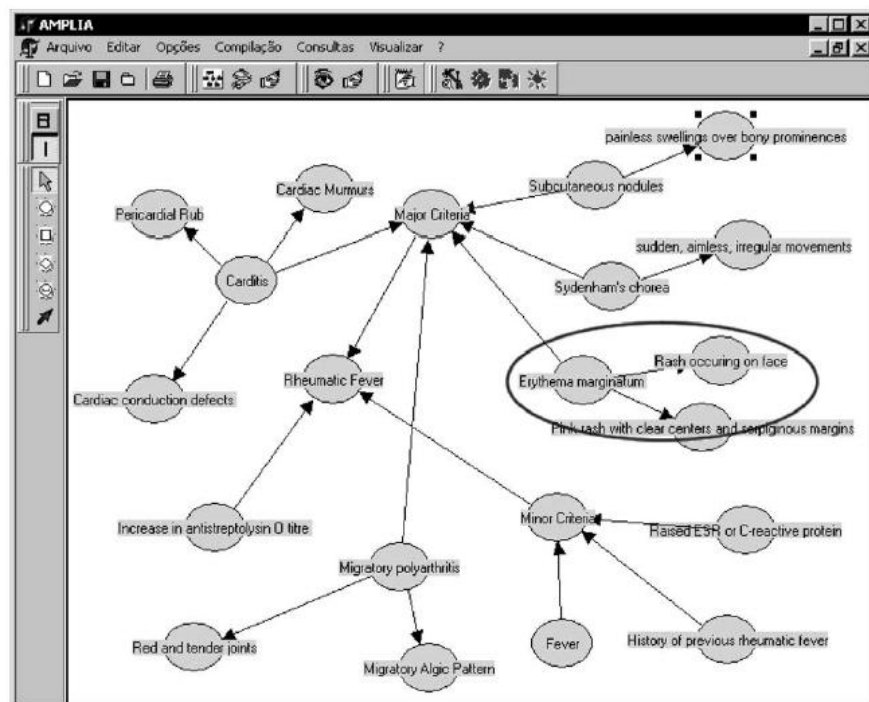
Σχήμα 9. Ένα δίκτυο με ομοιάδης κόμβους [39].



Σχήμα 10. Ένα δίκτυο με ένα εξωτερικό κόμβο [39].



Σχήμα 11. Εισάγοντας τα στοιχεία [39].



Σχήμα 12. Ένα υποθετικό δίκτυο μοντέλου του μαθητευόμενου [39].

Αφού ο μαθητής τελειώσει το δίκτυο, αρχίζει να εισάγει τα στοιχεία από τη διαγνωστική διερεύνηση, σύμφωνα με τη δική του ερμηνεία. Το Σχήμα 11 παρουσιάζει τη διεπιφάνεια του AMPLIA και δείχνει αυτή τη φάση.

Ο Learner Agent στέλνει το ποιοτικό μέρος του δικτύου, του μαθητευόμενου, μαζί με την εκ των προτέρων και εκ των υστέρων κατανομή πιθανοτήτων για τον Domain Agent. Με τη σειρά του ο Domain Agent ξεκινά να συγκρίνει αυτές τις πιθανότητες και τις σχέσεις με το ενσωματωμένο μοντέλο. Το Σχήμα 12 δείχνει ένα υποθετικό δίκτυο μαθητευόμενου.

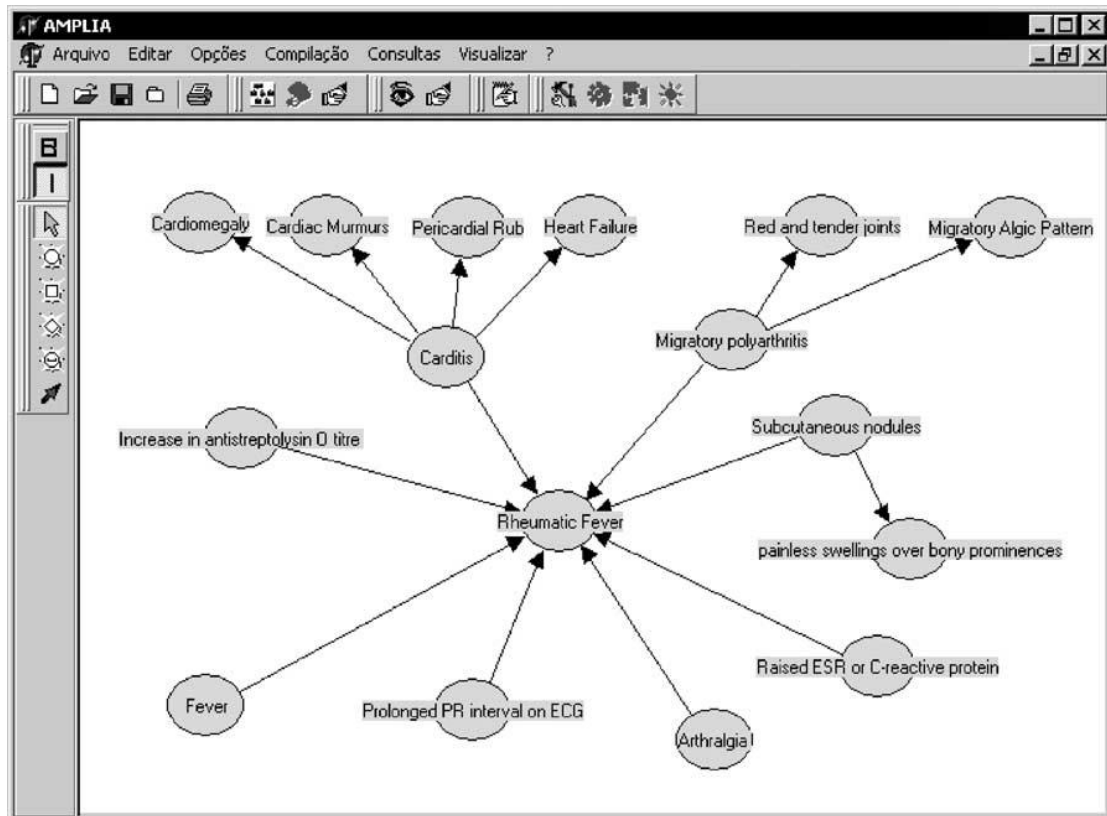
Ο κόμβος “Rash occurring on face”, έχει μια σωστή σχέση με τον “Erythema marginatum”. Μετά από τα συμπεράσματα των δοκιμών, ο Domain Agent ανακαλύπτει πως ο “Erythema marginatum” και ο κόμβος “Rash occurring on face” έχουν θετικές εκ των υστέρων τιμές. Αυτό το γεγονός ωθεί τον Domain Agent στο να πληροφορήσει τον Mediator Agent για αυτό το λάθος. Ο Mediator Agent αναγνωρίζει με τι είδους λάθος έχει να κάνει και εξηγεί στο μαθητευόμενο ότι ο “Rash occurring on face” είτε δεν σχετίζεται με το “Erythema marginatum” είτε έχει ένα αρνητικό αντίκτυπο σε αυτό το κόμβο. Ο Mediator Agent στη συνέχεια παρέχει πληροφορίες στο μαθητευόμενο σχετικά με τους αιτιολογικούς πράκτορες του “Erythema marginatum”, τι είναι και με τι σχετίζεται. Αυτή η διαγνωστική συλλογιστική απευθύνεται στους κόμβους οι οποίοι ταξινομούνται ως “διαγνωστικοί” (όπως ο κόμβος “Erythema marginatum”). Διαφορετικά, το σύστημα δεν θα ξέρει πότε να επικεντρωθεί στο διαγνωστικό κόμβο “Erythema marginatum” ή στον ευρετικό κόμβο “Rash occurring on face”.

Εκτός από την ανάπτυξη του δικτύου που επιλύει το ιατρικό πρόβλημα, ο ειδικός είναι επίσης υπεύθυνος για μια σύντομη επιχειρηματολογία σχετικά με κάθε κόμβο. Ο Mediator Agent, τελικά, χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα για παιδαγωγικούς σκοπούς. Στο Πίνακα 4 μπορούμε να παρατηρήσουμε τα πραγματικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιεί ο Mediator Agent κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας.

Περισσότερα παραδείγματα υποθετικών μοντέλων μαθητή και οι αντίστοιχες ταξινομήσεις τους παρουσιάζονται πιο κάτω.

Παράδειγμα 1. Σύμφωνα με τη ταξινόμηση που παρουσιάζεται στο Πίνακα 2, το υποθετικό δίκτυο μαθητή που βλέπουμε στην Σχήμα 13 εμπίπτει στο εφικτό μοντέλο του μαθητή. Αν και οι απαραίτητοι κόμβοι όπως “Major Criteria”, “Minor Criteria” και

“Recent Streptococcal Infection” λείπουν, ο μαθητής κατάφερε να συμπεριλάβει όλους τους κόμβους που παρουσιάζονται στην υπόθεση. Μετά από αποδοτική ανάλυση που έγινε από τον Domain Agent, το δίκτυο ήταν ικανό να διαγνώσει ορθά τον Ρευματικό Πυρετό. Παρά την περιορισμένη χρήση του, ο μαθητευόμενος σύνθεσε σωστά τις σημαντικές πτυχές αυτής της έρευνας. Βλέπε Σχήμα 13.



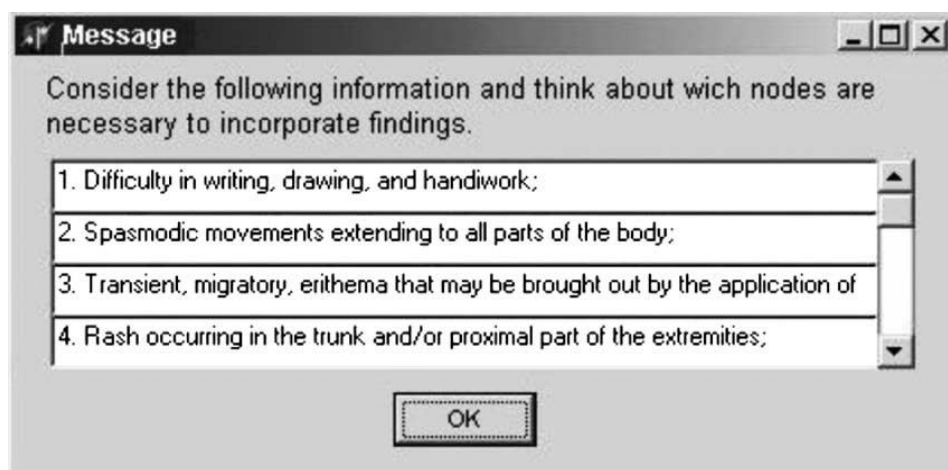
Σχήμα 13. Ένα επικτικό δίκτυο [39].

Αυτό το παράδειγμα δείχνει ένα κοινό πρόβλημα που παρατηρήθηκε μεταξύ του ειδικού και των μοντέλων του μαθητευόμενου: η διαφορά στην απουσία/παρουσία των αφαιρετικών κόμβων. Και τα δύο “Major Criteria” και “Minor Criteria” είναι λογικές οντότητες. Συνοψίζουν τη παρουσία/απουσία των πατρικών τους κόμβων. Ο Mediator Agent θα αποθαρρύνει το μαθητή, και το περιβάλλον θα χάσει αξιοπιστία σε περίπτωση που μόνο αρνητικές παρεμβάσεις επρόκειτο να ανατραφούν. Για να ανιχνεύσει καταστάσεις όπως αυτές, ο Domain Agent ψάχνει για όλους τους χαμένους κόμβους. Αν οι πατρικοί κόμβοι αυτών που λείπουν, παρουσιάζονται στο δίκτυο του μαθητευόμενου (η περίπτωση στην Σχήμα 13), ο Domain Agent ελέγχει κατά πόσο οι πιθανολογικές επιπτώσεις με νόημα παρατηρούνται ακόμα σε κάθε διαγνωστικό κόμβο

στο δίκτυο του μαθητευόμενου. Επειδή όλοι οι διαγνωστικοί κόμβοι “Rheumatic Fever”, “Migratory polyarthritis”, “Carditis”, και “Subcutaneous nodules” διαγνώστηκαν σωστά, ο Mediator Agent υποθέτει, στην αρχή, ότι ο μαθητευόμενος εμπίπτει στη ταξινόμηση της “ψηλότερης εμπιστοσύνης”. Για να το επιβεβαιώσει αυτό, ο μαθητής ζητά πληροφορίες σχετικά με την εμπιστοσύνη του στο μοντέλο του, και μόνο τότε ερευνά για τους κόμβους που λείπουν. Η Σχήμα 14 δείχνει ένα παράδειγμα αυτού του είδους της παρέμβασης.

Node	Argumentation	Classification I	Classification II
Rheumatic Fever	This node is important because it holds the key to the solution of this case study.	Trigger	Diagnostic
Minor Criteria	This node is a logical node that summarises the presence/absence of unspecific signs or lab test results that correlate to this case.	Essential	Diagnostic
Major Criteria	This node is a logical node that summarises the presence/absence of important findings you must observe in order to establish a correct diagnosis for this case (tip: create different states to express the presence of one, two or more findings present).	Essential	Diagnostic
Recent Streptococcal Infection	This node is a logical node that summarises the presence/absence of parent nodes that make evident the history of a Recent Streptococcal Infection. Remember that, to establish a correct diagnosis for this case, either one of this two situations must be fulfilled. Recent Streptococcal Infection plus two (or more) Major Criteria. Recent Streptococcal Infection plus (at least) one major criterion and two (or more) Minor Criteria.	Essential	Diagnostic
Carditis	The heart is the site of the most characteristic and consequential involvement, and all its layers—endocardium, myocardium, and pericardium—may be involved. This generalised involvement gives rise to the term <i>rheumatic pancarditis</i> . The most characteristic and specific pattern of rheumatic inflammation is found in the <i>myocardial Aschoff body</i> , a submiliary granuloma. This lesion, when present in its classic form, is generally considered to be pathognomonic of ... (by now you should have an understanding of what this investigation problem is all about). This finding should remind you of a major criterion called ..., that is present in 2–10% of patients with ...	Complementary	Diagnostic
Pink rash with clear centres and serpiginous margins	This finding should remind you of a major criterion called ..., that is present in 2–10% of patients with ...	Complementary	Finding
Rash occurring on face	Perhaps your network is not working properly because this node excludes the possibility of a patient having ..., a major criterion of ...	Excluder	Finding

Πίνακας 4. Μερική άποψη ενός πραγματικού παιδαγωγικού πίνακα επιχειρηματολογίας [39].

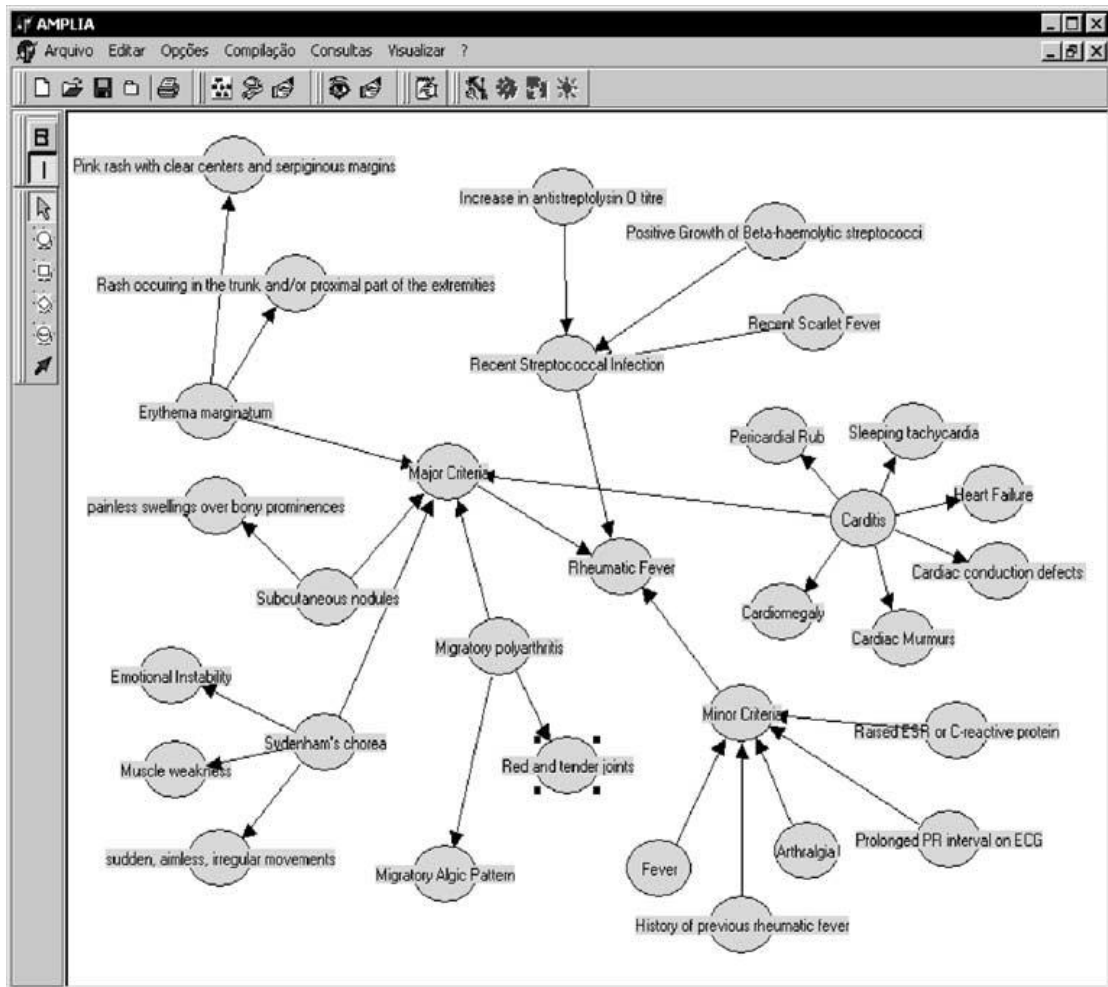


Σχήμα 14. Μια επέμβαση του Mediator Agent [39].

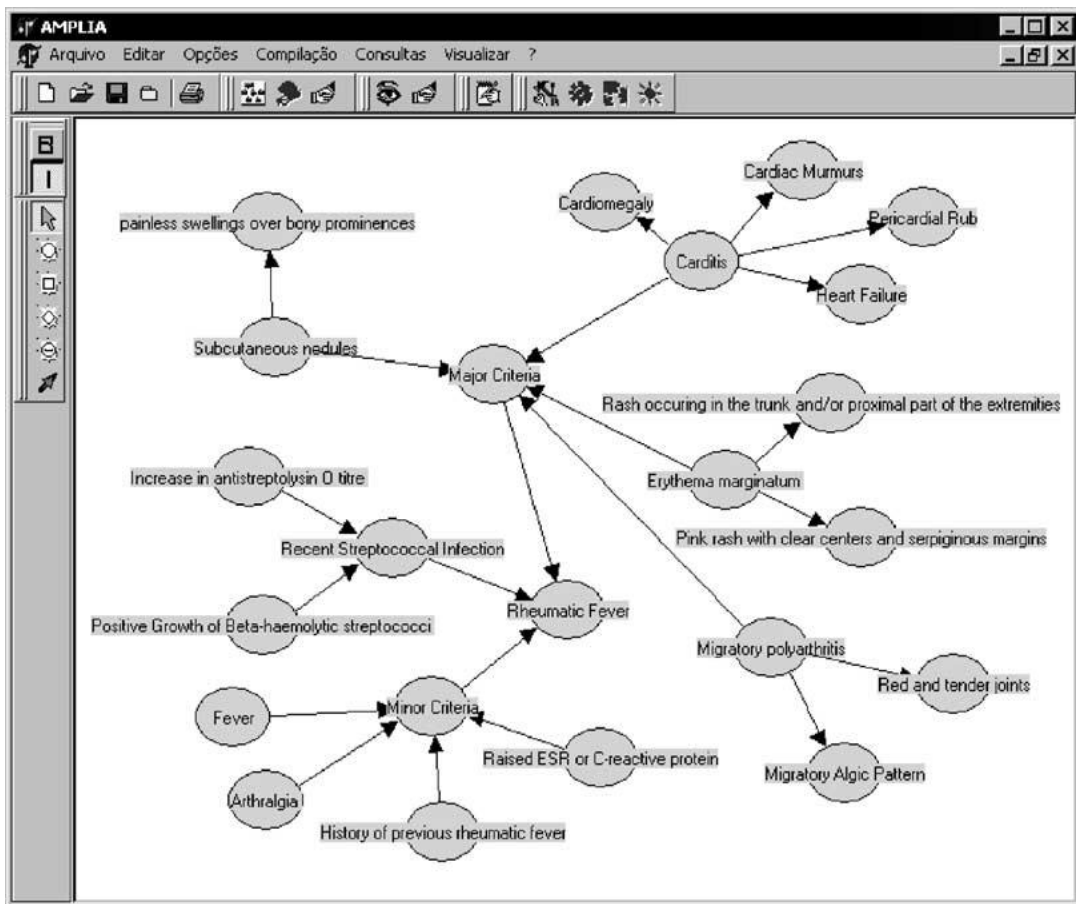
Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι κάποια παράπονα προέρχονται από τους κόμβους του μοντέλου στη βάση δεδομένων. Κάθε αριθμημένη καταχώρηση αντιπροσωπεύει ένα διαφορετικό κόμβο (που λείπει), στο δίκτυο του μαθητή (σε αυτή τη περίπτωση, οι κόμβοι “sudden, aimless, irregular movements”, “Sydenham’s chorea”, “Migratory Algic Pattern”, “pink rash with clear centres and serpiginous margins”, “Rash occurring in the trunk and/or proximal part of the extremities” και “Muscle Weakness”, αντίστοιχα). Αυτές οι επιπρόσθετες ενδείξεις δεν εξαντλούν όλους τους ελλειείς κόμβους στο μοντέλο του μαθητευόμενου έτσι ώστε να μην συγχύζετε με πολλές πληροφορίες ο μαθητής.

Παράδειγμα 2. Το Σχήμα 15 παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο μοντέλο δικτύου γιατί συμπεριλαμβάνει τους απαραίτητους κόμβους για να καθοριστεί ακριβώς η διάγνωση του “Ρευματικού Πυρετού”. Όλα τα πιθανά κριτήρια εκπροσωπούνται (Minor και Major). Όχι μόνο η τοπολογία είναι ορθή αλλά και η ανάλυση των παραμέτρων επιβεβαιώνει πως οι πιθανότητες εισάχθηκαν κατά προσέγγιση με αυτές του μοντέλου του ειδικού.

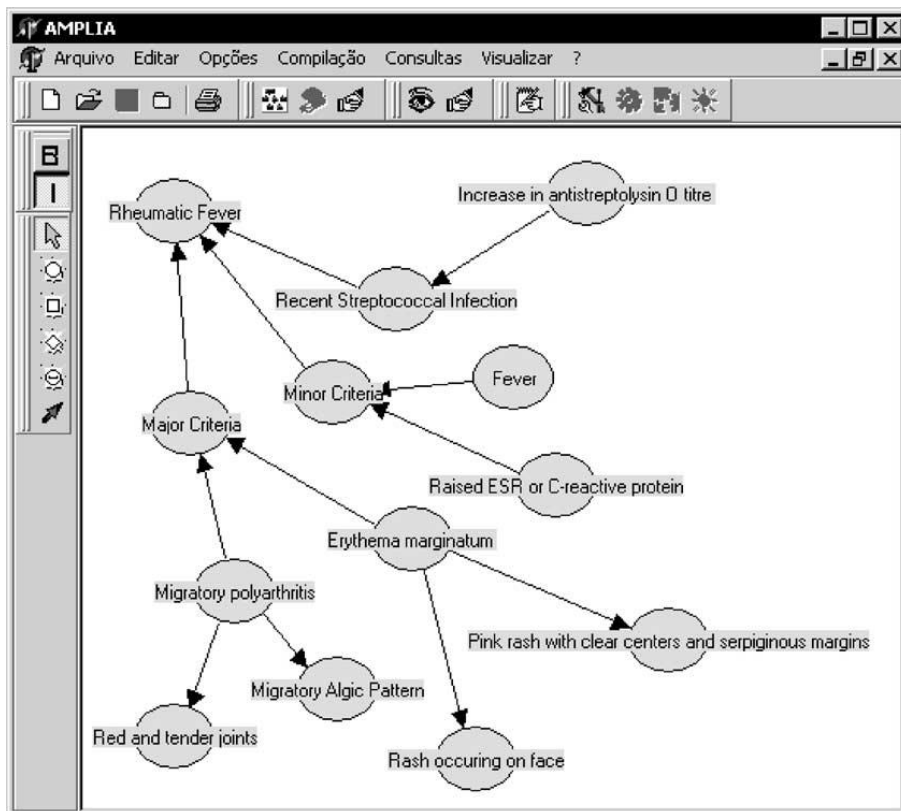
Παράδειγμα 3. Το Σχήμα 16 παρουσιάζει ακόμη ένα μοντέλο μαθητευόμενου το οποίο ταξινομείται ως ελλιπής. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διάγνωση του Ρευματικού Πυρετού δεν μπορεί να προσδιοριστεί επειδή κάποιοι σημαντικοί κόμβοι λείπουν. Ο μαθητής δεν θεωρεί το “Sydenham’s chorea” σαν ένα πιθανό σημαντικό κριτήριο, αν και δεν υπάρχει στη περίπτωση, αυτό το σημάδι θα πρέπει πάντα να επιδιώκεται.



Σχήμα 15. Ένα ολοκληρωμένο μοντέλο δικτύου [39].



Σχήμα 16. Ένα μη ολοκληρωμένο μοντέλο δικτύου [39].



Σχήμα 17. Ένα ανέφικτο μοντέλο δικτύου [39].

Παράδειγμα 4. Στο Σχήμα 17 βλέπουμε ένα παράδειγμα ενός ανέφικτου δικτύου. Σημειώστε πως ο μαθητευόμενος βασίζει την διάγνωση του Ρευματικού Πυρετού σε δύο βασικά κριτήρια: (1) “Migratory polyarthritits”, που παρουσιάζεται από τον ασθενή, και (2) Erythema marginatum, αν και δεν παρουσιάζεται στη περίπτωση, εντούτοις, κάνει χρήση του “Rash occurring on face” σαν κόμβο επιβεβαίωσης για τον “Erythema marginatum”. Όπως είδαμε στον Πίνακα 3, ο “Rash occurring on face” είναι ένα αποκλειόμενο πόρισμα που διαπιστώνει ότι αποκλείει αυτό το βασικό διαγνωστικό κριτήριο.

2.5.7 Συμπεράσματα και μελλοντικές εργασίες

Το έξυπνο πιθανολογικό μαθησιακό περιβάλλον, του AMPLIA, είναι σχεδιασμένο για να υποστηρίζει τη κατασκευή ερμηνευτικών μοντέλων σε σύνθετους, αβέβαιους τομείς, και να υποστηρίζει τη διαγνωστική αιτιολογία. Οι τομείς της εφαρμογής είναι από την Ιατρική. Σε αντίθεση με τα περισσότερα υφιστάμενα συστήματα που βασίζονται στη προσέγγιση των Bayesian δικτύων, το AMPLIA έχει σχεδιαστεί ως ένα ιατρικό διαγνωστικό εργαλείο μάθησης. Ο μαθητευόμενος μπορεί να κατασκευάσει ερμηνευτικά μοντέλα, να αξιολογήσει τις συνέπειές τους ποιοτικά και ποσοτικά. Επίσης μπορεί να αναφέρει διαγνωστικές υποθέσεις και να λάβει ανατροφοδότηση σχετικά με τη χρησιμότητα των διαγνωστικών ερευνών.

Με τη χρήση τεχνολογίας πιθανοτικών αιτιολογιών είναι πιθανό να βελτιώσουμε την απόδοση του προϊόντος. Επί του παρόντος, η πιθανολογική λογική έχει μια ευρεία αποδοχή σε όλο το κόσμο, καθώς θεωρείται ως ένας αποτελεσματικός και ορθός τρόπος εκπροσώπησης και αντιμετώπισης της αβεβαιότητας.

Όσον αφορά τις εφαρμογές του AMPLIA, μια από τις συνεργασίες έχει σκοπό τη δημιουργία ρεαλιστικών μοντέλων με τη βοήθεια δεδομένων περιπτώσεων. Αυτά τα μοντέλα θα χρησιμεύσουν στη διαγνωστική εκπαίδευση.

Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων έχουν επιτυχώς χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη εφαρμογών σε ένα μεγάλο αριθμό τομέων. Σε αυτό το πλαίσιο η προσέγγιση των πολλαπλών πρακτόρων είναι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση επειδή διευκολύνει την ενσωμάτωση των διαφόρων στοιχείων του AMPLIA. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει εκτός από το καθορισμό μιας πραγματικής σχέσης μεταξύ των διάφορων πρακτόρων του συστήματος, ανθρώπινων και τεχνητών, μια καλύτερη υποστήριξη στο

μαθητευόμενο και μια προσαρμοσμένη καθοδήγηση. Η χρήση των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων βοήθησε επίσης την ανάπτυξη συστημάτων με τη συμμετοχή του χρήστη (μαθητευόμενου και γιατρού). Το αποτέλεσμα είναι ένα ευέλικτο σύστημα, όσον αφορά την εξέλιξη της γνώσης, των πρακτικών διδασκαλίας, και την εισαγωγή νέων χαρακτηριστικών ή αναγκαιότητα των οποίων πραγματοποιείται κατά τη χρήση του περιβάλλοντος.

Για το μέλλον, αναμένονται οι ακόλουθες εξελίξεις στο πλαίσιο του AMPLIA:

(α) η κατασκευή νέων εφαρμογών για υποστήριξη λήψης αποφάσεων στον ιατρικό τομέα, μέσω της μοντελοποίησης των νέων τομέων στο πεδίο της υγειονομικής περίθαλψης,

(β) να επεκτείνει αυτό το υπολογιστικό εργαλείο έτσι ώστε να μπορεί να αξιολογήσει διαγράμματα επιρροής. Ένα διάγραμμα επιρροής είναι ένα πιθανοτικό δίκτυο το οποίο παρουσιάζει την επισημοποίηση ενός προβλήματος στη λήψη αποφάσεων σε ένα αβέβαιο περιβάλλον και τέλος,

(γ) να επεκτείνει αυτό το υπολογιστικό εργαλείο έτσι ώστε να μπορεί επίσης να βγάλει συμπεράσματα σε πολλαπλά χωρισμένα Bayesian δίκτυα.

Στο παρόν, το σύστημα έχει υποβληθεί σε μια διαδικασία αξιολόγησης σχετικά με τις ακόλουθες πτυχές: η ακρίβεια του δικτύου δοκιμάζεται με μελέτες σε πραγματικούς ασθενείς που σχετίζονται με συγκεκριμένο ιατρικό τομέα. Σε αυτές τις μελέτες ο γιατρός ακολουθεί πρωτόκολλα ιατρικής συνέντευξης που έχουν σε κατάλογο όλες τις σημαντικές μεταβλητές του παρόντος δικτύου που ελέγχεται και που θα αναλυθεί κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.

2.6 Βοηθητικό σύστημα ιατρικής διάγνωσης MADHS

2.6.1 Εισαγωγή

Όπως είδαμε μέχρι τώρα στην έρευνά μας, ο συντονισμός και η διαπραγμάτευση μεταξύ πρακτόρων είναι απαραίτητα όταν πολλαπλοί πράκτορες κινούνται, μαζί, να κάνουν μια ιατρική διάγνωση για ένα ασθενή.

Σε αυτό το τμήμα της έρευνας θα παρουσιαστεί ένα μοντέλο πολλαπλών πρακτόρων που βοηθά στην ιατρική διάγνωση, το MADHS (Multi-agent diagnosis helping system).

Η ασάφεια και η αβεβαιότητα έχουν ενσωματωθεί σε δέντρα απόφασης για να διαμορφώσουν τον αιτιολογικό μηχανισμό των πρακτόρων. Ένας νέος μηχανισμός συντονισμού περιγράφεται στη συνέχεια, ο οποίος είναι σε θέση να φτάσει την τελική διάγνωση, η οποία είναι συμβατή με την ανάμνηση τόσο του ασθενούς όσο και των υφιστάμενων ιατρικών αρχών.

Οι μηχανισμοί μοντέλου και λογικής έχουν υλοποιηθεί με χρήση Java, Java Agent Development Framework (JADE), Java Expert System Shell (JESS) και NRC FuzzyJ Toolkit.

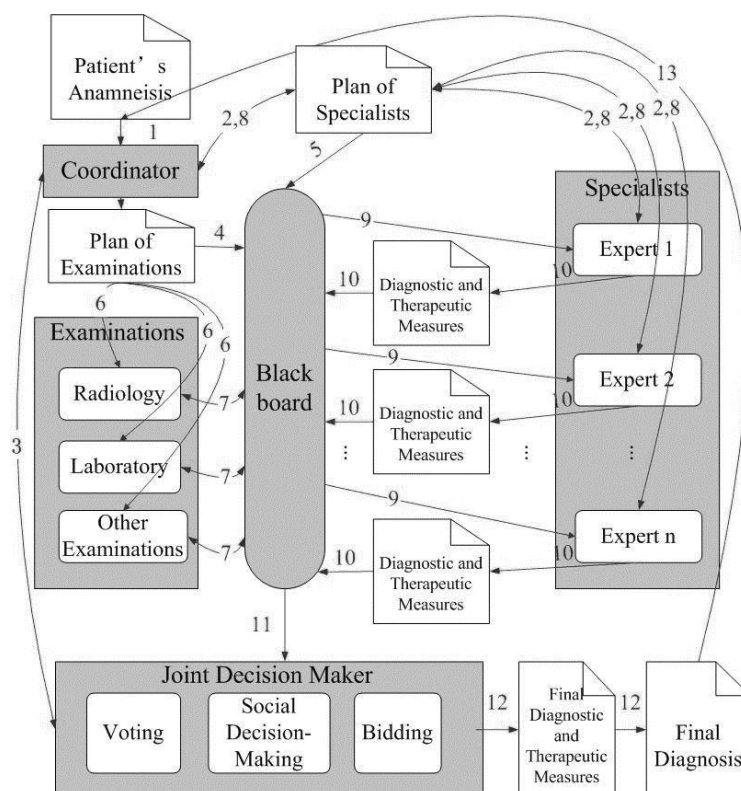
Αναμένεται ότι το προτεινόμενο σύστημα και οι προτεινόμενες τεχνολογίες θα χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμόσιμες περιοχές, όπως σε ιατρική διάγνωση με πολλαπλούς πράκτορες, σε ιατρική βοήθεια, και σε άλλα αυτόματα συστήματα διάγνωσης και συστήματα αποφάσεων.

Ο συντονισμός και η διαπραγμάτευση μεταξύ των πρακτόρων είναι απαραίτητα για την ιατρική διάγνωση όταν οι υποθέσεις είναι περίπλοκες. Ωστόσο, τα περισσότερα ιατρικά συστήματα διάγνωσης είναι είτε βασισμένα σε συστήματα με ένα μοναδικό κανόνα είτε σε διαδραστικά λογισμικά ιατρικών αποφάσεων, όπως το EasyDiagnosis [13]. Πολλά συστήματα πολλαπλών πρακτόρων έχουν παρουσιαστεί, σχετικά με την ιατρική διάγνωση αλλά είναι ακόμη υπό ανάπτυξη. Η δημιουργία ενός επίσημου και ολοκληρωμένου πρωτότυπου συστήματος ιατρικής διάγνωσης, πολλαπλών πρακτόρων παραμένει πρόκληση.

Σε αυτό το τμήμα της έρευνάς μας, ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων που βοηθά στη διάγνωση (MADHS) περιέχει πράκτορες τεσσάρων διαφορετικών ειδών: Coordinator, Examiners, Specialists και Joint Decision Maker όπως βλέπουμε στο Σχήμα 18. Ο Coordinator, συντονιστής πράκτορας, παίζει διάφορους ρόλους όπως: broker agent, administration agent, controller agent και interface agent. Ο Joint Decision Maker πράκτορας μπορεί να θεωρηθεί σαν “decision agent”, ενώ οι Examiners και Specialists πράκτορες μπορούν να θεωρηθούν ως “diagnosis agents”.

2.6.2 Το μοντέλο του MADHS

Στο Σχήμα 13 βλέπουμε μια γενική εικόνα του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των τύπων των πρακτόρων, και των κατευθύνσεων των επικοινωνιών μεταξύ τους.



Σχήμα 18. Οι πράκτορες στο σύστημα [40].

Οι τάξεις των πρακτόρων που εμφανίζονται στο MADHS, όπως ήδη αναφέραμε, είναι οι εξής: Coordinator, Examiners, Specialists και Joint Decision Maker. Οι Specialists είναι οι πράκτορες οι οποίοι συμβάλουν στη διάγνωση ή στις απόψεις της θεραπείας σε ειδικούς τομείς. Ο Examiner θα διεξάγει το εργαστήριο και άλλες εξετάσεις για τους Specialists όπως οι ίδιοι απαιτούν και θα στείλει τα αποτελέσματα πίσω στον μαυροπίνακα.

Ο Coordinator μπορεί να χωριστεί σε δυο διαφορετικές τάξεις, η πρώτη είναι σαν ένας κοινός Specialist όπου κάνει μια αρχική διάγνωση και η άλλη σαν ένας πραγματικός “Coordinator” που διαχειρίζεται τη ροή ελέγχου και την επικοινωνία όπως περιγράφεται πιο κάτω. Ο διαχωρισμός αυτών των δύο τμημάτων δίνει στο σύστημα την δυνατότητα να εκχωρήσει δυναμικά όποιο Specialist συμμετέχει, έτσι ώστε να γίνει ο Coordinator πριν μια διάγνωση αρχίσει. Χρησιμοποιώντας τη διπροσωπία του MADHS, ένας χρήστης μπορεί να ορίσει ένα διαθέσιμο Specialist ως Coordinator. Ένας συμμετέχοντας Specialist μπορεί επίσης να αρχικοποιήσει μια διαπραγμάτευση, στέλνοντας μηνύματα σε άλλους ειδικούς για να ψηφίσουν τον εαυτό τους ή κάποιον

άλλο Specialist για να γίνει ο Coordinator της ομάδας. Ο Coordinator είναι σχεδιασμένος ειδικά για τα ακόλουθα καθήκοντα:

(α) Για τη διάγνωση του ασθενούς αρχικά και να χρησιμοποιήσει το αποτέλεσμα της αρχικής διάγνωσης για να περιορίσει το εύρος των ασθενειών, στη συνέχεια προσδιορίζει ένα αρχικό σχέδιο για περισσότερη διάγνωση ή/και θεραπεία ακόμη.

(β) Για να συζητήσει με τους Specialists για το αν θα συμμετάσχουν ή όχι στην κοινή διάγνωση, τις γνώμες τους για τα αρχικά σχέδια και τα διαθέσιμά τους προγράμματα.

(γ) Για να επικοινωνήσει με τον Joint Decision Maker.

(δ) Για να δώσει τις επιμέρους εργασίες σε ειδικούς του χώρου σύμφωνα με το σχέδιο που αναθεωρήθηκε από τον Joint Decision Maker.

Παρά το γεγονός ύπαρξης ενός Coordinator, αυτό το μοντέλο του MADHS δεν είναι κεντροποιημένο, αλλά ιεραρχικό. Ο Coordinator ελέγχει μόνο το παγκόσμιο συντονισμό και την επικοινωνία ανωτάτου επιπέδου, ενώ άλλοι ανεξάρτητοι Specialists είναι ικανοί να ξεκινήσουν την δική τους επικοινωνία και να ελέγξουν μερικό συντονισμό.

Ο Joint Decision Maker (JDM) καθορίζει τη μέθοδο λήψης αποφάσεων όπου εφαρμόζεται σύμφωνα με το αρχικό σχέδιο από τον Coordinator και μια επιλογή του χρήστη. Ένας χρήστης μπορεί να επιλέξει μια μέθοδο μεταξύ των Weighted Voting, Social Decision-Making και Bidding, ή μία από τις δικές τους μεθόδους. Η μέθοδος Weighted Voting θα κάνει μια τελική απόφαση μεταξύ των ειδικών των οποίων η γνώμη θα είναι σταθμισμένη. Η Social Decision-Making μέθοδος θα βελτιστοποιήσει τα κοινωνικά οφέλη για μια κοινωνία που βασίζεται στη γνώμη του ειδικού. Η μέθοδος Bidding θα διαλέξει την καλύτερη επιλογή που προέρχεται από ειδικούς ανάλογα με το χρόνο, το κόστος, την αποτελεσματικότητα ή τις παρενέργειες. Συγκρίνοντας διαφορετικές επιλογές, ο Joint Decision Maker θα πρέπει να είναι σε θέση να κρίνει κατά πόσο υπάρχουν άλλες πολύτιμες επιλογές ή κατά πόσο είναι απαραίτητο να πάει πίσω στον Coordinator για να κάνει κάποιες επαναλήψεις της όλης διαδικασίας. Ο συντονισμός μεταξύ των Specialists μπορεί να είναι ανταγωνιστικός ή συνεργάσιμος, ανάλογα με το είδος της μεθόδου απόφασης που χρησιμοποιείται στον Joint Decision Maker.

Ο μαυροπίνακας του MADHS είναι μια οργανωμένη μνήμη που αποθηκεύει τις ακόλουθες πληροφορίες και Meta data:

- (α) σχέδια των Specialists και εξετάσεις,
- (β) αποτελέσματα των εξετάσεων από τους Examiners,
- (γ) ατομικές διαγνώσεις που παράγονται από τους Specialists.

Οι ρόλοι των πρακτόρων, όπως ο Coordinator, ο Specialist, ο Examiner ή ο Joint Decision Maker είναι προκαθορισμένοι. Όταν ένας πράκτορας και οι υπηρεσίες του καταχωρούνται σε μια ενεργή πλατφόρμα, ο ρόλος του σε μελλοντικό συντονισμό και σε λήψη αποφάσεων από κοινού αποφασίζεται την ίδια στιγμή.

Στο Σχήμα 18 βλέπουμε την επικοινωνία και την διαδικασία λήψης αποφάσεων μεταξύ των πρακτόρων με αριθμημένα βήματα:

Βήμα 1: Ο Coordinator αρχικά κάνει τη διάγνωση του για τον ασθενή, και στη συνέχεια σχηματίζει μια ομαδική λίστα με Specialists σύμφωνα με τη διάγνωση του.

Βήμα 2: Ο Coordinator ξεκινά μια διαπραγμάτευση αρχικά και στη συνέχεια στέλνει μηνύματα αιτήσεων σε κάθε μέλος της ομάδας και ρωτά αν θα είναι διαθέσιμοι μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό όριο. Οι Specialists που καλούνται πρέπει να ελέγξουν το δικό τους πρόγραμμα. Αν ένας Specialist είναι ικανός να κάνει διάγνωση ενός ασθενούς εντός του χρονικού ορίου, στέλνει τις διαθέσιμες χρονικές θυρίδες πίσω στον Coordinator. Αν όμως δεν τελειώσει τη διάγνωση του εντός του χρονικού ορίου, αρνείται το αίτημα του Coordinator.

Βήμα 3: Ο Coordinator σχεδιάζει τις πράξεις των Specialists σύμφωνα με τα προγράμματά τους. Έτσι, σχηματίζει ένα παγκόσμιο αρχικό Σχέδιο. Στη συνέχεια στέλνει το αρχικό Σχέδιο στον Joint Decision Maker. Ο Joint Decision Maker τροποποιεί το αρχικό Σχέδιο, προσθέτοντας τιμές στις παραμέτρους σύμφωνα με τη κοινή μέθοδο λήψης αποφάσεων που επιλέχτηκε, όπως και τα βάρη στη διαδικασία Voting. Μετά από αυτό, στέλνει το αναθεωρημένο σχέδιο πίσω στον Coordinator.

Βήμα 4: Ο Coordinator αποθηκεύει το Σχέδιο (Προγράμματα) των Examinations στο μαυροπίνακα.

Βήμα 5: Ο Coordinator αποθηκεύει το Σχέδιο (Προγράμματα) των Specialists στο μαυροπίνακα.

Βήμα 6: Ο Coordinator αρχικοποιεί τη συνεργασία, στέλνει τα μηνύματα αιτήσεων προς τους πράκτορες των εργαστηρίων (Lab Agents) σύμφωνα με το σχέδιο των Examinations. Ένας Lab Agent θα απαντήσει σε αιτήσεις της διάγνωσης με:

(α) Μια αποτυχία, αν αποτύχει να συμπληρώσει την αίτηση.

(β) Με μια ενημέρωση πως έγινε, αν επιτυχώς ολοκληρώσει την αίτηση.

(γ) Με μια ενημέρωση για αποτέλεσμα, αν επιτυχώς ολοκλήρωσε την αίτηση και ενημέρωσε τον Coordinator για τα αποτελέσματα.

Βήμα 7: Οι Lab Agents στέλνουν τα αποτελέσματα των εργαστηρίων στο μαυροπίνακα. Αν αποτύχουν να παραλάβουν τις αιτήσεις από τον Coordinator νωρίτερα, μπορούν να ελέγξουν το Σχέδιο των Examinations που είναι αποθηκευμένο στο μαυροπίνακα για να βρουν ποιές πράξεις πρέπει να ακολουθήσουν.

Βήμα 8: Ο Coordinator αρχικοποιεί άλλη μια συζήτηση, στέλνει τα μηνύματα αιτήσεων στα μέλη της ομάδας σύμφωνα με το Σχέδιο των Specialists. Ένας Specialist θα απαντήσει σε αιτήσεις της διάγνωσης με:

(α) Μια αποτυχία, αν αποτύχει να συμπληρώσει την αίτηση.

(β) Με μια ενημέρωση πως έγινε, αν επιτυχώς ολοκληρώσει την αίτηση.

(γ) Με μια ενημέρωση για αποτέλεσμα, αν επιτυχώς ολοκλήρωσε την αίτηση και ενημέρωσε τον Coordinator για τα αποτελέσματα.

Βήμα 9: Οι Specialists παίρνουν τα εργαστηριακά αποτελέσματα που χρειάζονται από τον μαυροπίνακα. Αν αποτύχουν να παραλάβουν τις αιτήσεις της διάγνωσης από τον Coordinator νωρίτερα, μπορούν να ελέγξουν το Σχέδιο των Specialists που είναι αποθηκευμένο στο μαυροπίνακα για να βρουν ποιές πράξεις πρέπει να ακολουθήσουν.

Βήμα 10: Οι Specialists στέλνουν τις διαγνωστικές και ανταποκρίσιμες θεραπείες στο μαυροπίνακα.

Βήμα 11: Σύμφωνα με το αίτημα του Coordinator, ο Joint Decision Maker παίρνει τις διαγνώσεις που παράγονται από τους Specialists από το μαυροπίνακα, χρησιμοποιώντας σε αυτά την επιλεγμένη μέθοδο κοινής λήψης αποφάσεων, και αποτελεί μια τελική διάγνωση.

Βήμα 12: Ο Joint Decision Maker δείχνει την τελική διάγνωση του τρέχον ασθενή στο χρήστη.

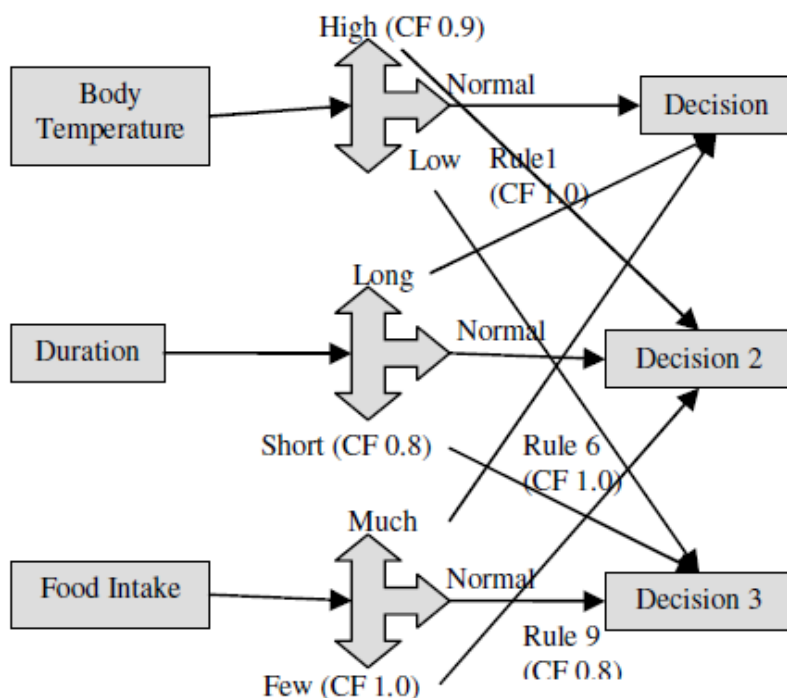
Βήμα 13: Ο Coordinator καθαρίζει το μαυροπίνακα και τα γεγονότα αποθηκεύονται προσωρινά στις βάσεις γνώσης. Στη συνέχεια, θα είναι έτοιμο να αρχίσει πάλι από το Βήμα 1. Αν ένας χρήστης δεν είναι ικανοποιημένος με τη τελική διάγνωση, μπορεί να επιλέξει να επανεξετάσει τον ίδιο ασθενή. Επειδή τα διαθέσιμα μέλη της ομάδας μπορεί να διαφέρουν εκείνη τη στιγμή, το αποτέλεσμα της κοινής διάγνωσης μπορεί να διαφέρει επίσης.

2.6.3 Ασάφεια και έλλειψη βεβαιότητας στο MADHS

Το MADHS είναι ένα κατανεμημένο ασαφές σύστημα που βασίζεται στη γνώση. Στην ιατρική, ειδικά στη Παραδοσιακή Κινέζικη Ιατρική (Traditional Chinese Medicine TCM), οι έννοιες, οι όροι και οι κανόνες είναι συχνά ασαφής. Όπως και τα γεγονότα και τα συμπεράσματα είναι συχνά αβέβαια. Για να κωδικοποιηθούν λοιπόν αυτά τα ασαφή σύνολα, οι ασαφής κανόνες και να εκτελεστούν τα ασαφές και αβέβαια συμπεράσματα, μια μέθοδος αναπαράστασης γνώσης, η Fuzzy Decision Tree μέθοδος υιοθετείται για το MADHS.

Στο Σχήμα 19 βλέπουμε ένα απλό παράδειγμα ενός Fuzzy Decision Tree.

Στο MADHS, οι ασαφές γλωσσικές εκφράσεις κωδικοποιούνται χρησιμοποιώντας κατηγορίες και μεθόδους που παρέχονται από την εργαλειοθήκη FuzzyJ (Fuzzy Jess).



Σχήμα 19. Ένα Fuzzy Decision Tree [40].

Τα Fuzzy Decision Trees οργανώνονται στο MADHS, και οι τεχνικές συμπερασμάτων περιπλέκονται από το συνδυασμό των παραγόντων ασφαλείας (certainty factors, CF). Τα ... του δέντρου ασαφής απόφασης στο Σχήμα 19 μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε ασαφής κανόνες, όπως:

Κανόνας 1: Body Temperature is High \rightarrow Απόφαση 1 (CF 1.0)

Κανόνας 9: Food Intake is Low \rightarrow Απόφαση 3 (CF 0.8)

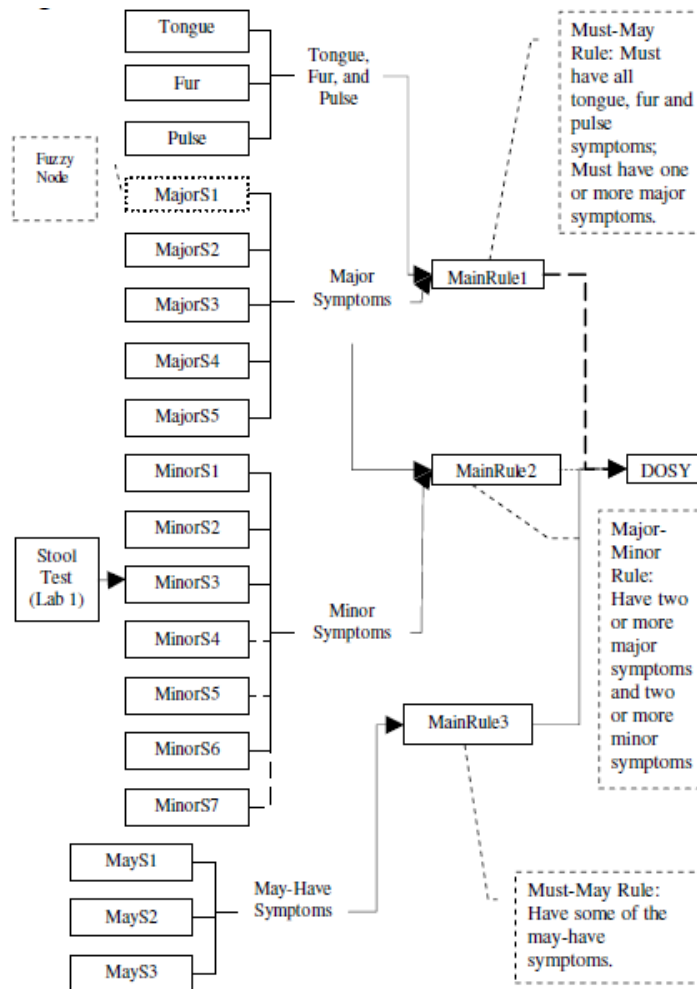
Στους πιο πάνω κανόνες, οι όροι “Body Temperature”, και “Food Intake” είναι ασαφές μεταβλητές. Οι όροι High και Low είναι οι αντίστοιχοι ασαφής όροι τους.

Επίσης, η ασάφεια μπορεί να συνδυαστεί σε μια τεχνική C&RT (Classification and Regression Trees) [14], η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε ιατρικές έρευνες σήμερα, για να παράγονται πιο ακριβή διαγνωστικά κριτήρια. Στο MADHS, τα δεδομένα εκπαίδευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κατασκευάσουν ένα ασαφές δέντρο ταξινόμησης από τη ρίζα προς τους κόμβους, προκειμένου να διαφοροποιηθεί μεταξύ των πολλαπλών τύπων ασαφών ασθενειών.

Στο MADHS, οι υπάρχον κανόνες στις βάσεις γνώσης κατηγοριοποιούνται βάσει των τύπων των κριτηρίων στην ιατρική διάγνωση όπως βλέπουμε πιο κάτω. Κάθε τύπος κανόνα έχει τη δική του μέθοδο υπολογισμού CF.

- **Major_Minor_Rule:** Ένας Major_Minor_Rule είναι ένας κανόνας που έχει να κάνει με Κύρια συμπτώματα και Μικρά συμπτώματα στις διαγνώσεις.
- **Must_May_Rule:** Ένας Must_May_Rule είναι ένας κανόνας που έχει να κάνει με Must-Have συμπτώματα και May-Have συμπτώματα στη διάγνωση της ασθένειας.
- **Sometimes_Have_Rule,** όπως “Οι ασθενείς με τη νόσο Ανεπάρκεια του Στομάχου-Yin μερικές φορές έχουν Αργή Εμπύρετη ασθένεια, ή Διατροφικές διαταραχές, ή Στασιμότητα του Ήπατος-Qi, ή Βλάβη του Στομάχου-Yin. ”
- **Lab_Rule:** Αυτός ο τύπος κανόνα είναι σχεδιασμένος για τις εργαστηριακές δοκιμές.
- **Rule_with_Percentages,** όπως ορισμένες δυτικές ιατρικές έρευνες δείχνουν ότι: μεταξύ 198 περιπτώσεων “Ελκώδης Κολίτιδας”, τα κύρια κλινικά συμπτώματα ήταν η διάρροια (με 89,9%), πύον ή κόπρανα με αίματος (με 83,2%). Οι μεγαλύτερες κολονοσκοπικές εμφανίσεις ήταν το βλεννογόνο ερύθημα (με 94%), η διάβρωση ή η εξέλκωση (με 73%).

Το παράδειγμα της συμπερασματικής αλυσίδας για την ασθένεια “Ανεπάρκεια της Σπλήνας-Yang” στη TCM παρουσιάζεται στο Σχήμα 20.



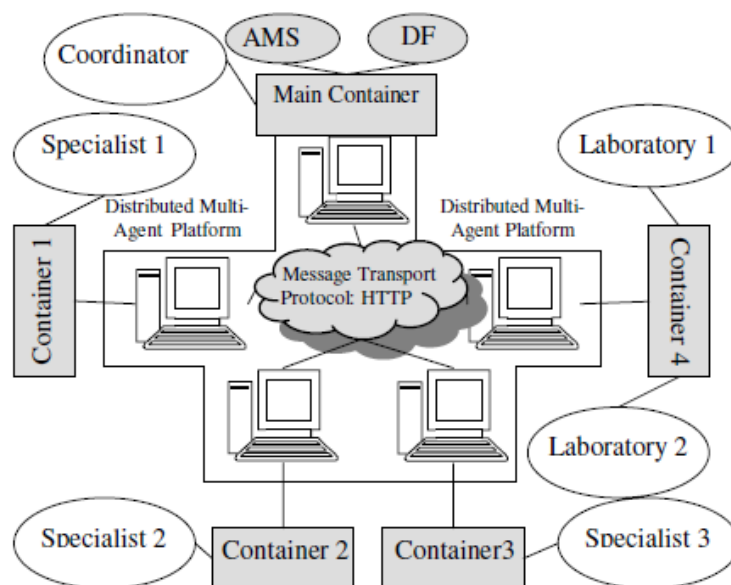
Σχήμα 20. Η συμπερασματική αλυσίδα για την ασθένεια “Ανεπάρκεια της σπλήνας-Yang” στον Coordinator [40].

2.6.4 Υλοποίηση του MADHS

Το μοντέλο του MADHS υλοποιείται χρησιμοποιώντας γλώσσα Java, Java Agent Development framework (JADE) και Java Expert System Shell (JESS).

Το JADE παρέχει πολλά χρήσιμα εργαλεία για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης μίας πλατφόρμας πολλαπλών πρακτόρων, συμπεριλαμβανομένου του Directory Facilitator (DF), του Agent Management System (AMS) και του Remote Monitoring Agent (RMA) για να δημιουργηθούν οι κατακευματισμένοι Containers και Agents [15] όπως βλέπουμε στο Σχήμα 21.

Το JADE υποστηρίζει δύο πρωτόκολλα μεταφοράς μηνυμάτων (Message Transport Protocols, MTPs) : το IIOP και HTTP.



Σχήμα 21. Η κατανομή των πρακτόρων πάνω από τους Containers στο MADHS, χρησιμοποιώντας το JADE [40].

Στο MADHS, η τεχνολογία του JDBC συνηθίζεται να χρησιμοποιείται. Θα μετατρέπει τις αιτήσεις του προγράμματος σε πράξεις στη βάση δεδομένων. Ωστόσο, στη τρέχουσα έκδοσή του, η διαχείριση του συστήματος αρχείου χρησιμοποιείται αντ' αυτού. Μια διεπαφή γραφικών για το χρήστη έχει επίσης αναπτυχθεί για τους χρήστες. Επιτρέπει στους χρήστες να διαχειρίζονται τη βάση δεδομένων του ασθενή όπως και αυτή των ειδικών με ευκολία. Παρέχει, επίσης, λειτουργίες όπως εγγραφή κάποιου πράκτορα, υπηρεσία καταχώρησης και σχεδιασμό βάση κανόνων έτσι ώστε να διευκολυνθεί η κατασκευή μιας πλατφόρμας πολλαπλών πρακτόρων.

2.6.5 Ο Έλεγχος του MADHS

Για να δοκιμαστεί η λειτουργία της διάγνωσης πολλαπλών πρακτόρων, ο συντονισμός και η επικοινωνία του αναπτυγμένου πρωτοτύπου του MADHS, επιλέχτηκαν 16 υποθέσεις από 3 διαφορετικά παραδοσιακά Κινέζικα βιβλία ιατρικής, που συμπεριλαμβάνουν 11 άντρες (το 68,75%) και 5 γυναίκες (το 31,25%), με μια μέση ηλικία των 32. Οκτώ από αυτούς έχουν ασθένειες του στομάχου (50%), οι υπόλοιποι οκτώ ασθενείς έχουν ασθένειες καρδιάς (50%). Οι ασθενείς επιλέχτηκαν με σκοπό, αφού οι στομαχικές διαταραχές που εμπλέκονται έχουν πολύ παρόμοια συμπτώματα, όπως και οι καρδιακές ασθένειες. Τα αποτελέσματα που παράγονται από το MADHS συγκρίνονται με τις γνωστές διαγνώσεις που παρέχονται από εμπειρογνώμονες.

Ο πίνακας 5 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των δοκιμών, όπου:

- Οι χαρακτήρες C1 μέχρι C8 παρουσιάζουν τις ακόλουθες ασθένειες στην Παραδοσιακή Κινέζικη Ιατρική:

C1: Ανεπάρκεια της Σπλήνας-Qi, C2: Ανεπάρκεια της Σπλήνας-Yang, C3: Ανεπάρκεια του Στομάχου- Qi, C4: Ανεπάρκεια του Στομάχου-Yin, C5: Ανεπάρκεια της Καρδιάς-Qi, C6: Ανεπάρκεια της Καρδιάς-Yang, C7: Ανεπάρκεια της Καρδιάς-Qi και Καρδιάς-Αίματος, και C8: Ανεπάρκεια της Καρδιάς-Yin και Καρδιάς-Yang.

- Οι χαρακτήρες W1 μέχρι W8 παρουσιάζουν τις ακόλουθες ασθένειες στη δυτική Ιατρική:

W1: Κολίτιδα, W2: Γαστρίτιδα, W3: Δωδεκαδάκτυλο Έλκος, W4: Γαστρικό Έλκος, W5: Μυοκαρδίτιδα, W6: Πρόωροι Χτύποι, W7: Ταχυκαρδία και W8: Ρευματική Ασθένεια Καρδιάς.

Patient	Diagnosed by Human Experts		Diagnosed by MADHS	
	Chinese	Western	Chinese	Western
001	C1	N/A	C3*	W3
002	C1	W1	C1	W1
003	C2	W1	C2	W1
004	C2	N/A	C2	W1
005	C4	W2	C4	W2
006	C4	W4	C4	W4
007	C3	W3	C3	W3
008	C3	W2	C3	W3*
009	C5	N/A	C5	N/A
010	C5	W5	C5	W5
011	C6	W5	N/A*	W5
012	C6	W6	C6	W6
013	C8	W7	C8	W7
014	C8	W8	C8	W7*
015	C7	N/A	C7	W5
016	C7	W6	C5*	W6

Πίνακας 5. Τα αποτελέσματα της διάγνωσης από εμπειρογνώμονες και τα αποτελέσματα της διάγνωσης από το MADHS [40].

Τα αταίριαστα αποτελέσματα σημαδεύονται με ένα * στο πίνακα όπως βλέπουμε πιο πάνω, κι εξηγούνται ως εξής:

- i. Τα συμπτώματα της ασθένειας C1 (Deficiency of Spleen-Qi) και της ασθένειας C3 (Deficiency of Stomach-Qi) είναι πολύ όμοια. Σύμφωνα με τη πληροφορία του ασθενούς 001 το υπολογιζόμενο CF του C3 είναι ψηλότερο από το C1.
- ii. Ο ασθενής 001 έχει διαγνωστεί από ένα εμπειρογνώμονα ότι έχει την ασθένεια C6 (Deficiency of Heart-Yang), η οποία δεν μπορεί να διαγνωστεί από το MADHS, αφού το εγχειρίδιο της Παραδοσιακής Κινέζικης Ιατρικής [16] δεν έχει δώσει αρκετές πληροφορίες για αυτό τον ασθενή.
- iii. Ο ασθενής 016 είναι γνωστό ότι έχει την ασθένεια C7 (Insufficiency of both Heart-Qi and Heart-Blood), αλλά η ασθένεια με τον ψηλότερο υπολογισμένο CF είναι η C5 (Deficiency of Heart-Qi). Αυτό συμβαίνει επειδή ο ασθενής 016 δεν έχει δυο ή περισσότερα δευτερεύοντα συμπτώματα της C7, τα οποία απαιτούνται για τη διάγνωση.
- iv. Ο ασθενής 008 είναι γνωστό πως έχει την ασθένεια W2 (Γαστρίτιδα). Αλλά το MADHS δίνει την W3 (Δωδεκαδακτυλικό Έλκος) που έχει το ψηλότερο CF. Ο ασθενής 008 δεν έχει ένα από τα μεγαλύτερα συμπτώματα της W2: αν ένας ασθενής έχει W2, υποτίθεται πως έχει χειρότερο στομαχόπονο μετά από το φαγητό. Σε αντίθεση, ο ασθενής 008 αισθάνεται καλύτερα μετά από τα γεύματά του. Έτσι το αποτέλεσμα της διάγνωσης του MADHS γίνεται πιο λογικό σε αυτή τη περίπτωση.
- v. Έχει διαγνωστεί από ένα εμπειρογνώμονα, ότι ο ασθενής 014 έχει W8 (Rheumatic Heart Disease), αλλά από το MADHS έχει διαγνωστεί πως έχει W7 (Ταχυκαρδία) με το ψηλότερο CF. Στη πραγματικότητα ο ασθενής 014 είναι γνωστό πως έχει W7 την ίδια στιγμή. Οι πληροφορίες που παρέχονται είναι αρκετές για να διαγνωστεί η W7, αλλά όχι αρκετές για να διαγνωστεί η W8. Έτσι αυτό το αποτέλεσμα της διάγνωσης μπορεί να θεωρηθεί φυσιολογικό.

2.6.6 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κομμάτι της έρευνας παρουσιάστηκε ένα μοντέλο συντονισμού και διαπραγμάτευσης για διάγνωση με πολλαπλούς πράκτορες. Προκειμένου να διευκολυνθεί η συνεργασία μεταξύ των πρακτόρων, εφαρμόστηκε οργανωτική δομή. Ωστόσο ο Coordinator στο MADHS είναι συγκριτικά πιο ευέλικτος από εκείνους τους καθορισμένους πράκτορες στις οργανωτικές δομές. Ο Coordinator ο ίδιος είναι ένας συνηθισμένος Specialist με δύο επιπλέον δομές, μια μηχανή πεπερασμένων

καταστάσεων για να ελέγχει το συντονισμό και τη διαπραγμάτευση μεταξύ των πρακτόρων, κι ένα προγραμματισμό για να ελέγχει τα αναγνώσματα και τις εγγραφές στο μαυροπίνακα. Κάθε καταχωρημένος Specialist μπορεί να διοριστεί σαν ο μοναδικός Coordinator της πλατφόρμας από το χρήστη, όταν έχει μια πεπερασμένων καταστάσεων μηχανή και ένα προγραμματισμό. Ο Joint Decision Maker είναι ακόμη ένας νέος πράκτορας στο πρότυπο του MADHS. Υφιστάμενες μέθοδοι λήψης αποφάσεων μπορούν να συνδυαστούν ώστε να ταιριάζουν στις ειδικές ανάγκες των διαγνώσεων με πολλαπλούς πράκτορες.

Τα “Fuzzy Decision Tree” προτείνονται να ασχοληθούν με την ασάφεια και την αβεβαιότητα και να συναγάγουν τα αποτελέσματα της διάγνωσης. Τα κύρια και δευτερεύοντα κριτήρια, τα must-have και may-have συμπτώματα είναι σαφώς διαφοροποιημένα στην TCM. Χρησιμοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά, οι πράκτορες δίνουν τις γνώμες τους και παίρνουν από κοινού αποφάσεις.

Το πρωτότυπο σύστημα MADHS έχει δοκιμαστεί από 16 βιβλία με διαγνωστικά παραδείγματα και στη Κινέζικη Παραδοσιακή και στη δυτική Ιατρική, τα αποτελέσματα των ελέγχων είναι πολύ υποσχόμενα.

2.7 Σύνοψη Κεφαλαίου 2

Στον τομέα της ιατρικής υπάρχει η ανάγκη για αξιόπιστη ροή πληροφοριών μεταξύ όλων των ατόμων που συμμετέχουν έτσι ώστε να ικανοποιηθεί ο απώτερος στόχος ο οποίος δεν είναι άλλος από την βελτίωση της κατάστασης υγείας των ασθενών. Σε αυτό το σημείο είναι που πολλά συστήματα έχουν αναπτυχθεί για να υποστηρίξουν τις κλινικές αποφάσεις, συστήματα τα οποία συμβουλεύουν τον γιατρό στη διάγνωση του ασθενή. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τόσο τα δεδομένα του ασθενή όσο και τους παράγοντες αποτελεσματικότητας των διαφόρων θεραπειών οι οποίες είναι αποθηκευμένες σε μια βάση δεδομένων.

Τα συστήματα αυτά συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών υγείας, στη βελτίωση της επίδοσης του ιατρού και στη μείωση του κόστους των διαφόρων εξετάσεων. Για να αναπτυχθούν τα διάφορα αυτά συστήματα, όπως είδαμε στο κεφάλαιο 2, είναι απαραίτητη η συνεργασία της Ιατρικής και της Πληροφορικής, έτσι ώστε να κωδικοποιηθεί η γνώση και να καθοριστούν οι λογικές διαδικασίες οι οποίες θα είναι στη διάθεση του γιατρού κατά τη διαδικασία της διάγνωσης.

Συστήματα τέτοια έχουν αναπτυχθεί πολλά αν και τα περισσότερα δεν έχουν τεθεί ακόμη σε λειτουργία. Στο κεφάλαιο 2 αναφέραμε δύο τέτοια συστήματα λεπτομερώς. Αρχικά είδαμε το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων AMPLIA, το οποίο υποστηρίζει την εκπαίδευση της αιτιολόγησης της διάγνωσης και αναφέρεται κυρίως στην περιοχή της ιατρικής. Ο γιατρός κάνει διάγνωση μιας ασθένειας στον ασθενή βασιζόμενος σε κάποια συμπτώματα αλλά η διάγνωση του μπορεί να είναι και λανθασμένη, αφού από έλλειψη στοιχείων ή από μη ολοκληρωμένη γνώση μπορεί να προκύψουν διάφορα λάθη. Γι' αυτό και η διάγνωση με ιατρικά προγράμματα τα οποία βασίζονται σε πιθανολογική λογική είναι πολύ πιο αξιόπιστη. Σκοπός του συστήματος αυτού ήταν είναι να αναπτυχθεί ένα σύστημα με πολλαπλούς πράκτορες στο οποίο ο εκπαιδευόμενος να μπορεί να επεξεργάζεται τη δική του γνώση και στη συνέχεια το σύστημα να τον ρωτά για τις ενέργειες και τις αποφάσεις του. Το σύστημα δεν είναι πλήρως κατασκευασμένο μιας και αρχικά σχεδιάστηκε μόνο για να προσφέρει γνώση για ενίσχυση των αποφάσεων στη κατασκευή των συστημάτων, τώρα όμως έχει ενισχυθεί με ένα καινούριο μεγαλύτερο στόχο, που δεν είναι άλλος από το να διαθέσει ένα εργαλείο το οποίο μαθαίνει στον μαθητή πως να χτίζει ένα μοντέλο μέσω πιθανοτικών δικτύων. Είδαμε αναλυτικά την αρχιτεκτονική του συστήματος

περιγράφοντας τους πράκτορες που το αποτελούν, της επικοινωνίας μεταξύ τους, της συνεργασίας τους και της διαπραγμάτευσης. Τέλος για να κατανοήσουμε περισσότερο το σύστημα αναφερθήκαμε σε ένα παράδειγμα του συστήματος όπου μελετήσαμε το τρόπο επικοινωνίας των πρακτόρων και τη λειτουργία του συστήματος.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου είδαμε ακόμη ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων, οργανωτικής δομής, που βοηθά στην ιατρική διάγνωση, το MADHS. Το σύστημα υλοποιείται χρησιμοποιώντας γλώσσα Java, Java Agent Development framework και Java Expert System Shell, που επί της ευκαιρίας είπαμε λίγα λόγια και για αυτά τα εργαλεία που είναι χρήσιμα στο τομέα των πολλαπλών πρακτόρων. Στη συνέχεια μελετήσαμε περιληπτικά τις τάξεις των πρακτόρων που χρησιμοποιεί, αναφέροντας την αρχιτεκτονική τους και τον τρόπο συνεργασίας τους. Στην μελέτη της αρχιτεκτονικής του συστήματος είδαμε και την έννοια των Fuzzy Decision Trees που οργανώνονται στο σύστημα. Για να δοκιμάσουμε το πρωτότυπο του MADHS και να κατανοήσουμε πλήρως την λειτουργία του είδαμε κάποιες δοκιμές με πραγματικά δεδομένα.

Συστήματα τέτοια έχουν δημιουργηθεί πάρα πολλά, εμείς αναφερθήκαμε μόνο σε δύο από αυτά λόγω σκοπούς της έρευνας. Στη συνέχεια της εργασίας θα δούμε κι άλλες πτυχές των πολλαπλών πρακτόρων στο τομέα της ιατρικής, και συγκεκριμένα σε συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας.

Κεφάλαιο 3

Πληροφοριακά Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων για τη Διαχείριση της Ροής Εργασίας σε Νοσοκομεία

3.1 Γενικά Στοιχεία-Εισαγωγή

3.2 Σύστημα Πολλαπλών πρακτόρων για προγραμματισμό των ασθενών στο νοσοκομείο

3.3 Πειραματικά αποτελέσματα

3.4 Περίληψη και συμπεράσματα

3.5 Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για τη διαχείριση ροής εργασίας στην υγειονομική περίθαλψη

3.1 Γενικά στοιχεία - Εισαγωγή

Η διαχείριση της ροής εργασίας βοηθά τους οργανισμούς να οργανώσουν την εργασία τους σε διαφορετικές δραστηριότητες, με τέτοιο τρόπο ώστε οι προβλέψιμες διαδικασίες να εκτελούνται αποτελεσματικά και αποδοτικά σε ένα καταναμημένο περιβάλλον. Σε αυτό το μέρος της Διπλωματικής εργασίας θα δούμε συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας στα νοσοκομεία, με την υποστήριξη των πολλαπλών πρακτόρων σε ένα συνεργατικό και οργανωτικό περιβάλλον.

Με τη βοήθεια της συνεργασίας των πολλαπλών πρακτόρων, τα συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας είναι σε θέση να χειριστούν την οργανωτική ροή της εργασίας πιο αποτελεσματικά και πιο αποδοτικά. Μπορούν να οργανώσουν τις διαδικασίες οργάνωσης της εταιρείας και την παροχή των πόρων ελέγχου, τα δεδομένα διαμεσολάβησης, τις σημασιολογικές χαρτογραφήσεις όπως και άλλα στοιχεία που θα μελετήσουμε πιο κάτω.

Ένα σύστημα διαχείρισης ροής εργασίας με βάση τον υπολογιστή, WFMS (computer based workflow management system) διοργανώνει το σχεδιασμό, την εκτέλεση και

παρακολουθεί γενικά μεγάλης διάρκειας επιχειρήσεις που συνήθως περιλαμβάνουν πολλαπλές δραστηριότητες και πολλαπλές συνεργασίες προσωπικού σε κατανομημένο περιβάλλον. Κάνοντας ρητές τις επιχειρησιακές διαδικασίες, ένα WFMS υπόσχεται να αυξήσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μιας οργάνωσης. Σε αυτή τη πτυχή, ο συντονισμός των διαφόρων δραστηριοτήτων και των διαφόρων πόρων διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο. Στη πραγματικότητα, η επιχειρησιακή διαδικασία η ίδια μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεταφορά διαφορετικών κοινόχρηστων πόρων. Το ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στη διαχείριση ροής εργασίας είναι η ευελιξία. Πως να αυτοματοποιήσεις μια επιχειρησιακή διαδικασία η οποία αλλάζει συνεχώς χωρίς να σπαταλήσεις πολύ χρόνο; Πως η γνώση και η πηγή μοιράζονται αποτελεσματικά στην επεξεργασία ροής εργασίας;

Η πληροφορία, η ανταλλαγή γνώσεων, η συνεργασία μεταξύ τμημάτων, οι λειτουργίες και τα διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα μέσα στην οργάνωση είναι το βασικό πρόβλημα προς επίλυση προκειμένου να αυξηθεί η παραγωγικότητα των οργανισμών και να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα. Η ραχοκοκαλιά αυτής της συνεργασίας της οργάνωσης, είναι το σύστημα επεξεργασίας που κρατά την επιχείρηση σε συνεργασία [18]. Εδώ είναι που έρχεται ο ρόλος των πολλαπλών πρακτόρων η οποίοι με την επικοινωνία μεταξύ τους μοιράζονται τη γνώση και τους πόρους τους ανεξάρτητα από τις διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες τους, βοηθούν την οργάνωση στη λήψη αποφάσεων, καθώς και στην ανάπτυξη καλύτερων προϊόντων. Όπως είδαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια οι πράκτορες διακρίνονται για την αυτονομία και την συνεργασία τους. Επιπλέον όμως τα συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας με την υποστήριξη τέτοιων ευφυών πρακτόρων έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: (α) αποθήκευση οργανωτικής και ατομικής γνώσης και χρονικής καθοδήγησης, (β) συνθήκες διακλαδώσεων και βρόγχων επαναλήψεων των εξαρτωμένων και επαναληπτικών διαδικασιών ταυτόχρονα, (γ) η δυνατότητα για αλλαγές στη ροή εργασίας κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, (δ) η επίτευξη ατομικών και κοινών στόχων των συμμετεχόντων, (ε) η συνεργασία με κάθε άλλον εντός του οργανισμού.

Η ροή εργασίας αναφέρεται στην ομάδα δραστηριότητας αυτοματισμού από την αλληλουχία εργασιών και πληροφοριών δρομολόγησης [19]. Η ροή εργασίας περιγράφει τις διαδικασίες μιας επιχείρησης σε ένα χαμηλότερο επίπεδο με επίκεντρο την εκτέλεση των ίδιων των διαδικασιών [20]. Έτσι, η ροή εργασίας είναι μια συλλογή

από εργασίες που οργανώνονται για να ολοκληρώσουν κάποιες επιχειρηματικές διαδικασίες. Μια δραστηριότητα μπορεί να εκτελείται από ένα ή περισσότερα συστήματα λογισμικού, από ένα ή μια ομάδα ανθρώπων, ή ένα συνδυασμό αυτών[21]. Ο ορισμός αυτός αφορά την ιδέα της ροής εργασίας για αυτοματοποίηση του τμήματος της πληροφορίας των επιχειρηματικών διαδικασιών. Η ροή διαχείρισης εργασίας συνεπάγει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των ροών εργασίας όπως και των αναγκών και των στόχων μιας επιχειρησιακής αλλαγής.

3.2 Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για Προγραμματισμό των Ασθενών στο Νοσοκομείο

3.2.1 Εισαγωγή

Το πρόβλημα του προγραμματισμού του ασθενούς στο νοσοκομείο χαρακτηρίζεται από ψηλό βαθμό αβεβαιότητας και δυναμικής στις θεραπείες των ασθενών. Επιπλέον πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό και τις διαδικασίες συντονισμού προκαλείται λόγω των αλληλεξαρτήσεων των αυτόνομων και διοικητικά διακριτών μονάδων που εμπλέκονται στη θεραπεία του ασθενούς. Για σενάρια προγραμματισμού πραγματικού κόσμου παραδοσιακές μέθοδοι προγραμματισμού είναι συχνά είτε πολύ περιορισμένες σε εκφραστική δύναμη σχετικά με την αναπαράσταση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου, είτε αποτυγχάνουν στην επίλυση πραγματικού μεγέθους προβλημάτων σε μια έγκαιρη μόδα. Σε αντίθεση, συστήματα πολλαπλών πρακτόρων αποτελούν μια πολύ υποσχόμενη προσέγγιση για την υπερνίκηση αυτών των περιορισμών. Σε αυτό το κομμάτι της έρευνάς μας βλέπουμε επεκτάσιμες αξιολογήσεις ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για τον προγραμματισμό των ασθενών και μελετούμε ένα περιβάλλον δοκιμών πολύ κοντά στη πραγματικότητα. Το σενάριο βασίζεται σε μελέτη πεδίου και περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση πολλαπλών πηγών αβεβαιότητας για την αξιολόγηση της εφαρμογής της προσέγγισης μας στην πρακτική. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η αξιολόγηση του συστήματος των πολλαπλών πρακτόρων πλεονεκτεί σε σχέση με τις υπάρχουσες προσεγγίσεις για το προγραμματισμό των ασθενών στα νοσοκομεία.

Τα νοσοκομεία είναι φορείς υπηρεσιών με πρωταρχικό στόχο τη βελτίωση της κατάστασης υγείας των ασθενών, όπου η θεραπεία των ασθενών είναι η κύρια

προστιθέμενη αξία στα νοσοκομεία. Τα νοσοκομεία αποτελούνται από διάφορες αυτόνομες, διοικητικά διακριτές πτέρυγες και βοηθητικές μονάδες [22]. Κατά τη διάρκεια της νοσηλείας, οι ασθενείς μένουν στις πτέρυγες και επισκέπτονται τις διάφορες βοηθητικές μονάδες για θεραπείες σύμφωνα με την ασθένεια που έχουν. Ο προγραμματισμός του ασθενή ασχολείται με τη βέλτιστη κατανομή των ιατρικών καθηκόντων για τους ασθενείς στους νοσοκομειακούς πόρους. Ο προγραμματισμός του ασθενή ωστόσο, βρίσκεται αντιμέτωπος με ένα ψηλό βαθμό αβεβαιότητας όπως αναφέραμε και πιο πάνω. Οι ασθενείς φθάνουν συνεχώς στο νοσοκομείο και οι απαραίτητες ιατρικές θεραπείες, συχνά, δεν είναι πλήρως καθορισμένες κατά την έναρξη της διαδικασίας επεξεργασίας. Επιπλέον τα νέα ευρήματα κατά τη διάρκεια διαγνωστικών εξετάσεων άλλαξαν την προτεραιότητα των ασθενών, επικαλούνται επιπλέον θεραπείες ή εξετάσεις, ή κάνοντας άλλες προχωρημένες ιατρικές πράξεις[23]. Επιπρόσθετα, οι διάρκειες των θεραπειών και των εξετάσεων είναι στοχαστικές, και τέλος, οι επιπλοκές και οι αφίξεις των ασθενών έκτακτης ανάγκης που βρίσκονται σε επείγουσα ανάγκη για θεραπεία [24]. Λόγω του ότι οι βοηθητικές μονάδες έχουν μόνο μια τοπική άποψη και δεν μπορούν να εξετάσουν την πλήρη πορεία των ασθενών, δεν είναι δυνατή η μεταξύ των μονάδων βελτιστοποίηση (δηλαδή οι ιατρικές δραστηριότητες για τους ασθενείς δεν μπορούν να προγραμματιστούν και να συντονιστούν με έναν αποτελεσματικό τρόπο). Αυτό προκαλεί ανεπιθύμητους χρόνους αναμονής καθώς και υπερωρίες για τους πόρους του νοσοκομείου και παρατεταμένη παραμονή των ασθενών.

Όσον αφορά προβλήματα του πραγματικού κόσμου , η κλασική Τεχνητή Νοημοσύνη και οι προσανατολισμένες μέθοδοι είναι συχνά είτε πολύ περιορισμένες σε εκφραστική δύναμη, σύμφωνα με την εκπροσώπηση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου, ή οδηγούν σε δυσεπίλυτα προβλήματα με φορμαλισμούς αδύνατους να επιλύσουν προβλήματα αληθινού μεγέθους σε έγκαιρο χρόνο [25]. Οι προσεγγίσεις αυτές έχουν έλλειψη ιδιοτήτων όπως η ευελιξία, η προσαρμοστικότητα και η αντιδραστικότητα, όπου βασίζονται σε μεθόδους που αμελούν δυναμικές αλλαγές και διαταραχές κατά τη διάρκεια μίας σταθερής περιόδου σχεδιασμού.

Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων είναι μια πολύ υποσχόμενη προσέγγιση για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, παρέχοντας ιδιότητες όπως η αυτονομία και η αντιδραστικότητα [26]. Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων υποτίθεται ότι είναι

κατάλληλα για προβλήματα του πραγματικού τα οποία έχουν ανάγκη για ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε δυναμικές αλλαγές, όπως επίσης και για προβλήματα που έχουν μια αποκεντρωμένη δομή σχεδιασμού. Εν τω μεταξύ, διαφορετικά συστήματα πολλαπλών πρακτόρων έχουν σχεδιαστεί με τρόπο κατά τον οποίο διευθύνουν προβλήματα δυναμικού περιβάλλοντος.

Για να αξιολογήσουμε τα αναπτυγμένα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, σε διάφορες περιπτώσεις, αποδείξεις σκοπιμότητας ή αποδείξεις εννοιών ήρθαν αντιμέτωπες με πτυχές όπως η κλιμάκωση μεγέθους του προβλήματος, η αβεβαιότητα, ή τα δυναμικά του τομέα. Όπως και να χει, ειδικά για τον προγραμματισμό των ασθενών στα νοσοκομεία, το ερώτημα αν όντως αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν να εφαρμοστούν σε εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο είναι σημαντικό, όπου διάφορες πτυχές της αβεβαιότητας και δυναμικά περιβάλλοντα εμφανίζονται μαζί. Περαιτέρω μελέτες αξιολόγησης, ως εκ τούτου, πρέπει να γίνουν εξετάζοντας τη δυνατότητα εφαρμογής των ανεπτυγμένων μηχανισμών συντονισμού και των αρχιτεκτονικών πολλαπλών πρακτόρων σε αβέβαια και πραγματικού κόσμου σενάρια.

Σημαντικό για την εκπόνηση μελετών αξιολόγησης είναι η επιλογή κατάλληλων προβλημάτων δοκιμών, καθώς υπάρχει μια εξισορρόπηση μεταξύ αφηρημένων, απλουστευμένων δοκιμών όπως και δοκιμών που βρίσκονται κοντά στο περιβάλλον του πραγματικού κόσμου.

Στο παρόν κομμάτι της Διπλωματικής Εργασίας παρουσιάζεται μια αξιολόγηση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων που προτάθηκε από τον Paulussen [23] το οποίο αναπτύχθηκε για το προγραμματισμό των ασθενών στα νοσοκομεία. Η αξιολόγηση θα διεξαχθεί σε μια μελέτη προσομοίωσης που βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα από μια μελέτη στο τομέα του προγραμματισμού ασθενούς σε ένα Γερμανικό νοσοκομείο.

3.2.2 Εννοιολογικό Πλαίσιο

Το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων του Paulussen [23] αντιπροσωπεύει ασθενείς και βοηθητικές μονάδες σαν πράκτορες-ασθενές και πράκτορες-πόρους αντίστοιχα. Οι πράκτορες ασθενείς ανταγωνίζονται για ραντεβού θεραπείας όπως σπάνιους πόρους σε μια εικονική αγορά. Για το σκοπό αυτό οι πράκτορες-πόροι βγάζουν σε δημοπρασία τις χρονικές στιγμές που αντιστοιχούν στη χωρητικότητά τους. Κατά συνέπεια, αν ένας πόρος ελευθερωθεί, η επόμενη του χρονική στιγμή ανατίθεται στον πράκτορα-ασθενή

με τη μεγαλύτερη προσφορά. Κάθε θεραπεία αντιπροσωπεύει μια οντότητα για ένα πράκτορα είτε βελτιώνοντας τη κατάσταση υγείας του είτε αποφεύγοντας την επιδείνωσή του. Έτσι, βασιζόμενος σε μια ατομική συνάρτηση-αξίας κάθε πράκτορας ασθενής καθορίζει το όφελος μιας θεραπείας όπως η τιμή, για την οποία είναι διατεθειμένος να πληρώσει.

Η λογική πίσω από αυτή τη προσέγγιση είναι ότι ο ασθενής-πράκτορας ο οποίος κερδίζει τη ψηλότερη χρησιμότητα από μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή είναι διατεθειμένος να πληρώσει τη μεγαλύτερη τιμή γι' αυτήν. Για να καθοριστούν αυτές οι μεμονωμένες λειτουργίες των πρακτόρων ασθενών, εισάγονται καταστάσεις υγείας που εξαρτώνται από τις λειτουργίες του κόστους, όπως η προτεραιότητα των ασθενών καθορίζεται από τις καταστάσεις υγείας τους. Ενεργώντας έτσι, η ασθένεια του ασθενούς θεωρείται ως αρνητική χρησιμότητα που συνεπάγεται τη μείωση της ποιότητας ζωής. Για την απαραίτητη μέτρηση της υγείας, ο Paulussen χρησιμοποίησε την έννοια της ευημερίας του χρόνου, η οποία επιτρέπει να περιγραφεί η πρόοδος της κατάστασης υγείας του ασθενή με τη πάροδο του χρόνου. Επειδή η απώλεια της χρησιμότητας αυξάνεται ενόσω η ασθένεια δεν θεραπεύεται, αυτή η αρνητική χρησιμότητα ερμηνεύεται ως κόστος ευκαιρίας για τη μη θεραπεία της ασθένειας αμέσως. Επιπλέον η κατάσταση της υγείας του ασθενή μπορεί είτε να παραμείνει σταθερή είτε να μειώνεται με τη πάροδο του χρόνου. Ως εκ τούτου, ένα ποσοστό μείωσης της υγείας συμπεριλαμβάνεται στη συνάρτηση αξίας ενός ασθενή που ορίζει τη σταθερότητα μιας κατάστασης υγείας.

3.2.3 Υλοποίηση

Η υλοποίηση του πρωτοτύπου είναι οργανωμένη σε τρία ξεχωριστά στρώματα: Το στρώμα συντονισμού, το στρώμα του νοσοκομείου, και το στρώμα υποδομής [27]. Το στρώμα υποδομής αποτελείται από τους διάφορους μηχανισμούς συντονισμού, καθένας από τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί για να εκτελέσει τον προγραμματισμό της θεραπείας. Ο συντονισμός μηχανισμού έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί χρησιμοποιώντας προσανατολισμένα με πράκτορες εργαλεία και αντιλήψεις. Το στρώμα νοσοκομείου έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει την εκτέλεση του συντονισμού παρέχοντας τις διευκολύνσεις για να εκτελεστούν οι διαδρομές προσομοίωσης ή για να τρέξει το σύστημα σαν εφαρμογή. Όταν μια προσομοίωση αρχικοποιείται, η πληροφορία από το μοντέλο νοσοκομείου χρησιμοποιείται για να

δημιουργήσει την υποδομή του νοσοκομείου αποτελούμενη από αρχικούς ασθενείς και πράκτορες πόρων. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, ο πράκτορας του συστήματος χρησιμοποιεί διαφορετικές τυχαίες διανομές για να προσεγγίσουν πραγματικές βαθμολογίες άφιξης ασθενών και άλλων περιστατικών, όπως έκτακτης ανάγκης. Χρησιμοποιώντας αυτές τις πληροφορίες το σύστημα μπορεί να αποφασίσει πότε η επόμενη άφιξη ή έκτακτη ανάγκη θα λάβει μέρος. Ο πράκτορας του συστήματος έχει σχεδιαστεί για να μιμηθεί όλες τις προσομοιώσεις των εξωτερικών περιστατικών. Ως εκ τούτου, για να τρέξει το σύστημα ως εφαρμογή αντί ως προσομοίωση απαιτείται να προσαρμοστεί ο πράκτορας στο να αντιδρά σε κάποιες διαπροσωπικές του χρήστη και να ρυθμιστεί η υπηρεσία χρόνου σε πραγματικό χρόνο. Το στρώμα υποδομής παρέχει υπηρεσίες σε επίπεδο συστήματος για την υλοποίηση, όπως η διαχείριση και η εκτέλεση πράκτορα. Οι βασικές υπηρεσίες πράκτορα όπως ο κύκλος ζωής της διαχείρισης του πράκτορα, η επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων και εγκαταστάσεις αναζήτησης παρέχονται από τη FIPA συμβατή πλατφόρμα πρακτόρων. Αυτές οι βασικές υπηρεσίες ενισχύονται με ένα στρώμα ορθολογικού πράκτορα που ακολουθεί τη BDI μεταφορά η οποία επιτρέπει τη χρήση στοχευόμενου προσανατολισμού στο επίπεδο σχεδιασμού και υλοποίησης. Διευκολύνει ωστόσο την ανάπτυξη με την εισαγωγή υψηλού επιπέδου εννοιών προγραμματισμού πρακτόρων. Η υποδομή ανθεκτικότητας αποτελείται από ένα σχεσιακό σύστημα διαχείρισης βάσης δεδομένων το οποίο συνδέεται με ένα αντικείμενο-σχεσιακό χαρτογραφημένο επίπεδο. Το επίπεδο χαρτογράφησης επιτρέπει την αντικειμενοστραφής πρόσβαση στα δεδομένα, κάνοντας το σχεσιακό μοντέλο βάσεων δεδομένων διαφανή.

3.2.4 Σενάριο Δοκιμής

Το σενάριο δοκιμής που θα δούμε σε αυτό το τμήμα βασίζεται σε μια μελέτη πεδίου σε ένα Γερμανικό νοσοκομείο. Τα σενάρια ελέγχου υλοποιούνται σε ένα προσομοιωμένο περιβάλλον και βασίζονται σε ένα δείγμα δεδομένων που περιέχει 3448 σύνολα δεδομένων με πληροφορίες σχετικά με ιατρικές δραστηριότητες για 792 σύνολο ασθενείς από την εισαγωγή τους στο νοσοκομείο μέχρι την απελευθέρωση.

Σε συνέχεια με προηγούμενες αξιολογήσεις της προσέγγισης πολλαπλών πρακτόρων του Paulussen που επικεντρώνεται στην *ceteris paribus* εξέταση ορισμένων παραγόντων που προκαλούν κάποια αναστάτωση [27], ο στόχος του σεναρίου είναι να οικοδομηθεί ένα κοντά στη πραγματικότητα περιβάλλον δοκιμών το οποίο περιλαμβάνει την

αλληλεπίδραση των πολλαπλών πηγών αβεβαιότητας. Έτσι, επιτρέπει να κρίνει την εφαρμογή των εν λόγω προσεγγίσεων στην πράξη. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε με λεπτομέρεια το σενάριο δοκιμής.

3.2.5 Η Γενική Διάταξη Του Νοσοκομείου

Η δοκιμή έγινε για ένα γερμανικό νοσοκομείο μεσαίου μεγέθους με περίπου 500-600 κρεβάτια νοσηλείας και 12 διαγνωστικούς πόρους σε πέντε διαφορετικές βοηθητικές μονάδες. Υπάρχουν τέσσερις παράλληλοι διαγνωστικοί σταθμοί εργασίας για ενδοσκόπηση, τρεις για τη κυκλοφοριακή εργαστηριακή μονάδα, τρεις για τις ακτίνες X, ένας σταθμός για την αξονική τομογραφία και την μαγνητική τομογραφία (CT/MR μονάδα), κι ένας σταθμός για την πυρηνική ιατρική. Αυτές οι μονάδες, όλες μαζί, προσφέρουν περίπου 300 διαφορετικές ιατρικές εξετάσεις και θεραπείες. Στο μοντέλο μας, θεωρούμε μεταβλητούς χρόνους επεξεργασίας για τις διάφορες υπηρεσίες στις βοηθητικές μονάδες που βασίζονται στα δεδομένα της μελέτης πεδίου μας.

3.2.6 Άφιξη Ασθενών

Για μια τυπική εργάσιμη μέρα, το μέσο ποσό των αφίξεων ασθενών είναι 80 με 90 ασθενείς, συμπεριλαμβανομένων ένα ποσοστό έκτακτης ανάγκης 5% του συνόλου των ασθενών. Οι αφίξεις των ασθενών κατανομούνται εκθετικά κατά τη διάρκεια της ημέρας και ο ασθενής παίρνει τη πρώτη ιατρική ανάθεση αμέσως μετά την εισδοχή του. Η επακόλουθη πορεία της θεραπείας του ασθενή ακολουθεί την οργάνωση της νοσοκομειακής διαδικασίας με καθημερινές περιηγήσεις στη κλινική τα πρωινά. Αυτή η κατάσταση οδηγεί σε μια συσσώρευση αναθέσεων στην έναρξη της μέρας και το σύστημα προγραμματισμού έχει να αντιμετωπίσει τα αποτελέσματα σε ένα φορτίο αιχμής.

3.2.7 Καταστάσεις Υγείας και Μείωση Τιμών

Στο πεδίο μελέτης μας, παρατηρούμε μια ταξινόμηση των ασθενών κατά μήκος της σοβαρότητας της ασθένειάς τους και τη σταθερότητά τους στη σύνταξη. Αυτή η κατηγοριοποίηση μοντελοποιήθηκε χρησιμοποιώντας διαφορετικές καταστάσεις υγείας και ποσοστά μείωσης για την υγεία [27]. Έτσι, μια κατάσταση υγείας του 1 αντιπροσωπεύει την πλήρη υγεία και μια μείωση υγείας ποσοστού 0 είναι ένα σταθερό σύνταγμα, όπου ένα ποσοστό μείωσης της υγείας του 0,0017 χαρακτηρίζει ένα ασταθές

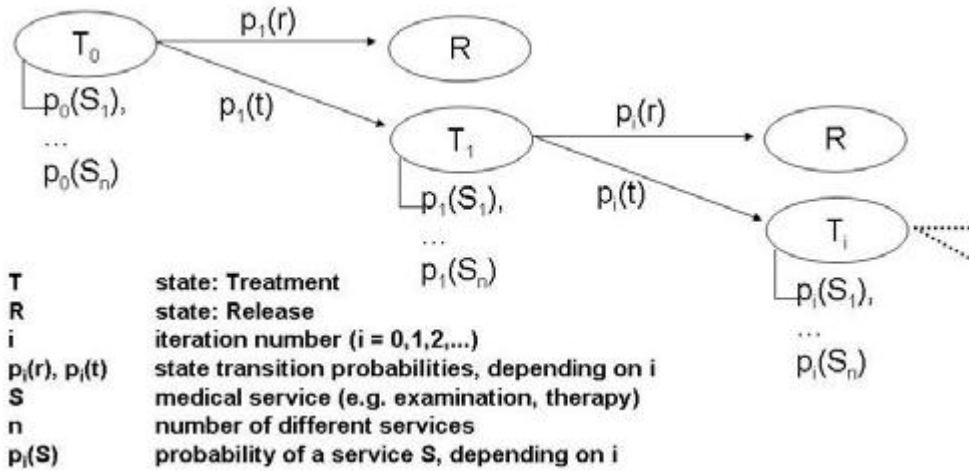
σύνταγμα ενός ασθενή έκτακτης ανάγκης, ο οποίος δείχνει την ανάγκη άμεσης θεραπείας.

3.2.8 Κλινικές Πορείες

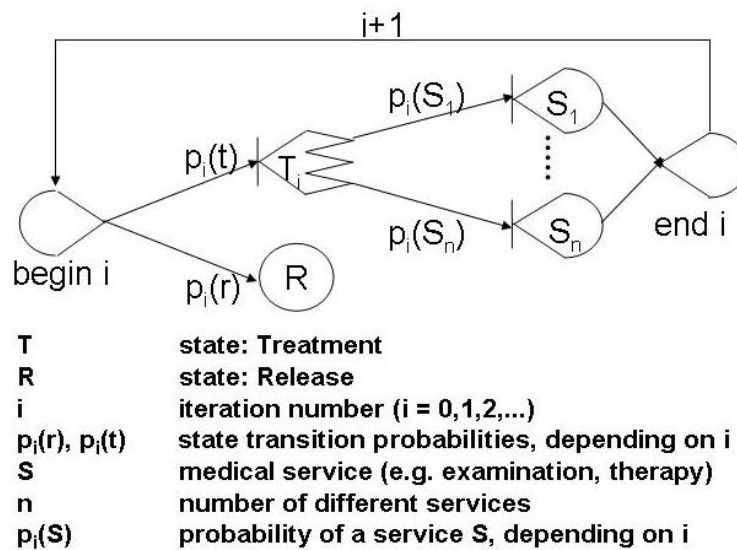
Θα μπορούσε κάποιος να αναμένει ότι οι ασθενείς με την ίδια διάγνωση παίρνουν απλώς την ίδια μεταχείριση και ότι οι περισσότερες αναθέσεις μπορούν να προβλεφθούν με μια πιθανότητα κοντά στο 100%. Ωστόσο, τα δεδομένα του πεδίου μας υποδειχουν πολύ ανομοιογενείς θεραπείες. Οι πιθανότητες των δέκα πρώτων αναθέσεων που αφορούν μια συγκεκριμένη διάγνωση έδειξαν κατά μέσο όρο 36% φθάνοντας από 9% μέχρι 81% το μέγιστο. Αυτές οι παραλλαγές αποτελούν αποτέλεσμα της αβεβαιότητας της διάγνωσης κατά την έναρξη μιας θεραπείας και αργότερα από τις απαραίτητες ιατρικές δραστηριότητες κάθε ασθενή ξεχωριστά. Έτσι, το ποσό, ο τύπος, και η σειρά των ιατρικών δραστηριοτήτων που ανατίθενται στους ασθενείς είναι αβέβαια και η κάθε κλινική πορεία των ασθενών ποικίλλει μεμονωμένα με νέα πορίσματα από προηγούμενες εξετάσεις. Αυτή η επίδραση παρουσιάζεται στην προσομοίωσή μας με επαναληπτικές φάσεις επεξεργασίας. Μετά την εισαγωγή, ο ασθενής είναι είτε στη κατάσταση της θεραπείας είτε ελεύθερος να φύγει. Μετά από κάθε γύρο της πτέρυγας ο ασθενής γυρίζει στην επόμενη φάση της θεραπείας και πάλι, ή αν η θεραπεία έχει ολοκληρωθεί είναι ελεύθερος να φύγει. Οι ιδιότητες της μεταβατικής κατάστασης εξαρτώνται από τον αριθμό επανάληψης του ασθενούς και με την αύξηση του αριθμού φάσης της θεραπείας, η πιθανότητα της απελευθέρωσης του ασθενούς αυξάνεται. Έτσι, στο Σχήμα 22 βλέπουμε τη μοντελοποίηση της θεραπείας του ασθενή σαν μια διαδικασία Markov με ιστορία [28].

Οι αναθέσεις για ένα ασθενή, όπως οι εξετάσεις ή οι θεραπείες, σε ένα στρογγυλό θάλαμο εξαρτώνται από τη τρέχουσα φάση της θεραπείας του. Για παράδειγμα, οι πρώτες φάσεις χαρακτηρίζονται από την εισαγωγή εξετάσεων για να καθαριστεί η διάγνωση των ασθενών, ενώ ειδικές ιαματικές θεραπείες και εξετάσεις ελέγχου εμφανίζονται σε φάσεις με μεγαλύτερο αριθμό επαναλήψεων. Έτσι η τελειοποίηση του μοντέλου για τις φάσεις θεραπείας στη κλινική πορεία του ασθενή, παρουσιάζοντας το ως ένα εκτεταμένο δίκτυο-GERT, βλέπε Σχήμα 23. Η αντίστοιχη πορεία των ιατρικών διαδικασιών από όπου ένας ασθενής πρέπει να περάσει και οι θεραπείες διάγνωσης που πρέπει να προγραμματιστούν υπολογίζονται με βάση τα εμπειρικά δεδομένα.

Αυτή η έννοια των φάσεων επεξεργασίας μας επιτρέπει να λάβουμε υπόψη μεταβλητά και αβέβαια κλινικά μονοπάτια. Περιλαμβάνει αβεβαιότητα από τυχαία αποτελέσματα στη πρόοδο των θεραπειών του ασθενή που οδηγούν σε κληρονομικά δυναμικά και στοχαστικά φορτία για ένα νοσοκομείο. Για παράδειγμα, τα νοσοκομεία μπορεί να εμφανίσουν συμφόρηση χωρητικότητας αν ένα ψηλό ποσό τον τρέχον νοσηλευμένων αποδειχθεί ότι χρειάζεται μεγαλύτερη ένταση φροντίδας από ότι συνήθως.



Σχήμα 22. Μια θεραπεία ασθενή σαν διαδικασία του Markov [41].



Σχήμα 23. Το GERT μοντέλο της φάσης θεραπείας του ασθενή [41].

3.2.9 Η Προσομοίωση και τα Μέτρα Στόχου

Η προσομοίωση έχει συσταθεί για 22 μέρες και ξεκίνησε με ένα νοσοκομείο που ήταν παραγεμισμένο με ασθενείς. Οι πρώτες 12 μέρες υποτέθηκαν ως φάση ρύθμισης του συστήματος και ως εκ τούτου δεν αξιολογήθηκαν. Δεδομένου ότι ο στόχος μετρά αξιολογούμε την απόδοση του συστήματος, τη κατοχή των πόρων των βοηθητικών μονάδων, και τους χρόνους αναμονής των ασθενών. Έχουν συλλεχθεί τα αποτελέσματα από τη σύγκριση της προσέγγισης συστήματος πολλαπλών πρακτόρων του Paulussen με την υφιστάμενη κατάσταση στο προγραμματισμό του ασθενή στο νοσοκομείο. Επειδή ο προγραμματισμός του ασθενή στο νοσοκομείο είναι μια ad hoc προσέγγιση, οι ασθενείς συνήθως δεν παίρνουν μια προκαθορισμένη χρονική στιγμή για θεραπεία, αλλά περιμένουν σε μια ουρά, ή στη πτέρυγα της μονάδας, μέχρι να ζητηθούν από τη βοηθητική μονάδα. Έτσι, δεν υπάρχουν δεδομένα προγραμματισμού που να επιτρέπουν μια πιο λεπτομερή σύγκριση. Ως εκ τούτου το μοντέλο προγραμματισμού του ασθενή της υφιστάμενης κατάστασης μοντελοποιήθηκε σαν μια στρατηγική first-come first-serve (FCFS), η οποία περιγράφει σωστά τη κατάσταση στο πραγματικό κόσμο.

3.3 Πειραματικά Αποτελέσματα

3.3.1 Απόδοση Συστήματος

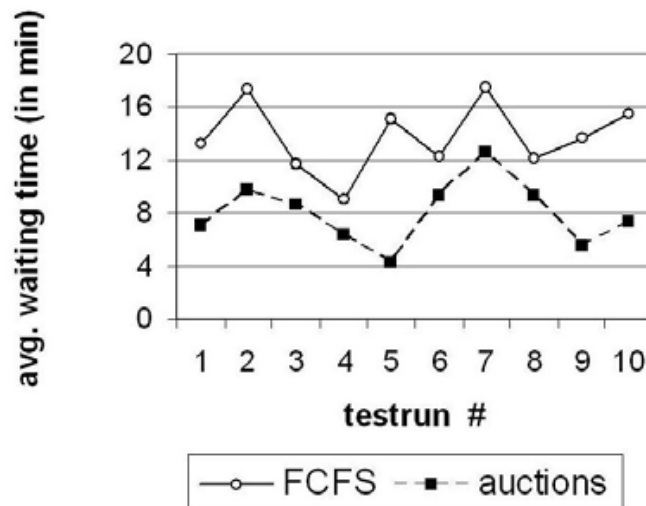
Σε όλες τις δοκιμές, το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων που πρότεινε ο Paulussen έδειξε ικανοποιητική απόδοση σε απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Αυτό ισχύει και για καταστάσεις ψηλού φορτίου σε νοσοκομεία με ευρύ γύρους στους θαλάμους. Κατά μέσο όρο οι διαπραγματεύσεις πήραν 1500 ms με τυπική απόκλιση 5 ms. Η μέγιστη ώρα των διαπραγματεύσεων που έγιναν ήταν 31,009 ms.

3.3.2 Χρόνος Αναμονής Ασθενών

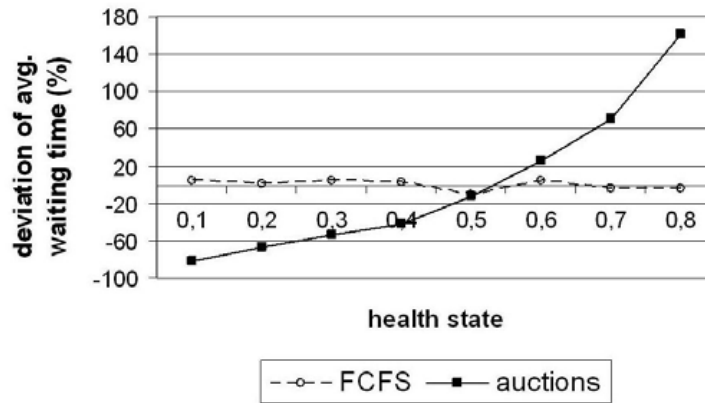
Για να αξιολογήσουμε το μέσο χρόνο αναμονής των ασθενών, υπολογίζουμε το χρόνο μεταξύ της εκχώρησης μιας ιατρικής δραστηριότητας και της εκτέλεσης της. Στο Σχήμα 24 βλέπουμε τη σύγκριση του μέσου χρόνου αναμονής του ασθενή για τον FCFS προγραμματισμό, σε σχέση με τη συντονισμένη προσέγγιση του Paulussen για δέκα δοκιμασίες. Η συντονισμένη προσέγγιση οδηγεί μόνιμα σε χαμηλότερους χρόνους αναμονής από την FCFS. Κατά μέσο όρο, ξεπερνά την υφιστάμενη προσέγγιση με αποτέλεσμα ο χρόνος των ασθενών να μειώνεται κατά 40%. Η μείωση είναι

αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των πόρων και του πράκτορα ασθενή που σε αντίθεση με την υφιστάμενη κατάσταση προγραμματισμού, επιτρέπει μια πιο αποτελεσματική μονάδα συντονισμού.

Επιπλέον, βλέπουμε τη κατανομή του χρόνου αναμονής των ασθενών σε διαφορετικές καταστάσεις υγείας. Στο Σχήμα 25 βλέπουμε πως η απόκλιση του μέσου όρου, σε ποσοστό, του χρόνου αναμονής εξαρτάτε από την κατάσταση υγείας του ασθενή. Με τον ευρετικό προγραμματισμό FCFS, οι χρόνοι αναμονής του ασθενή είναι ανεξάρτητοι από τις καταστάσεις υγείας των ασθενών και είναι όμοιοι με τους μέσους χρόνους αναμονής. Σε αντίθεση, για τη συντονισμένη προσέγγιση ο χρόνος αναμονής μειώνεται με χαμηλότερη κατάσταση υγείας του ασθενή. Ως εκ τούτου, οι ασθενείς με σοβαρές ασθένειες αντιμετωπίζονται νωρίτερα σε σύγκριση με ασθενείς που έχουν καλύτερη κατάσταση υγείας.



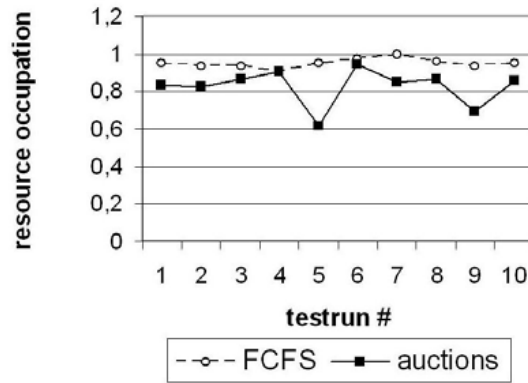
Σχήμα 24. Μέσος χρόνος αναμονής ασθενών [41].



Σχήμα 25. Απόκλιση μέσου χρόνου αναμονής για υγιές κατάσταση [41].

3.3.3 Απασχόληση Πόρων

Η απασχόληση των πόρων είναι η ώρα έναρξης των βοηθητικών μονάδων. Κάθε μέρα, ένας πόρος ανοίγει το πρωί και κλείνει όταν όλες οι αναμενόμενες ιατρικές δραστηριότητες έχουν ολοκληρωθεί. Έτσι, η κατοχή του πόρου 1 σημαίνει ότι ένας πόρος μένει ανοικτός για 9 ώρες. Ο στόχος ενός νοσοκομείου είναι να εκτελέσει όλες τις προγραμματιζόμενες ιατρικές θεραπείες και να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος έναρξης του πόρου. Στο Σχήμα 26, βλέπουμε τη σύγκριση του μέσου όρου κατοχής πόρου της συντονισμένης προσέγγισης, συστήματος πολλαπλών πρακτόρων από τον Paulussen στον FCFS ευρετικό σχεδιασμό για 10 δοκιμασίες και πάλι. Κατά μέσο όρο, η συντονισμένη προσέγγιση, παρουσιάζει ένα μειωμένο ποσοστό 13% μειωμένης κατοχής πόρων. Όταν χρησιμοποιείται αυτή η προσέγγιση οι βοηθητικές μονάδες ολοκληρώνουν τις εργασίες νωρίτερα από ότι στην υφιστάμενη προσέγγιση. Αυτό οφείλεται στη μείωση των χρόνων αναμονής των πόρων κατά τη διάρκεια της ημέρας κι έπειτα οδηγεί σε νωρίτερες ώρες κλεισίματος και λιγότερες υπερωρίες για τις βοηθητικές μονάδες.



Σχήμα 26. Χρόνοι απασχόλησης πόρων [41].

3.4 Περίληψη και συμπεράσματα

Σε αυτό το υποκεφάλαιο της Διπλωματικής μας έρευνας αξιολογήσαμε την απόδοση ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων [23] για τον προγραμματισμό ασθενών σε ένα σενάριο πραγματικού κόσμου. Για την αξιολόγηση, είδαμε μια μελέτη τομέα και μελετήθηκε ένα ρεαλιστικό μοντέλο προσομοίωσης ενός μεσαίου μεγέθους νοσοκομείου. Όταν συγκρίναμε τη προσέγγιση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων που πρότεινε ο Paulussen [23] με την υφιστάμενη κατάσταση του προγραμματισμού ασθενών στα νοσοκομεία, παρατηρήσαμε μια καλή απόδοση της αγοράς με βάση την προσέγγιση σεναρίου με το πραγματικό κόσμο. Πρώτον το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων επιτρέπει ένα προγραμματισμό πραγματικού χρόνου και ανταποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο ακόμη και σε ψηλού φορτίου καταστάσεις οι οποίες εμφανίζονται συνήθως στα νοσοκομεία τις πρωινές ώρες. Δεύτερο η ποιότητα των υφιστάμενων χρονοδιαγραμμάτων μπορεί να βελτιωθεί με την αποκεντρωμένη σημαντική βάση συντονισμού. Σε σύγκριση με τη παρούσα κατάσταση στο προγραμματισμό ασθενών στα νοσοκομεία, η προσέγγιση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων μειώνει το χρόνο αναμονής των ασθενών και την κατοχή πόρων. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τη κατάσταση υγείας των ασθενών για τον προγραμματισμό, οι ασθενείς με σοβαρές ασθενείς έχουν κατά μέσο όρο χαμηλότερο χρόνο αναμονής σε σύγκριση με ασθενείς με καλύτερη κατάσταση υγείας. Έτσι, ισορροπεί τους χρόνους αναμονής των ασθενών σύμφωνα με τη κατάσταση υγείας των ασθενών και μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της ικανοποίησης του ασθενή.

Μαζί με το σενάριο δοκιμής, η έννοια των μεταβλητών κλινικών μονοπατιών αναπτύχθηκε. Σύμφωνα με έρευνες για το μέλλον σχεδιάζεται να ενσωματωθεί η έννοια των μεταβλητών κλινικών μονοπατιών άμεσα στους πράκτορες ασθενείς. Αυτή η έννοια μπορεί να χρησιμεύσει σαν μια βάση γνώσης για την πρόγνωση της περαιτέρω ατομικής πορείας ενός ασθενή και ως εκ τούτου, να βελτιώσει την ποιότητα του προγράμματος σε αβέβαια περιβάλλοντα.

3.5 Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για τη διαχείριση ροής εργασίας στην υγειονομική περίθαλψη

3.5.1 Εισαγωγή

Ενώ οι αρχιτεκτονικές συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων φαίνεται, όπως είδαμε μέχρι τώρα, να προσφέρουν ένα αρκετά πιο ευέλικτο μοντέλο για τους σχεδιαστές και την ανάπτυξη πολύπλοκων συνεργατικών συστημάτων, η εφαρμογή των επιχειρηματικών διαδικασιών στο πραγματικό κόσμο, που μπορούν να ανατεθούν σε αυτόνομους παράγοντες εξακολουθεί να είναι ένα σχετικά δύσκολο έργο. Αν και υπάρχει ένα φάσμα των εργαλείων και των εργαλείων των πρακτόρων, εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη της δημιουργίας μοντέλων που να είναι πιο κοντά στη παραγωγή κώδικα, έτσι ώστε το μονοπάτι της ανάπτυξης να είναι πιο αυστηρό και επαναλαμβανόμενο. Είναι σημαντικό ότι οι πολύπλοκες οργανωτικές διαδικασίες ροής εργασίας συλλαμβάνονται και εκφράζονται σε ένα τρόπο τον οποίο τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων μπορούν να ερμηνεύσουν. Χρησιμοποιώντας ένα πολύπλοκο σύστημα κοινωνικής πρόνοιας σαν υπόδειγμα, σε αυτό το τμήμα της έρευνάς μας, περιγράφουμε μια τεχνική με την οποία μια επιχειρηματική διαδικασία συλλαμβάνεται, εκφράζεται, επαληθεύεται και καθορίζεται σε κατάλληλη μορφή για ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης πολλαπλών πρακτόρων.

Αυτό το τμήμα περιγράφει μια βελτίωση στο σχεδιασμό πλαισίου των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις αρχικές απαιτήσεις συλλαμβάνοντας το στάδιο με τη συμπλήρωση της μοντελοποίησης της διαδικασίας με το Εννοιολογικό Γράφημα σημειογραφίας [29]. Επίσης θα περιγράψουμε τη προτεινόμενη διαδικασία ενώπιον μίας περίπτωσης υπόδειγμα στο τομέα κοινωνικής φροντίδας. Θα δούμε ακόμη ένα μοντέλο πολλαπλών πρακτόρων το οποίο βασίζεται

και ελέγχεται για να εξηγήσει τη διαδικασία λεπτομερή, απεικονίζοντας τη σημασία των αποτελεσμάτων. Τέλος, το μοντέλο επαλήθευσης μεταφράζεται σε AUML σχεδιασμό, που επιτρέπει τη παραγωγή κώδικα συστήματος πολλαπλών πρακτόρων πάνω στη πλατφόρμα της επιλογής.

3.5.2 Η Διαδικασία Μοντελοποίησης

Για να συλληφθούν επιτυχώς οι λειτουργίες του συστήματος, μια αρχική διαδικασία καταγραφής θα πρέπει να ενσωματώνει τα πιο κάτω:

- Ένα μέσο για τη μοντελοποίηση των εννοιών σε ένα αφηρημένο τρόπο. Που διευκολύνει την εξέταση των ποιοτικών ζητημάτων.
- Την ικανότητα να αποκαλύψει περισσότερες απαιτήσεις συστήματος για να συμπληρώσει τις προφανείς αντιστοιχίσεις ηθοποιών – πρακτόρων.
- Ένα μοντέλο-έλεγχο πριν από μια λεπτομερή ανάλυση και τις προδιαγραφές σχεδιασμού
- Μια βελτιωμένη υποστήριξη για τη λήψη των τομέων, με λιγότερη εξάρτηση από ειδικούς του χώρου.

Αυτή η προσέγγιση επιβάλλει μια αυστηρότητα από το στάδιο της λήψης απαιτήσεων που αυτή τη στιγμή λείπει από ένα φάσμα του σχεδιασμού μεθοδολογιών AOSE όπως το Gaia [30] και το Prometheus [31]. Η διαδικασία, η οποία περιγράφεται από τους Richard Hill, Simon Polovina, Martin D. Beer [34] [35], είναι η ακόλουθη:

1. Use Case Analysis όπου οι απαιτήσεις συγκεντρώνονται αρχικά και εκπροσωπούνται σαν περίπτωση χρήσης μοντέλων.
2. Model Concepts όπου μοντελοποιούνται τα υψηλά επίπεδα εννοιών και χρησιμοποιούνται για να περιγραφεί το ολικό σενάριο.
3. Transform with Transaction Model and Generate Ontology of Types όπου το ψηλού επιπέδου μοντέλο μετατρέπεται με το Transaction Model το οποίο εξασφαλίζει ότι ο έλεγχος της αυστηρής ισορροπίας επιβάλλεται του μοντέλου, καθώς και μια υποτυπώδης ιεραρχία των οντολογικών όρων παράγεται.
4. Model Specific Scenarios όπου διαμορφώνονται ειδικές περιπτώσεις του συστήματος.

5. Inference with Queries and Validate όπου το μοντέλο ελέγχεται με συμπερασματικά ερωτήματα για να αποσπάσει τους κανόνες για την οντολογία και να βελτιώσει την εκπροσώπηση.
6. Translate to Design Specification όπου το μοντέλο μετατρέπεται σε ένα επίπεδο σχεδιασμού προδιαγραφών όπως το AUML.

3.5.3 Μια περίπτωση μελέτης στην υγειονομική περίθαλψη

3.5.3.1 Το περιβάλλον

Τα περισσότερα ηλικιωμένα, αδύναμα ή ηλικιωμένα με αναπηρία άτομα προτιμούν να λαμβάνουν φροντίδα στα σπίτια τους, παρά σε νοσοκομεία. Οι διευθυντές της Βρετανικής Εθνικής Υπηρεσίας Υγείας, αναγνωρίζουν επίσης ότι τα νοσοκομεία μπορούν να επιτύχουν ένα ψηλότερο ποσοστό απόδοσης χειρουργικών περιπτώσεων, αν η φροντίδα αποκατάστασης ανατίθεται στη τοπική κοινότητα εκτός του θαλάμου του νοσοκομείου. Η κατοίκων φροντίδα απαιτεί μια ποικιλία υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης να παραδοθεί εντός του σπιτιού του ιδίου του παραλήπτη, επιτρέποντάς τους να συνεχίζουν να ζουν ανεξάρτητα, και να διατηρούν τη καλύτερη δυνατή ποιότητα ζωής. Οι υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνουν βοήθεια με τον οικιακό καθαρισμό, γεύματα σε “τροχούς”, ιατρική θεραπεία και τέλος βοήθεια σχετικά με τις βασικές λειτουργίες του σώματος. Ενώ οι στόχοι της ανθρωπιστικής φροντίδας αφορούν ζητήματα κοινότητας, είναι ένα δύσκολο και δαπανηρό καθήκον η διαχείριση της οργάνωσης, η υλικοτεχνική υποδομή και η διασφάλιση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας αυτών των υπηρεσιών [32].

Η εκθετική αύξηση του κόστους, τα τελευταία χρόνια, οδήγησε το Ηνωμένο Βασίλειο Τοπικής Αυτοδιοίκησης στο να δημιουργήσει πολιτικές που δεν φορτώνουν τη παράδοση περίθαλψης σε ιδιωτικούς παροχής υγειονομικού τομέα. Το κοινοτικό σενάριο φροντίδας είναι εξαιρετικά περίπλοκο και ελεύθερα διαπραγματεύει τις υπηρεσίες φροντίδας σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον [32]. Είναι εμφανές ότι το περιβάλλον της φροντίδας της κοινότητας αποτελείται από ένα αριθμό από αυτόνομους οργανισμούς, όπως οι τοπικές αρχές, από διάφορους παροχής φροντίδας, από το ιατρικό προσωπικό και τους ίδιους τους δικαιούχους περίθαλψης.

Όπως κάθε στοιχείο φροντίδας συχνά παραδίδεται από ανεξάρτητες υπηρεσίες, ο αριθμός αυτόνομων εντολών και συστημάτων ελέγχου αυξάνεται γρήγορα, αφήνοντας

τους διαχειριστές της φροντίδας (την Τοπική Αρχή) να προστατέψουν τα άτομα φορείς από την αποκάλυψη ευαίσθητων και άσχετων πληροφοριών. Αν και η τεχνολογία πληροφοριών είναι εγκατεστημένη στη διαχείριση φροντίδας της κοινότητας, είναι ξεκάθαρο ότι σε πολλές περιπτώσεις οι τεράστιες ποσότητες από διαφορετικές ετερογενείς πληροφορίες μπορεί να οδηγήσουν σε υπομόνευση της αποτελεσματικής λειτουργίας του συστήματος. Φαίνεται ότι η χρήση ευφών πρακτόρων συνεργασίας, τα οποία υπερνικούν τις δυσκολίες ενσωμάτωσης των διαφορετικών πλατφόρμων υλικού και λογισμικού, τα ερωτήματα θα μπορούν να μεσολαβούν στην πιο κατάλληλη πηγή πληροφοριών, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι τεχνολογίες πρακτόρων έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν αποτελεσματικά συντονισμένα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Οι ομάδες πρακτόρων όπως οι ιδιωτικοί παροχής υγειονομικής φροντίδας, οι συνήθεις υπηρεσίες φροντίδας, το νοσηλευτικό και ιατρικό προσωπικό, τις οποίες διαχειρίζονται οι τοπικές αρχές, οι ιδιωτικοί διαχειριστές φροντίδας, και οι πράκτορες εμπιστοσύνης υγείας, ανταλλάσσουν ένα τεράστιο αριθμό μηνυμάτων μέσα στη κοινότητα.

Η ενσωμάτωση όλων των διαφορετικών αποθηκών πληροφοριών θα βοηθήσει τους πράκτορες να συντονίσουν τον έλεγχο της υλικοτεχνικής υποδομής της κατ' οίκον περίθαλψης. Τα υπάρχον συστήματα χρησιμοποιούν μια προσέγγιση των “αναγκών υπό ηγεσία”, η οποία τεκμηριώνεται χρησιμοποιώντας ένα Εξατομικευμένο Σχέδιο Φροντίδας (ICP), το οποίο είναι το κλειδί τεχνούργημα ενός πακέτου φροντίδας για κάθε άτομα. Η υλοποίηση του ICP στο πραγματικό κόσμο μπορεί να ποικίλει από έντυπες μορφές μέσω ηλεκτρονικών αποθεμάτων. Είναι ωστόσο η διαχείριση της διαδικασίας της ICP, μαζί με τη πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής ιατρικής κοινότητας που προσφέρει σημαντικές δυνατότητες για βελτίωση της αποδοτικότητας. Δυστυχώς η αρχική εκτίμηση και η μετέπειτα παρακολούθηση της ICP είναι υπερβολικά επαχθής για τα ηλικιωμένα άτομα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποιότητα της ζωής τους και να χάνεται η προσωπική τους αξιοπρέπεια. Αυτή η ποιότητα ζωής κάνει τις λύσεις του πράκτορα πιο επιτακτικές, δεδομένου ότι η κατάσταση υγείας του αποδέκτη επιδεινώνεται γρήγορα προς το τέλος της ζωής του.

Οι ανθρώπινοι πράκτορες συχνά εμπλέκονται σε διάφορες συναλλαγές, συγκεκριμένα ο Beer [32] έδειξε αυτές τις συναλλαγές που εμπλέκονται κατά την επεξεργασία συνθήκης συναγερού έκτακτης ανάγκης σε μια κοινότητα φροντίδας του

περιβάλλοντος (INCA – INtelligent Community Alarm). Αυτές οι φαινομενικές αθώες συναλλαγές αποδείχθηκαν πολύ πιο δύσκολο να χρησιμοποιηθούν από ότι αρχικά προβλέφθηκε, αν και υπήρξαν διαφορετικά πλεονεκτήματα υπέρ της προσέγγισης του πράκτορα. Μετά την αύξηση του συναγερού, απαιτείται ένα μήνυμα από το ηλικιωμένο άτομο για να καθορίσει το σωστό είδος της υπηρεσίας, καθώς και να εντοπιστεί τη πλησιέστερη διαθέσιμη πηγή βοήθειας. Η προσέγγιση των πολλαπλών πρακτόρων συνέβαλλε στην ανάπτυξη ενός τέτοιου προτύπου χρησιμοποιώντας το ZEUS Agent Building Toolkit [33], το οποίο φάνηκε σχετικά απλό στο να χαρτογραφεί τους φορείς στους πράκτορες. Ωστόσο αυτή η εργασία αναγνωρίζει το ότι οι συναλλαγές ήταν πιο περίπλοκες και αποδείχτηκε δύσκολο να αντιπροσωπευτούν και να εφαρμοστούν ορθά.

Είναι εφικτό το ότι μια αύξηση του αριθμού των ατόμων οι οποίοι τώρα λαμβάνουν ιδρυματική φροντίδα μπορούν να συνεχίσουν να ζουν ανεξάρτητα ως μέρος της τοπικής τους κοινότητας αν οι διαθέσιμες τεχνολογίες χρησιμοποιηθούν καλύτερα για να διαχειρισθούν τη παροχή της φροντίδας των αναγκών τους. Είναι επίσης εφικτό το ότι η βελτίωση της αποδοτικότητας θα μπορούσε να γίνει αν υπήρχε μια αρχιτεκτονική η οποία θα αναλάμβανε επιτυχώς τη διαχείριση των πολλών συναλλαγών που υπάρχουν μεταξύ των δύο μερών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η υπερβολική εξωτερική παρακολούθηση και η συλλογή δεδομένων δεν αποτελεί προϋπόθεση ενός τέτοιου συστήματος. Κάθε άτομο πρέπει να λαμβάνει έγκαιρη, ευέλικτη και αποτελεσματική υπηρεσία, η οποία είναι αποτελεσματικά προσαρμόσιμη στο να καλύψει τις ανάγκες αυτού που θα δεχτεί τη φροντίδα. Η τρέχον οικονομία και η πίεση των πόρων σημαίνει την ύπαρξη απαίτησης για την ενεργό παρακολούθηση και την άμεση παροχή φροντίδας εκεί όπου είναι περισσότερο απαραίτητη, και την ανάθεση διαχείρισης πράξεων πληρωμής μεταξύ των διαφορετικών φορέων.

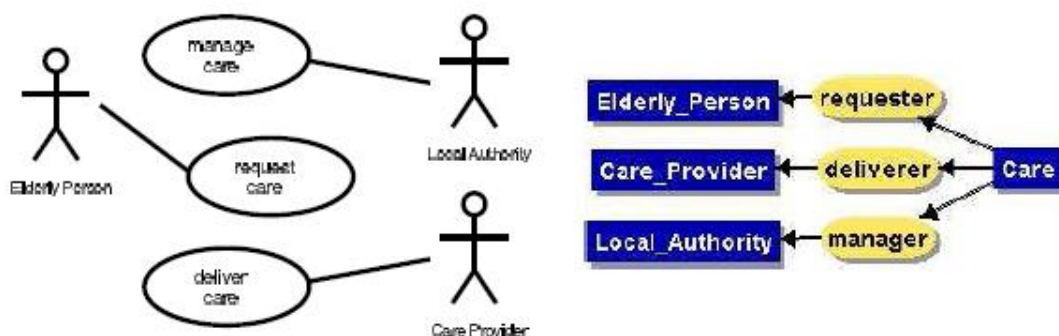
Δεδομένου ότι η ιατρική κοινότητα περιλαμβάνει αυξημένο ποσοστό των ιδιωτικών υπηρεσιών φροντίδας στον τομέα της υγείας, μαζί με την ανταγωνιστική αγορά, υπάρχει μια πολύ μεγαλύτερη απαίτηση για την επεξεργασία συναλλαγών μεταξύ κάθε μίας από τις ξεχωριστές υπηρεσίες. Ανθρώπινοι πράκτορες σε ένα εμπορικό περιβάλλον έχουν μακρά πρωτόκολλα συναλλαγών, επιτρέποντας την επιτυχή διαπραγμάτευση των αγαθών και των υπηρεσιών. Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων ωστόσο, δεν είναι τόσο καλά αναπτυγμένα, και είναι απαραίτητο να δημιουργήσουμε κάτι ενδιάμεσο που

να αντιπροσωπεύει τις συναλλαγές σε ένα ρεαλιστικό τρόπο, αν θα ανατεθούν με βεβαιότητα οι συναλλαγές μας σε αυτόνομους πράκτορες. Διαπιστώνουμε λοιπόν πως υπάρχει ανάγκη για την ανάπτυξη ενός πλαισίου που να ενσωματώνει την απαίτηση για μια ισχυρή αρχιτεκτονική πράξη, όπως και τη δυνατότητα για σχεδιασμό και ανάπτυξη συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που να μπορούν να (επικαλεστούν) ανταπεξέλθουν.

Για να τονίσουμε περισσότερο τη προσέγγιση, θα περιγράψουμε τη μοντελοποίηση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για την διαχείριση της ιατρικής κοινότητας. Θεωρούμε ένα καθιερωμένο μοντέλο συναλλαγής σε σχέση με το πλήθος των συναλλαγών πληρωμών εντός της διαχείρισης της κοινότητας φροντίδας, και προτείνουμε ένα ισχυρό πλαίσιο για την εξάπλωση των συστημάτων πρακτόρων για την διαχείριση της υγειονομικής κοινότητας, που επιχειρεί να αντιμετωπίσει το χάσμα μεταξύ αφηρημένης έννοιας και χαμηλού επιπέδου, της υλοποίησης πράκτορα συστήματος. Το πρώτο στάδιο σε αυτό το σκοπό είναι να εξεταστούν οι περιπτώσεις χρήσης εντός του συστήματος.

3.5.3.2 Ανάλυση περίπτωσης χρήσης

Το σενάριο εκπροσωπείται στο ψηλότερο επίπεδο με ένα μοντέλο περίπτωσης χρήσης. Στο Σχήμα 27 απεικονίζονται οι αντιστοιχίες μεταξύ του μοντέλου περίπτωσης χρήσης και οι έννοιες που εκφράζονται στο Εννοιολογικό Γράφημα (Conceptual Graph CG) ποικίλουν.



Σχήμα 27. Μοντέλα Περίπτωσης Χρήσης και Εννοιολογικό Γράφημα της υγειονομικής περίθαλψης [42].

- Ηλικιωμένο Άτομο (Elderly Person): Ένα ανάπηρο, ηλικιωμένο άτομο που επιλέγει να συνεχίσει να ζει στο δικό του σπίτι και απαιτεί φροντίδα από τη Τοπική Αρχή.
- Τοπική Αυτοδιοίκηση (Local Authority): Ένα τοπικό όργανο εκπροσώπησης της Κυβέρνησης του Ηνωμένου Βασιλείου που διαχειρίζεται την παράδοση των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης.
- Παροχή Ιατρικών Υπηρεσιών (Care Provider): Μια ιδιωτική οργάνωση που προσφέρει φροντίδα στο περιβάλλον του σπιτιού των ηλικιωμένων ατόμων εκ μέρους της Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

3.5.3.3 Μετατροπή με το μοντέλο Συναλλαγής και Δημιουργία Τύπων Οντολογιών.

Όπως περίγραψαν σε προηγούμενη εργασία τους οι Hill και Polovina [34][35] το Transaction Model (TM) είναι ένα χρήσιμο μέσο για την εισαγωγή του μοντέλο-ελέγχου στις απαιτήσεις συγκέντρωσης της διαδικασίας [29]. Αυτή η σύλληψη απαιτήσεων από την αρχή διασφαλίζει ότι ο μοντέλο-έλεγχος δεν θεωρείται σαν μια δεύτερη σκέψη. Κάθε διαδικασία μοντέλου αντιπροσωπεύεται από χρεώσεις και πιστώσεις, όσον αφορά τους οικονομικούς πόρους που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η συναλλαγή. Έτσι λοιπόν τα μοντέλα είναι ελλιπές μέχρι οι δύο πλευρές της συναλλαγής ισορροπηθούν, και αυτό έχει αποδειχθεί να αντιπροσωπεύει ποιοτικές συναλλαγές, όπως “η ποιότητα της περίθαλψης που λαμβάνεται” [35]. Για παράδειγμα μια απλή υγειονομική περίθαλψη μπορεί να είναι η καταβολή των χρημάτων για τη παράδοση ενός πακέτου φροντίδας. Μια τέτοια πράξη θα μπορεί να θεωρηθεί πλήρης όταν το χρεωστικό ταιριάζει με τη πίστωση έτσι ώστε να επιτυγχάνετε μια ισορροπία. Μία πιο περίπλοκη συναλλαγή ωστόσο, θα μπορούσε να είναι η επένδυση σε χρόνο για την εκπαίδευση (χρεωστικό), αντίθετα με το να βελτιωθεί η ποιότητα της περίθαλψης που λαμβάνεται (πίστωση). Η εξειδίκευση του γενικού TM CG (Transport Model Conceptual Graph) του Σχήματος 28 πάνω στο σενάριο κοινότητας υγειονομικής περίθαλψης φαίνεται από τον CG του Σχήματος 29. Όπως δείχνει το Σχήμα 30, αυτή η εξειδίκευση εξυπηρετεί δύο βασικούς στόχους:

1. Οι έννοιες που εντοπίστηκαν στο σενάριο φροντίδας παρουσιάζονται σαν μια συναλλαγή έτσι ώστε τα οικονομικά γεγονότα και οι οικονομικοί πόροι να έχουν ισορροπία.

2. Κάθε έννοια έχει ταξινομηθεί ως προς το είδος, ως εκ τούτου μια ιεραρχία τύπων, η οποία αποτελεί σημαντικό στοιχείο μίας οντολογίας, προέρχεται.



Σχήμα 28. Μοντέλο Συναλλαγής (TM) [42].

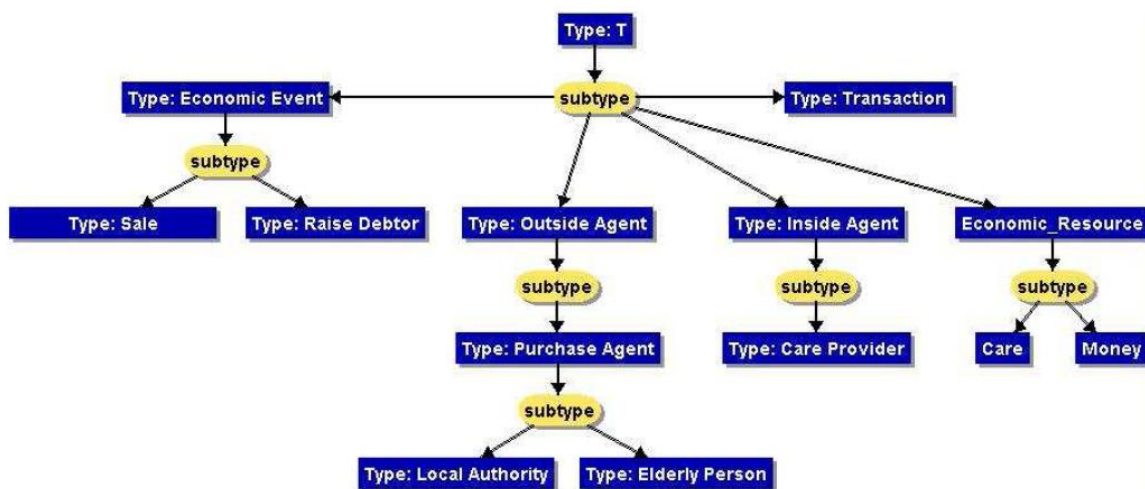
Στο Σχήμα 27 δεν είναι σαφές από την αρχή ποιός πληρώνει το λογαριασμό για τη φροντίδα, ή ποιός ήταν η πηγή των χρημάτων. Το Σύστημα Προνοίας του Ηνωμένου Βασιλείου έχει τρία συγκεκριμένα σενάρια:

1. Η τοπική αρχή πληρώνει πλήρως για τη φροντίδα.
2. Το ηλικιωμένο άτομο πληρώνει πλήρως για τη φροντίδα του.
3. Το τμήμα τοπικής αυτοδιοίκησης και το ηλικιωμένο άτομο κάνουν μερικές πληρωμές που φτάνουν στο 100% του κόστους φροντίδας.

Για να ικανοποιηθεί το TM ως εκ τούτου προκύπτει ο "Purchase_Agent" ως ο υπερτύπος της Τοπικής Αυτοδιοίκησης και του Ηλικιωμένου προσώπου. Ο καθορισμός όρων για την οντολογία (Σχήμα 30) είναι ένα σημαντικό βήμα κατά τη διαδικασία υλοποίησης του πράκτορα. Ενώ είναι εφικτό να εξαρτάται από τις υπάρχουσες διαδικασίες για το μεγαλύτερο μέρος, η πιο σημαντική συμβολή αυτού του σταδίου είναι ο έλεγχος της ισορροπίας που θέτει αμέσως την συνειδητοποίηση του δημιουργού για την ανάγκη της κατάλληλης ορολογίας. Η ιεραρχία των τύπων στο Σχήμα 30 προκύπτει από το Σχήμα 29.



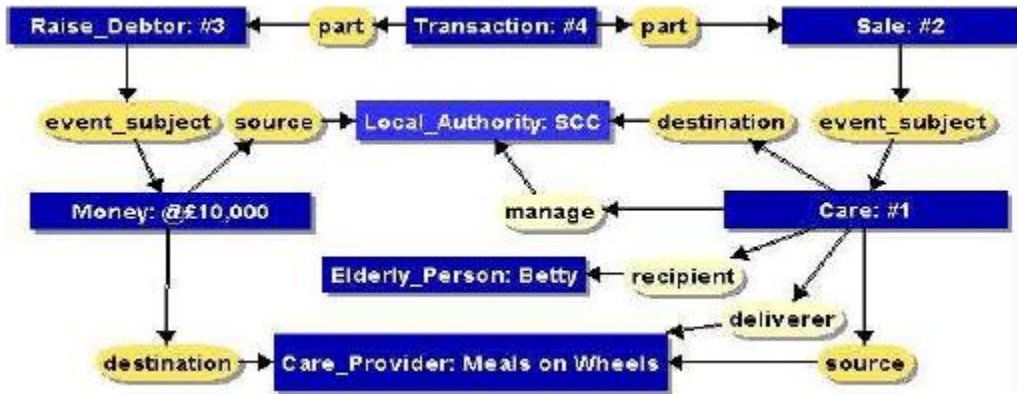
Σχήμα 29. Σενάριο υγειονομικής περίθαλψης μετά την εφαρμογή του TM [42].



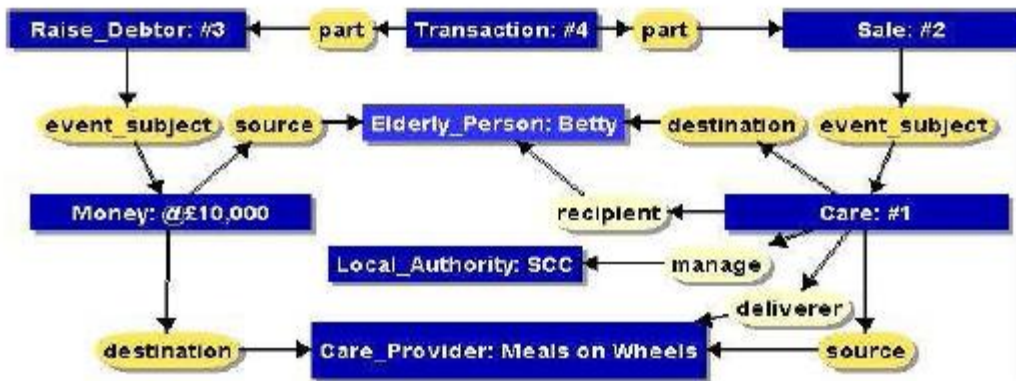
Σχήμα 30. Η ιεραρχία τύπων μετά την μετατροπή του TM [42].

3.5.3.4 Συγκεκριμένα Σενάρια Μοντέλου

Μόλις το γενικό μοντέλο έχει δημιουργηθεί, δοκιμάζεται με ορισμένους γενικούς κανόνες. Αρχικά εξερευνούμε για πρώτη φορά το συγκεκριμένο σενάριο σύμφωνα με το οποίο ένα Ηλικιωμένο Άτομο έχει αξιολογηθεί και θεωρείται ότι έχει επιλεγεί για να λάβει ιατρική περίθαλψη με μηδενικό κόστος. Σε αυτή τη συγκεκριμένη περίπτωση, την οποία μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 31, βλέπουμε ότι η πηγή των χρημάτων για τη πληρωμή της φροντίδας είναι η Τοπική Αυτοδιοίκηση, το Sheffield City Council (SCC), το οποίο επίσης διαχειρίζεται τη παροχή της φροντίδας. Το πακέτο φροντίδας δεν παρέχεται από την Τοπική Αρχή, όμως πωλείται σε αυτούς από ιδιωτικούς οργανισμούς, εξού και η ανάγκη για “Παροχή Ιατρικών Υπηρεσιών”, στη περίπτωσή μας, τα “Γεύματα σε Τροχούς”. Δεδομένου ότι η Τοπική Αρχή αναλαμβάνει το κόστος του πακέτου φροντίδας, το οποίο είναι ο προορισμός του. Αξίζει να σημειώσουμε ότι κάθε έννοια σε αυτό το σχήμα έχει τώρα μια μοναδική αναφορά, που υποδηλώνει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα. Αντίθετα το σενάριο υπάρχει όταν το Ηλικιωμένο Άτομο θεωρείται ότι διαθέτει επαρκή οικονομικά στοιχεία τα οποία να μην δικαιολογούν το δωρεάν πακέτο φροντίδας (Σχήμα 32), όπου μπορούμε επίσης να δούμε ότι το πακέτο φροντίδας διαχειρίζεται ακόμη η Τοπική Αρχή.



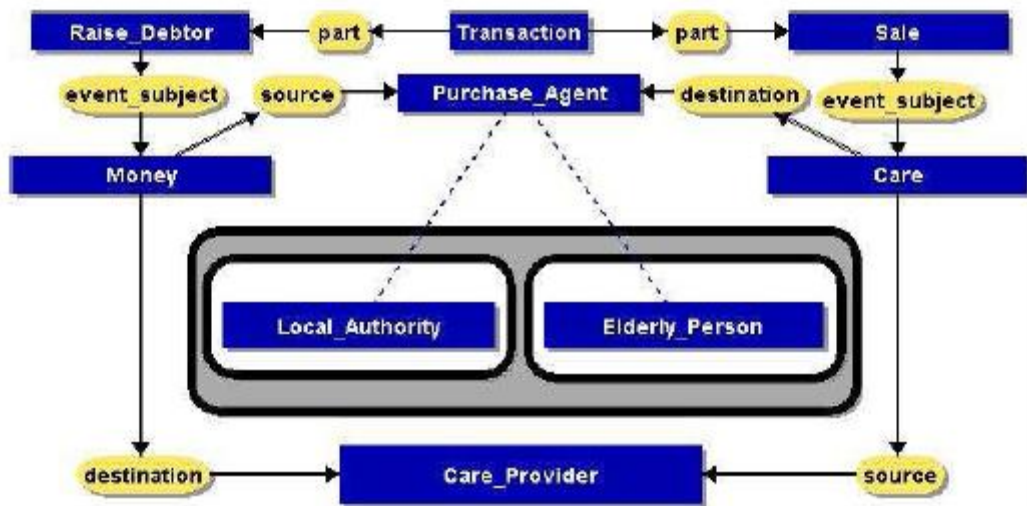
Σχήμα 31. Η Τοπική Αρχή πληρώνει για την υγειονομική περίθαλψη (περιουσιακό στοιχείο χαμηλό) [42].



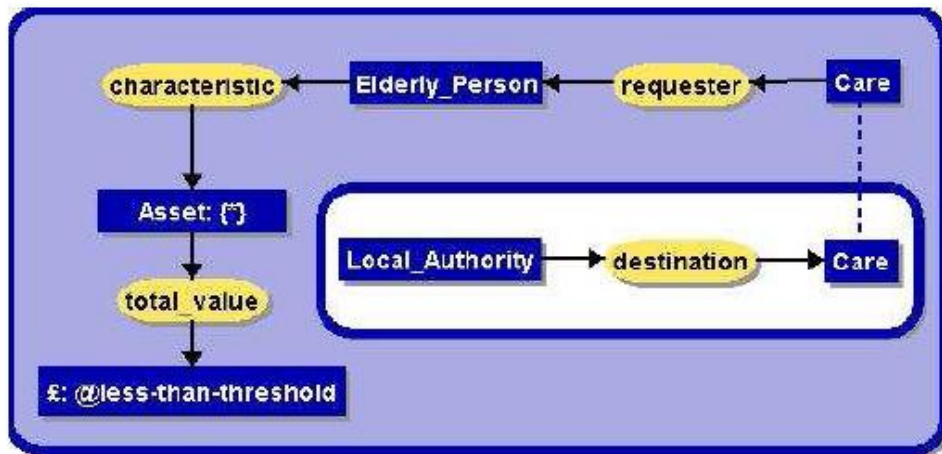
Σχ
ήμα 32. Το Ηλικιωμένο άτομο πληρώνει για την υγειονομική του περίθαλψη (περιουσιακό στοιχείο υψηλό) [42].

3.5.3.5 Συμπεράσματα με Ερωτήματα και Επικύρωση

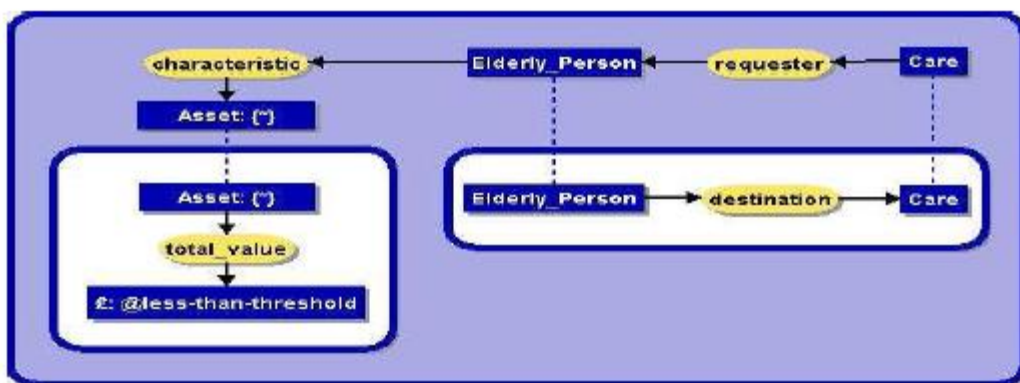
Το πρότυπο του Conceptual Graph προκύπτει από όλα τα πιο πάνω στοιχεία (Σχήμα 33). Για να αξιολογήσουμε αυτό το σενάριο εξετάζουμε την περίπτωση όπου το περιουσιακό στοιχείο του Ηλικιωμένου Ατόμου θεωρείται ότι είναι μικρότερο από ένα συγκεκριμένο όριο το οποίο καθορίζεται από την Τοπική Αρχή, η οποία είναι και ο προορισμός της φροντίδας.



Σχήμα 33. Αναδυόμενο πρότυπο CG για αυτό το TM [42].

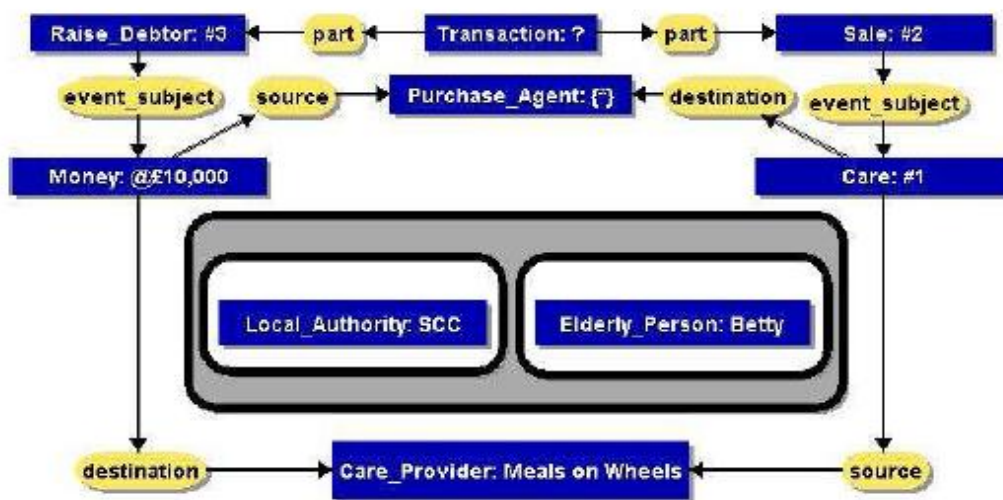


Σχήμα 34. Ηλικιωμένο Άτομο λαμβάνει πακέτο φροντίδας με κόστος μηδέν [42].



Σχήμα 35. Ηλικιωμένο Άτομο πληρώνει για πακέτο φροντίδας πλήρως [42].

Στο Σχήμα 34 μπορούμε να δούμε αυτή τη περίπτωση. Το Σχήμα 35 παρουσιάζει την εναλλακτική κατάσταση, απεικονίζεται με το περιουσιακό στοιχείο ως “less-than-threshold”, όπου η δοκιμή του στεγάζεται σε ένα αρνητικό πλαίσιο. Εδώ το ηλικιωμένο άτομο θα είναι η φροντίδα και ο προορισμός του κόστους, όπως αυτός ή αυτή θεωρείται ότι έχει περιουσιακά στοιχεία που δεν είναι κάτω από το όριο. Το μοντέλο μερικής-πληρωμής στο Σχήμα 36 περιλαμβάνει τα Local_Authority και Elderly_Person, καθώς και τον Purchase_Agent ο οποίος προέρχεται νωρίτερα στο Σχήμα 35. Ωστόσο το Σχήμα 36 δεν επιτρέπει τα από κοινού μέρη να είναι ο Purchase_Agent. Ως εκ τούτου θα ενισχύσουμε το μοντέλο περαιτέρω για να υποστηρίξουμε το Σχήμα 37. Εδώ η Local_Authority και το Elderly_Person έχουν μια ευθύνη διάσπασης η οποία είναι μεταβλητή ανάλογα με τις συνθήκες ενός ατόμου εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ότι το συνολικό κόστος ανέρχεται στο 100%.



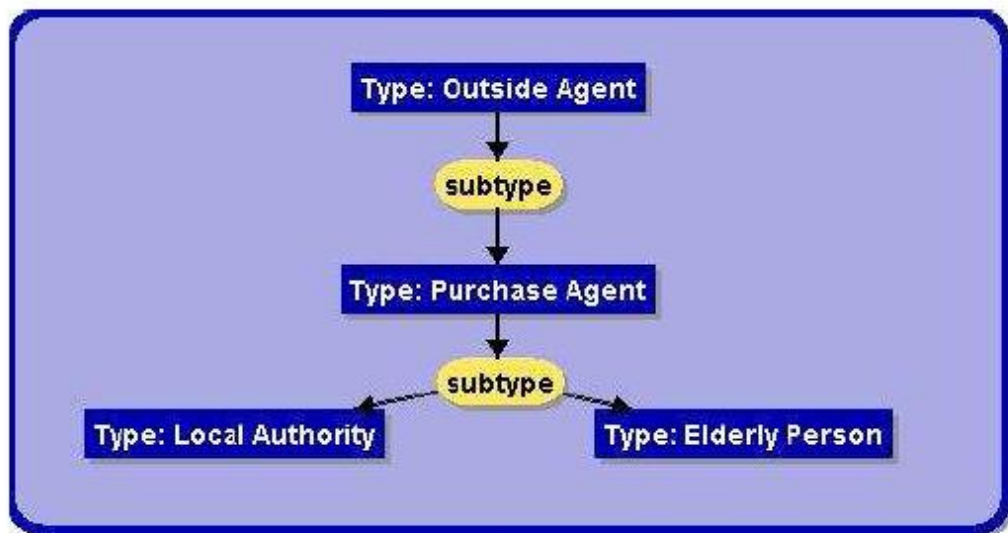
Σχήμα 36. Μη ολοκληρωμένο TM που απεικονίζει 2 μέρη αγοράς περιμένοντας σύνδεση με τον ‘Purchase Agent’ [42].

Οι πράκτορες Elderly_Person και Local_Authority δεν είναι πλέον υπό-τύποι του Purchase_Agent, όπως αρχικά φάνηκε, αλλά αντιθέτως συνδέονται μέσω σχέσεων ευθύνης. Αναφερόμενοι πίσω στην ιεραρχία των τύπων που καθορίζονται στο Σχήμα 25, μπορούμε τώρα να δημιουργήσουμε ένα κανόνα για να αντικαταστήσουμε την οντολογία για το μοντέλο. Το Σχήμα 38 απεικονίζει μια οντολογική συνιστώσα που δεν ισχύει πλέον, σε ένα αρνητικό πλαίσιο [29]. Λαμβάνοντας υπόψη τις βελτιώσεις που ανακαλύφθηκαν, η οντολογία κοινότητα φροντίδας ενημερώνεται στο Σχήμα 34 και το TM στο Σχήμα 40 για να δείξει τη σχέση ευθύνης. Οι συν-αναφερόμενες συνδέσεις

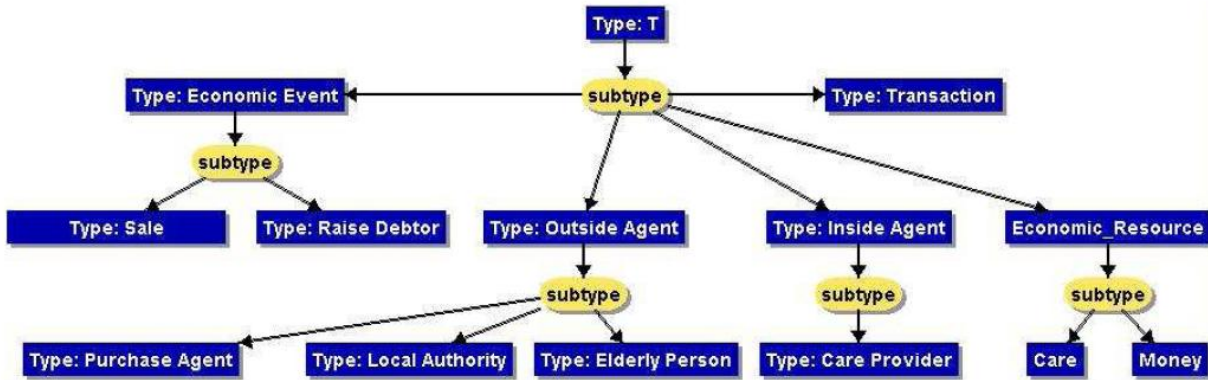
είναι πλέον έγκυρες έτσι ώστε το μοντέλο τώρα να μπορεί να ολοκληρωθεί, ενεργοποιώντας και τα τρία σενάρια πληρωμής να φιλοξενηθούν σε ένα μοντέλο.



Σχήμα 37. Περίπτωση μερικής πληρωμής με κοινές υποχρεώσεις [42].



Σχήμα 38. Οντολογικό στοιχείο το οποίο δεν είναι πλέον έγκυρο [42].



Σχήμα 39. Ενημερωμένη Οντολογία [42].

3.5.3.6 Μετάφραση σε Προδιαγραφές Σχεδιασμού

Μόλις οι παραστάσεις του CG ελεγχθούν κατά το TM, τότε είναι δυνατό να εκτελέσει μια μετάφραση για μια προδιαγραφή σχεδιασμού. Οι ‘εντός’ και ‘εκτός’ πράκτορες στο TM χρησιμεύουν για τη παροχή άμεσης αντιστοίχισης ως εξής:

- Inside Agent: ο Purchase_Agent, με τις υποχρεώσεις από κοινού ικανοποιημένοι από την Local_Authority (SCC) και το Elderly_Person (‘Betty’)
- Outside Agent: ο Care_Provider (‘Meals_on_Wheels’)

Περισσότερες επαναλήψεις και ενώσεις γραφήματος, οι οποίες παραλείπονται για συντομία) θα απεικόνιζαν τους ακόλουθους πρόσθετους πράκτορες (όπου LA αντιπροσωπεύει τη Local Authority):

- Care Request Agent: [Elderly_Person]
- Purchasing Agent: [Local_Authority] -> (sub-agent) -> [LA_Procurement_Agent]
- Care Assessor Agent: [Local_Authority->] -> (sub-agent) -> [LA_Social_Worker]
- Finance Agent: [Local_Authority] -> (sub-agent) -> [LA_Finance_Assessor]

Από αυτές τις άμεσες μεταφράσεις μπορούμε να κατασκευάσουμε σώματα πράκτορα, στα οποία συγκεκριμένες επιμέρους εργασίες μπορούν να ανατεθούν. Κάθε μια από τις συμπεριφορές ενημερώνεται από τις σχέσεις που καθορίζονται στο πλαίσιο του TM.

Για παράδειγμα, παραπέμποντας στο Σχήμα 27 το κλειδί αφηρημένου ορισμού είναι ότι:

Η διαχείριση της φροντίδας είναι η Τοπική Αρχή.

Περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων των μοντέλων στο ρόλο διαχείρισης του πράκτορα Τοπικής Αρχής μέσω των υπό-πρακτόρων του προσδιορίζονται παραπάνω από το να αποσυνδεθούν σε:

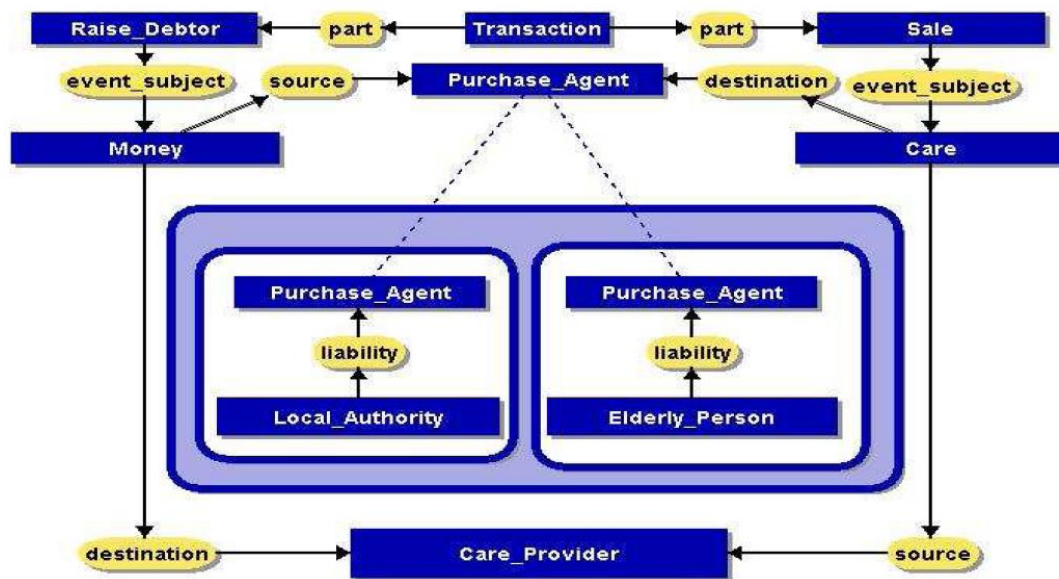
Access_care_needs;

Confirm_financial_eligibility;

Procure_care_package;

Manage_care_delivery;

Η διαδικασία του να αποκαλύπτονται οι συμπεριφορές του πράκτορα ενημερώνεται και πλαισιώνεται από τα πρωτόκολλα επιχειρήσεων που έχει εντοπίσει το TM και ο κατασκευαστής πρέπει να εφαρμόσει στα διάφορα πρωτόκολλα πρακτόρων. Για παράδειγμα, η συμπεριφορά 'Procedure_care_package' μπορεί να εκπροσωπηθεί από το FIPA Iterated Contract Net protocol [36], μεταφέροντας έτσι το έργο της απόκτησης του φθηνότερου πακέτου περίθαλψης που διατίθεται σε αυτό το πρωτόκολλο στο οποίο ένα συγκεκριμένο έργο μπορεί να ταιριάζει καλύτερα. Αυτή η προσέγγιση δημιουργεί έτσι μια κατάσταση όπου η μέθοδος των απαιτήσεων επικεντρώνεται σε τι τα MAS πρέπει να παραδώσουν από την αρχή στην εφαρμογή, βοηθώντας τον προγραμματιστή να καθορίσει το βαθμό στον οποίο η λύση επηρεάζεται από το επιχειρηματικό μοντέλο. Περαιτέρω βελτίωση του μοντέλου με άλλες μεθοδολογίες δεν αποκλείεται ωστόσο, όπως οι βασικές συναλλακτικές συμπεριφορές έχουν τώρα καθιερωθεί, επαληθευτεί και είναι πλέον διαθέσιμες για ένταξη όπως απαιτείται.



Σχήμα 40. Εκλεπτυσμένο μοντέλο για να φιλοξενήσει το σενάριο μερικής πληρωμής [42].

3.5.4 Περίληψη και Συμπεράσματα

Η προσέγγισή μας επέτρεψε την έγκαιρη εκμείωση του τομέα γνώσης, και περαιτέρω προδιαγραφές οντολογίας, ενώ παράλληλα ενσωματώνει ένα ισχυρό μοντέλο συναλλαγής από την αρχή. Αυτό έχει επιτρέψει στις παραστάσεις του πράκτορα διαχείρισης της υγειονομικής περίθαλψης στη ροή εργασίας να συναρμολογούνται με πολύ ταχύτερους ρυθμούς, ιδιαίτερα όταν έχουμε μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στο ότι ο υποκείμενος σχεδιασμός βασίζεται σε ένα σταθερό πλαίσιο. Αυτή η προσέγγιση δεν θέτει σε κίνδυνο την περαιτέρω ανάπτυξη με AUML, εξασφαλίζει μάλλον ότι τα ποιοτικά ζητήματα έχουν συλληφθεί και εξεταστεί πριν τη λεπτομερή περιγραφή του συστήματος. Τα χαρακτηριστικά κλειδιά αυτής της προσέγγισης είναι τα ακόλουθα:

1. Τα CG αντιπροσωπεύουν τις ροές εργασίας σε ένα πιο αφηρημένο τρόπο, και παρέχουν τη βάση για τη μοντελοποίηση της ανταλλαγής γνώσεων μέσα σε ένα σύστημα. Η αφαίρεση είναι τέτοια ώστε υψηλού επιπέδου, ποιοτικά θέματα, όπως η “ποιότητα της ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης που λαμβάνεται” διευθύνονται, έτσι ώστε να είναι εφικτό το ότι το σύστημα διερωτάται από την άποψη των εννοιών, αντί να βασίζεται σε προηγούμενη πείρα ενός ατόμου.
2. Τα CG είναι παρόμοια με τα AUML στο ότι υπάρχουν ορισμένες προφανείς αντιστοιχίσεις από τις έννοιες στους πράκτορες, ωστόσο υπάρχουν επίσης διαφάνειες όπου τα CG φαίνεται να αποκαλύπτουν μεγαλύτερη συνέπεια.

3. Μόλις το αρχικό μοντέλου του CG παραχθεί, τα σενάρια δοκιμών μπορούν να αξιολογηθούν χρησιμοποιώντας λογικά συμπεράσματα και είναι επίσης δυνατόν να προβληθούν γράφοι σε ένα άλλο CG. Χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική συναλλαγής, καθίσταται δυνατό να αναγκάσει ένα σύνολο κανόνων από ένα μοντέλο πριν να εκπροσωπηθεί στην AUML.
4. Οι οντολογικοί όροι προκύπτουν από το μοντέλο συναλλαγής κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της συλλογής απαιτήσεων. Και πάλι, ο εγγενής έλεγχος ισορροπίας του μοντέλου εξασφαλίζει ότι οι όροι συμφωνήθηκαν πριν από το μοντέλο είναι πλήρης. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει ότι οι συζητήσεις σχετικά με τα ονόματα διεξάγονται νωρίτερα παρά αργότερα, με το άμεσο όφελος να προσδιορίζουν πιο αναλυτικά πριν την περαιτέρω ανάπτυξη του μοντέλου.
5. Η προσέγγιση των συναλλαγών κάνει τον έλεγχο του μοντέλου να ικανοποιήσει δύο πλευρές της συναλλαγής.

Χρησιμοποιώντας το σχεδιασμό, την εξειδίκευση και την εφαρμογή ενός πράκτορα-διαχείρισης της κοινότητας υγείας έχουμε απεικονίσει την ανάπτυξη ενός περίπλοκου συστήματος πολλαπλών πρακτόρων που ενσαρκώνει την έννοια της ισχυρής διαχείρισης της ροής εργασίας. Η AUML κατέδειξε πως ο αυξημένος πλούτος αυτής της σημειογραφίας μπορεί να βοηθήσει την έκφραση και την περιγραφή των συμπεριφορών του πράκτορα, των αλληλεπιδράσεων και των αρχιτεκτονικών του, ειδικά όταν ένας σχεδιαστής συστήματος πολλαπλών πρακτόρων χρειάζεται να παράγει τις προδιαγραφές του λογισμικού. Αναγνωρίζουμε επίσης τους περιορισμούς της AUML, ιδιαίτερα κατά το στάδιο της συλλογής απαιτήσεων, όπου αυτό είναι απαραίτητο να συλληφθούν περίπλοκες, ποιοτικές συναλλαγές οι οποίες δεν μπορούν εύκολα να εμφανιστούν αρχικά. Η διαχείριση της υγειονομικής περίθαλψης της κοινότητας εκθέτει έναν τεράστιο αριθμό των ποιοτικών ζητημάτων σε ευρύτερη έννοια, και είναι προφανές ότι η AUML έχει περιορισμούς όταν προσπαθεί να αποσπάσει αυτά τα εννοιολογικά ζητήματα. Οι εμπειρίες μας με CG δείχνουν ότι αυτή η παράσταση προσφέρει στο σχεδιαστή του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων ένα σημαντικό πλεονέκτημα όταν πρόκειται για τη συναρμολόγηση μιας προδιαγραφής απαιτήσεων που συλλαμβάνει την ουσία παρουσιάσεων του πραγματικού κόσμου, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την AUML. Είναι επίσης προφανές ότι τα μοντέλα του CG δεν διαθέτουν την αναγκαία λεπτομέρεια για να καθοριστεί ο

κώδικας του πράκτορα του προγράμματος, σε αντίθεση με τις ολοκληρωμένες παραστάσεις που μπορούν να εκφραστούν με AUML.

Πιστεύουμε ότι ο συνδυασμός CG με AUML και ενός καθιερωμένου μοντέλου συναλλαγής αποτελεί το πρώτο βήμα προς τη παροχή ενός ενιαίου πλαισίου για την εγκατάσταση του συστήματος ενημέρωσης της υγείας της κοινότητας. Έχουμε αποδείξει την διαύγεια της προσέγγισης με CG, ιδίως όσον αφορά τη σύλληψη των εννοιών και των πιο ήπιων πτυχών του συστήματος. Στη συνέχεια, είναι δυνατόν να αποκομιστούν οι αλληλεπιδράσεις και οι συμπεριφορές που απαιτούνται για τη χρήση AUML, βοηθώντας τις προδιαγραφές των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που ενσωματώνουν ισχυρή διαχείριση συναλλαγών και γνωρίσματα πραγματικού κόσμου. Είναι ζωτικής σημασίας ότι αυτά τα μοντέλα είναι ρεαλιστικά, αν τα πιθανά οφέλη των αρχιτεκτονικών των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων πρόκειται να υλοποιηθούν. Ενώ τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων μπορούν να εμφανίσουν μια ελκυστική λύση σε πολλά σύνθετα προβλήματα στο τομέα, έχουμε μέχρι τώρα εμποδιστεί από ένα σύνολο εργαλείου που κάνει την περιγραφή της ρεαλιστικών αρχιτεκτονικών δύσκολη.

Η αύξηση του ενδιαφέροντος στους πράκτορες και στις προσανατολισμένες στις υπηρεσίες αρχιτεκτονικές μαζί με τη σύγκλιση των τεχνολογιών για την επιδίωξη του Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web) απεικονίζει επίσης την απαίτηση για ακρίβεια και αποκρινόμενες περιγραφές του τομέα γνώσης. Ο συνδυασμός ενός στιβαρού μοντέλου συναλλαγής, με τον CG και την AUML σαν οχήματα εκπροσώπησης, εξηγεί μια βελτιωμένη μέθοδο για την εξαγωγή οντολογιών για οργανωμένα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, με αυτόν τον τρόπο αντιμετωπίζονται οι σημαντικοί συμβιβασμοί που γίνονται συχνά κατά την ανάπτυξη των λύσεων του πράκτορα. Ο χειρισμός των μηχανισμών του πράκτορα για τη διαπραγμάτευση και τη πληρωμή γενικά θεωρείται πρωτόγονος, αλλά η προσέγγισή μας στη μοντελοποίηση διαχείρισης ροής της κοινότητας φροντίδας για το INCA επιτρέπει τώρα την ανάπτυξη ισχυρών, στραμμένων πρωτόκολλων. Πιστεύουμε ότι η χρήση του CG στο στάδιο της συλλογής απαιτήσεων δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή συστήματος πολλαπλών πρακτόρων να ξεπεράσει τις δυσκολίες της χρήσης AUML από την αρχή, παρέχοντας ένα ισχυρό μέσο με το οποίο οι σύνθετες και πολύπλοκες έννοιες μπορούν να μοντελοποιηθούν. Είναι τώρα εφικτό να εκμεταλλευτεί η αυξημένη λειτουργικότητα του INCA να υποστηρίξει

τη συνεχή εφαρμογή αρχιτεκτονικών πολλαπλών πρακτόρων που περιλαμβάνουν αυστηρή διαχείριση των συναλλαγών σαν εγγενής συμπεριφορές των πρακτόρων.

3.6 Σύνοψη Κεφαλαίου 3

Η διαχείριση ροής της εργασίας βοηθά τους οργανισμούς να οργανώσουν την εργασία τους σε διαφορετικές δραστηριότητες, με τέτοιο τρόπο ώστε οι προβλέψιμες διαδικασίες να εκτελούνται αποτελεσματικά και αποδοτικά σε ένα καταναμημένο περιβάλλον. Σε αυτό το κεφάλαιο της Διπλωματικής εργασίας είδαμε συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας συγκεκριμένα στα νοσοκομεία, με την βοήθεια των πολλαπλών πρακτόρων.

Με τη βοήθεια των πολλαπλών πρακτόρων, αυτά τα συστήματα διαχείρισης ροής εργασίας είναι σε θέση να χειριστούν την οργανωτική ροή της εργασίας πιο αποτελεσματικά και πιο αποδοτικά. Μπορούν να οργανώσουν τις διαδικασίες οργάνωσης της εταιρείας και την παροχή των πόρων ελέγχου, τα δεδομένα διαμεσολάβησης, τις σημασιολογικές χαρτογραφήσεις όπως και πολλά άλλα.

Στο κεφάλαιο 3 αναφερθήκαμε σε δύο τέτοια συστήματα. Αρχικά είδαμε το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για προγραμματισμό των ασθενών στο νοσοκομείο. Το πρόβλημα του προγραμματισμού του ασθενούς στο νοσοκομείο χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό αβεβαιότητας και δυναμικής στις θεραπείες των ασθενών. Λόγω των αλληλεξαρτήσεων των αυτόνομων και διοικητικά διακριτών μονάδων που εμπλέκονται στη θεραπεία του ασθενούς προκαλείται επιπλέον πολυπλοκότητα στο σχεδιασμό και τις διαδικασίες συντονισμού. Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων αποτελούν μια πολύ υποσχόμενη προσέγγιση για την υπερνίκηση των περιορισμών στις μεθόδους προγραμματισμού οι οποίες είναι συχνά πολύ περιορισμένες στο να αναπαραστήσουν προβλήματα πραγματικού κόσμου και κάποιες φορές αποτυγχάνουν στην επίλυση πραγματικού μεγέθους προβλημάτων. Σε αυτό το κομμάτι της έρευνάς μας είδαμε επεκτάσιμες αξιολογήσεις ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για τον προγραμματισμό των ασθενών και μελετήσαμε ένα περιβάλλον δοκιμών πολύ κοντά στη πραγματικότητα.

Τα πειραματικά αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η αξιολόγηση του συστήματος των πολλαπλών πρακτόρων πλεονεκτεί σε σχέση με τις υπάρχουσες προσεγγίσεις για το προγραμματισμό των ασθενών στα νοσοκομεία.

Τέλος όταν συγκρίναμε τη προσέγγιση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων με την υφιστάμενη κατάσταση του προγραμματισμού ασθενών στα νοσοκομεία, παρατηρήσαμε μια καλή απόδοση βάση την προσέγγιση σεναρίου με το πραγματικό κόσμο. Πρώτον το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων επέτρεψε ένα προγραμματισμό πραγματικού χρόνου και ανταποκρίθηκε σε πραγματικό χρόνο ακόμη και σε ψηλού φορτίου καταστάσεις οι οποίες εμφανίζονται συνήθως στα νοσοκομεία τις πρωινές ώρες. Δεύτερο, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η ποιότητα των υφιστάμενων χρονοδιαγραμμάτων μπορεί να βελτιωθεί με την αποκεντρωμένη σημαντική βάση συντονισμού. Σε σύγκριση με τη παρούσα κατάσταση στο προγραμματισμό ασθενών στα νοσοκομεία, η προσέγγιση του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων μειώνει το χρόνο αναμονής των ασθενών και την κατοχή πόρων. Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τη κατάσταση υγείας των ασθενών, οι ασθενείς με σοβαρές ασθένειες έχουν κατά μέσο όρο χαμηλότερο χρόνο αναμονής σε σύγκριση με ασθενείς με καλύτερη κατάσταση υγείας. Έτσι, είδαμε ότι ισορροπούνται οι χρόνοι αναμονής των ασθενών σύμφωνα με τη κατάσταση υγείας τους.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου είδαμε ακόμη ένα σύστημα, το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων για τη διαχείριση ροής εργασίας στην υγειονομική περίθαλψη. Σε αυτό το σημείο είδαμε ότι είναι σημαντικό οι πολύπλοκες οργανωτικές διαδικασίες ροής εργασίας να συλλαμβάνονται και να εκφράζονται σε ένα τρόπο τον οποίο τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων μπορούν να ερμηνεύσουν. Χρησιμοποιώντας ένα πολύπλοκο σύστημα κοινωνικής πρόνοιας σαν υπόδειγμα, σε αυτό το τμήμα της έρευνάς μας, περιγράψαμε μια τεχνική με την οποία μια επιχειρηματική διαδικασία συλλαμβάνεται, εκφράζεται, επαληθεύεται και καθορίζεται σε κατάλληλη μορφή για ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης πολλαπλών πρακτόρων.

Περιγράψαμε μια βελτίωση στο σχεδιασμό πλαισίου των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων που δίνει μεγαλύτερη έμφαση στις αρχικές απαιτήσεις συλλαμβάνοντας το στάδιο με τη συμπλήρωση της μοντελοποίησης της διαδικασίας με το Εννοιολογικό Γράφημα σημειογραφίας. Επίσης περιγράψαμε τη προτεινόμενη διαδικασία ενώπιον μίας περίπτωσης υπόδειγμα στο τομέα κοινωνικής φροντίδας. Τέλος, είδαμε το μοντέλο επαλήθευσης να μεταφράζεται σε AUMML σχεδιασμό, που επιτρέπει τη παραγωγή κώδικα συστήματος πολλαπλών πρακτόρων πάνω στη πλατφόρμα της επιλογής. Χρησιμοποιώντας το σχεδιασμό, την εξειδίκευση και την εφαρμογή ενός πράκτορα-

διαχείρισης της κοινότητας υγείας καταφέραμε να απεικονίσουμε την ανάπτυξη ενός περίπλοκου συστήματος πολλαπλών πρακτόρων που ενσαρκώνει την έννοια της ισχυρής διαχείρισης της ροής εργασίας.

Κεφάλαιο 4

Συμπεράσματα

4.1 Γενικά Συμπεράσματα

4.2 Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας

4.1 Γενικά Συμπεράσματα

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η βιβλιογραφική μελέτη ανασκόπησης του πεδίου των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων και των εφαρμογών τους στην ιατρική.

Το κύριο θέμα με το οποίο καταπιάνεται η διπλωματική εργασία είναι η εφαρμογή των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων στην ιατρική διάγνωση και στη διαχείριση της ροής εργασίας σε νοσοκομεία. Η επίλυση διαγνωστικών προβλημάτων όπως και η επίλυση διαφόρων προβλημάτων διαχείρισης ροής στα νοσοκομεία με τη χρήση συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων παρουσιάζει τεράστιο ερευνητικό ενδιαφέρον και αυτό φαίνεται από τις πολλές μελέτες που έχουν ασχοληθεί με το θέμα κάποιες από τις οποίες παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία της εργασίας.

Τα τελευταία χρόνια γενικά στις διάφορες επιστήμες χρησιμοποιούνται τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων για την επίλυση προβλημάτων ή ακόμα για τη καλύτερη διαχείριση του τομέα τους. Με αποτέλεσμα αυτή η χρήση να παρέχει ακρίβεια, καλύτερη απόδοση και αξιοπιστία διευκολύνοντας κατά πολύ τις διάφορες εργασίες που γίνονταν στους τομείς. Έτσι η μοντελοποίηση αυτών των συστημάτων είναι ένα κρίσιμο θέμα το οποίο καλούνται οι επιστήμονες να αντιμετωπίσουν.

Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η χρήση συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει σε όλους τους τομείς.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων και έχουν υλοποιηθεί διάφορες εργασίες για την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων με σκοπό την παροχή βοήθειας και καλύτερης επεξεργασίας της ιατρικής διάγνωσης τα οποία εκτός του ότι βοηθούν στη θεραπεία του ασθενή βοηθούν και τον ίδιο τον γιατρό στην διεξαγωγή ορθής διάγνωσης. Όπως επίσης αναπτύχθηκαν συστήματα για τη βελτίωση διαχείρισης της ροής σε νοσοκομεία όπου και εδώ η χρήση πολλαπλών πρακτόρων έφερε πολλά πλεονεκτήματα. Κάποια από αυτά τα συστήματα μελετήθηκαν και παρουσιάστηκαν σε αυτή την εργασία.

Τα πλεονεκτήματα τα οποία παρουσιάζονται στην διαδικασία ιατρικής διάγνωσης και διαχείρισης της ροής σε νοσοκομεία χρησιμοποιώντας τα συστήματα αυτά είναι πολύ σημαντικά. Μέσα από την έρευνα αυτή φαίνεται ότι τα ευρήματα των ερευνών που γίνονται οδηγούν στο συμπέρασμα ότι με την χρήση των συστημάτων αυτών οι ειδικοί ιατροί όπως και οι μαθητευόμενοι ιατροί υποβοηθούνται έτσι ώστε να παρουσιάζουν βελτίωση στη διεξαγωγή της διαδικασίας διάγνωσης, τόσο από την πλευρά της ορθότερης θεραπείας όσο και από την πλευρά της μείωσης του χρόνου που διαρκεί η διαδικασία. Όσο για τη διαχείριση της ροής εργασίας σε νοσοκομεία βελτιώνεται πολύ ο χρόνος εκτέλεσης διαφόρων εργασιών όπως και οργανώνεται πολύ καλύτερα το προσωπικό του νοσοκομείου και οι ίδιοι οι ασθενείς μένουν περισσότερο ικανοποιημένοι.

Στο πρώτο κεφάλαιο είδαμε τα χαρακτηριστικά των πολλαπλών πρακτόρων αναλυτικά. Πιο μετά αναλύσαμε 4 διαφορετικά συστήματα με εφαρμογές πολλαπλών πρακτόρων, κατά πόσο όμως τα συστήματα αυτά που μελετήσαμε ικανοποιούν τα χαρακτηριστικά των πολλαπλών πρακτόρων που είδαμε;

Στο πρώτο σύστημα που αναφερθήκαμε, το σύστημα AMPLIA, είδαμε τους πράκτορες να κάνουν μια διαπραγματευτική διαδικασία μεταξύ τους όπου ήταν απαραίτητο. Είδαμε επίσης μια ισχυρή επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων, συγκεκριμένα αναφερθήκαμε σε μια περίπτωση που ο Domain Agent ενημερώνει τον Mediator Agent για τις διαφορές μεταξύ της λύσης του μαθητή και του κυρίως μοντέλου. Οι πράκτορες του συστήματος AMPLIA επικοινωνούν πάνω από μια FIPA-OS πλατφόρμα όπως αναφέραμε.

Είδαμε τους πράκτορες να παίρνουν αποφάσεις και να ενεργούν επιλέγοντας την καλύτερη στρατηγική, άλλοτε ομαδικά άλλοτε ατομικά. Στο Σχήμα 5 του συστήματος AMPLIA είδαμε πως οι πράκτορες διαπραγματεύονται, παρουσιάζοντας μια κατάσταση ο καθένας, στέλνοντας διάφορα μηνύματα, και παίρνοντας ταυτόχρονα διάφορες αποφάσεις, αλληλεπιδρώντας πάντα με το χρήστη όπου του παρουσιάζουν τα αποτελέσματά τους για διόρθωση του μοντέλου του. Τέλος είδαμε μια περίπτωση όπου ο Domain Agent ανακαλύπτει ένα λάθος και με την σειρά του πληροφορεί τον Mediator Agent για αυτό το λάθος. Ο Mediator Agent αναγνωρίζει με τι είδους λάθος έχει να κάνει και εξηγεί στο χρήστη παρέχοντας του πληροφορίες.

Το δεύτερο σύστημα που αναλύσαμε ήταν το MADHS, ένα σύστημα το οποίο βοηθά στην ιατρική διάγνωση. Εδώ είδαμε το πόσο σημαντικό είναι ο συντονισμός και η διαπραγμάτευση μεταξύ των πρακτόρων για την ιατρική διάγνωση ειδικά όταν οι υποθέσεις είναι περίπλοκες. Είδαμε τον πράκτορα Coordinator να ελέγχει το παγκόσμιο συντονισμό και την επικοινωνία ανωτάτου επιπέδου, ενώ οι άλλοι ανεξάρτητοι Specialists πράκτορες ξεκινούν την δική τους επικοινωνία και ελέγχουν μερικό συντονισμό. Συγκρίνοντας διαφορετικές επιλογές, ο πράκτορας Joint Decision Maker είναι σε θέση να κρίνει κατά πόσο υπάρχουν άλλες πολύτιμες επιλογές ή κατά πόσο είναι απαραίτητο να πάει πίσω για να κάνει κάποιες επαναλήψεις της όλης διαδικασίας. Ο συντονισμός μεταξύ των πρακτόρων Specialists μπορεί να είναι ανταγωνιστικός ή συνεργάσιμος, ανάλογα με το είδος της μεθόδου απόφασης που χρησιμοποιείται στον Joint Decision Maker. Στο Σχήμα 18 του συστήματος είδαμε την επικοινωνία και την διαδικασία λήψης αποφάσεων μεταξύ αυτών των πρακτόρων.

Το τρίτο σύστημα που μελετήσαμε ήταν το σύστημα για προγραμματισμό των ασθενών στο νοσοκομείο. Σε αυτό το σύστημα ο πράκτορας μιμείται όλες τις προσομοιώσεις των εξωτερικών περιστατικών. Για να γίνει αυτό ο πράκτορας αντιδρούσε σε διαπροσωπείες του χρήστη. Εδώ και πάλι οι πράκτορες επικοινωνούν μεταξύ τους με τη συμβατή πλατφόρμα πρακτόρων FIPA.

Το επόμενο και τελευταίο σύστημα που αναλύσαμε ήταν το σύστημα για τη διαχείριση ροής εργασίας στην υγειονομική περίθαλψη. Εδώ οι ομάδες πρακτόρων όπως οι ιδιωτικοί παροχής υγειονομικής φροντίδας, οι συνήθεις υπηρεσίες φροντίδας, το νοσηλευτικό και ιατρικό προσωπικό, οι ιδιωτικοί διαχειριστές φροντίδας, και οι

πράκτορες εμπιστοσύνης υγείας, ανταλλάσσουν ένα τεράστιο αριθμό μηνυμάτων μέσα στη κοινότητα.

4.2 Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας

Έχοντας διερευνήσει αρκετά το θέμα των πολλαπλών πρακτόρων και των εφαρμογών τους στο πεδίο της ιατρικής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μελέτες οι οποίες γίνονται για το συγκεκριμένο θέμα είναι πολύ σημαντικές. Ωστόσο, φαίνεται ότι πολλά από τα συστήματα τα οποία μελετήθηκαν, όπως και άλλα παρόμοια συστήματα τα οποία αναφέρονται, δεν υλοποιήθηκαν και δεν εφαρμόστηκαν στο πραγματικό κόσμο. Κάποια από αυτά παρουσιάζουν πολύ σημαντική βελτίωση της διαδικασίας ιατρικής διάγνωσης όπως και της διαχείρισης της ροής εργασίας σε νοσοκομεία παρόλη λοιπόν την εργασία την οποία έχει γίνει πάνω στο θέμα, δεν έχει επέλθει η απόλυτη πρόοδος. Αυτό που σίγουρα φαίνεται να συμβαίνει είναι ότι οι ειδικοί συνεχίζουν να ασχολούνται με το τεράστιο αυτό θέμα των πολλαπλών πρακτόρων με σκοπό τη δημιουργία όλο και πιο αποδοτικών συστημάτων βασισμένα σε αυτά που ήδη υπάρχουν.

Βιβλιογραφία:

1. Shoham, Y. Agent-oriented programming. *Artificial Intelligence*, Vol.60, 1993.
2. Russell, S.J. Rationality and intelligence. *Artificial Intelligence*, Vol. 94, 1997.
3. Wooldridge, M and N. R. Jennings. Agent theories, architectures, and languages. In Wooldridge and Jennings, eds. *Intelligent Agents*, Springer Verlag, 1995.
4. Rolf B, Magnusson C. Developing the art of argumentation, a software approach. In: *Proceedings of the Fifth International Conference on Argumentation – ISSA 2002*, University of Amsterdam, June 2002.
5. Belhot RV. Searching for new ways of teaching. In: *Proceedings of the International Conference of Engineering Education, ICEE 1998*, Rio de Janeiro, 1998.
6. Andreassen V, Jensen FV, Andersen SK, Falck B, Kjaerulf U, Woldbye M, et al. Munin-an expert EMG assistant. In: Desmedt JE, editor. *Computer-aided electromyography and expert systems*. Amsterdam: Elsevier Science; 1989. P. 255-77.

7. Mayo M, Mitrovic A. Optimising ITS behaviour with Bayesian networks and decision theory. *Int J Artif Intell Educ* 2001; 12:124–53 [Copyright 2001, the International AIED Society].
8. Gertner AS, Conati C, VanLehn K. Procedural help in Andes: generating hints using a Bayesian network student model. In: *Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence AAAI-98*, Madison, WI, July 1998. Cambridge (MA): MIT Press; 1998. p. 106–11.
9. Kahn CE, Roberts LM, Wang K, Jenks D, Haddawy P. Preliminary investigation of a Bayesian network for mammographic diagnosis of breast cancer. In: *Proceedings of the MIDAS Consortium, SCAMC95*, Milwaukee, Wisconsin, 1995. p. 208–12.
10. Middleton B, Shwe MA, Heckerman DE, Henrion M, Horvitz EJ, Lehmann HP, et al. Probabilistic diagnosis using a reformulation of the INTERNIST 1/QMR knowledge base. II. Evaluation of diagnostic performance. *Methods Inf Med* 1991; 30:256–67.
11. Aronsky D, Haug P. Diagnosing community acquired pneumonia with a Bayesian network. In: Chute C, editor. *Proceedings of the AMIA 98 Annual Symposium*. Philadelphia: Hanley&Belfus; 1998. p. 632–6.
12. H. R. Sturman, et al., Easy Diagnosis, [http:// easydiagnosis.com](http://easydiagnosis.com), March 18 2007, Last ed., [Online].
13. L. Breiman et al., *Classification and Regression Trees*, Chapman & Hall/CRC, 1 edition, January 1, 1984.
14. G. Caire, “JADE Tutorial (JADE Programming for Beginners)”, Telecom Italia, <http://jade.tilab.com/>, 2003, [Online].

15. S. E. Cheng and H. S. Xia, Symptom-based Diagnosis and Treatment in Traditional Chinese Medicine, Beijing Science & Technology Press, Beijing, 1993.
16. Kappel, Gerti; Rausch-Schott, Stefan & Retschitzegger, Werner, "Workflow and Coordination", Coordination Technology for Collaborative Application, 1998, pp.99-120.
17. Takeda, K.; Inaba, M. & Sugiara, K., "User Interface and Agent Prototyping for Flexible Working", IEEE Multimedia, Summer 1996, Vol. 3, pp. 40-50.
18. Zumunft, Olaf and Rump, Frank, "From Business Process Modelling to Workflow Management: An Integrated Approach", Business Process Modelling, 1996, pp.3-22.
19. Turoff, M.; Hiltz, S.R.; Bieber, M.; Fjermestad, J. and Rana, A., "Collaborative Discourse Structures in Computer Mediated Group Communications", proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences, 5-8 Jan. 1999, pp.9.
20. K Decker and J Li, Coordinating mutually exclusive resources using GPGP. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol. 3, No. 2, 2000, pp. 133-157.
21. T O Paulussen, A Zoller, A Heinzl, L Braubach, A Pokahr and W Lamersdorf, Agent-based patient scheduling in hospitals. In S Kirn, O Herzog, P C Lockemann and O International Transactions on Systems Science and Applications , Multiagent Engineering Theory and Applications in Enterprises, Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 2006, pp. 255-276.
22. M Brahimi and D J Worthington, Queueing models for out-patient appointment systems a case study. Journal of the Operational Research Society, Vol. 42 1991, No. 9, pp. 733-746.

23. C P Gomes, Artificial intelligence and operations research: Challenges and opportunities in planning and scheduling. *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 15, No. 1, 2000, pp. 1-10.
24. N R Jennings, K P Sycara and M Wooldridge, A roadmap of agent research and development. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Vol. 1, No. 1, 1998, pp. 7-38.
25. T O Paulussen, A Zoller, A Heinzl, L Braubach, A Pokahr and W Lamersdorf, Agent-based patient scheduling in hospitals. In S Kirn, O Herzog, P C Lockemann and O S paniol, eds., *Multiagent Engineering Theory and Applications in Enterprises*, Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 2006, pp. 255-276.
26. M L Puterman, *Markov Decision Processes-Discrete Stochastic Dynamic Programming*, Wiley, New York u.a., 1994.
27. John F. Sowa. *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison- Wesley, 1984.
28. Franco Zambonelli, Nicholas R. Jennings, and Michael Wooldridge. Developing multiagent systems: The gaia methodology. *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.* 2003.
29. L. Padgham and M. Winikoff. Prometheus: A methodology for developing intelligent agents. In *Proceedings of the Third International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering. AAMAS*, 2002.
30. Martin Beer, Iain Anderson, and Wei Huang. Using agents to build a practical implementation of the inca (intelligent community alarm) system. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous agents*. ACM Press, 2001.

31. Hyacinth S Nwana, Divine T. Ndumu, Lyndon C. Lee, and Jaron C. Collis. Zeus: A toolkit and approach for building distributed multi-agent systems. *Applied Artificial Intelligence Journal*, 1999.
32. Richard Hill, Simon Polovina, and Martin D. Beer. From concepts to agents: Towards a framework for multi agent system modeling. In *Proceedings of the fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*, Utrecht University, Netherlands, July 30 2005. In Press.
33. Simon Polovina, Richard Hill, Paul Crowther, and Martin D. Beer. Multi agent community design in the real, transactional world: A community care exemplar. In Heather Pfeiffer, Karl Erich Wolff, and Harry S. Delugach, editors, *Conceptual Structures at Work: Contributions to ICCS 2004 (12th International Conference on Conceptual Structures)*. Shaker Verlag, 2004.
34. FIPA. Specification part 2- agent communication language, 16th April 1999.
35. Adina Magda Florea. *International Summer School on Multi-Agent Systems*, Bucharest, 1998.
36. E. Κεραυνού, *Τεχνητή Νοημοσύνη και Έμπειρα Συστήματα*, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2000.
37. Rosa M. Vicari, Cecilia D. Flores, Andre M. Silvestre, Louise J. Seixas, Marcelo Ladeira, Helder Coelho. *A multi-agent intelligent environment for medical knowledge*. Elsevier, 2002.
38. Qiao Yang and John S. Shieh, Department of Computer Science Memorial University of Newfoundland. *A Multi-Agent Prototype System for Medical Diagnosis*, 2008.

39. Anja Zoller, Lars Braubach, Alexander Pokahr, Franz Rothlauf, Torsten O. Paulussen, Winfried Lamersdorf, Armin Heinzl. Evaluation of a Multi-Agent System for Hospital Patient Scheduling, 2006.

40. Hill, R., Polovina, S. and Beer M. Sheffield Hallam University. Managing healthcare workflows in a multi-agent system environment, 2005.