

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΒΑΣΙΖΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ**

Κωνσταντίνα Κωνσταντίνου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Μελέτη σκοπιμότητας αναφορικά με την τεχνολογία των συστημάτων
βασιζόμενων σε περιπτώσεις στην ιατρική**

Κωνσταντίνα Κωνσταντίνου

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Ελπίδα Κεραυνού - Παπαηλιού

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

Μάιος 2012

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Δρ. Ελπίδα Κεραυνού – Παπαηλιού που μου ανάθεσε το εν λόγω θέμα για τη διπλωματική μου εργασία το οποίο βρήκα ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Επιπλέον, την ευχαριστώ για την πολύτιμη βοήθεια, την απόλυτη στήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας μου καθώς και για την προθυμία και άμεση ανταπόκρισή της σε οτιδήποτε της ζητούσα, παρόλο το βαρυφορτωμένο της πρόγραμμα. Νιώθω ιδιαίτερα τυχερή που συνεργάστηκα μαζί της καθώς εκτός από μια διακεκριμένη ακαδημαϊκός είναι πάνω απ' όλα ένας αξιόλογος άνθρωπος.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με στήριξαν, με βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν με διάφορους τρόπους όλα αυτά τα χρόνια προκειμένου να ολοκληρώσω με επιτυχία τις σπουδές μου. Ευχαριστώ τους γονείς μου Σάββα και Ελένη και τις αδελφές μου Αθηνά και Σοφία για τη συμπαράσταση και την υποστήριξη που μου παρείχαν όχι μόνο κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, αλλά και σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Χωρίς τις προσευχές και τη στήριξή τους η πορεία μου μέχρι εδώ θα ήταν σίγουρα πολύ πιο δύσκολη.

Ευχαριστώ επίσης από καρδιάς την καλύτερη μου φίλη και συμφοιτήτριά μου Στέλλα Ανδρέου για την υποστήριξη και αμέριστη συμπαράστασή της, τη βοήθεια και τις συμβουλές της οι οποίες υπήρξαν καθοριστικές για την πορεία μου στο Πανεπιστήμιο. Οι αμέτρητες συζητήσεις που κάναμε μαζί μου έδιναν δύναμη και κουράγιο να συνεχίσω.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον σύντροφό μου και περσινό απόφοιτο του Τμήματος Πληροφορικής, Νικόλα Οδυσσέως που όλο αυτό τον καιρό είναι δίπλα μου και με στηρίζει. Τον ευχαριστώ για τις συμβουλές του, οι οποίες αποτελούν πηγή δύναμης για μένα, για την υποστήριξη, την προθυμία του να με βοηθήσει, ιδιαίτερα το τελευταίο εξάμηνο, την κατανόηση και τη συμπαράσταση που δείχνει. Τέλος, τον ευχαριστώ που έφερε εις πέρας το δύσκολο έργο της επιμέλειας του κειμένου της διπλωματικής εργασίας αλλά κυρίως τον ευχαριστώ για την αγάπη του.

Κωνσταντίνα Κωνσταντίνου
Λευκωσία, 14 Μαΐου 2012

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εντάσσεται στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Ιατρική. Επικεντρώνεται στην μελέτη σκοπιμότητας αναφορικά με την τεχνολογία των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις στην ιατρική (Case Based Reasoning in Medicine).

Τα συστήματα τα οποία θα μελετηθούν κάνουν χρήση της μεθοδολογίας των περιπτώσεων βασιζόμενων σε συλλογισμό (αιτιολογία) κατά τη διαδικασία της διάγνωσης μιας ασθένειας και τη σύσταση θεραπείας για κάποιον ασθενή.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, έφερε την ανάγκη για ηλεκτρονικά εργαλεία τα οποία θα βελτιώσουν τόσο την επικοινωνία όσο και την υποστήριξη αποφάσεων στην διαχείριση νοσοκομείων και κλινικών. Γι' αυτό το λόγο τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις χαρακτηρίστηκαν πολύτιμα για παραδείγματα υποστήριξης αποφάσεων.

Τα συστήματα αυτά, βασίζονται στην επαναχρησιμοποίηση παλαιότερων περιπτώσεων χρησιμοποιώντας αρχικά ως μέτρο σύγκρισης τα συμπτώματα της ασθένειας και στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη κάποιους παράγοντες, καταλήγουν στη διάγνωση της ασθένειας και στην παροχή θεραπευτικής αγωγής. Ωστόσο, η αξιοπιστία και η ποιότητα των αποτελεσμάτων ενός τέτοιου συστήματος αποτελούν κρίσιμους παράγοντες στην μετέπειτα επιτυχία του συστήματος.

Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η διεξαγωγή μιας μελέτης σκοπιμότητας αναφορικά με τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις. Με την ολοκλήρωσή της θα εξακριβωθεί κατά πόσο αυτά τα συστήματα πληρούν τις προϋποθέσεις για την επιτυχή διάγνωση της ασθένειας και σύσταση της θεραπείας. Για καλύτερη εξαγωγή συμπερασμάτων θα γίνει μια σύγκριση αυτών των συστημάτων.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	6
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.1 Θεωρητικό υπόβαθρο	2
1.1.1 Περίπτωση (Case)	3
1.1.2 Βάση γνώσης	3
1.1.3 Μετρικές ομοιότητας.....	3
Σύνοψη.....	6
Κεφάλαιο 2 - Κύριοι τύποι μεθόδων βασιζόμενων σε περιπτώσεις	7
2.1 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο	8
2.1.1 Ανάκτηση περίπτωσης.....	8
2.1.1.1 Εύρεση κοντινότερου γείτονα.....	9
2.1.1.2 Επαγωγή	9
2.1.1.3 Ανάκτηση προτύπων	9
2.1.1.4 Προσαρμογή περίπτωσης	9
2.2 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα	10
2.3 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση την μνήμη	11
2.3.1 Λειτουργίες πρόσβασης στη μνήμη	12
2.3.2 Διάγνωση ασθένειας	13
2.3.3 Πιθανά εξαγόμενα αποτελέσματα	13
2.4 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση αναλογίες	14
2.4.1 Δομημένο ταίριασμα προτύπου.....	15
2.4.2 Δομημένη ολοκλήρωση προτύπου	16
2.4.3 Ευελιξία.....	16
2.4.3.1 Ίδιος όρος – Διαφορετικές ερμηνείες	16
2.4.3.2 Ίδια σύγκριση – Πολλές ερμηνείες.....	16
2.4.4 Επικέντρωση σε σχεσιακή δομή.....	17
2.5 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κανόνες.....	17
2.5.1 Ορθή αλυσίδωση – Forward chaining	18
2.5.2 Ανάδρομη αλυσίδωση – Backward chaining.....	18
Σύνοψη.....	20
Κεφάλαιο 3 - Κύκλος ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις	23
3.1 Ερμηνεία καινούργιας περίπτωσης.....	25
3.2 Ανάκτηση περίπτωσης.....	26

3.2.1	Προσδιορισμός χαρακτηριστικών	27
3.2.2	Αρχικό ταίριασμα.....	27
3.2.3	Τελική επιλογή.....	28
3.3	Επαναχρησιμοποίηση περίπτωσης	28
3.3.1	Επαναχρησιμοποίηση με βάση το μετασχηματισμό των περιπτώσεων	28
3.3.2	Επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή.....	29
3.4	Αναθεώρηση περίπτωσης	30
3.4.1	Αξιολόγηση λύσης	30
3.4.2	Διόρθωση λύσης.....	30
3.5	Διατήρηση περίπτωσης	31
	Σύνοψη.....	32
Κεφάλαιο 4 - Συστήματα		34
4.1	Ιστορική αναδρομή.....	35
4.2	Τα πρώτα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις	36
4.3	Η συμβολή των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις στον τομέα της υγείας ...	40
4.3.1	Λόγοι χρήσης των συστημάτων στον ιατρικό τομέα.....	41
4.3.2	Πότε πρωτοεμφανίστηκαν τα συστήματα στον τομέα της ιατρικής	42
4.4	Σκοπός ανάπτυξης των συστημάτων.....	43
4.5	Προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα συστήματα	43
4.6	Περαιτέρω ανασκόπηση των συστημάτων	44
4.6.1	Σύστημα CASEY	44
4.6.1.1	Κύκλος ζωής του συστήματος	45
4.6.1.1.1	Ανάκτηση.....	45
4.6.1.1.2	Αιτιολόγηση.....	46
4.6.1.1.3	Προσαρμογή της λύσης.....	49
4.6.1.1.4	Αποθήκευση	51
4.6.1.1.5	Αξιολόγηση χαρακτηριστικών.....	52
4.6.1.2	Υλοποίηση συστήματος.....	53
4.6.1.2.1	Δομή της μνήμης	53
4.6.1.2.2	Μηχανισμοί ευρετηρίασης	55
4.6.1.2.3	Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων	56
4.6.1.2.4	Μετρικές ομοιότητας του συστήματος.....	57
4.6.1.3	Αξιολόγηση συστήματος	57
4.6.1.4	Πλεονεκτήματα	58
4.6.1.5	Μειονεκτήματα	59
4.6.1.6	Μάθηση συστήματος	60
4.6.1.7	Απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα	61

4.6.1.8	Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος.....	62
4.6.2	Σύστημα PROTOS.....	63
4.6.2.1	Κύκλος ζωής του συστήματος.....	64
4.6.2.1.1	Ανάκτηση.....	64
4.6.2.1.2	Αιτιολόγηση.....	65
4.6.2.1.3	Προσαρμογή της λύσης.....	66
4.6.2.1.4	Αποθήκευση.....	66
4.6.2.1.5	Αξιολόγηση χαρακτηριστικών.....	67
4.6.2.2	Υλοποίηση συστήματος.....	68
4.6.2.2.1	Δομή της μνήμης – Αναπαράσταση Γνώσης.....	68
4.6.2.2.1.1	Συνοχή κατηγορίας.....	69
4.6.2.2.1.2	Μηχανισμοί ευρετηρίασης.....	69
4.6.2.2.2	Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων.....	71
4.6.2.2.3	Μετρικές ομοιότητας του συστήματος.....	72
4.6.2.3	Αξιολόγηση συστήματος.....	73
4.6.2.4	Πλεονεκτήματα.....	74
4.6.2.5	Μειονεκτήματα.....	75
4.6.2.6	Μάθηση συστήματος.....	75
4.6.2.7	Απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα.....	76
4.6.2.8	Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος.....	77
4.6.3	Σύστημα CARE – PARTNER.....	78
4.6.3.1	Κύκλος ζωής του συστήματος.....	78
4.6.3.1.1	Ερμηνεία.....	79
4.6.3.1.2	Ανάκτηση.....	80
4.6.3.1.3	Επαναχρησιμοποίηση.....	81
4.6.3.1.4	Προσαρμογή της λύσης.....	82
4.6.3.1.5	Αποθήκευση.....	83
4.6.3.2	Υλοποίηση συστήματος.....	83
4.6.3.2.1	Δομή της μνήμης.....	83
4.6.3.2.2	Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων.....	85
4.6.3.2.3	Μετρικές ομοιότητας του συστήματος.....	87
4.6.3.3	Αξιολόγηση συστήματος.....	88
4.6.3.4	Διόρθωση συστήματος – Ασφαλιστικό σχέδιο.....	90
4.6.3.5	Πλεονεκτήματα.....	92
4.6.3.6	Μειονεκτήματα.....	92
4.6.3.7	Μάθηση συστήματος.....	93
4.6.3.8	Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα.....	94
4.6.3.9	Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος.....	94
4.6.4	Σύστημα EXELICARECBR.....	95
4.6.4.1	Κύκλος ζωής του συστήματος.....	98

4.6.4.1.1	Ερμηνεία.....	98
4.6.4.1.2	Ανάκτηση.....	98
4.6.4.1.3	Επαναχρησιμοποίηση	99
4.6.4.1.4	Προσαρμογή της λύσης.....	100
4.6.4.1.5	Αποθήκευση	101
4.6.4.2	Υλοποίηση συστήματος.....	101
4.6.4.2.1	Δομή της μνήμης	101
4.6.4.2.2	Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων	103
4.6.4.2.3	Μετρικές ομοιότητας του συστήματος.....	106
4.6.4.3	Αξιολόγηση συστήματος	108
4.6.4.4	Πλεονεκτήματα	108
4.6.4.5	Μειονεκτήματα	109
4.6.4.6	Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα.....	109
4.6.4.7	Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος.....	109
	Σύνοψη.....	110
Κεφάλαιο 5 – Σύγκριση συστημάτων.....		113
5.1	Σύγκριση ανάλογα με την εμπλοκή του παράγοντα χρόνου	113
5.2	Σύγκριση ανάλογα με τη δομή μνήμης	116
5.3	Σύγκριση ανάλογα με τις μετρικές ομοιότητας.....	118
5.4	Σύγκριση ανάλογα με τη μεθοδολογία	120
Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα.....		123
6.1	Γενικά συμπεράσματα.....	123
6.2	Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας.....	125
Βιβλιογραφία.....		126

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

- 1.1 Εισαγωγή
 - 1.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο
 - 1.2.1 Περίπτωση (Case)
 - 1.2.2 Βάση γνώσης
 - 1.2.3 Μετρικές ομοιότητας
-

1.1 Εισαγωγή

Για την διεξαγωγή αυτής της διπλωματικής εργασίας έχει διεξαχθεί μια μελέτη σκοπιμότητας της χρήσης συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις, στο πεδίο των επιστημών υγείας. Το εν λόγω θέμα εντάσσεται στα πλαίσια του πεδίου της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (TN) είναι ένας κλάδος που μελετά το πώς να κάνουμε τον υπολογιστή να εκτελεί κάποιες εργασίες οι οποίες, προς το παρόν, εκτελούνται καλύτερα από τον άνθρωπο. Ο όρος επινοήθηκε για πρώτη φορά από τον John McCarthy το 1969 και αποτελεί μέχρι και σήμερα ένα ανοιχτό πεδίο έρευνας με ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Η χρήση των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις (Case Based Reasoning) αποτελεί σημαντικό τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης καθώς βοηθά στην αυτοματοποίηση αλλά και στην υποστήριξη αποφάσεων όσον αφορά κλινικές και νοσοκομεία. Η ποιότητα και η αξιοπιστία των συστημάτων αυτών είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες στην αποτελεσματική αυτοματοποίηση της διάγνωσης μιας ασθένειας και στην σύσταση θεραπευτικής αγωγής για τους ασθενείς.

Για αυτό το λόγο, τα συστήματα που υλοποιούνται τα τελευταία χρόνια για την υποστήριξη ασθενειών και παθήσεων, είναι συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις και που εμπλέκουν αρκετούς ειδικούς, με στόχο την εξαγωγή πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα, τηρούν τις προϋποθέσεις που τα χαρακτηρίζουν από άλλου είδους συστήματα και τα καθιστούν αποδοτικά και χρήσιμα για την δουλειά που προορίζονται να κάνουν.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις αναλύοντας τους διαφορετικούς τύπους αιτιολόγησης που χρησιμοποιεί η κάθε μέθοδος.

Στο Κεφάλαιο 3 δίνεται περισσότερη προσοχή στην μέθοδο αιτιολόγησης με βάση τις περιπτώσεις και αναλύεται εκτενώς ο κύκλος ζωής των συστημάτων που βασίζονται στις περιπτώσεις.

Στη συνέχεια, στο Κεφάλαιο 4 μελετούνται κάποια από αυτά τα συστήματα με κύριο στόχο την εξακρίβωση της χρησιμότητάς τους και την ποιότητα των αποτελεσμάτων τους. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται δεν ανήκουν στην ίδια περίοδο, καθώς για καλύτερη σύγκριση επιλέχθηκαν συστήματα που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές δεκαετίες.

Στο Κεφάλαιο 5 ακολουθεί η σύγκριση των συστημάτων αυτών ως προς κάποιους σημαντικούς παράγοντες με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων, που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 6, σχετικά με τα συστήματα αυτά.

1.1 Θεωρητικό υπόβαθρο

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ήταν καλό ο αναγνώστης να έχει κάποιες ουσιαστικές γνώσεις των βασικών εννοιών της τεχνητής νοημοσύνης ώστε να μπορεί να κατανοήσει χωρίς δυσκολία την εργασία. Ακολουθώς παραθέτονται κάποιες βασικές έννοιες οι οποίες χρησιμοποιούνται εκτενώς στην μελέτη αυτή.

1.1.1 Περίπτωση (Case)

Ως περίπτωση ορίζεται η αφαιρετική περιγραφή ενός γεγονότος. Μπορεί να είναι ένα ήδη λυμένο πρόβλημα ή ένας χαρακτηριστικός τρόπος λύσης του προβλήματος. Αποτελείται από τρία μέρη: την περιγραφή της περίπτωσης, την σχετική λύση και την αιτιολόγηση για την προτεινόμενη λύση, η οποία αποτελεί τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος. Μπορούν να περιγραφούν με διάφορες γλώσσες και αναπαριστώνται ως πίνακες δεδομένων ή ως δέντρα λήψης αποφάσεων. Οι περιπτώσεις εμφανίζουν κάποιες διαφορές ως προς τον τρόπο που αναπαριστώνται από τις διάφορες μεθόδους βασιζόμενες σε περιπτώσεις όπως περιγράφονται στο Κεφάλαιο 2.

1.1.2 Βάση γνώσης

Η βάση γνώσης δεν είναι απλά μια βάση δεδομένων αλλά περιέχει όλες τις σχετικές με ένα γνωστικό τομέα γνώσεις. Ενώ σε μια απλή βάση δεδομένων, τα γεγονότα που υπάρχουν στη βάση είναι παθητικά δηλ. είτε υπάρχουν είτε όχι, χωρίς το γεγονός αυτό να επηρεάζει τη βάση, σε μια βάση γνώσης η γνώση ενσωματώνεται στο πρόγραμμα. Όπου υπάρχουν ελλιπή στοιχεία από τα γεγονότα τα συμπληρώνει, χρησιμοποιώντας κανόνες παραγωγής, κάνοντας έτσι τη βάση δεδομένων πιο δυναμική.

Ουσιαστικά, οι κανόνες παραγωγής στηρίζονται στους κανόνες με τους οποίους σκέφτεται και αποκτά εμπειρία ο άνθρωπος και έχουν τη μορφή *if – then* ή είναι δέντρα αποφάσεων. Μπορούν να συμπληρώσουν τα ελλιπή στοιχεία είτε με προκαθορισμένες τιμές είτε μαντεύοντας τις τιμές αυτές με βάση κάποια άλλα χαρακτηριστικά που είναι κοινά για κάποιες περιπτώσεις. Η βάση γνώσης δεν περιέχει μόνο γεγονότα τα οποία μπορούν να αλλάξουν γρήγορα, περιέχει επίσης και κανόνες που αποτελούν μακροπρόθεσμη πληροφορία και οι οποίοι περιγράφουν πως παράγονται τα νέα γεγονότα ή οι νέες υποθέσεις σύμφωνα με τα μέχρι τώρα διαθέσιμα γεγονότα.

1.1.3 Μετρικές ομοιότητας

Οι μετρικές ομοιότητας αποτελούν ένα σημαντικό συστατικό σε κάθε σύστημα που βασίζεται σε περιπτώσεις καθώς καθορίζουν την ομοιότητα μεταξύ του παλιού με το νέο

περιστατικό. Μια περίπτωση αναπαριστάται ως ένα σύνολο από χαρακτηριστικά. Η σύγκριση δύο περιπτώσεων περιλαμβάνει την ομοιότητα που παρουσιάζει κάθε χαρακτηριστικό της μιας περίπτωσης με κάθε χαρακτηριστικό της άλλης περίπτωσης, το οποίο δίνεται από ένα κατάλληλο συγκριτικό στοιχείο. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα αυτών των συγκριτικών στοιχείων για όλα τα χαρακτηριστικά συγκρίνονται μεταξύ τους σύμφωνα με κάποιο κανόνα σύγκρισης, ώστε να δοθεί μια συνολική μετρική ομοιότητας μεταξύ των περιπτώσεων [1].

Σήμερα, υπάρχει μια πληθώρα μετρικών ομοιότητας που παρουσιάζονται και σε άλλα πεδία, εκτός των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις, όπως στην εξόρυξη δεδομένων, στην αναγνώριση προτύπων, στους γενετικούς αλγόριθμους και στη μηχανική μάθηση. Ωστόσο η ύπαρξη τόσων πολλών μετρικών ομοιότητας δεν δίνει πάντοτε μια ξεκάθαρη επιλογή της κατάλληλης μετρικής που θα χρησιμοποιηθεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή αλλά διαφέρουν ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν.

Κάποιες γνωστές μετρικές ομοιότητας που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

- *Ευκλείδεια απόσταση*

Συνήθως χρησιμοποιείται για την εύρεση της ομοιότητας των αντικειμένων και την συναντούμε περισσότερο στο πεδίο της υπολογιστικής όρασης. Παίρνει ως είσοδο δύο αντικείμενα και επιστρέφει ως έξοδο την τιμή της ομοιότητάς τους. Ορίζεται ως ακολούθως:

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_i^k (p_i - q_i)^2}$$

- *Boolean λογική*

Η μετρική αυτή χρησιμοποιεί τις λογικές τιμές true/false για να κάνει μια σαφή διάκριση όταν δεν είναι αναγκαίες οποιοσδήποτε προσεγγιστικές λύσεις.

- *Κανονικοποίηση χαρακτηριστικών με απόδοση τιμών στο πεδίο [0 – 1]*

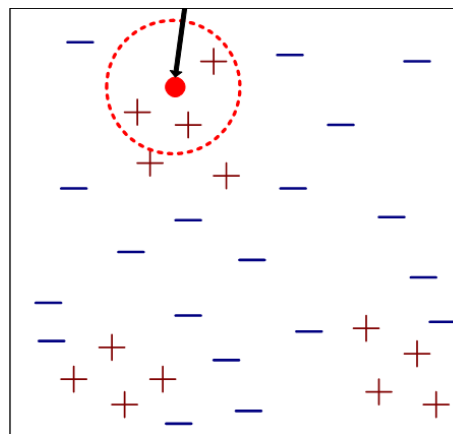
Η μέθοδος αυτή αποτελεί το πιο δημοφιλές μέτρο ομοιότητας. Αποδίδει στη μετρική ομοιότητας μια θετική τιμή μεταξύ του 0 και του 1, ανάλογα με το είδος του κάθε χαρακτηριστικού. Όσο πιο μεγάλη τιμή έχει η μετρική τόσο πιο όμοια είναι τα χαρακτηριστικά μεταξύ τους.

- *k* – κοντινότεροι γείτονες (*k* – nearest neighbors)

Ο ταξινομητής *k* – NN επιστρέφει το πιο κοινό χαρακτηριστικό ανάμεσα στις *k* κοντινότερες περιπτώσεις σύμφωνα με το χαρακτηριστικό της νέας περίπτωσης που πρέπει να ταιριαστεί με κάποιο άλλο χαρακτηριστικό μιας ήδη αποθηκευμένης περίπτωσης. Οι κοντινότεροι γείτονες ορίζονται με βάση την ευκλείδεια απόσταση όπως έχει οριστεί πιο πάνω και πριν από τον υπολογισμό των αποστάσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών θα πρέπει να προηγηθεί κανονικοποίηση. Η μετρική αυτή αναθέτει βάρη σε κάθε γείτονα ανάλογα με την απόσταση από το προς ταξινόμηση αντικείμενο ως ακολούθως:

$$W \equiv \frac{1}{d(x_q, x_i)^2}$$

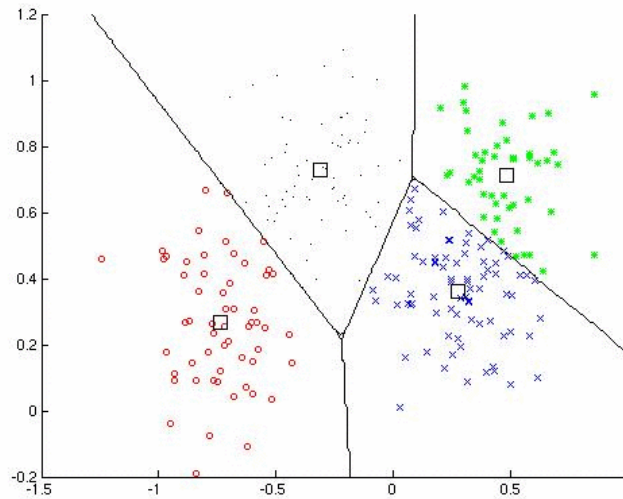
Το Σχήμα 1-1 δείχνει ένα παράδειγμα εύρεσης των *k* – κοντινότερων γειτόνων.



Σχήμα 1-1: *k* – κοντινότεροι γείτονες

- Μέθοδος *k* – Means

Η μετρική αυτή επιλέγει τυχαία από τη βάση γνώσης *k* αντικείμενα (χαρακτηριστικά) το καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει το κέντρο μιας ομάδας. Για κάθε ένα από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που έχουν μείνει, γίνεται η ανάθεσή τους στο κοντινότερο κέντρο και υπολογίζεται το νέο κέντρο της ομάδας. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού, δηλαδή το ταίριασμα των χαρακτηριστικών των περιπτώσεων. Το Σχήμα 1-2 δείχνει ένα παράδειγμα της μετρικής αυτής.



Σχήμα 1-2: Μέθοδος k-Means

Σύνοψη

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο παρουσιάζεται μια γενική άποψη του τι θα περιλαμβάνει η παρούσα διπλωματική εργασία και επεξηγούνται τα κεφάλαια από τα οποία θα απαρτίζεται μαζί με την περιγραφή του κάθε κεφαλαίου. Επιπλέον, παρουσιάζονται κάποιοι σημαντικοί ορισμοί που θα χρησιμοποιηθούν στα επόμενα κεφάλαια, οι οποίοι εισάγουν τον αναγνώστη στο θέμα και τον βοηθούν να το κατανοήσει με περισσότερη ευκολία.

Κεφάλαιο 2 - Κύριοι τύποι μεθόδων βασιζόμενων σε περιπτώσεις

- 2.1 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο
 - 2.1.1 Ανάκτηση περίπτωσης
- 2.2 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα
- 2.3 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση την μνήμη
 - 2.3.1 Λειτουργίες πρόσβασης στη μνήμη
 - 2.3.2 Διάγνωση ασθένειας
 - 2.3.3 Πιθανά εξαγόμενα αποτελέσματα
- 2.4 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση αναλογίες
 - 2.4.1 Δομημένο ταίριασμα προτύπου
 - 2.4.2 Δομημένη ολοκλήρωση προτύπου
 - 2.4.3 Ευελιξία
 - 2.4.4 Επικέντρωση σε σχεσιακή δομή
- 2.5 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κανόνες
 - 2.5.1 Εμπρόσθια αλυσιδοποίηση – Forward chaining
 - 2.5.2 Οπισθόδρομη αλυσιδοποίηση – Backward chaining

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια παρουσίαση των διαφορετικών μεθόδων συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις, που σκοπό έχουν την οργάνωση, ανάκτηση και χρησιμοποίηση της γνώσης από παλαιότερες περιπτώσεις. Όλοι αυτοί οι μέθοδοι, έχουν ως κοινό στοιχείο την επίλυση μιας περίπτωσης με βάση τα κοινά της χαρακτηριστικά με κάποια άλλη περίπτωση η οποία έχει επιλυθεί στο παρελθόν. Διαφοροποιούνται όμως ως προς τον τρόπο με τον οποίο: (α) ανακτούν τις παλαιότερες περιπτώσεις (β) κωδικοποιούν τις πληροφορίες τους και (γ) στο είδος της γνώσης που χρησιμοποιούν. Στις διάφορες περιπτώσεις που θα αναλυθούν, ο χρήστης πιθανόν να έχει τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με το σύστημα, πιθανόν και όχι.

2.1 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο (exemplar – based reasoning), βασίζεται στην οργάνωση των περιπτώσεων όπως αυτές καθορίζονται στην πραγματικότητα και οι περιπτώσεις ονομάζονται πρότυπα. Η βάση γνώσης αποτελείται από ένα δίκτυο που περιέχει τις κατηγορίες των περιπτώσεων – προτύπων, τις σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ τους και τους δείκτες με τους οποίους γίνεται ευκολότερη η εύρεσή τους. Κάθε περίπτωση σχετίζεται με μια κατηγορία η οποία εξαρτάται από την διαφορετική σύνθεση των χαρακτηριστικών του κάθε προτύπου [2].

Η εύρεση των κατηγοριών γίνεται με τρεις τρόπους: τις συνδέσεις χαρακτηριστικών, τις συνδέσεις περιπτώσεων και τις διαφορετικές συνδέσεις. Οι συνδέσεις χαρακτηριστικών βρίσκουν τις κατηγορίες με βάση την περιγραφή του προβλήματος από την οποία εξάγονται τα χαρακτηριστικά τους. Οι συνδέσεις περιπτώσεων βρίσκουν τις περιπτώσεις από τις κατηγορίες. Και οι διαφορετικές συνδέσεις βρίσκουν, από τις κατηγορίες, τις γειτονικές περιπτώσεις που διαφέρουν μόνο σε μερικά χαρακτηριστικά. Με αυτούς τους τρόπους κατηγοριοποίησης και έχοντας το σύστημα μια γενικής μορφής γνώση, αποθηκεύεται η καινούργια περίπτωση με βάση την όμοια της και με βάση τα χαρακτηριστικά που την διαφοροποιούν από αυτή. Στη περίπτωση που οι διαφορές αυτές είναι ελάχιστες και ασήμαντες, η περίπτωση δεν διατηρείται ή μπορεί να συγχωνευθεί με άλλη περίπτωση [3].

2.1.1 Ανάκτηση περίπτωσης

Η πιο σημαντική λειτουργία της μεθόδου, είναι αυτή της ανάκτησης της περίπτωσης από τη βάση η οποία αποτελεί το μέτρο διαφοροποίησής της από τις άλλες μεθόδους. Χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος ανάκτησης ο οποίος βασίζεται στους δείκτες που έχει η κάθε περίπτωση και στον τρόπο οργάνωσης της μνήμης μέσα στην βάση μνήμης. Για την εύρεση του καλύτερου ταιριάσματος των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται ευρετικά για να περιορίσουν και να κατευθύνουν την αναζήτηση. Οι κυριότερες μέθοδοι της ανάκτησης είναι η εύρεση του κοντινότερου γείτονα, η επαγωγή, η γνώση καθοδηγούμενη από επαγωγή, η ανάκτηση προτύπου και η προσαρμογή της περίπτωσης.

2.1.1.1 Εύρεση κοντινότερου γείτονα

Η εύρεση του κοντινότερου γείτονα γίνεται με την υλοποίηση ενός αλγόριθμου του κοντινότερου γείτονα, ο οποίος βασίζεται στο ταίριασμα του σταθμισμένου αθροίσματος των χαρακτηριστικών μεταξύ της νέας περίπτωσης και των αποθηκευμένων περιπτώσεων. Το κύριο πρόβλημα του αλγορίθμου αυτού είναι ο καθορισμός βαρών για κάθε χαρακτηριστικό και η εξαγωγή του αποτελέσματος στον καλύτερο δυνατό χρόνο. Χάρη στη δομή του αλγορίθμου, ο χρόνος αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με τον αριθμό των περιπτώσεων και ο αλγόριθμος αποδίδει καλύτερα όταν η βάση είναι σχετικά μικρή.

2.1.1.2 Επαγωγή

Η μέθοδος της επαγωγής, χρησιμοποιεί αλγορίθμους επαγωγής οι οποίοι καθορίζουν τα καλύτερα χαρακτηριστικά για κάθε ξεχωριστή περίπτωση και οργανώνουν την βάση μνήμης με την παραγωγή μιας δομής του τύπου δέντρο αποφάσεων. Η μέθοδος αυτή είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις όπου απαιτείται μόνο ένα χαρακτηριστικό για τη λύση ή όπου το χαρακτηριστικό της περίπτωσης εξαρτάται από άλλα. Η γνώση καθοδηγούμενη από επαγωγή απλά κάνει μια εφαρμογή της γνώσης πάνω σε αυτή τη μέθοδο, αναγνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά των περιπτώσεων και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές.

2.1.1.3 Ανάκτηση προτύπων

Η ανάκτηση προτύπων επιστρέφει όλες τις περιπτώσεις που ταιριάζουν με την νέα περίπτωση σύμφωνα με συγκεκριμένες παραμέτρους, δηλ. τα χαρακτηριστικά των περιπτώσεων. Η τεχνική αυτή συνήθως χρησιμοποιείται πριν από όλες τις προηγούμενες τεχνικές ώστε να ελαχιστοποιήσει το πεδίο αναζήτησης περιπτώσεων μέσα στη βάση δεδομένων.

2.1.1.4 Προσαρμογή περίπτωσης

Στην προσαρμογή περίπτωσης, προσαρμόζεται κατάλληλα η αποθηκευμένη λύση της ανακτώμενης περίπτωσης σύμφωνα με τις ανάγκες της νέας περίπτωσης. Ουσιαστικά η μέθοδος αυτή, ψάχνει για εμφανή διαφορές μεταξύ αυτών των δύο περιπτώσεων και στη

συνέχεια εφαρμόζει κάποιους κανόνες οι οποίοι θα λάβουν υπόψη αυτές τις διαφορές όταν θα προταθεί κάποια λύση. Υπάρχουν δύο τύποι αυτής της μεθόδου: η κατασκευαστική προσαρμογή στην οποία οι κανόνες απευθύνονται κατευθείαν στις αποθηκευμένες λύσεις και η παραγωγική προσαρμογή η οποία επαναχρησιμοποιεί μεθόδους ή κανόνες για να γενικεύσει τη λύση των παλαιότερων περιπτώσεων και να παράγει μια καινούργια λύση.

2.2 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα (instance – based reasoning) είναι μια ειδίκευση του προηγούμενου τύπου που παρουσιάζεται και οι περιπτώσεις ονομάζονται παραδείγματα. Η μέθοδος της αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα βασίζεται στην επεξεργασία ενός μεγάλου αριθμού παραδειγμάτων με σκοπό την εύρεση της πιο όμοιας περίπτωσης [2].

Κάθε παράδειγμα, παρουσιάζεται ως ένα σύνολο από ζεύγη χαρακτηριστικών – τιμών. Όλα τα παραδείγματα περιγράφονται από το ίδιο σύνολο που περιέχει η χαρακτηριστικά το καθένα [4]. Ωστόσο, αυτός ο περιορισμός δεν εξαρτάται από το ίδιο το παράδειγμα, καθώς γίνονται δεκτά και παραδείγματα με ελλιπή χαρακτηριστικά. Το σύνολο χαρακτηριστικών ορίζει ένα χώρο παραδειγμάτων $n -$ διαστάσεων. Ακριβώς ένα από αυτά τα χαρακτηριστικά αντιστοιχεί στην κατηγορία χαρακτηριστικών ενώ τα άλλα χαρακτηριστικά είναι προγνωστικά χαρακτηριστικά. Μια κατηγορία αποτελεί το σύνολο όλων των παραδειγμάτων σε ένα χώρο παραδειγμάτων που έχει την ίδια τιμή για το χαρακτηριστικό κατηγορίας της.

Δοθέντος ενός παραδείγματος από το χώρο παραδειγμάτων, ο τύπος αυτός, το κατηγοριοποιεί δίνοντάς του μια τιμή που αποτελεί την κατηγορία στην οποία ανήκει το παράδειγμα. Η βάση περιλαμβάνει όλα τα αποθηκευμένα παραδείγματα, και πιθανός πληροφορίες, σχετικά με τις παλαιότερες επιδόσεις κατά τη διάρκεια της κατηγοριοποίησης. Αυτά τα παραδείγματα (που βρίσκονται στη βάση) μπορεί να αλλάξουν μετά την εισαγωγή κάποιου άλλου παραδείγματος (προς επίλυση).

Ο τύπος αυτός χρησιμοποιεί δύο συναρτήσεις οι οποίες καθορίζουν πως ένα σύνολο από αποθηκευμένα παραδείγματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη τιμών όσον αφορά το χαρακτηριστικό της κάθε κατηγορίας.

- *Συνάρτηση Ομοιότητας*: Υπολογίζει την ομοιότητα μεταξύ ενός εξεταζόμενου παραδείγματος με τα παραδείγματα που είναι στη βάση. Οι ομοιότητες αναπαριστούνται ως αριθμοί.
- *Συνάρτηση Κατηγοριοποίησης*: Παίρνει το αποτέλεσμα της συνάρτησης ομοιότητας καθώς και την απόδοση της κατηγοριοποίησης όλων των αποθηκευμένων παραδειγμάτων. Αναλόγως, επιστρέφει μια κατηγοριοποίηση για το εξεταζόμενο παράδειγμα.

Τα παραδείγματα είναι δυνατόν να αναπαρασταθούν με διάφορους τρόπους, λ.χ. με διανύσματα χαρακτηριστικών, καθώς οι μέθοδοι αυτοί επικεντρώνονται στην αυτοματοποίηση της γνώσης χωρίς οποιαδήποτε παρέμβαση από τον χρήστη.

2.3 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση την μνήμη

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση την μνήμη (memory – based reasoning) στηρίζεται στη συλλογή περιπτώσεων, οι οποίες αναπαριστώνται ως μια μεγάλη μνήμη, και στην πρόσβαση και αναζήτηση περιπτώσεων μέσα στη μνήμη αυτή. Σημαντικά στοιχεία αυτού του τύπου είναι ο τρόπος οργάνωσης και πρόσβασης στη μνήμη, κάτι που επιτυγχάνεται με τη χρήση τεχνικών παράλληλης επεξεργασίας και που μπορεί να βασίζεται σε απλά συντακτικά κριτήρια [2].

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ παρόμοια με τον τρόπο που λειτουργεί η ανθρώπινη λογική καθώς στηρίζεται στην ενθύμηση συγκεκριμένων περιστατικών ανατρέχοντας στη μνήμη, η οποία στην προκειμένη περίπτωση αναπαριστάται ως μια βάση δεδομένων – που σε αυτό τον τύπο ονομάζεται μνήμη. Πέρα όμως από την ανθρώπινη λογική και επειδή τα συστήματα που υλοποιούνται με τη χρήση αυτού του τύπου είναι σημαντικά για τον τομέα της υγείας, χρειάζεται να γίνει ένα ακριβές ταίριασμα μεταξύ κάποιου περιστατικού στη μνήμη με το εξεταζόμενο περιστατικό ώστε να έχουμε τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Η εύρεση όμως του ακριβούς ταιριάσματος των περιπτώσεων δεν είναι εφικτή τις περισσότερες φορές και γι' αυτό χρησιμοποιείται το καλύτερο ταιρίασμα. [5]

Για την εύρεση του καλύτερου ταιριάσματος στη μνήμη, χρειάζεται η εξέταση κάθε στοιχείου της μνήμης, πράγμα το οποίο δεν είναι καθόλου πρακτικό ειδικά στις περιπτώσεις που εξετάζουμε μια πολύ μεγάλη μνήμη. Δεν υπάρχει κάποιος γενικός τρόπος αναζήτησης της μνήμης που να αντιμετωπίζει το πρόβλημα αυτό, πέρα από τη χρήση της παράλληλης επεξεργασίας. Η παράλληλη επεξεργασία, λύνει το πρόβλημα σε αρκετό βαθμό, καθώς αυτό εμφανίζεται μόνο στις περιπτώσεις όπου το μέγεθος της βάσης δεδομένων υπερβαίνει το μέγεθος της μνήμης της μηχανής, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει αρκετά συχνά.

2.3.1 Λειτουργίες πρόσβασης στη μνήμη

Η πρόσβαση στη μνήμη απαιτεί τέσσερις βασικές λειτουργίες με τις οποίες επιτυγχάνεται η εξόρυξη των ορθών περιστατικών από αυτή:

1. Το μέτρημα των φορών που εμφανίζονται τα διάφορα χαρακτηριστικά ή ακόμα συνδυασμός χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, ιατρικά συστήματα που χρησιμοποιούν αυτό τον τύπο αιτιολόγησης και έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό αναζήτησης τον πυρετό, θα συνδυάσουν τον πυρετό με άλλα χαρακτηριστικά όπως οι διάφορες ασθένειες που εκδηλώνουν πυρετό.
2. Ο τρόπος με τον οποίο θα χρησιμοποιηθούν τα πιο πάνω χαρακτηριστικά ώστε να παραχθεί ένα μέτρο ομοιότητας και έτσι να γίνει ευκολότερη η αναζήτηση περιστατικών μέσα στη μνήμη.
3. Ο υπολογισμός της ανομοιομορφίας μεταξύ κάθε αντικειμένου μέσα στη μνήμη.
4. Η τελική ανάκτηση των περιστατικών με το καλύτερο ταιρίασμα ώστε να χρησιμοποιηθούν για το περιστατικό που εξετάζεται.

Ο τύπος αυτός, θεωρητικά, φαίνεται αρκετά εύκολος, η υλοποίηση του όμως είναι κάπως περίπλοκη. Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η εξαγωγή του καλύτερου ταιριάσματος γίνεται κατά κύριο λόγο με την εύρεση κάποιων κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των περιστατικών. Αυτό όμως δημιουργεί κάποιες ασάφειες σχετικά με το διαχωρισμό των σημαντικών χαρακτηριστικών από τα χαρακτηριστικά δευτερευούσης σημασίας. Έτσι,

ορίζονται κάποια «προγνωστικά» χαρακτηριστικά, τα οποία είναι σταθερά για κάθε περιστατικό (λ.χ. ηλικία, φύλο, συμπτώματα) και στη συνέχεια προτείνονται κάποια «στοχευτικά» χαρακτηριστικά (λ.χ. διάγνωση, θεραπεία, αποτέλεσμα) τα οποία απευθύνονται μόνο για τους ασθενείς που υπάρχουν ήδη στη βάση, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους ασθενείς όπου εξετάζονται τα περιστατικά τους. Αυτά τα δύο είδη χαρακτηριστικών είναι σημαντικά καθώς αφενός τα «στοχευτικά» χαρακτηριστικά είναι αυτά που καθορίζουν την ομοιότητα των περιστατικών και αφετέρου τα «προγνωστικά» χαρακτηριστικά είναι αυτά που μπορούν να επιβεβαιώσουν την ομοιότητα των περιστατικών.

2.3.2 Διάγνωση ασθένειας

Η διάγνωση της ασθένειας κάποιου ασθενή γίνεται μετά από μια σειρά βημάτων η οποία σκοπό έχει την εύρεση των πιο κοινών περιστατικών και την τελική διάγνωση της ασθένειας.

1. Ο ορισμός τιμών για κάθε χαρακτηριστικό κάθε νέου ασθενή που εισάγεται στη μνήμη.
2. Ο υπολογισμός των τιμών της απόστασης και του βάρους του κάθε χαρακτηριστικού του νέου ασθενή με βάση τα ήδη αποθηκευμένα χαρακτηριστικά. Η τιμή της απόστασης ορίζεται ως η διαφορά που έχει ένα χαρακτηριστικό με κάποιο παρόμοιο του και η τιμή του βάρους του κάθε χαρακτηριστικό ορίζεται από την σημαντικότητα του χαρακτηριστικού αυτού.
3. Ο υπολογισμός του συνολικού μέτρου απόστασης, με βάση τα βάρη και τις αποστάσεις των νέων χαρακτηριστικών με τα παλιά χαρακτηριστικά.
4. Η τελική επιλογή των n ασθενών οι οποίοι έχουν και την μικρότερη συνολική απόσταση από τον νέο ασθενή. Οι n ασθενείς είναι αυτοί που η περίπτωση τους είναι όμοια με την περίπτωση του νέου ασθενή.

2.3.3 Πιθανά εξαγόμενα αποτελέσματα

Μετά από τη διάγνωση της ασθένειας, αναλύονται τα πιθανά αποτελέσματα που ενδέχεται να υπάρξουν ως ακολούθως:

1. Κανένας ασθενής δεν έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την εξεταζόμενη περίπτωση ώστε να μπορέσει να γίνει οποιαδήποτε διάγνωση. Τότε, το σύστημα γνωρίζει ότι δεν έχει συναντήσει ποτέ τέτοια συμπτώματα για οποιαδήποτε περίπτωση και ως εκ τούτου δεν ξέρει πως να κάνει διάγνωση για την περίπτωση.
2. Έχει ανακτηθεί ένας πολύ μικρός αριθμός ασθενών με παρόμοια περίπτωση. Τότε το σύστημα, ακόμα και αν αυτός ο πολύ μικρός αριθμός ασθενών είναι μόλις ένας ασθενής, μπορεί να κάνει κάποια διάγνωση έστω και αν αυτή είναι πειραματική.
3. Έχει ανακτηθεί ένας σημαντικά μεγάλος αριθμός ασθενών οι οποίοι έχουν όλοι παρόμοια διάγνωση με αυτή της εξεταζόμενης περίπτωσης. Τότε, το πιο πιθανό είναι το σύστημα να δώσει την ίδια με τις άλλες διάγνωση.
4. Υπάρχουν διάφορες διαγνώσεις ανάμεσα σε μεγάλο αριθμό ασθενών. Τότε, το σύστημα γνωρίζει ότι δεν μπορεί να δώσει μια οριστική απάντηση αλλά μπορεί να ζητήσει επιπλέον πληροφορίες, να επιλέξει την πιο όμοια περίπτωση ή ακόμα να προτείνει τη διάγνωση που βρήκε χωρίς όμως να είναι βέβαιο ότι είναι και η ορθή. Γ' αυτόν ακριβώς το λόγο, ο τύπος αιτιολόγησης με βάση τη μνήμη λειτουργεί σε βάσεις με μεγάλο όγκο δεδομένων.

Συνοψίζοντας, η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση τη μνήμη παίρνει αποφάσεις με βάση την ενθύμηση παρόμοιων περιστατικών που είναι αποθηκευμένα στη βάση μνήμης. Η διαδικασία που κάνει η μέθοδος, είναι η καταμέτρηση των συνδυασμών των χαρακτηριστικών – των αποθηκευμένων περιστατικών με το εξεταζόμενο περιστατικό – στη συνέχεια η παραγωγή μέτρου ομοιοτήτων με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά, η χρήση αυτού του μέτρου για την εύρεση της ανομοιομορφίας μεταξύ του εξεταζόμενου περιστατικού και των αποθηκευμένων περιστατικών και τέλος η ανάκτηση των καλύτερων ταιριασμάτων.

2.4 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση αναλογίες

Η μέθοδος της αιτιολόγησης με βάση αναλογίες (analogy – based reasoning) είναι ουσιαστικά συνώνυμο της μεθόδου αιτιολόγησης με βάση περιπτώσεις, και έχει ως χαρακτηριστικό του τη λύση νέων προβλημάτων βασισμένων σε παλιές περιπτώσεις από ένα διαφορετικό πεδίο. Ουσιαστικά, είναι η μεταφορά γνώσης από ένα αντικείμενο

(περίπτωση) που έχει αναλυθεί, σε ένα άλλο αντικείμενο που ακόμα δεν γνωρίζουμε οτιδήποτε για αυτό, ωστόσο, είναι παρόμοιο με το αρχικό ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά και ομοιότητες. Επιτρέπει την κατανόηση κάποιου περιστατικού ώστε να μπορούν να εξαχθούν τα πιο σημαντικά στοιχεία και να γίνει η σύγκρισή του με κάποιο άλλο περιστατικό [2].

Η αναλογία, ως ορισμός, είναι μια συμπερασματική μέθοδος που επιτρέπει την ανίχνευση ομοιότητας μεταξύ διαφόρων αντικειμένων, χάρη στη μεταφορά γεγονότων και γνώσης ανάμεσα στα αντικείμενα, τον καθορισμό ενός μέσου λύσης του προβλήματος ή την πρόβλεψη αγνώστων ιδιοτήτων. Γίνεται πιο κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς ότι ο άνθρωπος χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων, τουλάχιστον στα αρχικά τους στάδια.

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει μηχανισμούς ή μετα-κανόνες για την αναγνώριση και χρησιμοποίηση των αναλογιών στα διαφορετικά πεδία και επικεντρώνεται στην επαναχρησιμοποίηση μιας παλιάς περίπτωσης. Τα προς εξέταση περιστατικά μπορεί να προέρχονται από διαφορετικό πεδίο ως προς το πεδίο στο οποίο ανήκουν τα ήδη λυμένα περιστατικά. Σε αυτές λοιπόν τις περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται οι αναλογίες μεταξύ των δύο πεδίων, όπου ουσιαστικά γίνεται μια μετατροπή της γνώσης του ενός πεδίου σε αυτή του άλλου πεδίου με σκοπό τη λύση του προβλήματος και την αιτιολόγηση κάποιων άγνωστων μέχρι εκείνη τη στιγμή γεγονότων [6].

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση αναλογίες, στοχεύει στην εύρεση των ομοιοτήτων που υπάρχουν μεταξύ περιστατικών που ανήκουν σε διαφορετικά πεδία [7]. Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τρόποι που το κάνουν αυτό οι οποίοι αναλύονται πιο κάτω.

2.4.1 Δομημένο ταίριασμα προτύπου

Καθοριστικό χαρακτηριστικό της αναλογίας είναι η ευθυγράμμιση σχεσιακών δομών, εννοώντας την εύρεση δομικά συνεπών ταιριασμάτων μεταξύ των προτύπων. Με τον όρο συνεπές ταίριασμα εννοούμε την ένα – προς – ένα αντιστοίχιση οποιουδήποτε προτύπου που ανήκει στο ένα πεδίο με τουλάχιστον ένα πρότυπο που βρίσκεται στο άλλο πεδίο. Το

πρότυπο που χρησιμοποιείται για να βρεθεί κάποιο ταίριασμα ονομάζεται στόχος ενώ τα πρότυπα στα οποία γίνεται η αναζήτηση του ταιριάσματος ονομάζονται βάση.

2.4.2 Δομημένη ολοκλήρωση προτύπου

Η φάση αυτή περιλαμβάνει την χαρτογράφηση των συμπερασμάτων που εξάγονται από το ένα πεδίο στο άλλο. Έτσι, ολοκληρώνεται η μερική αναπαράσταση του προτύπου – στόχου, η οποία είναι βασισμένη στην ομοιότητα που πάρηκε από το πρότυπο (ή τα πρότυπα) σύμφωνα με τα όσα προαναφέρθηκαν.

2.4.3 Ευελιξία

Η ευελιξία με την οποία γίνονται τα ταιριάσματα των προτύπων, εξαρτάται από κάποια χαρακτηριστικά που έχουν τα πρότυπα καθώς και από τις ερμηνείες που θα βρεθούν και θα ταιριάξουν με τα πρότυπα. Έτσι, υπάρχουν τα ακόλουθα δύο είδη ευελιξίας.

2.4.3.1 Ίδιος όρος – Διαφορετικές ερμηνείες

Εδώ μπορεί ο ίδιος όρος (χαρακτηριστικό) να χρησιμοποιηθεί σε πολλές συγκρίσεις ανάμεσα στα πρότυπα αλλά να δίνει διαφορετική ερμηνεία κάθε φορά. Ανάλογα με το κάθε πρότυπο ο όρος χρησιμοποιεί διαφορετικές πτυχές της αναπαράστασής του ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα σε κάθε σύγκρισή του. Η ευελιξία αυτού του τύπου είναι επίσης εμφανής όταν χρησιμοποιείται για τη σύγκριση ο ίδιος όρος για το πρότυπο βάσης μαζί με διαφορετικούς όρους προτύπων στόχου.

2.4.3.2 Ίδια σύγκριση – Πολλές ερμηνείες

Εδώ, μια μοναδική σύγκριση μεταξύ προτύπου βάσης και στόχου καταλήγει σε πολλαπλές διακριτές ερμηνείες. Στην περίπτωση που αυτές οι ερμηνείες είναι αντικρουόμενες, τότε παρουσιάζεται το φαινόμενο της διαγώνιας χαρτογράφησης, το οποίο παρουσιάζει σημαντικές επιπτώσεις στην διαδικασία των συγκρίσεων καθώς αυτό σημαίνει ότι οι προσομοιώσεις που γίνονται ώστε να βρεθεί το κατάλληλο ταίριασμα δεν μπορούν να

εκπαιδευτούν ώστε να φτάσουν σε ένα σημείο που να μπορούν να γενικεύουν συγκεκριμένα είδη ερμηνείας των προτύπων. Συνεπώς, η διαδικασία των συγκρίσεων πρέπει να είναι σε θέση να ερμηνεύει σωστά κάποιο πρότυπο.

2.4.4 Επικέντρωση σε σχεσιακή δομή

Κατά τη φάση αυτή, η αναζήτηση των προτύπων επικεντρώνεται με βάση την κοινή σχεσιακή δομή παρά με την κοινή περιγραφή των αντικειμένων.

2.5 Μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κανόνες

Η μέθοδος που βασίζεται στους κανόνες (rule – based reasoning) χρησιμοποιεί δηλώσεις κανόνων του τύπου “if – then – else”. Οι κανόνες αποτελούν απλά μονοπάτια ενώ μια μηχανή συμπερασμού ψάχνει για μονοπάτια στους κανόνες τα οποία ταιριάζουν με τα μονοπάτια στα δεδομένα. Η αναπαράσταση γνώσης με αυτή τη μέθοδο περιλαμβάνει τη σύγκριση των κανόνων και στη συνέχεια το αποτέλεσμα που εξάγεται μέσω της αναζήτησης στη μνήμη εργασίας. Η μορφή που ακολουθείται είναι η ακόλουθη:

if (condition == true) then

take action A

else

take action B

Η δήλωση “if” δηλώνει ότι η συνθήκη είναι αληθής, η δήλωση “then” δηλώνει να γίνει η πράξη A ενώ η δήλωση “else” δηλώνει ότι όταν η συνθήκη δεν είναι αληθής τότε κάνε την πράξη B.

Οι κανόνες χρησιμοποιούν δύο αλγόριθμους ώστε να φτάσουν στο στόχο τους και οι οποίοι παρουσιάζονται στη συνέχεια.

2.5.1 Ορθή αλυσίδωση – Forward chaining

Ο αλγόριθμος αυτός ξεκινά με δεδομένα ή γεγονότα και ψάχνει για κανόνες οι οποίοι εφαρμόζονται στα γεγονότα αυτά μέχρι να επιτευχθεί ο στόχος. Παρατίθεται στη συνέχεια αναλυτικά ο αλγόριθμος.

while (οι κανόνες μπορούν ακόμα να ενεργοποιηθούν ή ο στόχος δεν έχει επιτευχθεί)

for each κανόνα που βρίσκεται στη βάση και δεν έχει ενεργοποιηθεί

1. Γίνεται προσπάθεια δέσμευσης περιπτώσεων κάνοντας ταιριάσματα με ισχυρισμούς που βρίσκονται στη μνήμη εργασίας

2. if όλες οι περιπτώσεις του κανόνα υποστηρίζονται then

πάρε το αποτέλεσμα και πρόσθεσε το στη μνήμη εργασίας

Επανάλαβε τα βήματα 1 και 2 για όλα τα ταιριάσματα/συγκεκριμενοποιήσεις εναλλακτικών λύσεων

end

continue

2.5.2 Ανάδρομη αλυσίδωση – Backward chaining

Ο αλγόριθμος αυτός ξεκινά με το στόχο και ψάχνει για κανόνες που εφαρμόζονται στο στόχο αυτό μέχρι να επιτευχθεί κάποιο συμπέρασμα. Ακολουθεί αναλυτικά ο αλγόριθμος της ανάδρομη αλυσίδωσης.

while (υπάρχει υπόθεση που δεν υποστηρίζεται ή ο στόχος δεν έχει επιτευχθεί)

for each υπόθεση H

for each κανόνα R του οποίου το αποτέλεσμα ταιριάζει με την H

γίνεται προσπάθεια υποστήριξης των υποθέσεων κάθε κανόνα με

1. Το ταίριασμα των αποτελεσμάτων στη μνήμη εργασίας

2. Την αναδρομική εφαρμογή της οπισθοδρομική αλυσίδωση

if υποστηρίζονται οι υποθέσεις του κανόνα

βγάλε ως αποτέλεσμα ότι η H είναι αληθής

end

end

continue

Η επιλογή ενός από τους δύο αλγόριθμους εξαρτάται από τις περιστάσεις του προβλήματος κάθε φορά. Για το λόγο αυτό υπάρχουν κάποιοι παράγοντες σχετικότητας που κάνουν ξεκάθαρη την επιλογή του σωστού αλγορίθμου κάθε φορά. Αρχικά, ο αριθμός των πιθανών καταστάσεων από τις οποίες θα ξεκινήσει ο αλγόριθμος αλλά και των πιθανών καταστάσεων στις οποίες θα ολοκληρωθεί ο αλγόριθμος. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός αυτός, τόσο καλύτερα αποτελέσματα δίνει. Στη συνέχεια, ο συντελεστής διακλάδωσης που υπάρχει σε κάθε κατεύθυνση και στον οποίο ισχύει και πάλι ότι όσο μικρότερος είναι τόσο το καλύτερο. Κατόπιν ο τύπος της αιτιολόγησης που επιθυμεί ο χρήστης, επηρεάζει την επιλογή του αλγορίθμου όπως επίσης και η τυπική πράξη που χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση ενός κανόνα.

Ο Πίνακας 2-1 συνοψίζει τις μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν πιο πάνω μαζί με τα κύρια χαρακτηριστικά τους.

Όνομα Μεθόδου	Χαρακτηριστικά	Αναπαράσταση Περίπτωσης
Αιτιολόγηση με βάση κάποιο πρότυπο Exemplar – based reasoning	<ul style="list-style-type: none"> Χρήση ευρετικών για εύρεση καλύτερου ταιριάσματος Χρήση αλγορίθμου κοντινότερου γείτονα, επαγωγής για ανάκτηση προτύπων 	Περίπτωση = Πρότυπο
Αιτιολόγηση με βάση κάποιο παράδειγμα Instance – based reasoning	Δημιουργία ζεύγους (χαρακτηριστικό – τιμή) και κατηγοριοποίησή του με τη χρήση μιας συνάρτησης ομοιότητας και μιας συνάρτησης κατηγοριοποίησης	Περίπτωση = Παράδειγμα
Αιτιολόγηση με βάση τη μνήμη Memory – based reasoning	<ul style="list-style-type: none"> Εύρεση καλύτερου ταιριάσματος στη μνήμη με παράλληλη επεξεργασία Παραγωγή μέτρου 	Περίπτωση = Μια μεγάλη μνήμη

Όνομα Μεθόδου	Χαρακτηριστικά	Αναπαράσταση Περίπτωσης
	ομοιοτήτων, εύρεση ανομοιομορφίας και ανάκτηση καλύτερου ταιριάσματος	
Αιτιολόγηση με βάση αναλογίες Analogy – based reasoning	<ul style="list-style-type: none"> • Χρήση μηχανισμών ή μετα-κανόνων για χρησιμοποίηση αναλογιών • Χρήση δομημένου ταιριάσματος προτύπου, δομημένης ολοκλήρωσης προτύπου, ευελιξίας και επικέντρωσης στη σχεσιακή δομή για εύρεση ομοιοτήτων μεταξύ των χαρακτηριστικών 	Περίπτωση = Αντικείμενο
Αιτιολόγηση με βάση κανόνες Rule – based reasoning	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία μονοπατιών στα δεδομένα • Χρήση αλγορίθμου ορθής αλυσίδωσης και ανάδρομης αλυσίδωσης για σύγκριση των χαρακτηριστικών 	Περίπτωση = Κανόνας

Πίνακας 2-1: Τύποι Μεθόδων

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο 2 εξετάσαμε τις κύριες μεθόδους των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις αναλύοντας την καθεμιά ξεχωριστά. Κάναμε μια διαφοροποίηση ως προς τον τρόπο με τον οποίο αναπαριστώνται τα περιστατικά από κάθε μέθοδο, κωδικοποιούνται οι πληροφορίες και πώς ανακτούν παλαιότερες περιπτώσεις, ενώ γίνεται σαφές ποιο είδος γνώσης χρησιμοποιεί η κάθε μέθοδος.

Η μέθοδος αιτιολόγησης βασιζόμενη σε κάποιο πρότυπο αναπαριστά τις περιπτώσεις ως πρότυπα. Η βάση γνώσης που χρησιμοποιεί είναι ένα δίκτυο από περιπτώσεις το οποίο χρησιμοποιεί ευρετικά ώστε να βρει το καλύτερο ταίριασμα της περίπτωσης που εξετάζεται. Σημαντική λειτουργία της μεθόδου αυτής είναι η ανάκτηση των περιπτώσεων από τη βάση γνώσης που περιλαμβάνει την εύρεση κοντινότερου γείτονα, την επαγωγή, την ανάκτηση προτύπων και την προσαρμογή της περίπτωσης.

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση κάποιο παράδειγμα, αναπαριστά τις περιπτώσεις ως παραδείγματα τα οποία παρουσιάζονται ως ζεύγη χαρακτηριστικών τιμών και βρίσκονται σε ένα χώρο $n -$ διαστάσεων. Τα παραδείγματα αναπαριστώνται με διάφορους τρόπους ο πιο συχνός από τους οποίους είναι ως διανύσματα χαρακτηριστικών.

Η μέθοδος που βασίζεται στη μνήμη, αναπαριστά τις περιπτώσεις ως μια μεγάλη μνήμη στην οποία βρίσκονται όλες οι περιπτώσεις που έχουν ήδη επιλυθεί. Καθώς η πρόσβαση σε μια τόσο μεγάλη μνήμη είναι χρονοβόρα, χρησιμοποιούνται τεχνικές παράλληλης επεξεργασίας για εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου.

Η μέθοδος αιτιολόγησης που βασίζεται στις αναλογίες, μεταφέρει γνώση από ένα περιστατικό που έχει ήδη αναλυθεί σε κάποιο εξεταζόμενο και άγνωστο περιστατικό. Επειδή τα περιστατικά ενδεχομένως να μην ανήκουν στο ίδιο πεδίο χρησιμοποιούνται μηχανισμοί ή μετα-κανόνες για τη μετάβαση περιστατικών από το ένα πεδίο στο άλλο.

Η μέθοδος αιτιολόγησης που βασίζεται στους κανόνες, αναπαριστά τις περιπτώσεις ως κανόνες, οι οποίοι αποτελούν μονοπάτια. Στη συνέχεια με διάφορες συγκρίσεις επιτυγχάνεται η πλοήγηση μέσα στο χώρο μνήμης με στόχο να ακολουθηθεί το κατάλληλο μονοπάτι που θα οδηγήσει στην πιο όμοια περίπτωση. Ανάλογα με την ιδιαιτερότητα της κάθε περίπτωσης χρησιμοποιείται είτε ο αλγόριθμος εμπρόσθιας αλυσιδοποίησης είτε ο αλγόριθμος οπισθόδρομης αλυσιδοποίησης.

Συγκεφαλαιώνοντας, οι μέθοδοι αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο, παράδειγμα και με βάση τη μνήμη ονομάζονται «φτωχές σε γνώση» καθώς απαιτούν περισσότερες καταγεγραμμένες περιπτώσεις για να λειτουργήσουν καλύτερα, στηρίζονται δηλαδή κατά ένα μεγάλο βαθμό στις περιπτώσεις, ενώ η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση αναλογίες και η

μέθοδος με βάση περιστατικά (η οποία αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο) ονομάζονται μέθοδοι «πλούσιες σε γνώση» καθώς στηρίζονται σε μεγάλο βαθμό στη γνώση των διάφορων περιοχών.

Κεφάλαιο 3 - Κύκλος ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις

- 3.1 Ερμηνεία καινούργιας περίπτωσης
 - 3.2 Ανάκτηση περίπτωσης
 - 3.2.1 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών
 - 3.2.2 Αρχικό ταίριασμα
 - 3.2.3 Τελική επιλογή
 - 3.3 Επαναχρησιμοποίηση περίπτωσης
 - 3.3.1 Επαναχρησιμοποίηση με βάση το μετασχηματισμό των περιπτώσεων
 - 3.3.2 Επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή
 - 3.4 Αναθεώρηση περίπτωσης
 - 3.4.1 Αξιολόγηση λύσης
 - 3.4.2 Διόρθωση λύσης
 - 3.5 Διατήρηση περίπτωσης
-

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια ανάλυση του κύκλου ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις. Αναλύονται όλα τα στάδια του κύκλου ζωής, ο ρόλος του κάθε σταδίου στην αποτελεσματική λειτουργία του όλου συστήματος και όλα τα βήματα που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή της σωστής λύσης κάθε φορά.

Η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση τις περιπτώσεις, ορίζεται ως η διαδικασία επίλυσης περιπτώσεων με βάση την ενθύμηση παλαιότερων περιπτώσεων, ή η υποστήριξη αποφάσεων με βάση την κριτική που αποδίδεται στις περιπτώσεις. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει από ψυχολόγους, ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται και από τον άνθρωπο για την επίλυση προβλημάτων και τη λήψη αποφάσεων στις περιπτώσεις όπου η λύση δεν είναι ξεκάθαρη. [8] Υπάρχουν δύο είδη αυτού του τύπου: ο τύπος της επίλυσης ενός προβλήματος και ο τύπος της ερμηνείας κάποιου προβλήματος. Ο πρώτος τύπος υποστηρίζει μια πληθώρα εργασιών που συμπεριλαμβάνει τον σχεδιασμό και την διάγνωση. Ο δεύτερος τύπος είναι χρήσιμος για την κατηγοριοποίηση καταστάσεων, την

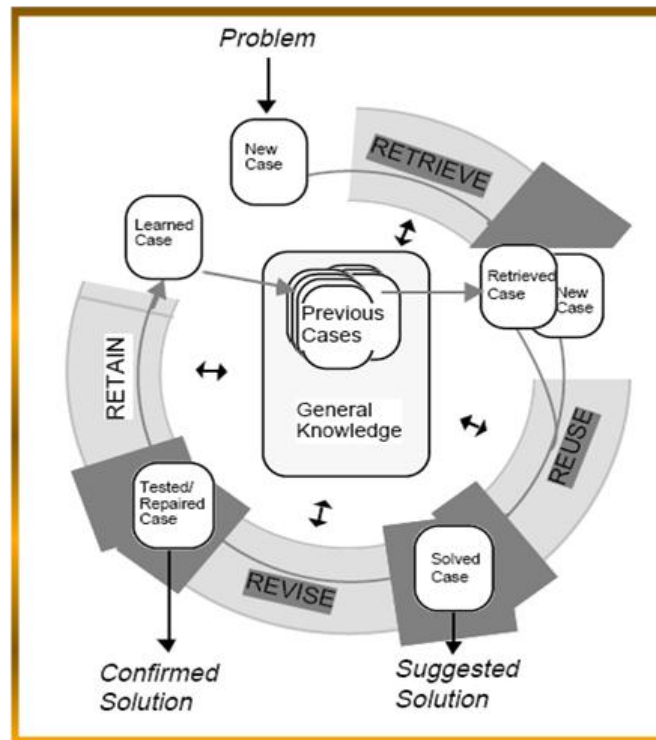
αξιολόγηση της λύσης, την επιχειρηματολογία, την αιτιολόγηση της ερμηνείας της λύσης και την προβολή των αποτελεσμάτων ενός σχεδίου υποστήριξης απόφασης.

Στη μέθοδο αυτή, υπάρχει μια βάση δεδομένων, που ονομάζεται case – base και στην οποία αποθηκεύονται όλες οι περιπτώσεις. Η λογική είναι ότι κάθε νέα περίπτωση συγκρίνεται με τις περιπτώσεις που είναι αποθηκευμένες στη βάση ώστε να βρεθεί η πιο όμοιά της. Το πιο πιθανόν είναι ότι παρόμοιες περιπτώσεις έχουν και παρόμοιες λύσεις, οπότε με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση πολύτιμου χρόνου όπως επίσης και η ύπαρξη μιας δεύτερης γνώμης που συμβάλλει στην υποστήριξη αποφάσεων. Η περίπτωση που εξετάζεται, αναλόγως θα αποθηκευτεί αυτούσια ή με κάποιες τροποποιήσεις μέσα στη βάση ώστε να μπορέσει να ξαναχρησιμοποιηθεί για την καινούργια περίπτωση που θα προκύψει.

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει 5 βήματα τα οποία και αποτελούν τον κύκλο ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις:

1. *Ερμηνεία (Interpretation)* – όπου δίνεται απλά η περιγραφή της νέας περίπτωσης
2. *Ανάκτηση (Retrieve)* – όπου γίνεται η έρευνα μέσα στη βάση δεδομένων για εύρεση των πιο παρόμοιων περιπτώσεων χρησιμοποιώντας κάποια μετρική ομοιότητας.
3. *Επαναχρησιμοποίηση (Reuse)* – εύρεση των στοιχείων που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από παλαιότερες περιπτώσεις
4. *Αναθεώρηση (Revise)* – έλεγχος της ορθότητας της προτεινόμενης λύσης είτε με την δοκιμή της σε πραγματικό περιβάλλον είτε με την εκτίμησή της από κάποιον ειδικό
5. *Διατήρηση (Retain)* – εκμάθηση από την εμπειρία επίλυσης της περίπτωσης, διατήρηση της λύσης στη βάση δεδομένων είτε ολόκληρης είτε ένα μέρος από αυτή

Η διαδικασία που ακολουθούν αυτά τα συστήματα διαφάνεται καλύτερα στο *Σχήμα 3-1*.



Σχήμα 3-1: Κύκλος ζωής CBR συστημάτων

3.1 Ερμηνεία καινούργιας περίπτωσης

Το πρώτο στάδιο του κύκλου ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις, αποτελεί την ερμηνεία της καινούργιας περίπτωσης. Δεδομένης της περιγραφής του καινούργιου περιστατικού, το σύστημα θα πρέπει να συγκρίνει το περιστατικό αυτό με άλλα παλαιότερα περιστατικά που είναι αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων, ώστε να του δώσει μια ερμηνεία.

Η ερμηνεία κάποιου περιστατικού είναι μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία καθώς θα πρέπει να επιλεχθούν τα δεδομένα που θα συγκριθούν, αφού θα επεξεργαστούν σε μια μεγάλη βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να είναι σαφέστατα και χωρίς λεπτομέρειες έτσι ώστε να εξασφαλιστεί καλύτερο ταίριασμα με τις παλαιότερες περιπτώσεις. Η εύρεση μιας δομής για την περιγραφή των δεδομένων και την οργάνωση της βάσης δεδομένων θεωρείται απαραίτητη. Λόγω του ότι τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς είναι αναγκαία η εξασφάλιση αξιόπιστων αποτελεσμάτων στο μικρότερο δυνατό χρόνο.

Επομένως, για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτού του σταδίου είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος αιτιολόγησης με βάση την αφαιρετικότητα και κυρίως η χρονική αφαιρετικότητα που σχετίζεται με τα ιατρικά πεδία. Έτσι, θα είναι ευκολότερη και συνάμα γρηγορότερη η διαδικασία ερμηνείας της νέας περίπτωσης. Σε γενικές γραμμές, το σύστημα βρίσκει το πιο παρόμοιο – ήδη λυμένο – περιστατικό ενώ παράλληλα κωδικοποιεί με συγκεκριμένο τρόπο τα χαρακτηριστικά των περιστατικών ώστε να μπορεί μετά να τα ξανακαλέσει στις κατάλληλες περιστάσεις που θα προκύψουν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το στάδιο της ερμηνείας δεν χρησιμοποιείται πάντα, καθώς υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες τα δεδομένα της νέας περίπτωσης είναι τόσο προφανή και κατανοητά ώστε η συσχέτιση της με κάποια παλαιότερη περίπτωση, γίνεται απευθείας. Η διαδικασία της ερμηνείας γίνεται συνήθως στις περιπτώσεις όπου τα περιστατικά είναι δυσνόητα και υπάρχει η ανάγκη να γίνει κριτική πάνω σε μια λύση. [9]

3.2 Ανάκτηση περίπτωσης

Μετά την ερμηνεία της νέας περίπτωσης, το δεύτερο στάδιο του κύκλου ζωής είναι η ανάκτηση της περίπτωσης που είναι περισσότερο όμοια με τη νέα περίπτωση, από τη βάση δεδομένων. Η ανάκτηση βασίζεται στην εφαρμογή ενός μέτρου ομοιοτήτων μεταξύ της νέας περίπτωσης και όλων ή ενός υποσυνόλου των περιπτώσεων που υπάρχουν στη βάση. Η προκύπτουσα περίπτωση ή ομάδα περιπτώσεων ταξινομείται σε μια λίστα σε φθίνουσα σειρά ανάλογα με το μέτρο ομοιότητας (δηλ. οι πιο παρόμοιες περιπτώσεις βρίσκονται στην αρχή της λίστας).

Η ανάκτηση περιπτώσεων μπορεί να γίνει είτε μέσω των συντακτικών ομοιοτήτων μεταξύ της περιγραφής των περιστατικών είτε μέσω σημασιολογικών ομοιοτήτων. [2] Αυτό όμως καθιστά δύσκολη και χρονοβόρα την διαδικασία αυτή. Έτσι χρησιμοποιούνται, σε συνδυασμό, τρεις φάσεις οι οποίες συνδέονται ώστε να βρεθούν τα περισσότερο όμοια περιστατικά: τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών, το αρχικό ταίριασμα και την τελική επιλογή.

3.2.1 Προσδιορισμός χαρακτηριστικών

Ο προσδιορισμός χαρακτηριστικών γίνεται μέσω των δεδομένων του περιστατικού. Μέσω της περιγραφής του, εξάγονται κάποια χαρακτηριστικά τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διαδικασία της ανάκτησης παλαιότερων περιπτώσεων. Όταν εισάγεται κάποιο χαρακτηριστικό που είναι άγνωστο για το σύστημα, τότε το σύστημα ζητά από το χρήστη περισσότερες λεπτομέρειες για το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό ώστε να μπορέσει να φυλάξει με το σωστό τρόπο την καινούργια πληροφορία. Ο προσδιορισμός χαρακτηριστικών συνεπάγεται και την κατανόηση του προβλήματος, μια ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία καθώς πρέπει να φιλτράρονται όλες οι πληροφορίες, να απαλλάσσονται τα χαρακτηριστικά από οποιοδήποτε θόρυβο που ενδεχομένως να έχουν, να μπορούν να εξαχθούν άλλα χαρακτηριστικά του προβλήματος και να γίνεται ο απαραίτητος έλεγχος κατά πόσο οι τιμές των χαρακτηριστικών συμβαδίζουν με το περιστατικό. Οι ενέργειες αυτές μπορούν να αποφευχθούν στην περίπτωση όπου το σύστημα χρησιμοποιεί ένα γενικό μοντέλο γνώσης ή που ανακτά μια παρόμοια περίπτωση.

3.2.2 Αρχικό ταίριασμα

Η δεύτερη φάση αποτελεί το αρχικό ταίριασμα της περίπτωσης με τις άλλες περιπτώσεις. Το σύστημα αρχικά επιλέγει ένα σύνολο των πιο εύλογων υποψήφια καταστάσεων και στη συνέχεια επιλέγει την καλύτερη ανάμεσα σε αυτό το σύνολο. Για την εύρεση του συνόλου αυτού χρησιμοποιούνται, είτε έμμεσα είτε άμεσα, τα χαρακτηριστικά που ορίστηκαν στην προηγούμενη φάση και τα οποία λειτουργούν ως δείκτες στη βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα, είτε χρησιμοποιείται απευθείας ο δείκτης από τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης, είτε χρησιμοποιείται κάποια δομή εύρεσης των περιπτώσεων με βάση τους δείκτες τους, είτε χρησιμοποιείται ένα γενικό μοντέλο γνώσης. Επομένως, η ανάκτηση περιπτώσεων γίνεται μόνο από τα χαρακτηριστικά εισόδου ή από χαρακτηριστικά που θα εξαχθούν από τα δεδομένα.

Είναι προφανές το γεγονός ότι οι περιπτώσεις που θα ταιριάξουν όλα τα χαρακτηριστικά τους με τα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης είναι οι πιο πιθανοί υποψήφιοι για ταίριασμα. Υπόψη όμως λαμβάνεται και το μέτρο ομοιότητας κάτι που μπορεί να θέσει ως υποψήφιας και περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει πλήρης ταύτιση των χαρακτηριστικών. Τα

μέτρα ομοιότητας ποικίλουν και βασίζονται στις επιφανειακές ομοιότητες του νέου περιστατικού με τα άλλα περιστατικά. Για να γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία σύγκρισης, τα χαρακτηριστικά που συγκρίνονται κανονικοποιούνται πχ. στο διάστημα $[0,1]$. Το τελικό στάδιο αυτής της φάσης είναι η αξιολόγηση της ομοιότητας ώστε να διακριβωθεί κατά πόσο το προτεινόμενο περιστατικό δίνει τη λύση για το νέο περιστατικό.

3.2.3 Τελική επιλογή

Η τρίτη φάση είναι η τελική επιλογή του περιστατικού, από το σύνολο των περιστατικών, που ταιριάζει καλύτερα με το νέο περιστατικό. Η επιλογή αυτή μπορεί να έχει ήδη γίνει από την προηγούμενη φάση αν και συνήθως η φάση αυτή επιστρέφει ένα σύνολο περιπτώσεων. Το καλύτερο ταίριασμα καθορίζεται από την αξιολόγηση του βαθμού ομοιότητας μεταξύ των δύο περιπτώσεων. Αν ο βαθμός ομοιότητας δεν είναι αρκετά καλός, τότε επιδιώκεται η χρησιμοποίηση συνδέσμων με σχετικές περιπτώσεις.

3.3 Επαναχρησιμοποίηση περίπτωσης

Η επαναχρησιμοποίηση περίπτωσης είναι υπεύθυνη για την προτεινόμενη λύση που θα δοθεί στο νέο περιστατικό με βάση τις λύσεις των περιστατικών που επιλέχθηκαν κατά το στάδιο της ανάκτησης περίπτωσης. Τα περιστατικά είναι αυτά που βρίσκονται στις πρώτες θέσεις της λίστας με τις ανακτώμενες περιπτώσεις και με βάση τις λύσεις τους, γίνονται οι ανάλογες προσαρμογές στην λύση του νέου περιστατικού.

Η επαναχρησιμοποίηση των περιπτώσεων γίνεται με δύο κύριους τρόπους: την επαναχρησιμοποίηση με βάση το μετασχηματισμό των περιπτώσεων και την επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή.

3.3.1 Επαναχρησιμοποίηση με βάση το μετασχηματισμό των περιπτώσεων

Η επαναχρησιμοποίηση με βάση τον μετασχηματισμό στηρίζεται στη χρήση της γνώσης που παράχθηκε στα παλαιότερα περιστατικά με βάση κάποιους τελεστές μετασχηματισμού. Οι τελεστές αυτοί, απευθύνονται στην παλιά λύση η οποία

μετασχηματίζεται αναλόγως με τα δεδομένα του καινούργιου περιστατικού. Κατηγοριοποιούνται με βάση τις διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ ανακτώμενων και νέων περιπτώσεων. Ο τρόπος αυτός εστιάζεται περισσότερο στην ισοδυναμία των λύσεων και όχι στον τρόπο που λύνεται ένα πρόβλημα και απαιτεί την ύπαρξη ενός ισχυρού μοντέλου που θα έχει τη μορφή των τελεστών μετασχηματισμού και τον απαραίτητο έλεγχο για την εφαρμογή των τελεστών.

3.3.2 Επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή

Η επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή στηρίζεται στον τρόπο με τον οποίο λύθηκε κάποιο πρόβλημα από την ανακτώμενη περίπτωση. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση της παλαιότερης περίπτωσης κρατά πολύ σημαντικές πληροφορίες που θα μπορούσαν να βοηθήσουν την καινούργια περίπτωση, όπως για παράδειγμα αιτιολόγηση των τελεστών που χρησιμοποιήθηκαν, στόχους που λήφθηκαν υπόψη, εναλλακτικές λύσεις που προκύπτουν και λανθασμένα μονοπάτια που πάρθηκαν για αποφυγή παρόμοιων τέτοιων λαθών. Έτσι, η μέθοδος της παλιάς περίπτωσης προσαρμόζεται στη νέα περίπτωση και επαναλαμβάνεται σύμφωνα με τα νέα δεδομένα. Κατά την επανάληψη αυτή, διευρύνονται οι εναλλακτικές λύσεις, οι τελεστές και τα μονοπάτια και θέτονται νέοι στόχοι που βασίζονται στους παλιούς.

Οι δύο τρόποι που μελετήθηκαν πιο πάνω, στηρίζονται περισσότερο στην προσαρμογή της παλιάς περίπτωσης στη νέα. Ωστόσο, ανάλογα με το είδος του περιστατικού που θα επιλυθεί, υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται η προσαρμογή της περίπτωσης αλλά η απλή ερμηνεία της. Έτσι, για παραδείγματα διαγνωστικών περιστατικών είναι πιο κατάλληλη η προσαρμογή της περίπτωσης ενώ για περιπτώσεις που ο σκοπός τους είναι η εύρεση σχετικών περιπτώσεων, χρησιμοποιείται η ερμηνεία τους. Πολλές φορές παραλείπεται εντελώς το στάδιο της επαναχρησιμοποίησης ιδιαίτερα για περιπτώσεις όπως την τελευταία.

Το τελικό αποτέλεσμα αυτού του σταδίου είναι η παραγωγή της προτεινόμενης λύσης στη νέα περίπτωση κάτι που δημιουργεί τη λυμένη περίπτωση.

3.4 Αναθεώρηση περίπτωσης

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει τον έλεγχο, σε πραγματικό περιβάλλον, των λυμένων περιπτώσεων που προέκυψαν από το προηγούμενο στάδιο ή την εκτίμησή τους από τους ειδικούς. Επειδή, οι λύσεις που προκύπτουν δεν είναι κατ' ανάγκη ορθές, γίνονται οι τελικές διορθώσεις πάνω στις λύσεις αφού το σύστημα θα πρέπει να απομνημονεύσει την ορθή λύση ώστε να μπορέσει να την ξαναχρησιμοποιήσει στο μέλλον.

Το στάδιο περιλαμβάνει δύο εργασίες: την αξιολόγηση της λύσης της περίπτωσης που παράχθηκε από την επαναχρησιμοποίηση και την διόρθωσή της χρησιμοποιώντας ένα γενικό πεδίο γνώσης.

3.4.1 Αξιολόγηση λύσης

Η πρώτη εργασία μεταφέρει τη λύση της περίπτωσης σε πραγματικό περιβάλλον δηλ. χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα. Η λύση μπορεί να φτάσει σε επιτυχία ή αποτυχία και το αποτέλεσμα της μπορεί να πάρει από μερικές ώρες μέχρι και μερικούς μήνες. Ο λόγος αυτής της καθυστέρησης είναι το γεγονός ότι χρειάζεται αρκετό χρονικό διάστημα ώστε η νέα περίπτωση να μάθει από τις άλλες περιπτώσεις και να μπορέσει στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιηθεί.

3.4.2 Διόρθωση λύσης

Η δεύτερη εργασία περιλαμβάνει τη διόρθωση της λύσης αν και εφόσον αυτή σημείωσε αποτυχία. Αρχικά, ανιχνεύονται τα λάθη και στη συνέχεια ανακτώνται ή παράγονται τα αίτια αυτών των λαθών, με σκοπό να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις. Η ανίχνευση των λαθών επιτυγχάνεται με τη χρήση κάποιου είδους γνώσης η οποία χρησιμοποιείται από το προηγούμενο στάδιο και σκοπό έχει τον εντοπισμό, το χειρισμό και την αποφυγή των λαθών. Κατόπιν, ανιχνεύονται τα αίτια που οδήγησαν σε αυτά τα λάθη και τροποποιούνται, από μια ομάδα επισκευής, ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα λάθη αυτά δεν θα ξαναεμφανιστούν.

Η λύση που προκύπτει στο τέλος είναι η ορθή λύση χωρίς οποιαδήποτε λάθη ή ασάφειες και είναι έτοιμη να απομνημονευτεί από το σύστημα και να ξαναχρησιμοποιηθεί.

3.5 Διατήρηση περίπτωσης

Η διατήρηση περίπτωσης αναφέρεται στο γεγονός της αποθήκευσης της περίπτωσης στη βάση δεδομένων αφού πρώτα έχει περάσει από όλα τα προηγούμενα στάδια. Το στάδιο αυτό είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση των πληροφοριών του καινούργιου περιστατικού πάνω στην υπάρχουσα γνώση του συστήματος. Επιλέγονται οι κατάλληλες πληροφορίες που θα αποθηκευτούν για το συγκεκριμένο περιστατικό και που παράλληλα θα το διαφοροποιούν από το περιστατικό με το οποίο είχε ταυτιστεί στα προηγούμενα στάδια του κύκλου ζωής. Επίσης, καθορίζεται ο τρόπος αποθήκευσης και κωδικοποίησης των δεδομένων του περιστατικού μέσα στη βάση.

Αρχικά, θα πρέπει να καθοριστούν τα στοιχεία που θα εξαχθούν από την κάθε καινούργια περίπτωση και που θα χρησιμεύσουν μετά για τη μάθηση του συστήματος. Εξάγονται, η περιγραφή και η λύση του προβλήματος αλλά απαιτείται και κάποιου είδους εξήγηση και αιτιολογία σχετικά με την επιλογή της συγκεκριμένης λύσης ως τη λύση του προβλήματος, γιατί με βάση αυτή την αιτιολογία θα γίνει ο μετασχηματισμός της λύσης για τη μετέπειτα χρήση της. Χρήσιμη είναι επίσης και η εξαγωγή της μεθοδολογίας που έχει χρησιμοποιηθεί καθώς και τα λάθη που έχουν εντοπιστεί ώστε να αποφευχθούν την επόμενη φορά.

Με βάση τα στοιχεία που εξάγονται από την καινούργια περίπτωση τίθεται το θέμα της αναπαράστασής τους στη βάση γνώσης. Πολύ σημαντικός είναι ο τρόπος της κωδικοποίησης της κάθε πληροφορίας και της δομής που θα έχει μέσα στη βάση, για την εύκολη ανάκτησή τους. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται ειδικά ευρετήρια τα οποία χωρίζονται ανάλογα με τον τύπο των χαρακτηριστικών της κάθε περίπτωσης και επιλέγονται αναλόγως με τα δεδομένα κάθε φορά. Υπάρχει, δηλαδή, κάποιου είδους ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών κάτι που καθιστά πιο εύκολη τη διαδικασία της μάθησης του συστήματος.

Με όλα αυτά γίνεται προφανές ότι η δομή του ευρετηρίου ρυθμίζει και προσαρμόζει ολόκληρη τη βάση μνήμης. Στην περίπτωση όπου έχει τροποποιηθεί το ευρετήριο

οποιασδήποτε περίπτωσης στη βάση μνήμης, τότε το σύστημα έχει μάθει και έχει γίνει καλύτερο στην εύρεση όμοιων περιπτώσεων. Ενώ, όταν δεν δημιουργείται κάποια νέα περίπτωση ή όταν δεν τροποποιείται οποιοδήποτε ευρετήριο τότε το σύστημα έχει ολοκληρωθεί χωρίς όμως να μάθει κάτι καινούργιο.

Με το τέλος της διαδικασίας αυτής, γίνεται σαφής η σημασία της μάθησης του συστήματος από την προηγούμενη εμπειρία του. Η βάση γνώσης έχει πλέον εκπαιδευτεί και το μόνο που απομένει είναι ο έλεγχος του συστήματος με την εισαγωγή του ίδιου περιστατικού στο σύστημα ώστε να εξακριβωθεί κατά πόσο φέρνει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώνεται ο κύκλος ζωής ενός συστήματος που βασίζεται σε περιπτώσεις.

Σύνοψη

Σε αυτό το κεφάλαιο εισαγάγαμε τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις και αναλύσαμε τον κύκλο ζωής από τον οποίο αποτελούνται.

Τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις βασίζονται στην ενθύμηση παλαιότερων περιπτώσεων και στόχος τους είναι η υποστήριξη αποφάσεων. Χρησιμοποιούν μια βάση δεδομένων που ονομάζεται case – base και στη συνέχεια αρχίζει μια διαδικασία σύγκρισης του εξεταζόμενου περιστατικού με τα περιστατικά που είναι αποθηκευμένα στη βάση ώστε να αναχθούν τα πιο όμοια και να δοθεί μια τελική λύση. Η διαδικασία αυτή αποτελεί τον κύκλο ζωής των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις που αποτελείται από πέντε στάδια.

Το πρώτο στάδιο του κύκλου ζωής αποτελεί την ερμηνεία της νέας περίπτωσης. Με λίγα λόγια, περιλαμβάνει την περιγραφή της περίπτωσης και την εξαγωγή των πιο σημαντικών χαρακτηριστικών της ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετά και για άλλα περιστατικά. Το δεύτερο στάδιο είναι η ανάκτηση της πιο όμοιας περίπτωσης από τη βάση δεδομένων, με βάση κάποιο μέτρο ομοιότητας. Περιλαμβάνει τρεις φάσεις: τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διαδικασία της ανάκτησης, το

αρχικό ταίριασμα της περίπτωσης με ένα σύνολο περιπτώσεων που περιέχει τις πιο όμοιες περιπτώσεις και την τελική επιλογή του περιστατικού από αυτό το σύνολο.

Η τελική επιλογή αποτελεί την προτεινόμενη λύση που θα δοθεί στο νέο περιστατικό και η οποία καθορίζεται από το τρίτο στάδιο που είναι η επαναχρησιμοποίηση της περίπτωσης. Η επαναχρησιμοποίηση γίνεται με δύο τρόπους: την επαναχρησιμοποίηση με βάση τον μετασχηματισμό των περιπτώσεων, όπου χρησιμοποιείται η γνώση που παράχθηκε στα παλαιότερα περιστατικά και η επαναχρησιμοποίηση με βάση την παραγωγή, όπου χρησιμοποιείται ο τρόπος με τον οποίο λύθηκε κάποιο πρόβλημα από την ανακτώμενη περίπτωση.

Το τέταρτο στάδιο αποτελεί την αναθεώρηση της περίπτωσης δηλ. τον έλεγχο της λύσης σε πραγματικό περιβάλλον με πραγματικά δεδομένα. Περιλαμβάνει την αξιολόγηση της λύσης, αν παράγει ορθά αποτελέσματα που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, και την διόρθωση της λύσης, σε περίπτωση που σημειώθηκε αποτυχία, ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα ξαναεμφανιστούν τα λάθη αυτά.

Το πέμπτο και τελευταίο στάδιο του κύκλου ζωής, είναι η διατήρηση της περίπτωσης στη βάση δεδομένων. Με τη διατήρηση των πληροφοριών του καινούργιου περιστατικού και τη διαφοροποίησή του από τα άλλα περιστατικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο στάδιο αυτό ρυθμίζεται ο τρόπος αναπαράστασης των περιστατικών στη βάση γνώσης και κωδικοποίησης της πληροφορίας για την εύκολη ανάκτησή της. Γι' αυτό γίνεται χρήση ειδικών ευρετικών και η βάση παίρνει τη μορφή ευρετηρίου.

Κεφάλαιο 4 - Συστήματα

- 4.1 Ιστορική αναδρομή
- 4.2 Τα πρώτα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις
- 4.3 Η συμβολή των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις στον τομέα της υγείας
 - 4.3.1 Λόγοι χρήσης των συστημάτων στον ιατρικό τομέα
 - 4.3.2 Πότε πρωτοεμφανίστηκαν τα συστήματα στον τομέα της ιατρικής
- 4.4 Σκοπός ανάπτυξης των συστημάτων
- 4.5 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα συστήματα
- 4.6 Περαιτέρω ανασκόπηση των συστημάτων
 - 4.6.1 Σύστημα CASEY
 - 4.6.2 Σύστημα PROTOS
 - 4.6.3 Σύστημα CARE – PARTNER
 - 4.6.4 Σύστημα EXELICARECBR

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια ιστορική αναδρομή των συστημάτων που βασίζονται στις περιπτώσεις και παρουσιάζονται τα πρώτα συστήματα που αναπτύχθηκαν. Στη συνέχεια γίνεται μια αναφορά στη συμβολή της μεθοδολογίας που βασίζεται στις περιπτώσεις στον τομέα της ιατρικής και στους λόγους που χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Παρουσιάζονται ο σκοπός που αναπτύχθηκαν αυτά τα συστήματα και οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν ώστε να εκπληρώνουν αυτό το σκοπό. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την αναλυτική περιγραφή τεσσάρων συστημάτων που αναπτύχθηκαν στον τομέα της ιατρικής.

Το CASEY που υποστηρίζει διάγνωση καρδιακών προβλημάτων, το PROTOS που υποστηρίζει ακουολογικές διαταραχές, το CARE – PARTNER που παρέχει συμβουλευτική αγωγή στα άτομα που αναρρώνουν μετά από μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και τέλος το σύστημα EXCELICARECBR που αποτελεί ένα ηλεκτρονικό σύστημα αρχείου ασθενών και παρέχει υποστήριξη αποφάσεων προς τους κλινικούς ιατρούς. Τα συστήματα αυτά έχουν επιλεχθεί γιατί έχουν αναπτυχθεί σε διαφορετικές δεκαετίες – 1988, 1989, 1998, 2009 αντίστοιχα – και έτσι μπορεί να γίνει καλύτερα η σύγκριση μεταξύ τους.

4.1 Ιστορική αναδρομή

Η προέλευση των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις προέρχεται από τον Roger Schank ο οποίος μέσα από τη δουλειά του σχετικά με τη δυναμική μνήμη, ανακάλυψε ότι η ενθύμηση παλαιότερων περιστατικών έχει να κάνει με επίλυση προβλημάτων και με κάποιας μορφής μάθηση [1]. Ουσιαστικά, πρότεινε ότι οι καταστάσεις μπορούν να χωριστούν σε αρχεία, τα *scripts*, τα οποία μπορούν να οργανωθούν και να οδηγήσουν σε συμπεράσματα. Τα *scripts* αποτελούν μια δομή που βρίσκεται στη βάση μνήμης και περιγράφουν τις πληροφορίες των περιπτώσεων οι οποίες ενδέχεται να συμπίπτουν με τις πληροφορίες άλλων παρόμοιων περιπτώσεων. Όμως, μετά από κάποια πειράματα με είσοδο ορισμένα καθημερινά γεγονότα ανθρώπων, και τα οποία βασίστηκαν στα *scripts*, παρατηρήθηκε ότι έβγαζαν ως αποτέλεσμα συγκεχυμένα τα γεγονότα που είχαν παρόμοια *scripts*.

Ενώ ο Schank συνέχισε την έρευνα του στο ρόλο που διαδραματίζουν οι παλαιότερες περιπτώσεις στην επίλυση προβλημάτων και στην εκμάθηση του συστήματος, ο Gentner ανέπτυξε ένα θεωρητικό πλαίσιο όσον αφορά τη σχέση που έχει η αναλογική συλλογιστική και τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις. Από την άλλη ο Wittgenstein παρατήρησε ότι οι φυσικές έννοιες (π.χ καρέκλες και τραπέζια) αποτελούν στην πραγματικότητα πολυμορφικά πράγματα, τα οποία δεν μπορούν να ταξινομηθούν από ένα σύνολο ικανοποιητικών χαρακτηριστικών ωστόσο μπορούν να καθοριστούν από ένα σύνολο περιπτώσεων σύμφωνα με τις οικογενειακές ομοιότητες. Οι παρατηρήσεις αυτές εμπίπτουν στις θεωρίες της επίλυσης προβλήματος, του σχηματισμού έννοιας και της εμπειρικής εκμάθησης στη φιλοσοφία και τη ψυχολογία. Με λίγα λόγια στον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος ανακτά πολύ παλιές πληροφορίες από τη μνήμη του με πολύ εύκολο αλλά άγνωστο σε εμάς τρόπο.

Όμως, παρόλες αυτές τις παρατηρήσεις, το μόνο σίγουρο είναι ότι η εργασία του Schank στις αρχές της δεκαετίας του '80 και συγκεκριμένα στο Πανεπιστήμιο του Γέιλ, ήταν το έναυσμα για τη δημιουργία ενός νέου γνωστικού προτύπου, αυτό της αιτιολόγησης με βάση περιπτώσεις. Στη συνέχεια, άρχισαν να αναπτύσσονται τα πρώτα συστήματα βασιζόμενα σε αυτό το πρότυπο, τα οποία εξελίσσονται μέχρι και σήμερα και τα οποία

μοντελοποιούν, κατά κάποιο τρόπο την ανθρώπινη μνήμη και τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος συνδυάζει γεγονότα του παρελθόντος με γεγονότα του παρόντος.

4.2 Τα πρώτα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις

Η Janet Kolodner ανέπτυξε το πρώτο σύστημα βασιζόμενο σε περιπτώσεις, το CYRUS. Το CYRUS είναι ένα πρόγραμμα το οποίο υλοποιεί τη θεωρία της μακροπρόθεσμης μνήμης, ως ένα ευφυές σύστημα ανάκτησης γεγονότων αλλά και ως ένα μοντέλο για γεγονότα με μακροπρόθεσμη μνήμη [10]. Αναπαριστούσε τη γνώση, ως περιπτώσεις των ταξιδιών και συνεδριάσεων του πρώην γραμματέα των Ηνωμένων Πολιτειών Cyrus Vance και τις οργάνωνε στη μνήμη με μορφή ερωτήσεων και απαντήσεων [1]. Το σύστημα αυτό βασίστηκε στο δυναμικό πρότυπο μνήμης που πρότεινε ο Schank και στο οποίο βασίζονται και άλλα συστήματα.

Το 1989 οι Bruce Porter και Ray Bareiss ανέπτυξαν το σύστημα PROTOS, στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Austin, το οποίο προτείνει ένα εναλλακτικό τρόπο οργάνωσης των περιπτώσεων σε μια μνήμη, ενοποιώντας τη γενική γνώση περιοχών και τη συγκεκριμένη γνώση περίπτωσης σε ένα ενιαίο πρότυπο περίπτωσης μνήμης. Αν ένα χαρακτηριστικό εισόδου είναι άγνωστο για το σύστημα, τότε ο χρήστης καλείται να δώσει μια εξήγηση που να συνδέει το χαρακτηριστικό με τη μνήμη του συστήματος, ώστε να μπορέσει το σύστημα να το κατηγοριοποιήσει. Κάθε χαρακτηριστικό που είναι αποθηκευμένο στη βάση μνήμης περιέχει ένα βαθμό σημαντικότητας όσον αφορά την τελική λύση της περίπτωσης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται για διάγνωση ακουσολογικών διαταραχών.

Το 1989 ο Kristian J Hammond ανέπτυξε το σύστημα CHEF που βοηθά στην υποστήριξη στον τομέα του μαγειρέματος. Η λειτουργία του στηρίζεται στην παραγωγή νέων συνταγών με βάση τις παλιές συνταγές, τις οποίες προσαρμόζει κατάλληλα. Το σύστημα ξεκινά με μια case base που περιέχει περίπου 20 συνταγές και έχει ως είσοδο μια λίστα από στόχους, που περιλαμβάνουν τα υλικά και τον τρόπο μαγειρέματος, και επιθυμεί ως έξοδο τη συνταγή. Ο χρήστης στη συνέχεια αξιολογεί το αποτέλεσμα του συστήματος και παρουσιάζει μια ανεπιτυχή έκθεση στην περίπτωση που παρουσιαστεί οποιοδήποτε πρόβλημα. Δουλειά του συστήματος είναι και η διόρθωση της συνταγής μαζί με την

τροποποίηση της case base για την αποφυγή του εν λόγω λάθους την επόμενη φορά. Αξίζει να σημειωθεί το γεγονός ότι το σύστημα αυτό μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους τομείς, κυρίως σχεδιαστικούς, όπως είναι η αρχιτεκτονική, το σχέδιο και ο προγραμματισμός.

Την ίδια περίοδο ο Robert L. Simpson δημιούργησε ένα άλλο σύστημα, το MEDIATOR, το οποίο ασχολείται με τον τομέα επίλυσης διαφορών και προτείνει πιθανές λύσεις συμβιβασμού σε περίπτωση ύπαρξης συγκρούσεων μεταξύ διάφορων μερών. Σε αυτή την περίπτωση, η κύρια λειτουργία του MEDIATOR είναι η δημιουργία μιας νέας πρότασης αλλά και η αποθήκευση στη βάση γνώσης της λανθασμένης λύσης ώστε να αποφευχθεί κάτι παρόμοιο σε μια μελλοντική κατάσταση. Το MEDIATOR ενσωματώνει κομμάτια από διάφορες παλαιότερες περιπτώσεις με στόχο να δώσει λύσεις στο πρόβλημα που αναλύει κάθε φορά [13]. Προτείνει τρόπους με τους οποίους θα γίνει η διασύνδεση με τη βάση γνώσης μέσω μηχανισμών ελέγχου, με τη βοήθεια των οποίων μπορεί το σύστημα να επικεντρώνεται στα σημαντικά χαρακτηριστικά των περιπτώσεων μέσα από μια μεγάλη βάση δεδομένων.

Η μέθοδος βασιζόμενη σε περιπτώσεις, χρησιμοποιείται και σε τομείς που έχουν να κάνουν με την πρακτική του νόμου, αφού ένα μεγάλο μέρος της πρακτικής αυτής βασίζεται στην προτεραιότητα και την έννοια των περιπτώσεων. Έτσι δεν άργησε να έρθει και το πρώτο σύστημα το οποίο σχεδιάστηκε το 1990 από την ομάδα της Edwina Rissland στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης και πήρε το όνομα HYPO [11]. Το σύστημα HYPO, χρησιμοποιεί τη μέθοδο βασιζόμενη σε περιπτώσεις στον τομέα της δικαιοσύνης και σε γενικές γραμμές η λειτουργία του είναι ότι ξεκινά από την περιγραφή μιας νομικής περίπτωσης, προχωρά με την νομική ανάλυση στην οποία βρίσκει μια παλαιότερη περίπτωση, με σκοπό να δημιουργήσει πειστικά επιχειρήματα για την υπόθεση, και καταλήγει στην παρουσίαση των επιχειρημάτων αυτών, που αποτελεί και την τελική λύση.

Στη βάση γνώσης του συστήματος βρίσκονται τόσο υπαρκτές όσο και υποθετικές περιπτώσεις – μέσα στα πλαίσια του νομικού δικαίου - οι οποίες αναπαριστώνται ως ένα ιεραρχικό σύνολο πλαισίων. Για παράδειγμα, με είσοδο στο σύστημα μιας υπόθεσης που διερευνά τη διαρροή σημαντικών πληροφοριών σε κάποιο ανταγωνιστή και με επιθυμητή έξοδο την υπεράσπιση της υπόθεσης, το σύστημα θα κάνει αναζήτηση από την μνήμη των

περιπτώσεων που είναι όμοιες με αυτή και που το αποτέλεσμα τους ήταν η υπεράσπιση. Στη συνέχεια, με βάση αυτές τις περιπτώσεις, θα βρει τρόπους να μειώσει τις τυχόν διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των περιπτώσεων και θα επιλέξει την πιο επιτυχημένη περίπτωση. Ένα άλλο παρόμοιο σύστημα με το HYP0, που ασχολείται με νομικές υποθέσεις είναι το CABARET, για το οποίο όμως δεν θα γίνει περαιτέρω αναφορά.

Τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις αποδείχθηκαν πολύ χρήσιμα και για τον τομέα της ιατρικής. Το πρώτο ιατρικό σύστημα που υλοποιήθηκε με βάση αυτή τη νέα μέθοδο είναι το CASEY [12]. Αποτελεί τη διδακτορική διατριβή της Phyllis Koton το 1988 και στηρίζεται στη διάγνωση καρδιακών δυσλειτουργιών. Παίρνει ως είσοδο μια περιγραφή με τα συμπτώματα του ασθενή, στη συνέχεια αναζητά μέσα στη βάση δεδομένων για παρόμοιες περιπτώσεις ασθενών, και εάν βρει κάποια όμοια περίπτωση, προσαρμόζει τη διάγνωση σύμφωνα με τις διαφορές της νέας περίπτωσης με τις παλιές. Το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ένα πλάνο με τις πιθανές εσωτερικές καταστάσεις που θα μπορούσαν να οδηγήσουν τον ασθενή σε αυτά τα συμπτώματα. Το σύστημα αυτό θα μελετηθεί περαιτέρω στο υποκεφάλαιο 4.6.1 αυτού του κεφαλαίου.

Αν και η έρευνα για τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις δεν ήταν περιορισμένη στις ΗΠΑ, εντούτοις άργησε να εμφανιστεί στην Ευρώπη. Την αρχή έκαναν οι Althoff, Maurer και Rehbold οι οποίοι το 1988 – 1991 ανέπτυξαν τα συστήματα MOLTKE και PATDEX τα οποία χρησιμοποιούνταν για τη διάγνωση λαθών στα μηχανικά συστήματα. Το σύστημα MOLTKE συνδυάζει διαφορετικές τεχνικές από τα έμπειρα συστήματα δεύτερης γενεάς [14]. Είναι ικανό να επεξεργαστεί γνώση όσο αφορά τεχνικές εργασίες που περιγράφουν τη συμπεριφορά της μηχανής αλλά και να εξάγει γνώση από εμπειρογνώμονες του τομέα αυτού. Αποτελείται από τέσσερα κύρια συστατικά το ένα εκ των οποίων είναι ένα σύστημα βασιζόμενο σε περιπτώσεις, το οποίο προσφέρει υποστήριξη των αποφάσεων σχετικά με τα λάθη των μηχανικών συστημάτων. Εδώ, οι περιπτώσεις αναπαριστώνται ως λειτουργικό μοντέλο μηχανής, ενώ η γνώση χωρίζεται σε δύο περιβάλλοντα, τις ενδιάμεσες και τις τελικές διαγνώσεις μέσω των οποίων δημιουργείται ένας γράφος πλαισίων. Από αυτόν, δημιουργούνται τρία είδη γνώσης: οι κανόνες εντολών για την επιλογή εύλογων εντολών από τις δοκιμές, οι κανόνες συντόμευσης για την εξαγωγή άγνωστων συμπτωμάτων από τα ήδη γνωστά, και τέλος οι κανόνες διάγνωσης για την αναπαράσταση της σχέσης μεταξύ των συμπτωμάτων και όλων των ειδών τις διαγνώσεις.

Το PATDEX είναι ένα έμπειρο σύστημα το οποίο είναι μέρος του συστήματος MOLTKE [15]. Κάνει χρήση της μεθόδου αιτιολόγησης με βάση περιπτώσεις για τη διάγνωση λαθών σε πολύπλοκα μηχανικά συστήματα, χρησιμοποιώντας ευρετικά χαρακτηριστικά και περιπτώσεις. Χρησιμοποιεί αναλογία ώστε να ανάγει τις λύσεις από τις παλιές και λυμένες περιπτώσεις στην καινούργια περίπτωση και προσθέτει κάθε νέα περίπτωση στη case base. Για το ταίριασμα παλαιότερων και νέων περιπτώσεων χρησιμοποιεί μετρικές ομοιότητας και αναλόγως των αποτελεσμάτων που θα δώσει, αποφασίζει αν θα προσθέσει τη νέα περίπτωση στην case base, ή αν θα την ακυρώσει προσωρινά.

Πέρα από την Αμερική και την Ευρώπη, ενεργές ομάδες που ασχολούνται με τη μεθοδολογία βασιζόμενη στις περιπτώσεις, υπάρχουν και στο Ισραήλ και Ιαπωνία. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, έχει παρατηρηθεί μια αύξηση από άρθρα σχετικά με αυτή τη μεθοδολογία σε επιστημονικά περιοδικά Τεχνητής Νοημοσύνης.

Στον Πίνακα 4-1 φαίνονται κάποια ενδεικτικά συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις μαζί με κάποιες πληροφορίες για το καθένα. Τα σκιασμένα συστήματα είναι αυτά που θα μελετηθούν στο υποκεφάλαιο 4.6.

Σύστημα	Έτος	Δημιουργοί	Περιγραφή
CYRUS	1983	J. Kolodner	Οργάνωση ταξιδιών και συνεδριάσεων του Cyrus Vance, πρώην γραμματέα των Ηνωμένων Πολιτειών
MEDIATOR	1985	R. L. Simpson	Προτείνει πιθανές λύσεις συμβιβασμού σε περίπτωση ύπαρξης συγκρούσεων μεταξύ διάφορων μερών
CASEY	1988	P. Koton	Διάγνωση καρδιακών δυσλειτουργιών και προβλημάτων
PROTOS	1989	B. Porter R. Bareiss	Κατηγοριοποίηση ακουσολογικών διαταραχών
CHEF	1989	K. J. Hammond	Υποστήριξη στον τομέα του μαγειρέματος με τη δημιουργία

Σύστημα	Έτος	Δημιουργοί	Περιγραφή
			συνταγών
HYPO	1990	E. Rissland	Υποστήριξη στον τομέα της δικαιοσύνης δημιουργώντας πειστικά επιχειρήματα για μια νομική υπόθεση
MOLTKE	1991	K. Althoff F. Maurer S. Wess	Διάγνωση λαθών στα μηχανικά συστήματα
PATDEX	1991	M. M. Richter S. Wess	Διάγνωση λαθών σε πολύπλοκα μηχανικά συστήματα
ALEXIA	1992	I. Bichindaritz	Αιτιολογία της υπέρτασης
FLORENCE	1993	C. Bradburn	Διάγνωση, νοσηλεία, πρόγνωση και συνταγή
ROENTGEN	1994	J. Berger	Σχεδιασμός σχεδίων ακτινοθεραπείας, ογκολογία
MacRad	1994	R. T. Macura	Ερμηνεία ακτινολογικής εικόνας
CARE – PARTNER	1998	I. Bichindaritz E. Kansu K. M. Sullivan	Κλινική βοήθεια για ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και βρίσκονται στο στάδιο της ανάρρωσης
EXCELICARECBR	2009	S. Crow D. Burton N. Wiratunga N. Van de Branden	Συμπλήρωση και υποστήριξη ηλεκτρονικών συστημάτων αρχείων ασθενών

Πίνακας 4-1: Ιστορική αναδρομή

4.3 Η συμβολή των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις στον τομέα της υγείας

Όπως αναφέρθηκε στην πιο πάνω υποενότητα, τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς. Ένας από αυτούς είναι ο τομέας της ιατρικής στον οποίο επικεντρώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία. Ο συνδυασμός των συστημάτων αυτών με την Τεχνητή Νοημοσύνη, ξεπερνά τα προβλήματα που

δημιουργούσαν τα συστήματα βασισμένα σε κανόνες. Το πλεονέκτημα των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις είναι ότι, κάθε φορά, προσθέτει νέες περιπτώσεις, και συνεπώς καινούργια γνώση, στη βάση χωρίς όμως να επηρεάζει το σύστημα.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι λόγοι που χρησιμοποιούνται αυτά τα συστήματα αλλά και η χρησιμότητα που έχουν.

4.3.1 Λόγοι χρήσης των συστημάτων στον ιατρικό τομέα

Τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις, μοντελοποιούν την ανθρώπινη σκέψη. Οι άνθρωποι επιλύουν δύσκολα προβλήματα, ανεξαρτήτως των γνώσεών τους, ανατρέχοντας συνήθως σε παρόμοια περιστατικά του παρελθόντος, ενώ η απόδοσή τους βελτιώνεται με την εμπειρία που αποκτούν. Λειτουργούν ως συστήματα επίλυσης προβλημάτων και κυρίως ως συστήματα υποστήριξης αποφάσεων για τους επιστήμονες του τομέα της ιατρικής σε ένα πεδίο όπου η εύρεση σωστών και αξιόπιστων αποτελεσμάτων σε γρήγορο χρονικό διάστημα είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι κυριότεροι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούνται αυτά τα συστήματα στον ιατρικό τομέα συνοψίζονται πιο κάτω [17]:

- Η διατήρηση του ιστορικού των ασθενών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εκπαίδευση των συστημάτων που έχουν να κάνουν με την υγεία.
- Ο άνθρωπος, ως βιολογικό μοντέλο, είναι αρκετά δύσκολο να μοντελοποιηθεί από γενικά μοντέλα και γι' αυτό τα συστήματα βασιζόμενα σε περιπτώσεις μοντελοποιούν την λειτουργία της ανθρώπινης μνήμης.
- Πολλές ασθένειες δεν είναι τόσο κατανοητές ώστε να μπορούν να ακολουθήσουν κάποια συγκεκριμένα μοντέλα για τη διάγνωση.
- Η αλληλεπίδραση πολλών διαγνώσεων ως προς την εκδήλωση των συμπτωμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διάγνωση ασθενειών με ιδιαίτερα συμπτώματα που ενδεχομένως να «παραπλανούν» τους γιατρούς. Για παράδειγμα, τα συμπτώματα της υπέρτασης ή της καρδιακής νόσου είναι πολλά και πρέπει να

αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους για να διαγνωστούν αυτές οι ασθένειες [16] και όχι να εξεταστούν μεμονωμένα.

- Όταν υπάρχουν ήδη, διαθέσιμα τα κύρια χαρακτηριστικά της ασθένειας, τότε τα συστήματα αυτά καθοδηγούν τους επιστήμονες της ιατρικής, με τη παροχή ενός γενικού πλαισίου για τη γρήγορη διάγνωση της ασθένειας.
- Οι υποθέσεις όλων των ασθενών μπορούν να φανούν χρήσιμες και να ξαναχρησιμοποιηθούν.
- Η ιατρική βασίζεται στην επεξεργασία των δεδομένων και επομένως είναι ωφέλιμη η ανάπτυξη ικανών συστημάτων που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην λήψη αποφάσεων μέσω των παλαιότερων περιπτώσεων.

4.3.2 Πότε πρωτοεμφανίστηκαν τα συστήματα στον τομέα της ιατρικής

Οι πρωτοπόροι στον τομέα των συστημάτων βασιζόμενων σε περιπτώσεις στον τομέα της ιατρικής ήταν η Janet Kolonder, ερευνήτρια, και ο Robert Kolonder, ψυχίατρος και ερευνητής στο τομέα της ψυχικής υγείας, οι οποίοι το 1987 παρουσίασαν το σύστημα SHRINK.

Το σύστημα αυτό, αποτελεί ένα ψυχιατρικό διαγνωστικό το οποίο δημιουργεί συλλογιστική μέσω του συνδυασμού των περιπτώσεων και των περιγραφών που οδηγούν, τελικά, στη διάγνωση και στη σύσταση θεραπευτικής αγωγής. Σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος αυτού ήταν το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η μνήμη, με την προσθήκη νέων περιπτώσεων και την επεξεργασία αυτών, τόσο καλύτερα αποτελέσματα βγάζει το σύστημα. Ουσιαστικά το σύστημα μαθαίνει μέσω της εκπαίδευσης από τις επιτυχημένες και τις αποτυχημένες καταστάσεις που έχει στη μνήμη.

Μετά από το σύστημα SHRINK, άρχισε η δημιουργία και άλλων συστημάτων που υποστηρίζουν τον ιατρικό τομέα, κάποια από τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου.

4.4 Σκοπός ανάπτυξης των συστημάτων

Τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις εφαρμόζονται στον τομέα της υγείας με σκοπό να διαγνώσουν μια ασθένεια, μέσα από τα συμπτώματα, και να προτείνουν κάποια θεραπευτική αγωγή. Αναπτύχθηκαν κυρίως για υποστήριξη αποφάσεων προς τους γιατρούς, καθώς η ιδιότητα που έχουν να ανατρέχουν σε μια βάση με χιλιάδες περιστατικά και να βρίσκουν τα πιο όμοια με το εξεταζόμενο, λειτουργεί ως δεύτερη γνώμη για τη διάγνωση της ασθένειας και τη σύσταση θεραπευτικής αγωγής. Στοχεύουν στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου προκειμένου να παρθεί κάποια απόφαση, ειδικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, για να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις γνώσεων στην περίπτωση που το ιατρικό προσωπικό δεν είναι έμπειρο αλλά και για να διαμοιράσει την διαθέσιμη εμπειρία σε διαφορετικά πεδία [18].

4.5 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν τα συστήματα

Τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις θα πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις ώστε να λειτουργούν σωστά και αποδοτικά. Οι προϋποθέσεις αυτές παραθέτονται πιο κάτω:

- Η αναπαράσταση της περίπτωσης να είναι όσο το δυνατό πιο αντιπροσωπευτική της περίπτωσης, καθώς στη συνέχεια θα αποθηκευτεί στη βάση ως παλαιότερη, για να ξαναχρησιμοποιηθεί όταν χρειαστεί.
- Η αναπαράσταση να είναι είτε περιγραφική είτε ποσοτική, ανάλογα με το τι θεωρείται πιο σημαντικό στην εφαρμογή. Για παράδειγμα, με χαρακτηριστικό τον καιρό, η περιγραφική αναπαράσταση θα ήταν ότι ο καιρός σήμερα είναι ζεστός ή κρύος, ενώ η ποσοτική αναπαράσταση θα ήταν ότι σήμερα η θερμοκρασία είναι 35°C.
- Το σχήμα που θα αναπαριστά τη γνώση στο σύστημα να περιέχει τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης, με τα οποία θα συγκρίνονται και θα ταιριάζουν την εξεταζόμενη περίπτωση με τις αποθηκευμένες περιπτώσεις, μια εκτίμηση του χρόνου εύρεσης

των πιο όμοιων περιπτώσεων και μια εκτίμηση του πραγματικού χρόνου εύρεσης των όμοιων περιπτώσεων.

- Να ορίζονται εκ των προτέρων οι μετρικές ομοιότητας και οι τεχνικές ανάκτησης περίπτωσης που μπορούν να εφαρμοστούν.
- Να είναι δυνατή η εκμάθηση της μηχανής και η εκπαίδευση του συστήματος. Αφού θα έχει ήδη υπολογιστεί ο χρόνος εκτίμησης και ο πραγματικός χρόνος, τότε μπορεί να υπολογιστεί η απόκλιση. Με δεδομένο ένα ποσοστό επιτυχίας, αν η απόκλιση του χρόνου εκτίμησης είναι μικρότερη από το ποσοστό αυτό, τότε η εκτίμηση θεωρείται επιτυχής. Σε διαφορετική περίπτωση, η εκτίμηση θεωρείται αποτυχή, και ο χρήστης του συστήματος πρέπει να αναλύσει τους λόγους της αποτυχίας. Οι επιτυχημένες εκτιμήσεις θα καταγράφονται στο σύστημα για μελλοντική χρήση.

4.6 Περαιτέρω ανασκόπηση των συστημάτων

4.6.1 Σύστημα CASEY

Το σύστημα CASEY αναπτύχθηκε το 1988 από την Phyllis Koton ως μέρος της διδακτορικής της διατριβής στα πλαίσια απόκτησης του διδακτορικού της τίτλου [12]. Το σύστημα αυτό είναι ικανό να διαγνώσει καρδιακά προβλήματα προσαρμόζοντας τις διαγνώσεις παλαιότερων περιπτώσεων με ασθενείς που αντιμετώπιζαν και αυτοί καρδιακά προβλήματα [9]. Χρησιμοποιεί τη μέθοδο βασιζόμενη σε περιπτώσεις για την ανάκτηση και ενθύμηση προβλημάτων που έχει συναντήσει στο παρελθόν και ένα μοντέλο αιτιολογίας ώστε να δικαιολογήσει τις παλαιότερες λύσεις που ανακτήθηκαν και τη λύση άγνωστων προβλημάτων που επίλυσε.

4.6.1.1 Κύκλος ζωής του συστήματος

Το σύστημα CASEY, ως ένα σύστημα βασιζόμενο σε περιπτώσεις, περιλαμβάνει κάποια στάδια ως προς τη λειτουργία του παρόμοια με αυτά του κύκλου ζωής των συστημάτων αυτών. Ακολουθεί η ανάλυση των σταδίων αυτών.

4.6.1.1.1 Ανάκτηση

Στο στάδιο αυτό το σύστημα CASEY βρίσκει μια περίπτωση η οποία είναι όμοια με την περίπτωση του νέου ασθενή μέσα από τη βάση μνήμης. Η περίπτωση αυτή ονομάζεται *ανακτώμενη περίπτωση*.

Για την ανάκτηση της πιο όμοιας περίπτωσης όμως πρέπει να προηγηθεί η διαδικασία του ταιριάσματος της περίπτωσης με τις αποθηκευμένες περιπτώσεις. Με δεδομένη μια νέα περίπτωση, το σύστημα ψάχνει στη μνήμη για μια παρόμοια περίπτωση. Συγκεκριμένα, συγκρίνει τη νέα περίπτωση με όλες τις άλλες που είναι αποθηκευμένες, χρησιμοποιώντας όλα τα χαρακτηριστικά που έχουν δοθεί στην περιγραφή του ασθενή. Επειδή, όπως είναι λογικό, δεν μπορούν όλα τα χαρακτηριστικά να είναι σημαντικά για το ταιρίασμα των περιπτώσεων, το σύστημα χρησιμοποιεί μια μετρική ομοιότητας που συμβάλλει στον καθορισμό των σημαντικών χαρακτηριστικών της κάθε περίπτωσης ξεχωριστά.

Το CASEY αποδίδει αυτό τον καθορισμό με βάση το μοντέλο Heart Failure [20]. Στη συνέχεια, το σύστημα συγκρίνει τα σημαντικά χαρακτηριστικά της εξεταζόμενης περίπτωσης με αυτά των παλαιότερων περιπτώσεων προκειμένου να καθορίσει την ομοιότητα. Επομένως, ενώ αρχικά, το σύστημα ανακτά τις περιπτώσεις με όλα τα χαρακτηριστικά τους, στην πορεία ταιριάζει τις περιπτώσεις μόνο με τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά. Εδώ, τα σημαντικά χαρακτηριστικά καθορίζονται με εκείνα τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στην αιτιολόγηση των παλαιότερων όμοιων περιπτώσεων.

Όπως είναι φυσικό, μια περίπτωση μπορεί να είναι όμοια με πολλές περιπτώσεις και για το λόγο αυτό χρειάζεται να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται το καλύτερο ταιρίασμα. Το σύστημα, ανακαλεί από μια μέχρι τέσσερις όμοιες περιπτώσεις τις οποίες τοποθετεί σε μια λίστα προτίμησης με βάση μια μετρική ομοιότητας. Συγκεκριμένα, η βαθμολογία των

περιπτώσεων υπολογίζεται με βάση τα χαρακτηριστικά των ανακτώμενων περιπτώσεων, τα γενικευμένα χαρακτηριστικά τους αλλά και τον συνολικό αριθμό των κοινών χαρακτηριστικών που έχουν οι περιπτώσεις μεταξύ τους.

Το CASEY ουσιαστικά, στο στάδιο αυτό, παράγει μια αιτιολογική εξήγηση που σκοπό έχει τον προσδιορισμό του καλύτερου ταιριάσματος. Η περίπτωση η οποία συγκέντρωσε την ψηλότερη βαθμολογία, από τις άλλες όμοιες περιπτώσεις, εξετάζεται από το σύστημα. Αν αυτή η περίπτωση αποκλειστεί εξετάζεται η επόμενη στη σειρά περίπτωση και αυτό συνεχίζεται μέχρις ότου αδειάσει τελείως η λίστα προτίμησης.

4.6.1.1.2 Αιτιολόγηση

Στο στάδιο αυτό, το CASEY αξιολογεί τη σημασία που έχουν οι διαφορές μεταξύ της νέας περίπτωσης και της ανακτώμενης περίπτωσης, χρησιμοποιώντας πληροφορίες από το μοντέλο Heart Failure. Στην περίπτωση που έχουν βρεθεί σημαντικές διαφορές, τότε το ταιρίασμα είναι άκυρο ενώ στην περίπτωση που οι διαφορές αυτές κρίνονται ως ασήμαντες ή αν η λύση της ανακτώμενης περίπτωσης μπορεί να διορθωθεί ώστε να χρησιμοποιηθεί για την νέα περίπτωση, τότε το ταιρίασμα χαρακτηρίζεται ως δικαιολογημένο, δηλ. ορθό. Η περίπτωση η οποία έχει ανακτηθεί, τροποποιηθεί σύμφωνα με τα δεδομένα της νέας περίπτωσης και έχει χαρακτηριστεί ως δικαιολογημένη, ονομάζεται *προηγούμενη περίπτωση* και δίνει, ουσιαστικά, τη λύση που συνδέεται με την προηγούμενη περίπτωση.

Το ερώτημα που γεννιέται στο σημείο αυτό είναι κατά πόσο οι διαφορές και η τροποποίησή τους σύμφωνα με τα δεδομένα της εξεταζόμενης περίπτωσης μπορούν να υποστηρίξουν τη λύση για την περίπτωση. Το CASEY ξεπερνά αυτό το πρόβλημα εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ αποδείξεων και φυσιολογικών καταστάσεων στο Heart Failure μοντέλο. Χρησιμοποιεί ως μονάδα αξιολόγησης ένα *δικαιολογητή (justifier)*, ώστε να δικαιολογήσει την επιλογή της *προηγούμενης* περίπτωσης ως λύση για τη νέα περίπτωση.

Ο δικαιολογητής αυτός, στηρίζεται σε ένα πεδίο από ευρετικά που χρησιμοποιούνται για την αιτιολογία της απόδειξης και ονομάζονται *αρχές απόδειξης*. Στην συνέχεια θα αναλυθούν αυτά τα ευρετικά τα οποία είναι οκτώ στο σύνολό τους.

1. *Αποκλεισμός*

Μια κατάσταση πρέπει να διαγραφεί από την τροποποιημένη λύση αν υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό στη νέα περίπτωση που δεν είναι συμβατό με αυτή την κατάσταση. Με το όρο μη συμβατό υπονοείται ότι η πιθανότητα κάποιου χαρακτηριστικού να συνυπάρχει με κάποια κατάσταση της ανακτώμενης λύσης είναι μηδενική.

2. *Χρήση άλλης απόδειξης*

Όταν ένα χαρακτηριστικό που παρουσιάζεται στην ανακτώμενη περίπτωση απουσιάζει από τη νέα περίπτωση τότε γίνεται χρήση κάποιας άλλης απόδειξης. Αυτή η αρχή, καθορίζει κατά πόσο ένα άλλο χαρακτηριστικό που υπάρχει στη νέα περίπτωση, μπορεί να υποστηρίξει την ίδια κατάσταση που υποστήριζε το χαρακτηριστικό που λείπει.

3. *Μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό παλιάς περίπτωσης*

Όταν ένα χαρακτηριστικό παρουσιάζεται μόνο στην ανακτώμενη περίπτωση τότε αποτελεί ένα μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό της παλιάς περίπτωσης. Στην περίπτωση που το χαρακτηριστικό αυτό δεν έχει χρησιμοποιηθεί για την αιτιολογική εξήγηση, η απουσία του δεν επηρεάζει οποιαδήποτε κατάσταση στην εξήγηση και επομένως μπορεί απλά να αγνοηθεί.

4. *Υποστήριξη υπάρχουσας κατάστασης*

Όταν ένα χαρακτηριστικό παρουσιάζεται στην καινούργια περίπτωση αλλά όχι και στην ανακτώμενη περίπτωση, τότε χρησιμοποιείται η υποστήριξη της υπάρχουσας κατάστασης. Με λίγα λόγια, η αρχή αυτή καθορίζει κατά πόσο είναι δυνατή η απόδοση αυτού του χαρακτηριστικού σε κάποια κατάσταση της ανακτώμενης αιτιολογικής εξήγησης.

5. *Μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό νέας περίπτωσης*

Όταν ένα χαρακτηριστικό παρουσιάζεται μόνο στη νέα περίπτωση τότε αποτελεί ένα μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό της νέας περίπτωσης. Αυτή η αρχή, αναγνωρίζει ένα

χαρακτηριστικό που δεν είναι σύνηθες, ωστόσο δεν παρέχει αποδείξεις για οποιαδήποτε υπάρχουσα κατάσταση και δεν προτείνει σθεναρά μια νέα κατάσταση. Ως εκ τούτου, ένα τέτοιο χαρακτηριστικό προστίθεται στην αιτιολογική εξήγηση ως «ανεξήγητο χαρακτηριστικό».

6. Κανονικές τιμές

Για αυτό το ευρετικό, μια κανονική τιμή στη νέα περίπτωση είναι αυτή που δεν έχει εξηγηθεί.

7. Καμία πληροφορία

Αν δεν έχουν δοθεί πληροφορίες σχετικά με κάποιο χαρακτηριστικό σε μια από τις περιπτώσεις και είναι γνωστή η ύπαρξη κανονικής τιμής στην άλλη περίπτωση, τότε συνεπάγεται η ύπαρξη κανονικής τιμής και στην πρώτη περίπτωση.

8. Ίδια ποιοτική περιοχή

Το CASEY αξιολογεί τις διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών με αριθμητικές τιμές μέσω της μετάφρασής τους σε φυσιολογικά ισοδύναμες τιμές. Για παράδειγμα, με χαρακτηριστικό την πίεση του αίματος και 180/100 αριθμητική τιμή σε αυτό, η μετάφραση που θα γίνει στην περίπτωση αυτή θα ήταν «ψηλή πίεση αίματος». Τα χαρακτηριστικά των οποίων οι τιμές εμπίπτουν στο ίδιο πεδίο τιμών, κρίνονται ότι δεν διαφέρουν σε σημαντικό βαθμό.

Το αποτέλεσμα που θα εξαχθεί με τη βοήθεια των πιο πάνω ευρετικών εγγυάται ότι θα είναι μια πιθανή και έγκυρη εξήγηση όσον αφορά τα συμπτώματα του ασθενή. Επιπλέον, οι αλλαγές που προτείνει το σύστημα στην ανακτώμενη περίπτωση είναι μικρές και μπορούν να υπολογιστούν σε χρόνο που δεν θα επιβαρύνουν το σύστημα. Το CASEY αξιολογεί κάθε αλλαγή σύμφωνα με το περιεχόμενο ολόκληρης της λύσης, πράγμα το οποίο το εμποδίζει από το να αγνοήσει ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις που ενδεχομένως να δημιουργηθούν από αυτές τις αλλαγές.

4.6.1.1.3 Προσαρμογή της λύσης

Το στάδιο αυτό έχει ως κύρια λειτουργία, την προσαρμογή της προηγούμενης περίπτωσης, δηλ. της περίπτωσης που ανακτήθηκε από το προηγούμενο στάδιο του κύκλου ζωής του συστήματος, ώστε να ταιριάζει με την νέα περίπτωση. Αυτό γίνεται μόνο όταν καμιά από τις διαφορές των δύο συστημάτων δεν ακυρώνει το ταίριασμα. Στην περίπτωση που αποκλειστούν όλα τα ταιριάσματα ή δεν έχει βρεθεί καμιά παρόμοια περίπτωση από τη βάση γνώσης, τότε το σύστημα χρησιμοποιεί το πρόγραμμα του Heart Failure με σκοπό να παράξει μια λύση για την περίπτωση.

Η προσαρμογή μιας παλαιότερης λύσης σε μια νέα περίπτωση γίνεται με τη χρήση *στρατηγικών διόρθωσης*. Ανάλογα με τα τρία μέρη από τα οποία αποτελείται η λύση – αιτιολογική εξήγηση, διάγνωση και θεραπεία – υπάρχουν και διαφορετικοί τύποι στρατηγικών διόρθωσης.

Το CASEY χρησιμοποιεί επτά τύπους στρατηγικών διόρθωσης για την αιτιολογική εξήγηση:

1. Αφαίρεση κατάστασης

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται σε δύο περιπτώσεις: είτε η κατάσταση είναι γνωστό ότι θα είναι λανθασμένη είτε όλες οι αποδείξεις που υποστήριξαν προηγουμένως την κατάσταση έχουν αφαιρεθεί. Για την πρώτη περίπτωση, αυτή η στρατηγική έχει ως λύση της το ευρετικό του αποκλεισμού. Για την δεύτερη περίπτωση, όταν όλες οι αποδείξεις για μια κατάσταση απουσιάζουν από την νέα κατάσταση ή αν η μοναδική αιτιολόγηση μιας κατάστασης έχει αφαιρεθεί από την τροποποιημένη αιτιολογική εξήγηση, τότε το σύστημα απλά αφαιρεί αυτή την κατάσταση από την εξήγηση. Επιπλέον, καθορίζει κατά πόσο οι καταστάσεις που προκύπτουν από αυτή την κατάσταση μπορούν να αφαιρεθούν.

2. Αφαίρεση απόδειξης

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από τα ευρετικά 2 και 3 (χρήση άλλης απόδειξης και μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό παλιάς περίπτωσης). Όταν μια απόδειξη που είχε χρησιμοποιηθεί στην ανακτώμενη περίπτωση, απουσιάζει από την νέα περίπτωση τότε η στρατηγική αυτή αφαιρεί το χαρακτηριστικό μαζί με όλες τις συνδέσεις του.

3. Προσθήκη απόδειξης

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από τα ευρετικά 2 και 4 (χρήση άλλης απόδειξης και υποστήριξη υπάρχουσας κατάστασης) και η λειτουργία της είναι η προσθήκη αποδείξεων στην αιτιολογική εξήγηση και η σύνδεσή τους με τις καταστάσεις για τις οποίες αποτελεί απόδειξη.

4. Αντικατάσταση απόδειξης

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από το ευρετικό 8 (ίδια ποιοτική περιοχή). Όταν δύο αριθμητικές τιμές έχουν την ίδια ποιοτική τιμή, η στρατηγική αυτή αντικαθιστά την παλιά τιμή με τη νέα τιμή ως απόδειξη για κάποια κατάσταση.

5. Προσθήκη κατάστασης

Η μόνη φορά που το CASEY προσθέτει μια νέα κατάσταση στην αιτιολογική εξήγηση, είναι όταν το χαρακτηριστικό το οποίο προσπαθεί να εξηγήσει έχει μόνο μια αιτία. Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από το ευρετικό 4 (υποστήριξη υπάρχουσας κατάστασης) και αυτό γιατί, ενώ αυτό το χαρακτηριστικό έχει μόνο μια αιτία, το σύστημα ψάχνει για υπάρχουσες καταστάσεις που προκαλούν αυτό το χαρακτηριστικό. Καθώς η απόδειξη έχει μόνο μια πιθανή αιτία, η κατάσταση αυτή προστίθεται στην αιτιολογική εξήγηση. Στη συνέχεια, το σύστημα προσπαθεί να συνδέσει το χαρακτηριστικό αυτό με τις υπάρχουσες καταστάσεις και με τα χαρακτηριστικά στην αιτιολογική εξήγηση.

6. Προσθήκη συνδέσμου

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από την προηγούμενη στρατηγική με σκοπό να προσθέσει μια αιτιολογική σύνδεση μεταξύ δύο καταστάσεων.

7. Προσθήκη μετρικής

Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται από το ευρετικό 5 (μη συσχετιζόμενο χαρακτηριστικό νέας περίπτωσης). Προσθέτει ένα ασυνήθιστο χαρακτηριστικό που το σύστημα δεν μπορεί να συνδέσει με την αιτιολογική εξήγηση.

Μετά τη διόρθωση της αιτιολογικής εξήγησης ακολουθεί η διόρθωση της διάγνωσης που έχει γίνει αλλά και της θεραπείας που έχει προταθεί. Η διάγνωση της ασθένειας κάποιου ασθενή είναι απλά μια λίστα με τις καταστάσεις διάγνωσης της αιτιολογικής εξήγησης. Οι στρατηγικές που χρησιμοποιούνται για την διόρθωση της διάγνωσης είναι απλά η προσθήκη και η αφαίρεση των ασθενειών από την τροποποίηση της διάγνωσης που έχει γίνει. Στην περίπτωση που μια κατάσταση διάγνωσης έχει αφαιρεθεί από την τροποποιημένη αιτιολογική εξήγηση, κατά τη διάρκεια της διόρθωσης της αιτιολογικής εξήγησης, η αντίστοιχη διάγνωση αφαιρείται από τη λίστα του ασθενή ενώ, στην αντίθετη περίπτωση – όταν προστεθεί μια κατάσταση στην αιτιολογική εξήγηση – αυτή η διάγνωση προστίθεται στη λίστα του ασθενή.

Η σύσταση θεραπευτικής αγωγής στους ασθενείς παράγεται από τα αποτελέσματα που θα δώσει η αιτιολογική εξήγηση. Για την περίπτωση αυτή, οι στρατηγικές διόρθωσης που χρησιμοποιούνται είναι και πάλι η προσθήκη και η αφαίρεση θεραπειών. Προσθέτουν μια νέα θεραπεία αν μια θεραπεύσιμη κατάσταση προστεθεί στην αιτιολογική εξήγηση και αντίστοιχα, αφαιρούν μια θεραπεία αν η κατάσταση που συνδέεται με τη θεραπευτική αγωγή αφαιρεθεί από την αιτιολογική εξήγηση.

4.6.1.1.4 Αποθήκευση

Σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής του συστήματος CASEY, η νέα περίπτωση μαζί με τη λύση της αποθηκεύονται στη μνήμη του συστήματος για μελλοντική χρήση. Η αποθήκευση στη μνήμη γίνεται με τη χρήση δεικτών ως προς τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης που περιγράφουν τόσο την περίπτωση όσο και τη λύση της και που ουσιαστικά περιλαμβάνουν την αιτιολογική εξήγηση, τη διάγνωση και τη σύσταση θεραπευτικής αγωγής.

Το σύστημα μνήμης που χρησιμοποιεί το CASEY, δημιουργεί γενικεύσεις οι οποίες ομαδοποιούν τις περιπτώσεις ανάλογα με κάποια κοινά χαρακτηριστικά ώστε να γίνεται πιο εύκολη και πιο γρήγορη η πρόσβαση στη μνήμη. Οι γενικεύσεις γίνονται με την εύρεση των ομοιοτήτων μεταξύ της νέας και των ήδη αποθηκευμένων περιπτώσεων [19] και επιτρέπουν στο σύστημα να κάνει προβλέψεις για τους ασθενείς οι οποίοι μοιράζονται τα ίδια χαρακτηριστικά. Για την αποθήκευση γενικεύσεων χρησιμοποιούνται τρεις δομές:

➤ *FEATURE – GEN*

Για αυτή τη δομή, οι περιπτώσεις ανακτώνται και αποθηκεύονται με βάση τα χαρακτηριστικά που τις περιγράφουν. Η αποθήκευση γίνεται την ώρα που παρουσιάζεται η περίπτωση στο σύστημα

➤ *CAUSAL – GEN*

Για τη δομή αυτή, η ανάκτηση των περιπτώσεων γίνεται με βάση τις καταστάσεις που συνιστούν την απόδειξη για την επιλογή των εν λόγω περιπτώσεων. Η αποθήκευση γίνεται με βάση τα γενικευμένα αιτιολογικά χαρακτηριστικά, μετά τον καθορισμό της αιτιολογικής εξήγησης της περίπτωσης.

➤ *THERAPY – GEN*

Για αυτή τη δομή, η ανάκτηση και αποθήκευση των περιπτώσεων γίνεται με βάση τη σύσταση της θεραπευτικής αγωγής του ασθενή.

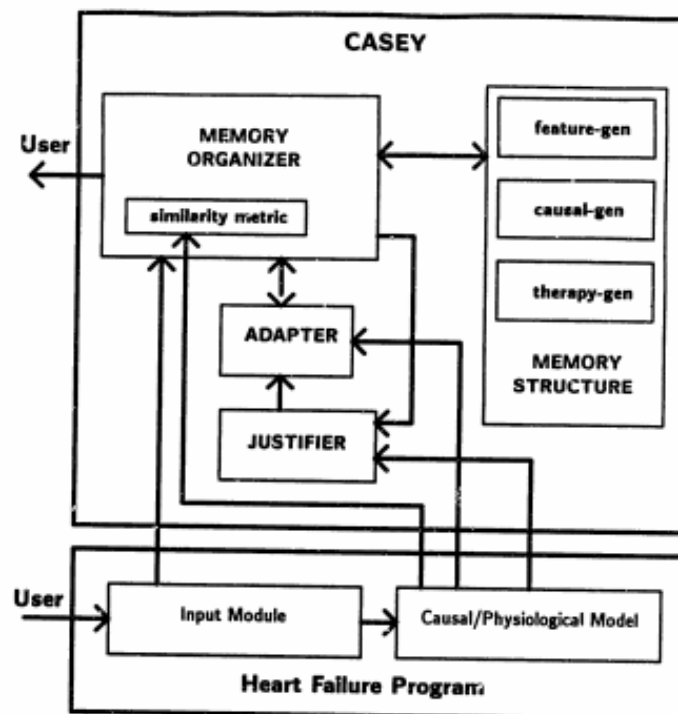
4.6.1.1.5 Αξιολόγηση χαρακτηριστικών

Το στάδιο αυτό, περιλαμβάνει την αποθήκευση στη μνήμη των σημαντικών χαρακτηριστικών των περιπτώσεων που συνέβαλαν στη λύση του προβλήματος, με τη μορφή ευρετηρίου. Επειδή, προφανώς, τα χαρακτηριστικά ενδεχομένως να είναι πολλά, το σύστημα αναθέτει βάρη σε κάθε χαρακτηριστικό διαχωρίζοντας με αυτό τον τρόπο τη χρησιμότητα που έχει το καθένα. Τα περισσότερο χρήσιμα χαρακτηριστικά, μπορούν να καθοριστούν με βάση την εμπειρία που θα αποκτήσει το σύστημα και έχουν μεγαλύτερα βάρη. Τα λιγότερο χρήσιμα χαρακτηριστικά απλά αγνοούνται. Ο μηχανισμός ευρετηρίασης δεν κοστίζει στο όλο σύστημα καθώς είναι απλός, ευρετηριάζει πάντα μια περίπτωση με βάση κάθε χαρακτηριστικό της και δεν είναι ανάγκη να αποφασίσει ποια από αυτά είναι σημαντικά ή προγνωστικά.

4.6.1.2 Υλοποίηση συστήματος

4.6.1.2.1 Δομή της μνήμης

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη υποενότητα, η δομή της μνήμης περιλαμβάνει και αλληλεπιδρά με τρεις άλλες δομές οργάνωσης που είναι οι FEATURE – GEN, CAUSAL – GEN και THERAPY – GEN. Στο Σχήμα 4-1 φαίνεται η δομή του συστήματος CASEY.



Σχήμα 4- 1: Δομή μνήμης CASEY [12]

Το CASEY, έχει σχεδιαστεί με βάση το μοντέλο Heart Failure το οποίο κάνει διαγνώσεις και προτείνει θεραπευτικές αγωγές για ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια. Παίρνει ως είσοδο, την είσοδο που παίρνει και το μοντέλο Heart Failure και στη συνέχεια την μετατρέπει στα δικά του δεδομένα προκειμένου να αρχίσει η διαδικασία της αναζήτησης στη βάση μνήμης. Το CASEY χρησιμοποιεί και την αναπαράσταση του μοντέλου Heart Failure για τις αιτιολογικές εξηγήσεις και είναι σε θέση να εμφανίσει αποτελέσματα μέσω των εφαρμογών του μοντέλου.

Το CASEY χρησιμοποιεί ένα σύστημα αυτοδιοργανώμενης μνήμης, η οποία καταγράφει και οργανώνει τις περιπτώσεις. Η δομή της μνήμης που χρησιμοποιεί το CASEY βασίζεται στη μνήμη που περιγράφει η Kolodner στο [19] και η οποία αναπαριστάται ως ένα δίκτυο στο οποίο κάθε κόμβος αναπαριστά είτε μια ατομική περίπτωση είτε μια δομή γενίκευσης. Δημιουργεί γενικεύσεις που ουσιαστικά αποτελούν δομές οι οποίες κρατούν τη γνώση που περιγράφεται από μια ομάδα όμοιων περιπτώσεων.

Μια γενίκευση, δημιουργείται από τις ομοιότητες των περιπτώσεων που οργανώνονται με βάση τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν τη μια περίπτωση από την άλλη. Επομένως, οι γενικεύσεις αποτελούν ομαδοποιήσεις των περιπτώσεων και όταν μια νέα περίπτωση ενσωματώνεται σε κάποια από αυτή, μοιράζεται τις διαφορές που έχει σε σχέση με τις άλλες περιπτώσεις που ανήκουν στη γενίκευση. Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι δυο περιπτώσεις είναι όμοιες αν ενσωματώνονται στην ίδια γενίκευση και μοιράζονται ένα σύνολο διαφορών με αυτή.

Ο σχεδιαστής του συστήματος καθορίζει πόσες περιπτώσεις θα ανήκουν σε κάθε γενίκευση οι οποίες συνήθως είναι δύο ή τρεις. Κάθε γενίκευση, περιέχει μια λίστα χαρακτηριστικών στην οποία αποθηκεύονται τα χαρακτηριστικά της περιγραφής τουλάχιστον των 2/3 των περιπτώσεων που ανήκουν στην γενίκευση. Κάθε στοιχείο της λίστας αυτής αποτελείται από μια τριάδα χαρακτηριστικών της μορφής όνομα χαρακτηριστικού – τιμή χαρακτηριστικού – αριθμός περιπτώσεων που ανήκουν στη γενίκευση αυτή και μοιράζονται αυτό το χαρακτηριστικό.

Εκτός από τη λίστα χαρακτηριστικών, η γενίκευση περιέχει ακόμα δύο λίστες: τη λίστα διαφορών και τη λίστα αιτιολογήσεων. Η πρώτη λίστα κρατά τους δείκτες που χρησιμοποιούνται για τη διαφοροποίηση μεταξύ των περιπτώσεων που ανήκουν στη γενίκευση και η δεύτερη λίστα κρατά μια λίστα καταστάσεων που είναι κοινές στην αιτιολογική εξήγηση όλων των ασθενών των οποίων οι περιπτώσεις ανήκουν στη γενίκευση αυτή. Επιπλέον, η γενίκευση καταγράφει τον αριθμό των περιπτώσεων που ανήκουν στη γενίκευση.

Το Σχήμα 4-2 δείχνει ένα παράδειγμα μιας γενίκευσης που περιλαμβάνει το χαρακτηριστικό της «συγκοπής» ή της «σχεδόν – συγκοπής» με 23 ασθενείς να παρουσιάζουν αυτό το χαρακτηριστικό. Παρουσιάζονται τα άλλα κοινά χαρακτηριστικά που έχουν οι ασθενείς και που είναι, μεταξύ άλλων, ο σθηθάγχης πόνος στο στήθος και η δύσπνοια.

GEN 888	NODES: 23
FEATURES	
(cardiomegaly lv)	
(apex-impulse sustained)	
(s2 single)	
(characteristic-murmur as)	
(pulse slow-rise)	
(chest-pain anginal)	
(dyspnea on-exertion)	
CAUSAL	
limited-cardiac-output	general-flow-deficit
exertional angina	fixed-high-outflow-resistance
slow-ejection	aortic-stenosis
DIFFS	
known diagnoses heart-rate auscultation ...	

Σχήμα 4- 2: Δομή Γενίκευσης [12]

4.6.1.2.2 Μηχανισμοί ευρετηρίασης

Οι μηχανισμοί ευρετηρίασης αποτελούν εκείνα τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης που θα επιλεγθούν και θα χρησιμεύσουν ως δείκτες στη δομή μνήμης για την εύκολη αναζήτηση των περιπτώσεων για μελλοντική χρήση. Κατά τη διαδικασία ανάκτησης παλιών και όμοιων περιπτώσεων, οι δείκτες που επιλέγονται καθορίζουν ποιες πτυχές της περίπτωσης θα χρησιμοποιηθούν για το ταίριασμα με τις περιπτώσεις της μνήμης. Το CASEY χρησιμοποιεί ως δείκτες όλα τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης και στην περίπτωση που κάποια από αυτά αποδειχτούν ότι δεν είναι χρήσιμα, τότε απλά δεν υπολογίζονται.

4.6.1.2.3 Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων

Για την αναπαράσταση των περιπτώσεων στο σύστημα χρησιμοποιείται μια δομή δεδομένων η οποία κρατά πληροφορίες σχετικά με κάθε ατομική περίπτωση που παρουσιάζεται στο σύστημα. Κάθε περίπτωση περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

1. Το όνομα του ασθενή
2. Ένα μοναδικό αριθμό που προσδιορίζει την περίπτωση
3. Ημερομηνία και ώρα που εισάχθηκε η περίπτωση στο σύστημα
4. Την περιγραφή του ασθενή, η οποία παρουσιάζεται ως μια λίστα με ζεύγη χαρακτηριστικών – τιμών
5. Την αιτιολογική εξήγηση που προκύπτει για τον εν λόγω ασθενή και η οποία αναπαριστάται ως μια λίστα από κόμβους και συνδέσεις
6. Τα γενικευμένα αιτιολογικά χαρακτηριστικά της περίπτωσης
7. Τη διάγνωση του ασθενή
8. Προτεινόμενες θεραπείες για τον ασθενή
9. Την πηγή της λύσης που δόθηκε δηλ. είτε το πρόγραμμα Heart Failure είτε κάποια άλλη περίπτωση.
10. Οποιαδήποτε άλλη πληροφορία υπάρχει διαθέσιμη για τον ασθενή

4.6.1.2.4 Μετρικές ομοιότητας του συστήματος

Για το σύστημα CASEY εφαρμόζονται δύο μετρικές ομοιότητας αν και συνήθως χρησιμοποιείται μόνο η μια. Η πρώτη μετρική χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό χρήσιμων μετρήσεων με αιτιολογική σπουδαιότητα και η δεύτερη μετρική χρησιμοποιεί γενικευμένα αιτιολογικά χαρακτηριστικά.

Για την εφαρμογή της πρώτης μετρικής υπάρχουν δύο παράμετροι οι οποίοι διατηρούν χρήσιμες πληροφορίες. Η πρώτη παράμετρος είναι ένας μετρητής, που ονομάζεται *μετρητής χρήσης*, και αυξάνεται κάθε φορά που εμφανίζεται κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στην περίπτωση. Η δεύτερη παράμετρος είναι και πάλι ένας μετρητής, που ονομάζεται *προτεραιότητα*, και αυξάνεται κάθε φορά που ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό χρησιμοποιείται στην αιτιολογική εξήγηση. Ο λόγος *προτεραιότητα / μετρητής χρήσης* καθορίζει τη σημαντικότητα που έχει η σειρά των δεικτών και αποτελεί το αποτέλεσμα αυτής της μετρικής όπου αναγνωρίζονται τα σημαντικά χαρακτηριστικά ενώ τα ψευδή χαρακτηριστικά αγνοούνται.

Η δεύτερη μετρική που χρησιμοποιείται, βασίζεται στα γενικευμένα αιτιολογικά χαρακτηριστικά και έχει αναλυθεί στο στάδιο της ανάκτησης καθώς καθορίζει το καλύτερο ταίριασμα της περίπτωσης με τις άλλες περιπτώσεις. Η μετρική αυτή αποδίδει υψηλές τιμές στις περιπτώσεις που είναι όμοιες και χαμηλές τιμές για τις ανόμοιες περιπτώσεις.

4.6.1.3 Αξιολόγηση συστήματος

Η απόδοση του συστήματος έχει αξιολογηθεί με βάση δύο παραμέτρους: την αποδοτικότητα και την ποιότητα της λύσης.

Η αποδοτικότητα έχει αξιολογηθεί με τη σύγκριση του αριθμού των καταστάσεων που εξετάστηκαν στο σύστημα CASEY σε σχέση με τον αριθμό των καταστάσεων που εξετάστηκαν στο πρόγραμμα Heart Failure. Ο αριθμός των καταστάσεων που εξετάστηκαν από το CASEY, υπολογίστηκε από το πλήθος όλων των καλεσμάτων που έγιναν στις διαδικασίες του Heart Failure για την πρόσβαση σε δομές δεδομένων που αναπαριστούν

καταστάσεις. Η σύγκριση αυτή έχει ως αποτέλεσμα ότι το CASEY εξετάζει λιγότερες καταστάσεις απ' ό,τι το πρόγραμμα Heart Failure. Ο Πίνακας 4-2 δείχνει μια σύγκριση αποδοτικότητας για πανομοιότυπα λυμένες περιπτώσεις.

Patient	HF states	CASEY states
Adam	7K	126
Andrea	600	15
Bertha	7K	836
David	76K	674
Edith	13K	649
Francis	30K	486
Heywood	1700	123
Jethro	43K	366
Kalman	13K	1034
Karl	25K	952
Larry	7K	578
Natalie	13K	13
Thadeus	65K	2
Uri	18K	1100

Πίνακας 4-2: Σύγκριση αποδοτικότητας [12]

Η ποιότητα των λύσεων του CASEY αξιολογείται από τη σύγκριση της εξόδου του με την έξοδο του προγράμματος Heart Failure για τον ίδιο ασθενή. Μια λύση χαρακτηρίζεται ως επιτυχής αν έχει πανομοιότυπη λύση με τη λύση του Heart Failure, ενώ ως ικανοποιητική χαρακτηρίζεται η λύση που είναι πανομοιότυπη με αυτή του Heart Failure εκτός από κάποια χαρακτηριστικά τα οποία το CASEY δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει και η πιθανότητα το CASEY να μην παράγει καμία λύση στις περιπτώσεις όπου δεν έχει συναντήσει κάποια παρόμοια περίπτωση.

4.6.1.4 Πλεονεκτήματα

Στην υποενότητα αυτή αναλύονται τα πλεονεκτήματα του συστήματος CASEY.

- Το CASEY είναι σε θέση να αναγνωρίσει πότε μια περίπτωση αποτελεί περίπτωση ρουτίνας ή όχι πράγμα το οποίο βελτιώνει την ταχύτητά του. Λύνει αποτελεσματικά τις περιπτώσεις ρουτίνας κάνοντας απλά μικρές και τοπικές αλλαγές στην

υπάρχουσα λύση και μπορεί να αναγνωρίσει ότι δεν γνωρίζει τον τρόπο επίλυσης ενός συγκεκριμένου προβλήματος.

- Η απόδοση του CASEY βελτιώνεται με βάση την εμπειρία που αποκτά. Μαθαίνει πώς να λύνει περισσότερα προβλήματα αποτελεσματικά, καθώς εισάγονται στο σύστημα περισσότερα προβλήματα για επίλυση και βελτιώνει τη γνώση του δίνοντας ορθές λύσεις.
- Το CASEY μπορεί αυτόματα να αποκτήσει νέα γνώση, κάνοντας γενικεύσεις στα προβλήματα που έχει ήδη επιλύσει. Αποκτά ακόμα, αυτόματα, νέα συσχετιζόμενη γνώση κάνοντας γενικεύσεις για κάθε νέα περίπτωση που εισάγεται στο σύστημα.
- Το συστατικό του CASEY που βασίζεται στη μέθοδο αιτιολόγησης με βάση το μοντέλο, ενισχύεται από την ικανότητα του συστατικού της μεθόδου που βασίζεται στις περιπτώσεις να μαθαίνει νέες συσχετίσεις και να συντάσσει λεπτομερείς δομές αιτιολόγησης σε απλές συσχετίσεις μεταξύ χαρακτηριστικών και λύσεων. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ταχύτητας του συστήματος αλλά και της ακρίβειας του συστήματος καθώς προστίθενται νέες πληροφορίες.
- Το CASEY εξοικονομεί χρόνο με την ενθύμηση της αιτιολογικής εξήγησης παρά με τη δημιουργία μιας καινούργιας.
- Το CASEY μαθαίνει να καθορίζει ποια από τα στοιχεία που έχουν ανακτηθεί είναι σημαντικά για τη λύση και ποια μπορούν απλά να αγνοηθούν.

4.6.1.5 Μειονεκτήματα

Παρακάτω θα αναλυθούν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει το σύστημα CASEY.

- Το CASEY δεν χρησιμοποιεί όλες τις ποσοτικές πληροφορίες ώστε να μπορεί να διακρίνει στατιστικά τις περισσότερες και τις λιγότερες όμοιες περιπτώσεις.

- Το CASEY τροποποιεί μια συγκεκριμένη λύση αντί να παράγει πολλές λύσεις και μετά να τις συγκρίνει επιλέγοντας την καλύτερη. Για το λόγο αυτό το σύστημα δυσκολεύεται να αξιολογήσει την πιθανότητα να είναι ορθή η λύση του σε σχέση με τις άλλες πιθανές λύσεις που παράχθηκαν από τα ίδια δεδομένα.
- Το CASEY μπορεί να κάνει προβλέψεις βασισμένο σε ένα πολύ μικρό αριθμό περιπτώσεων με αποτέλεσμα να υπάρχει κάποια αβεβαιότητα σχετικά με την αντίδρασή του σε ένα μεγάλο αριθμό περιπτώσεων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να τροποποιηθεί το σύστημα ώστε να υπάρχει ένας επιθυμητός μικρός αριθμός περιπτώσεων προτού γίνει οποιαδήποτε πρόβλεψη.

4.6.1.6 Μάθηση συστήματος

Αρχικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μάθηση του συστήματος στηρίζεται στην ενθύμηση περιπτώσεων που έχει ήδη επιλύσει μιας και με αυτό τον τρόπο το σύστημα βελτιώνει την ικανότητά του να αναγνωρίζει και να λύνει γρήγορα τα προβλήματα. Ωστόσο, αυτός ο τύπος μάθησης δεν είναι και τόσο αποδοτικός καθώς η γνώση που απαιτείται να έχει το σύστημα ανταποκρίνεται μόνο σε πανομοιότυπες περιπτώσεις. Για το λόγο αυτό, υπάρχει και ένας δεύτερος τύπος μάθησης ο οποίος στηρίζεται στη γενίκευση των περιπτώσεων που έχουν ήδη επιλυθεί από το σύστημα και επιτρέπει σε αυτό να λύσει και προβλήματα τα οποία δεν έχει ξαναδεί. Αυτός ο τύπος μάθησης αποτελείται από δύο τεχνικές που είναι η γενίκευση με βάση την ομοιότητα και η γενίκευση με βάση την αιτιολογία.

Στη μάθηση με βάση την ομοιότητα γίνεται η υπόθεση ότι αν μια νέα περίπτωση ταιριάζει με κάποια χαρακτηριστικά μιας γενίκευσης, τότε μπορούν να κρατηθούν και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της γενίκευσης. Ένα πρόγραμμα αποκτά νέα πληροφορία από τη σύγκριση του αριθμού των παραδειγμάτων και κάνει μια γενίκευση με βάση τις ομοιότητές τους. Το CASEY χρησιμοποιεί αυτό τον τύπο μάθησης όταν ομαδοποιεί τις περιπτώσεις με βάση κάποια μετρική ομοιότητας στα χαρακτηριστικά τους.

Στη μάθηση με βάση την αιτιολογία αναλύονται τα χαρακτηριστικά ενός ξεχωριστού παραδείγματος με τη χρήση γνώσης από το πεδίο του παραδείγματος. Το σύστημα εκτελεί

αυτή τη μάθηση με τον καθορισμό των γενικευμένων αιτιολογικών μεταβλητών από την αιτιολογική εξήγηση κάποιου ασθενή και την χρησιμοποιεί για να περιγράψει την κλάση των ασθενών.

Επομένως, η πρώτη τεχνική μάθησης βασίζεται στον καθορισμό σημαντικών χαρακτηριστικών από την περιγραφή και είναι σημαντική για τα πεδία χωρίς ισχυρό μοντέλο αιτιολόγησης, ενώ η δεύτερη τεχνική μάθησης βασίζεται στην αιτιολογία βασικών μοντέλων του πεδίου.

4.6.1.7 Απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα

Το CASEY έχει κάποιες απαιτήσεις σχετικές με την αιτιολόγηση, οι οποίες παραθέτονται στη συνέχεια.

- Ένα σύνολο από χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή κάποιου προβλήματος.
- Ένα σύνολο καταστάσεων που μπορούν να εξηγήσουν οποιεσδήποτε παρατηρήσεις αφορούν την περίπτωση.
- Συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά όπως λχ. ένα σύνολο από πιθανές τιμές για αυτά τα χαρακτηριστικά και ένα σύνολο από καταστάσεις που χρησιμοποιούν αυτό το χαρακτηριστικό ως αποδεικτικό στοιχείο.
- Συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τις καταστάσεις όπως λχ. ένα σύνολο από χαρακτηριστικά που αποτελούν απόδειξη για την εν λόγω κατάσταση, χαρακτηριστικά που αποκλείουν αυτή την κατάσταση, μια λίστα από καταστάσεις που αιτιολογούν αυτή την κατάσταση και μια λίστα από καταστάσεις τις οποίες αιτιολογεί αυτή η κατάσταση.

4.6.1.8 Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια αναφορά στο ρόλο που παίζει ο παράγοντας χρόνος στο σύστημα CASEY αλλά και στη σημαντικότητα που έχει ως προς την απόδοση και την ποιότητα των αποτελεσμάτων του συστήματος. Καθώς, ο σκοπός δημιουργίας του CASEY ήταν η διάγνωση καρδιακών προβλημάτων, ο χρόνος διάγνωσης της ασθένειας και σύστασης θεραπευτικής αγωγής είναι ιδιαίτερα σημαντικός και επιβάλλεται να είναι όσο πιο σύντομος γίνεται.

Όσο περισσότερες περιπτώσεις προσθέτονται στη βάση μνήμης και αυξάνουν το μέγεθός της, τόσο μεγαλώνει και η ανησυχία ότι θα αυξηθεί και ο χρόνος ανάκτησης των περιπτώσεων. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβεί αφού το σχήμα του CASEY είναι τέτοιο που δεν εξετάζει όλους τους κόμβους στη μνήμη αλλά ακολουθεί τα μονοπάτια που καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά σε κάθε περιγραφή ενός νέου ασθενή, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο πολύτιμο χρόνο. Συγκεκριμένα, ο χρόνος αναζήτησης του μονοπατιού είναι ανάλογος του βάθους του δέντρου αναζήτησης, το οποίο εξαρτάται από τον αριθμό των χαρακτηριστικών που υπάρχουν στην περιγραφή του ασθενή. Εδώ, το βάθος του δέντρου αναζήτησης δεν εξαρτάται από τον αριθμό των περιπτώσεων που είναι αποθηκευμένες στη βάση μνήμης.

Μέσω ενός πειράματος που έχει γίνει ώστε να καθοριστεί κατά πόσο αλλάζει ο χρόνος ανάκτησης των περιπτώσεων καθώς αυξάνεται ο αριθμός των περιπτώσεων στη μνήμη, έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ο χρόνος ανάκτησης παρέμενε σταθερός παρόλη τη συνεχή αύξηση των περιπτώσεων. (Πίνακας 4-3) Επομένως, αυτό που ενδεχομένως να επηρεάζει το χρόνο ανάκτησης είναι η φύση των περιπτώσεων που εισάγονται στο σύστημα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το σύστημα δημιουργεί γενικεύσεις με βάση τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν μια περίπτωση από μια άλλη. Η δημιουργία γενικεύσεων μειώνει το μέγεθος του δέντρου καθώς οι περιπτώσεις τοποθετούνται στη μνήμη σύμφωνα με μια δομή δεδομένων που υπάγεται στη γενίκευση και μόνο από τα χαρακτηριστικά που διαφέρουν από τα χαρακτηριστικά της γενίκευσης.

Άρα, αν το πρόγραμμα αποτελείται από χιλιάδες περιπτώσεις οι οποίες είναι πανομοιότυπες, τότε η βάση μνήμης θα περιέχει μόνο μια γενίκευση που έχει ως

χαρακτηριστικά της τα κοινά χαρακτηριστικά των περιπτώσεων. Ως εκ τούτου, κάθε νέα περίπτωση που θα εισάγεται και θα έχει κοινά χαρακτηριστικά με αυτά της γενίκευσης δεν χρειάζεται να φυλάγεται στη μνήμη αφού περιγράφεται ήδη από τη γενίκευση. Σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλ. το πρόγραμμα αποτελείται από χιλιάδες περιπτώσεις οι οποίες δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά, δημιουργούνται πολλές γενικεύσεις οι οποίες αναλύονται ξεχωριστά. Επομένως, και στη μια και στην άλλη περίπτωση, η μνήμη που χρησιμοποιείται είναι η ίδια όπως επίσης και ο χρόνος ανάκτησης.

	Number of cases in memory			
	10	20	30	44
feature-gen	7.06	7.00	7.40	7.58
causal-gen	.02	.11	.14	.09

Πίνακας 4-3: Αποτελέσματα πειράματος [12]

4.6.2 Σύστημα PROTOS

Το σύστημα PROTOS αναπτύχθηκε το 1989 από τους Bruce Porter και Ray Bareiss στο Πανεπιστήμιο του Τέξας, στο Austin. Το PROTOS σχεδιάστηκε ως ένα σύστημα κατηγοριοποίησης και απόκτησης γενικών γνώσεων για πεδία «αδύναμης θεωρίας» όπως είναι το πεδίο της ιατρικής [21]. Για το λόγο αυτό, και προκειμένου να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος, έχει εφαρμοστεί στην ακουσολογική διάγνωση. Έχει εκπαιδευτεί απευθείας από εμπειρογνώμονα ωτορινολαρυγγολόγο και μετά από ένα αριθμό εκπαιδύσεων, είναι ικανό να κατηγοριοποιήσει ακουσολογικές διαταραχές με την ίδια ακρίβεια που το κάνουν και οι ειδικοί στην κατηγορία αυτή.

Το PROTOS, χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία που βασίζεται στα πρότυπα για την αναπαράσταση της γνώσης και παράγει κατηγοριοποίηση υπό την καθοδήγηση κάποιου διδασκάλου. Όταν εισάγεται μια νέα περίπτωση, το σύστημα επιχειρεί να ανακαλέσει παλαιότερες περιπτώσεις, τις οποίες ονομάζει πρότυπα, και να εξηγήσει την ομοιότητά τους με τη νέα περίπτωση. Τα πρότυπα που βρίσκονται στη μνήμη, είναι ομαδοποιημένα σε κατηγορίες οι οποίες εξαρτώνται από τη διαφορετική σύνθεση των χαρακτηριστικών του κάθε προτύπου [2].

4.6.2.1 Κύκλος ζωής του συστήματος

Το σύστημα PROTOS, είναι ένα σύστημα βασιζόμενο σε περιπτώσεις το οποίο χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία της αιτιολόγησης με βάση κάποιο πρότυπο ώστε να εξάγει τα αποτελέσματά του. Όπως όλα τα συστήματα αυτού του είδους, έτσι και το PROTOS λειτουργεί με βάση ένα κύκλο ζωής ο οποίος αναλύεται στη συνέχεια [22].

4.6.2.1.1 Ανάκτηση

Στο στάδιο αυτό το σύστημα PROTOS βρίσκει τις περιπτώσεις που είναι όμοιες με τη νέα περίπτωση μέσα από τη βάση μνήμης και προσπαθεί να εξηγήσει την ομοιότητα που έχουν μεταξύ τους. Ο τρόπος με τον οποίο οργανώνονται τα πρότυπα μέσα στη μνήμη αλλά και οι δείκτες που τους αναθέτονται, συμβάλλουν στην ευκολότερη ανάκτηση του κατάλληλου προτύπου.

Αρχικά, εισάγεται στο σύστημα η νέα περίπτωση προκειμένου να κατηγοριοποιηθεί. Η διαδικασία αυτή γίνεται συνήθως από κάποιο διδάσκαλο ο οποίος αλληλεπιδρά με το σύστημα και του παρέχει χρήσιμη καθοδήγηση. Τα χαρακτηριστικά αυτής της περίπτωσης συγκρίνονται με τα χαρακτηριστικά που έχουν οι κατηγορίες των προτύπων ώστε να βρεθούν τα πιο όμοια πρότυπα και να χρησιμοποιηθούν για την κατηγοριοποίηση της νέας περίπτωσης.

Η συνεκτικότητα μιας κατηγορίας, απαιτεί ότι τα κοινά μέλη της γίνονται σαφή στην ερμηνεία της νέας περίπτωσης. Στο PROTOS, κάθε πρότυπο μιας κατηγορίας αναπαριστάται από τα χαρακτηριστικά και τις εξηγήσεις κάθε χαρακτηριστικού που είναι σχετικό με την κατηγορία. Το δίκτυο του γνωστικού πεδίου με ενσωματωμένα τα πρότυπα, ονομάζεται *δομή κατηγορίας*. Κάθε κόμβος της δομής κατηγορίας είναι είτε μια κατηγορία προτύπων είτε ένα αρχικό πεδίο.

Με την εισαγωγή της νέας περίπτωσης στο σύστημα, το πρώτο βήμα που γίνεται για την επεξεργασία της είναι η αποτελεσματική εύρεση ενός προτύπου που να ταιριάζει με την περίπτωση. Για το λόγο αυτό, υπάρχουν κάποιοι μηχανισμοί ευρετηρίασης τους οποίους

χρησιμοποιεί το PROTOS στην ανάκτηση προτύπων και οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενο υποκεφάλαιο.

4.6.2.1.2 Αιτιολόγηση

Σε αυτό το στάδιο το PROTOS αξιολογεί τη σημασία που έχουν οι διαφορές που βρέθηκαν μεταξύ της νέας περίπτωσης και των ανακτώμενων προτύπων. Η αξιολόγηση επιτυγχάνεται με την κατασκευή μιας εξήγησης σχετικά με την ισοδυναμία των δύο περιπτώσεων.

Κάθε πρότυπο στη δομή κατηγορίας αποτελεί ένα μοντέλο για την ερμηνεία των νέων περιπτώσεων. Ωστόσο, μόνο τα πρότυπα που είναι παρόμοια με την νέα περίπτωση είναι χρήσιμα. Αρχικά, χρησιμοποιούνται σύνδεσμοι στη δομή κατηγορίας από ένα χαρακτηριστικό σε ένα πρότυπο ή μια κατηγορία (που ονομάζονται υπενθυμίσεις και θα αναλυθούν στη συνέχεια), με σκοπό την ανάκτηση ενός προτύπου με βάση το αποτέλεσμα του ταιριάσματος. Όταν το ταιρίασμα είναι επιτυχές, τότε σημαίνει ότι υπάρχει ομοιότητα μεταξύ του νέου περιστατικού και κάποιου από τα πρότυπα. Η ομοιότητα προσδιορίζεται από το μονοπάτι που έχει ακολουθηθεί στη βάση γνώσης για την εύρεση του ταιριάσματος. Το μονοπάτι αυτό, αποτελεί τη διαδρομή που έχει ακολουθηθεί προς όλες τις κατηγορίες των προτύπων, μέχρι να βρεθούν όμοια χαρακτηριστικά με αυτά της νέας περίπτωσης.

Στη συνέχεια, μέσω αυτού του μονοπατιού, και με τη χρήση γνώσης στη δομή κατηγορίας, κατασκευάζεται η εξήγηση της ισότητας του προτύπου και της νέας περίπτωσης. Η εξήγηση, είναι μια αιτιολόγηση για την παρουσία των σημαντικών χαρακτηριστικών του προτύπου τα οποία βασίζονται στα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης. Το ερώτημα που γεννιέται στο σημείο αυτό είναι κατά πόσο χρονοβόρα και δαπανηρή είναι η διαδικασία εύρεσης αυτού του μονοπατιού.

Για το λόγο αυτό, το PROTOS καταμετρά το ποσό της προσπάθειας που δαπανήθηκε για τη δημιουργία του μονοπατιού μεταξύ της νέας περίπτωσης και του ανακτώμενου προτύπου. Η προσπάθεια αυτή καθορίζεται από πολλούς παράγοντες όπως ο συνδυασμός της ισχύς των υπενθυμίσεων από τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης σε αυτά του προτύπου, τα

πρωτότυπα του προτύπου και το βαθμό των απευθείας ταιριασμάτων μεταξύ της περίπτωσης και του προτύπου. Με λίγα λόγια, το μονοπάτι που ακολουθείται ώστε να καθοριστεί η ομοιότητα, σκοπό έχει να επιβεβαιώσει τις προσδοκίες ταιριάσματος της νέας περίπτωσης ενώ το ποσό της προσπάθειας που δαπανείται για τη διαδικασία αυτή είναι περιορισμένο και ως εκ τούτου δεν έχει υψηλό κόστος.

4.6.2.1.3 Προσαρμογή της λύσης

Ο κύριος στόχος του σταδίου αυτού είναι η προσαρμογή της λύσης, όπως έχει ανακτηθεί από το προηγούμενο στάδιο, ώστε να ταιριάζει με την νέα περίπτωση. Αν υπάρχει πλήρης ισοδυναμία μεταξύ των διαφορών των χαρακτηριστικών της νέας περίπτωσης με τα χαρακτηριστικά των κατηγοριών του συστήματος, τότε η νέα περίπτωση συγχωνεύεται με την κατηγορία και η λύση που θα δοθεί είναι αυτή που αντιστοιχεί στην εκάστοτε κατηγορία. Σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή τα χαρακτηριστικά παρουσιάζουν κάποιες σημαντικές διαφορές σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν την περίπτωση από τις κατηγορίες προτύπων, καθορίζεται σε ποια κατηγορία εμπίπτει η περίπτωση αυτή και αποθηκεύεται εκεί.

Ουσιαστικά η προσαρμογή της λύσης είναι απλά η διαδικασία με την οποία θα βρεθεί το μονοπάτι το οποίο θα οδηγήσει τη νέα περίπτωση στη σωστή κατηγορία προτύπων. Μετά η διαδικασία παραγωγής μιας ορθής κατηγοριοποίησης είναι απλά η ερμηνεία αυτής της κατηγορίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει περίπτωση να μην βρεθεί κάποιο παρόμοιο πρότυπο που να ταιριάζει με την νέα περίπτωση, καθώς το σύστημα αλληλεπιδρά, άμεσα, με τον διδάσκαλο ο οποίος το καθοδηγεί και του δίνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται ώστε να παράγει μια κατηγοριοποίηση.

4.6.2.1.4 Αποθήκευση

Για αυτό το στάδιο, στο σύστημα PROTOS λαμβάνεται η απόφαση της αποθήκευσης της νέας περίπτωσης στη μνήμη του συστήματος ή της συγχώνευσής της με κάποια άλλη περίπτωση. Η αποθήκευση γίνεται μέσω των δεικτών που αναθέτονται σε κάθε

χαρακτηριστικό της περίπτωσης έτσι ώστε να γίνεται πιο εύκολη και γρήγορη η αναζήτηση όμοιων τους από τη μνήμη για μελλοντικές περιπτώσεις.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και πιο πάνω, κάθε νέα περίπτωση που εισάγεται από το διδάσκαλο, ενσωματώνεται στη δομή κατηγορίας. Η ενσωμάτωση αυτή πιθανόν να περιλαμβάνει τη συγχώνευση της νέας περίπτωσης με ένα υπάρχον πρότυπο. Η συγχώνευση των περιπτώσεων γίνεται στην περίπτωση που το μονοπάτι, που θα καθορίσει την ομοιότητα, καθορίζει ότι τα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης με τα αντίστοιχα των προτύπων είναι όμοια και συμφωνήσει σε αυτό και ο διδάσκαλος. Οπότε, εφόσον δεν αντιμετωπίζει κάτι καινούργιο η βάση γνώσης δεν υπάρχει λόγος αποθήκευσης του περιστατικού αυτού. Ως αποτέλεσμα της συγχώνευσης, τα χαρακτηριστικά του προτύπου μπορούν να γενικευτούν. Η γενικότητα ενός προτύπου αυξάνεται ανάλογα με το ποσό του πεδίου γνώσης που ανήκει στη δομή κατηγορίας.

Το σύστημα μνήμης του PROTOS, δημιουργεί κατηγορίες οι οποίες ομαδοποιούν τα πρότυπα που βρίσκονται στη μνήμη με βάση τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες δημιουργούνται με την εύρεση των ομοιοτήτων μεταξύ της νέας περίπτωσης και των αποθηκευμένων προτύπων στη μνήμη και επιτρέπουν στο σύστημα να κατηγοριοποιεί, αξιολογεί και διαγιγνώσκει ακουσολογικές διαταραχές. Οι κατηγορίες αυτές αποθηκεύονται στη δομή κατηγορίας – όπως έχει οριστεί πιο πάνω – και με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο εύκολη η πρόσβαση στα πρότυπα της βάσης γνώσης.

4.6.2.1.5 Αξιολόγηση χαρακτηριστικών

Αφού ολοκληρωθούν τα πιο πάνω στάδια του κύκλου ζωής του PROTOS, σειρά έχει το στάδιο της αξιολόγησης των χαρακτηριστικών το οποίο περιλαμβάνει την αποθήκευση των σημαντικών χαρακτηριστικών των περιπτώσεων στη μνήμη τα οποία συνέβαλαν στη λύση του προβλήματος. Καθώς όμως, τα χαρακτηριστικά μπορεί να είναι πάρα πολλά, το σύστημα καθορίζει τη σημαντικότητα των χαρακτηριστικών με βάση τις εξηγήσεις που δίνονται στο κάθε ένα από αυτά.

Δηλαδή, όπως έχει αναφερθεί στην αρχή της λειτουργίας του PROTOS, όταν προστίθεται ένα νέο πρότυπο στη δομή κατηγορίας, το σύστημα αναμένει να είναι σε θέση να διατυπώσει μια εξήγηση ως προς τη συνάφεια που έχει κάθε ένα από τα χαρακτηριστικά του στην κατηγορία. Στην περίπτωση που το πεδίο γνώσης είναι ανεπαρκές για να μπορέσει να διατυπώσει αυτή την εξήγηση, το σύστημα ζητά μια εξήγηση ως προς το γιατί η παρουσία του χαρακτηριστικού αυξάνει την πιθανότητα της κατηγοριοποίησης να είναι σωστή.

Οι εξηγήσεις που αφορούν τα χαρακτηριστικά στις κατηγορίες, αναλύονται με ευρετικό τρόπο ώστε να συντάξουν τους συνδέσμους υπενθύμισης και να εκτιμήσουν τη σημαντικότητα των χαρακτηριστικών στα μέλη της κατηγορίας. Η εγκυρότητα των συνδέσμων υπενθύμισης και η σημαντικότητα των εκτιμήσεων ελέγχεται συνεχώς κατά τη διάρκεια της κατηγοριοποίησης. Όποτε εμφανιστεί μια λανθασμένη κατηγοριοποίηση, οι σχετικές υπενθυμίσεις και η σημαντικότητα επαναξιολογούνται σε σχέση με την τρέχουσα κατάσταση του πεδίου γνώσης του PROTOS.

4.6.2.2 Υλοποίηση συστήματος

4.6.2.2.1 Δομή της μνήμης – Αναπαράσταση Γνώσης

Το PROTOS χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία που βασίζεται στα πρότυπα για την αναπαράσταση της γνώσης και παράγει κατηγοριοποίηση υπό την καθοδήγηση κάποιου διδασκάλου. Όταν εισάγεται μια νέα κατάσταση, το σύστημα επιχειρεί να ανακαλέσει παλαιότερες περιπτώσεις και να εξηγήσει την ομοιότητά τους με τη νέα περίπτωση. Αν αποτύχει να το κάνει αυτό, τότε αλληλεπιδρά με τον διδάσκαλο ώστε να αποκτήσει ένα νέο πρότυπο, βελτιώνει τους δείκτες ευρετηρίασής του καθώς και επεκτείνει το γενικό πεδίο γνώσης.

Η δομή της μνήμης του συστήματος αλληλεπιδρά με τη δομή κατηγορίας η οποία χωρίζει τα πρότυπα σε κατηγορίες ανάλογα με κάποια κοινά χαρακτηριστικά που έχουν. Το PROTOS, είναι σε θέση να αντιληφθεί την πολυμορφία των κατηγοριών καθώς η αναπαράσταση είναι επεκτάσιμη. Με λίγα λόγια, μια κατηγορία αναπαριστάται από ένα

υποσύνολο των μελών του, τα οποία είναι τα πρότυπα και τα οποία επιλέγονται από το σύστημα ώστε να αναπαραστήσουν τη μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών που παρουσιάζονται σε όλο το φάσμα των μελών της κατηγορίας. Επομένως, η κατηγοριοποίηση με σύγκριση με ένα παρόμοιο πρότυπο είναι ευκολότερη από την αιτιολογική αφαίρεση από ένα γενικό πεδίο ορισμού.

Από την αναπαράσταση με βάση τα πρότυπα, προκύπτουν δύο ζητήματα τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια και είναι η αναπαράσταση της συνεκτικότητας των κατηγοριών και η αναπαράσταση πληροφοριών με ευρετηρίαση, πράγμα το οποίο διευκολύνει την κατηγοριοποίηση.

4.6.2.2.1.1 Συνοχή κατηγορίας

Μια συλλογή από πρότυπα δεν αναπαριστά, επαρκώς, τον σκοπό μιας κατηγορίας. Η συνοχή της κατηγορίας απαιτεί ότι τα κοινά μέλη της κατηγορίας είναι σαφή στην αναπαράσταση [32]. Ως εκ τούτου, μια κατηγορία στο PROTOS είναι κάτι περισσότερο από μια απλή συλλογή προτύπων η οποία περιγράφεται με χαρακτηριστικούς όρους. Κάθε χαρακτηριστικό ενός προτύπου, έχει ένα συναφές πεδίο γνώσης το οποίο ερμηνεύει τη σχετικότητά του στο μέλος της κατηγορίας.

Επιπλέον, η αναπαράσταση του PROTOS περιλαμβάνει ένα πεδίο γνώσης το οποίο συλλαμβάνει την ισοδυναμία των χαρακτηριστικών. Με τον όρο της ισοδυναμίας των χαρακτηριστικών εννοούμε ότι δυο χαρακτηριστικά παρέχουν ένα παρόμοιο τύπο απόδειξης για την κατηγοριοποίηση. Αυτού του είδους πεδίο γνώσης, συμβάλλει στη συνοχή κατηγορίας, επεξηγώντας τις ισοδυναμίες μεταξύ των χαρακτηριστικών των προτύπων της κατηγορίας.

4.6.2.2.1.2 Μηχανισμοί ευρετηρίασης

Κατά την επεξεργασία μιας περίπτωσης, το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι η αποτελεσματική εύρεση ενός προτύπου από τη βάση μνήμης που να ταιριάζει με τη νέα περίπτωση. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν τρεις μηχανισμοί ευρετηρίασης τους οποίους

χρησιμοποιεί το PROTOS για την ανάκτηση προτύπων. Στην ουσία, οι μηχανισμοί αυτοί αποτελούν δείκτες και αναπαριστούν τους διάφορους τρόπους τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιήσει το PROTOS ώστε να ανακτήσει ένα πρότυπο το οποίο στη συνέχεια θα συγκρίνει με τη νέα περίπτωση.

1. *Σύνδεσμοι υπενθύμισης*[33, 34]

Ο μηχανισμός αυτός, συνδέει χαρακτηριστικά με κατηγορίες ή ειδικότερα πρότυπα. Στηρίζεται στη συλλογή υποθέσεων από τα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης οι οποίες χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της κατηγοριοποίησης και περιορίζουν την αναζήτηση ενός προτύπου που να ταιριάζει με τη νέα περίπτωση. Κάθε υπόθεση ονομάζεται υπενθύμιση. Με την εισαγωγή στο σύστημα ενός νέου χαρακτηριστικού, και στην περίπτωση που υπάρχουν δύο υπενθυμίσεις για αυτό, τότε αυτές οι δύο υπενθυμίσεις συνδυάζονται με κάποιο ευρετικό τρόπο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και αρνητικοί σύνδεσμοι υπενθύμισης οι οποίοι ονομάζονται *ελεγκτές*. Οι ελεγκτές, είναι αρνητικές ενώσεις χαρακτηριστικών και κατηγοριών που θεωρήθηκαν ως αποδείξεις για μια συγκεκριμένη υπόθεση.

2. *Δείκτες προτύπων με πρωτότυπη κατηγοριοποίηση*

Ο δεύτερος μηχανισμός ευρετηρίασης στηρίζεται στα πρωτότυπα των προτύπων σε σχέση με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν. Καθορίζουν τα πρότυπα μιας κατηγορίας και παρέχουν μερική τάξη που βασίζεται στην *οικογενειακή ομοιότητα*. Η οικογενειακή ομοιότητα, είναι ο βαθμός στον οποίο τα χαρακτηριστικά της κατηγορίας επικαλύπτουν τα χαρακτηριστικά μιας άλλης κατηγορίας. [35] Τα πρότυπα μιας κατηγορίας που έχουν ψηλότερη οικογενειακή ομοιότητα, είναι περισσότερο πρωτότυπα και έτσι είναι πιο πιθανά να ταιριάζουν με νέες κατηγορίες προτύπων. Το PROTOS χρησιμοποιεί τα πρωτότυπα αυτά για να επιλέξει ένα πρότυπο από την κατηγορία, μέσα από το σύνολο των υποψήφιας κατηγοριοποιήσεων. Σε διαφορετική περίπτωση, ένα πρότυπο επιλέγεται από την κατηγορία που βασίζεται στα πρωτότυπα.

3. *Σύνδεσμοι διαφοράς*

Ο τρίτος μηχανισμός ευρετηρίασης βασίζεται στις διαφορές μεταξύ των ζευγών των «γειτονικών» προτύπων στη δομή κατηγορίας. [37] Ο μηχανισμός αυτός

χρησιμοποιείται στο σύστημα μετά την κατασκευή ενός ταιριάσματος με το ανακτώμενο πρότυπο και σημειώνει χαρακτηριστικά που δεν ταιριάζουν. Σημειώνει επίσης παραλήψεις που προκύπτουν κατά τη διάρκεια προηγούμενων λύσεων του προβλήματος και καταγράφει σημαντικές διαφορές χαρακτηριστικών μεταξύ των παραδειγμάτων οι οποίες μπορούν να προτείνουν εναλλακτικές κατηγοριοποιήσεις αλλά και καλύτερα πρότυπα για χρήση τους κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της κατηγοριοποίησης.

Το PROTOS προσπαθεί να βελτιώσει το ταίριασμα λαμβάνοντας υπόψη τους γείτονες του ανακτώμενου προτύπου. Οι διαφορές που προκύπτουν από το πρότυπο που έχει σημειωθεί ότι έχει ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά που δεν ταιριάζουν, μετατρέπονται ώστε να δημιουργήσουν ένα βελτιωμένο ταίριασμα.

4.6.2.2.2 Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων

Για την αναπαράσταση των περιπτώσεων στο σύστημα γίνεται χρήση μιας δομής δεδομένων η οποία αποθηκεύει πληροφορίες στο σύστημα σχετικά με κάθε νέα περίπτωση που παρουσιάζεται στο σύστημα. Συγκεκριμένα κάθε περίπτωση περιλαμβάνει τις πιο κάτω πληροφορίες:

1. Το όνομα του ασθενή
2. Τα συμπτώματα που παρουσιάζει ο ασθενής
3. Το ιστορικό του ασθενή
4. Αποτελέσματα εξετάσεων ρουτίνας στις οποίες έχει υποβληθεί ο ασθενής

Αυτή η αναπαράσταση των περιπτώσεων είναι η ίδια που χρησιμοποιείται και από τους κλινικούς με σκοπό να διαγνώσουν την ασθένεια. Επειδή η διάγνωση και η κατηγοριοποίηση ακουστικών διαταραχών αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο σύνολο από ευρετικά κατηγοριοποίησης, το PROTOS στοχεύει σε αυτό ακριβώς το αποτέλεσμα. Το

Σχήμα 4-3 δείχνει ένα παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο αναπαριστώνται τα χαρακτηριστικά μιας νέας περίπτωσης όταν αυτή εισαχθεί στο σύστημα.

<i>air(moderate)</i>	<i>ipsi-AR(absent)</i>
<i>bone(normal)</i>	<i>contra-AR(absent)</i>
<i>speech-intell(normal)</i>	<i>other-i-AR(normal)</i>
<i>tympr-pr(negative)</i>	<i>other-c-AR(absent)</i>
<i>tympr-peak(flat)</i>	

Σχήμα 4-3: Αναπαράσταση χαρακτηριστικών στο PROTOS [22]

4.6.2.2.3 Μετρικές ομοιότητας του συστήματος

Στην περίπτωση που το PROTOS δεν έχει καταλήξει σε οποιεσδήποτε υπενθυμίσεις κάποιου συγκεκριμένου προτύπου κάποιας κατηγορίας, τότε χρησιμοποιεί τον δεύτερο μηχανισμό ευρετηρίασης ώστε μέσα από το βαθμό που θα συγκεντρώσει το πρωτότυπο να επιλέξει το πρότυπο που βασίζεται στις προσδοκίες της ομοιότητας. Η ομοιότητα μεταξύ της νέας περίπτωσης και ενός προτύπου, μετριέται με τη βοήθεια μιας διαδικασίας αναζήτησης στη βάση η οποία, δημιουργεί εξηγήσεις για την ισοδυναμία μεταξύ των χαρακτηριστικών.

Η ομοιότητα είναι μια συνάρτηση που περιγράφει την ποιότητα των εξηγήσεων που αφορούν τη νέα περίπτωση και το πρότυπο. Οι εξηγήσεις με τη σειρά τους, εξαρτώνται από την ποιότητα της αλυσίδας συμπερασμού, που συσχετίζει τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης με τα χαρακτηριστικά του προτύπου, όπως επίσης και με τη σχετική σημασία των χαρακτηριστικών που δεν έχουν ταιριαστεί. Η συνάρτηση ομοιότητας του PROTOS είναι μια παραλλαγή του Μοντέλου Γενικού Πλαισίου όπως περιγράφεται από τους Medin και Schaffer στο [36].

Αν το ταίριασμα μεταξύ της νέας περίπτωσης και κάποιου προτύπου υπενθύμισης δεν περιλαμβάνει κάποια χαρακτηριστικά της περίπτωσης, το PROTOS επιχειρεί να βελτιώσει το ταίριασμα εξετάζοντας τους συνδέσμους διαφοράς που συνδέονται με το πρότυπο. Στη συνέχεια, οι σύνδεσμοι διαφοράς από το πρότυπο μετατοπίζονται μέσα στο μονοπάτι των κατηγοριών με στόχο τον εντοπισμό ενός περισσότερο όμοιου προτύπου.

Το PROTOS, δεν περιορίζεται στη σύγκριση μιας νέας περίπτωσης με μόνο το πιο πρωτότυπο πρότυπο μιας κατηγορίας, αλλά, η σημαντικότητα της υπενθύμισης που συνδυάζεται με την κατηγορία υποδεικνύει το βαθμό με τον οποίο η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση αξίζει να συνεχιστεί. Η σημαντικότητα της υπενθύμισης μπορεί να οδηγήσει το PROTOS στο να εξετάσει διάφορα πρότυπα σε αντίθεση με μια όχι και τόσο σημαντική υπενθύμιση η οποία μπορεί να οδηγήσει το σύστημα στην εξέταση μόνο ενός προτύπου πριν να το μετακινήσει σε μια άλλη κατηγορία. Όταν βρεθεί ένα ταίριασμα με επαρκή εξήγηση, τότε η απόδειξη για την κατηγοριοποίηση της νέας περίπτωσης παρουσιάζεται στο χρήστη.

4.6.2.3 Αξιολόγηση συστήματος

Η απόδοση του συστήματος έχει αξιολογηθεί με βάση δύο παραμέτρους: την ακρίβεια με την οποία κατηγοριοποιούνται οι νέες περιπτώσεις και την αποδοτικότητα με την οποία λύνεται το πρόβλημα.

Η ακρίβεια με την οποία κατηγοριοποιούνται οι νέες περιπτώσεις εκτιμάται με το πόσο η απόδοση του PROTOS υπερβαίνει την απόδοση κάποιου ειδικού ο οποίος αντιμετωπίζει παρόμοιες εμπειρίες. Δηλαδή, αν το PROTOS, μετά από τη διαδικασία της εκπαίδευσης καταφέρει να κατηγοριοποιήσει με ακρίβεια περισσότερες περιπτώσεις απ' ό,τι θα έκανε ένας τυπικός άνθρωπος αυτού του τομέα, τότε το σύστημα έχει επιτύχει το σκοπό του. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας ελέγχου της ακρίβειας του PROTOS φαίνονται στο Πίνακα 4-4 και από αυτά παρατηρείται ότι έχει κατηγοριοποιήσει σωστά τις περισσότερες από το 80% των νέων περιπτώσεων. Επιπλέον, παρατηρείται ότι αυτή η απόδοση δεν επηρεάζεται από τη συνεχή αύξηση του μεγέθους της δομής κατηγορίας.

TABLE 1
PROTOS' classification performance

Cases	First match correct (%)	Strongest match correct (%)
Training	58	82
Test	92	100

Πίνακας 4-4: Απόδοση PROTOS [22]

Η αποδοτικότητα με την οποία λύνεται το πρόβλημα από το σύστημα, μετριέται από το ποσό της προσπάθειας που δαπανήθηκε κατά τη διάρκεια της κατηγοριοποίησης. Στα αποτελέσματα της αξιολόγησης της αποδοτικότητας, υπήρξε μια σταδιακή αύξηση στο μέσο όρο των διαγνωστικών υποθέσεων που έγιναν και στον αριθμό των ταιριασμάτων που επιδιώχθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης του PROTOS όπως φαίνεται στο Πίνακα 4-4. Ο μέσος όρος των ταιριασμάτων ανά περίπτωση, των οποίων καθόρισε το σύστημα ως ισχυρά για την ανάκτηση των προτύπων, ήταν σταθερός τόσο κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης όσο και κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης του συστήματος.

4.6.2.4 Πλεονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα του συστήματος PROTOS.

- Το PROTOS μπορεί να αναγνωρίσει γρήγορα και αποτελεσματικά αν τα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης είναι παρόμοια με τα χαρακτηριστικά που ανήκουν σε κάποια κατηγορία ή όχι, συγχωνεύοντας τη νέα περίπτωση με τις άλλες ή προσθέτοντάς της στη βάση γνώσης, αντίστοιχα.
- Η απόδοση του PROTOS εξαρτάται από την ποιότητα των αποτελεσμάτων του σε σχέση με τα αποτελέσματα που θα έδινε ένας κλινικός επιστήμονας. Βελτιώνεται με βάση την εμπειρία που αποκτά και δεν επηρεάζεται από τη συνεχή αύξηση της δομής κατηγορίας.
- Το PROTOS αποκτά αυτόματα νέα γνώση μέσω των κατηγοριών στις οποίες χωρίζει τα πρότυπα. Με την εισαγωγή της νέας περίπτωσης στο σύστημα και με τη βοήθεια των μηχανισμών ευρετηρίασης που διαθέτει γίνεται αυτόματα η συσχέτιση της περίπτωσης με τη σωστή κατηγορία προτύπων.
- Οι σύνδεσμοι υπενθυμίσεων που χρησιμοποιεί το PROTOS βοηθούν στην εξαγωγή πιο σωστών αποτελεσμάτων καθώς πολλαπλές υπενθυμίσεις στην ίδια κατηγορία χρησιμοποιούνται για να αυξάνουν την αξιοπιστία του συστήματος.

- Το PROTOS βελτιώνει την ταχύτητα του συστήματος με την ενθύμηση των εξηγήσεων, όσον αφορά την ομοιότητα της νέας περίπτωσης με τα πρότυπα, παρά με τη δημιουργία μιας καινούργιας κάθε φορά που εισάγεται μια νέα περίπτωση.
- Το PROTOS εκπαιδεύεται με σκοπό να καθορίσει ποια από τα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης είναι σημαντικά για τη λύση, ποια θα πρέπει να συγχωνευθούν και ποια θα αποθηκευτούν στο σύστημα για μελλοντική χρήση.

4.6.2.5 Μειονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα μειονεκτήματα του συστήματος PROTOS.

- Το PROTOS δεν διαθέτει στρατηγικές για τη συγκέντρωση δεδομένων που θα αυξάνονται με ένα μετρητή κάθε φορά που θα εμφανίζονται στη βάση γνώσης ούτε οποιαδήποτε δεδομένα για κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων.
- Το PROTOS απαιτεί ότι όλα τα σημαντικά χαρακτηριστικά θα είναι μέρος της νέας περίπτωσης αγνοώντας άλλα χαρακτηριστικά που ανήκουν στα πρότυπα και παρόλα αυτά που μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην κατηγοριοποίηση της νέας περίπτωσης.

4.6.2.6 Μάθηση συστήματος

Η όλη λειτουργία του PROTOS, στηρίζεται στη μάθηση. Εκπαιδεύεται μέσα από την προσπάθειά του να κατηγοριοποιήσει περιπτώσεις υπό την καθοδήγηση κάποιου διδασκάλου. Ο διδάσκαλος εισάγει στο σύστημα μια νέα περίπτωση για κατηγοριοποίηση, και το σύστημα με τη σειρά του την κατηγοριοποιεί και στη συνέχεια να δίνει μια εξήγηση για αυτή την κατηγοριοποίηση. Στην περίπτωση που προκύπτει οποιοδήποτε λάθος τότε το σύστημα ζητά από το διδάσκαλο να το διορθώσει συμπληρώνοντας κάποια επιπρόσθετη γνώση.

Το κύριο συστατικό της γνώσης του PROTOS είναι η συλλογή των περιπτώσεων οι οποίες διατηρούνται ως πρότυπα στις κατηγορίες. Οικοδομεί τη βάση γνώσης του από την αποθήκευση των περιπτώσεων που παρουσιάζονται από τον διδάσκαλο και προσπαθεί να διατηρήσει, σε αυτή, μόνο τις περιπτώσεις που απαιτούνται για την αναπαράσταση και που παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα πρότυπα που βρίσκονται στις κατηγορίες. Ως εκ τούτου, μια νέα περίπτωση γίνεται πρότυπο μόνο όταν το PROTOS την κατηγοριοποιήσει ή όταν η ομοιότητά της, με ένα υπάρχον μέλος μιας κατηγορίας, δεν μπορεί να εξηγηθεί επαρκώς (γιατί π.χ. έχει σημαντικά μοναδικά χαρακτηριστικά).

4.6.2.7 Απαιτήσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα

Το PROTOS ακολουθεί κάποιες απαιτήσεις που έχουν να κάνουν με την κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων και οι οποίες αναλύονται πιο κάτω.

- Η πολυμορφία των κατηγοριών πρέπει να απευθύνεται τόσο στην αναπαράσταση της γνώσης όσο και στους αλγορίθμους μάθησης και επίλυσης προβλημάτων. Το PROTOS ικανοποιεί αυτή την απαίτηση με την εστίαση στη μάθηση και ευρετηρίαση των προτύπων σε κάθε κατηγορία.
- Για την κατηγοριοποίηση των νέων περιπτώσεων, το PROTOS πρέπει να εκπαιδευτεί και να εφαρμοστεί σε μοντέλα κατηγοριών. Η ταυτότητα των νέων περιπτώσεων είναι συχνά ασαφής εξαιτίας της πολυμορφίας και της ατέλειας ή του θορύβου που ενδέχεται να περιέχει η περιγραφή των περιπτώσεων. Τα μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιούνται με αποτελεσματικό τρόπο στην καθοδήγηση της ερμηνείας ατομικών περιπτώσεων [38, 39].
- Για την κατηγοριοποίηση των νέων περιπτώσεων, απαιτεί την αποτελεσματική γενίκευση των εξηγήσεων που θα δοθούν σχετικά με την αιτιολόγηση της κατηγοριοποίησης της περίπτωσης. Μια εξήγηση που συσχετίζει τη νέα περίπτωση με τη γενικευμένη έννοια, κατασκευάζεται συνήθως μέσω του συμπεράσματος ότι η γενική κατηγορία απαιτεί τη συγκεκριμένη περίπτωση [40, 41, 42].

Οι δύο τελευταίες απαιτήσεις ικανοποιούνται από το PROTOS καθώς το σύστημα χρησιμοποιεί εκπαιδευμένα πρότυπα αντί γενικές έννοιες. Ένα πρότυπο έχει τη δυνατότητα να παρέχει συγκεκριμένη καθοδήγηση στην ερμηνεία μιας ασαφής περίπτωσης και μπορεί να ταιριάξει με κάποιο άλλο, αποτελεσματικά, λόγω της εγγύτητάς του.

4.6.2.8 Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος

Σημαντικός παράγοντας στα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις και χρησιμοποιούνται στον τομέα της ιατρικής, είναι αυτός του χρόνου που κάνει το σύστημα ώστε να εξάγει μια λύση αλλά και της ποιότητας και αξιοπιστίας που θα έχει η λύση αυτή. Το σύστημα PROTOS, στόχο έχει να κατηγοριοποιήσει περιπτώσεις στον τομέα των ακουσολογικών διαταραχών, διαδικασία την οποία πρέπει να κάνει όσο το δυνατό γρηγορότερα.

Η βάση μνήμης από την οποία αποτελείται το PROTOS, περιέχει πρότυπα από παλαιότερες και ήδη κατηγοριοποιημένες περιπτώσεις τα οποία ομαδοποιούνται σε κατηγορίες ανάλογα με κάποια κοινά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούν τη δομή κατηγορίας του συστήματος. Με την εισαγωγή μιας νέας περίπτωσης, γίνεται ένας απλός έλεγχος της ομοιότητας των χαρακτηριστικών της περίπτωσης με αυτά των προτύπων και στην περίπτωση που υπάρχουν σημαντικές διαφορές ακολουθείται απλά το μονοπάτι που οδηγεί στην πιο κοντινή κατηγορία, δηλ. στην κατηγορία που συγκεντρώνει την περισσότερη ομοιότητα. Ως εκ τούτου, το σύστημα ακολουθώντας μόνο κάποια μονοπάτια, δεν καταναλώνεται στην αναζήτηση ολόκληρης της βάσης μνήμης κάτι που εξοικονομεί πολύτιμο χρόνο.

Μέσα από τη διαδικασία της εκπαίδευσης που έχει γίνει στο σύστημα, έχει αποδειχθεί ότι η απόδοσή του δεν επηρεάζεται από τη συνεχή αύξηση της δομής κατηγορίας. Αυτό συμβαίνει καθώς το σύστημα έχει την ικανότητα να βρίσκει ποιες περιπτώσεις έχουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά με κάποιο πρότυπο που βρίσκεται ήδη στη δομή κατηγορίας και να τις συγχωνεύει ή να αποθηκεύει τις περιπτώσεις των οποίων τα χαρακτηριστικά διαφέρουν, με αποτελεσματικό όμως τρόπο. Για την ακρίβεια, όσο

μεγαλύτερη είναι η δομή κατηγορίας, τόσο πιο αξιόπιστη είναι η κατηγοριοποίηση των περιπτώσεων.

4.6.3 Σύστημα CARE – PARTNER

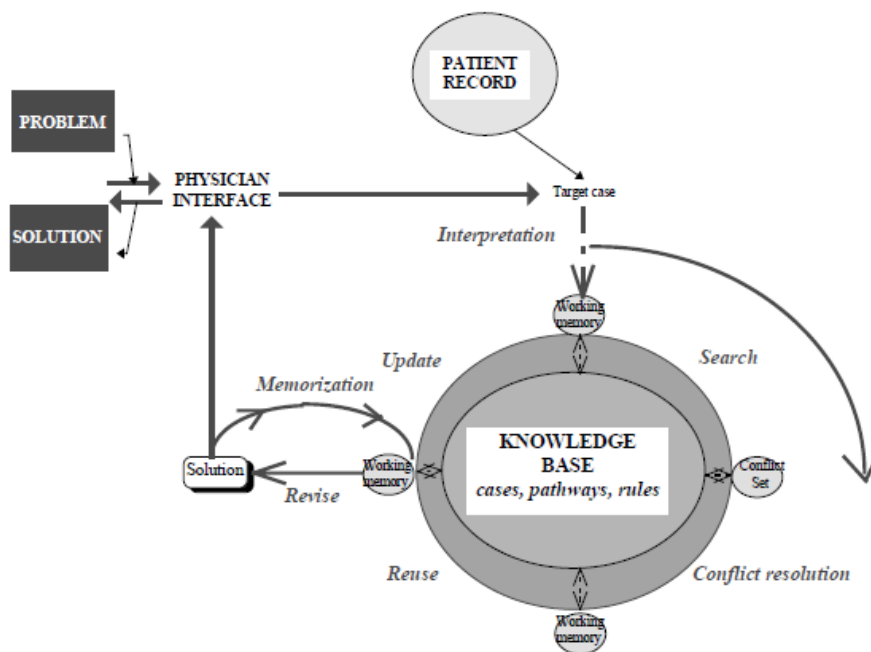
Το σύστημα CARE – PARTNER αναπτύχθηκε το 1998 από τους I. Bichindaritz, E. Kansu και K. M. Sullivan στο Πανεπιστήμιο της Washington [25]. Το CARE – PARTNER προσφέρει κλινική βοήθεια για τους ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και οι οποίοι βρίσκονται στο στάδιο της ανάρρωσης, μέσω του Διαδικτύου (WWW-World Wide Web). Στοχεύει στην υλοποίηση της ιατρικής πρακτικής που βασίζεται στις αποδείξεις (evidence – based medical practice), η οποία προτείνει μια ιατρική πρακτική που βασίζεται σε αποδεδειγμένη και επικυρωμένη γνώση.

Το CARE – PARTNER χρησιμοποιεί ένα πολυεπίπεδο πλαίσιο αιτιολόγησης που συμβάλλει στη συνεργασία της μεθόδου βασιζόμενης στις περιπτώσεις, της μεθόδου βασιζόμενης στους κανόνες και στην ανάκτηση πληροφοριών για την επίλυση προβλημάτων [26]. Ο ρόλος της μεθόδου που βασίζεται σε περιπτώσεις είναι ουσιαστικά η συλλογή αποδείξεων για την ιατρική πρακτική που βασίζεται στις αποδείξεις. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή, επιτρέπει τη βελτίωση και ολοκλήρωση της γνώσης στο σύστημα και το ενισχύει, αναθέτοντάς του την ικανότητα να μαθαίνει από την εμπειρία και ως εκ τούτου να βελτιώνει τα αποτελέσματά του με την πάροδο του χρόνου.

4.6.3.1 Κύκλος ζωής του συστήματος

Το CARE – PARTNER ως ένα κλασικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, είναι ένα ενεργό σύστημα γνώσης το οποίο χρησιμοποιεί δύο ή περισσότερα είδη από στοιχεία ασθενών για να γενικεύσει τις συμβουλές που θα δοθούν στους ασθενείς [27]. Το σύστημα αποτελείται από τρία κύρια συστατικά: τη βάση γνώσης, το ηλεκτρονικό αρχείο ασθενών και την αιτιολόγηση του συστήματος. Στο παρών υποκεφάλαιο θα αναλυθεί το τρίτο συστατικό.

Η αιτιολόγηση του συστήματος αποτελεί στην ουσία τον κύκλο ζωής του συστήματος ο οποίος φαίνεται στο *Σχήμα 4-4*.



Σχήμα 4-4: Κύκλος ζωής CARE-PARTNER [25]

Ο κύκλος ζωής του συστήματος αναπαριστάται με τη διαδοχή των βελών του Σχήματος 4 – 4 που ξεκινούν από το πρόβλημα που υποβάλλεται από το χρήστη (τετράγωνο PROBLEM) και καταλήγουν στη λύση που παρέχει το σύστημα (τετράγωνο SOLUTION). Δηλαδή, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η υποβολή του προβλήματος από το χρήστη στο σύστημα και η παροχή λύσεων από το σύστημα, τις οποίες ο χρήστης λαμβάνει ως συμβουλές. Τα βήματα του κύκλου ζωής στηρίζονται στην ανάλυση του Aamodt. A. Plaza [2].

4.6.3.1.1 Ερμηνεία

Δεδομένης της περιγραφής του προβλήματος ενός ασθενή στο Διαδίκτυο, το σύστημα κατασκευάζει, από την ερμηνεία, την αρχική κατάσταση που εκφράζεται στην γλώσσα αναπαράστασης της γνώσης από το σύστημα. Ο κύριος τύπος αιτιολόγησης που εφαρμόζεται εδώ, είναι αυτός της αφαιρετικότητας και συγκεκριμένα της χρονικής αφαιρετικότητας ώστε να δημιουργήσει τάσεις από δεδομένα σφραγισμένα στο χρόνο [28].

Ο κύριος σκοπός του σταδίου αυτού είναι η κατηγοριοποίηση του προβλήματος ως μια εργασία ανάκτησης πληροφοριών ή ως μια εργασία επίλυσης του προβλήματος του ασθενή ή ακόμα ως μια εντελώς καινούργια εργασία. Το σύστημα, ανάλογα με το τι επιθυμεί ο ασθενής εξάγει τα κατάλληλα αποτελέσματα.

Computerized Decision Support System - Contact

Print Search Messages Problems

Patient **LEWIS, David K.** Provider: **SMITH, John M., MD** Jan 14,98 08:05
(206) 557 2144 08/07/47 (50)

Date of Contact 08/14/90 Contact Mean Phone Contact Taken By Miller, Kate
Source Smith John M. MD
Phone (415)4664444 Fax (415)3789887

Reason for call Tapering CSA & PDN. Developed rash from feet to knees.
KPS/LPPS Score 80 % Weight 179 lb kg

CURRENT PROBLEMS

SIGNS/SYMPTOMS
Rash: extent = 'diffuse' itchy = 'yes' site = 'feet' to = 'knees'

MEDS/DOSE (others) PROCEDURES

CSP/FK506 150 CSP reduced from off PDN Supp CXR
PDN 0 U/S
PCN CT
TMP 2 x wk MRI
IMG
THALID

BIOPSIES:

LABORATORY
08/13/96 WBC 7.1 PLT 135 HGB 10.5 Neut 88% Lymph 10% Eos 0

PLAN

Submit

Σχήμα 4-5: Οθόνη επικοινωνίας ασθενή [25]

Το Σχήμα 4-5 δείχνει την οθόνη με την οποία επικοινωνεί ο ασθενής και στην οποία μπορεί να υποβάλει το πρόβλημά του στο CARE – PARTNER μέσω του Διαδικτύου. Οι αριθμητικές τιμές που εισάγει ο ασθενής μετατρέπονται σε ποιοτικές τιμές.

4.6.3.1.2 Ανάκτηση

Για το στάδιο της ανάκτησης μιας όμοιας περίπτωσης, το CARE – PARTNER βρίσκει τις περιπτώσεις μέσα από τη βάση μνήμης, που είναι όμοιες με την καινούργια περίπτωση και επιστρέφει ένα σύνολο που συμβάλλει στη λύση της περίπτωσης. Το σύνολο αυτό,

περιλαμβάνει τις ανακτώμενες περιπτώσεις, τα μονοπάτια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να βρεθούν αυτές οι περιπτώσεις αλλά και τους κανόνες που θα ενεργοποιηθούν στην περίπτωση που τελικά οι ανακτώμενες περιπτώσεις ταιριάζουν με τη νέα περίπτωση.

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα του προηγούμενου σταδίου, καθορίζεται η φύση της νέας περίπτωσης δηλ. αν αυτή αποτελεί εργασία ανάκτησης πληροφοριών, επίλυσης του προβλήματος ή ανεξάρτητη εργασία. Η διαδικασία αυτή γίνεται με σκοπό να γίνει πιο εύκολη η διαδικασία της ανάκτησης των όμοιων περιπτώσεων. Μετά από αυτό τον καθορισμό, ερευνάται παράλληλα η βάση γνώσης του συστήματος ώστε να βρεθούν οι κανόνες ισχύος, τα μονοπάτια και οι περιπτώσεις που θα συμβάλουν στη λύση του νέου προβλήματος.

Οι σχετικές μεθοδολογίες αναζήτησης που αποτελούν το ταίριασμα του μονοπατιού και τη μέθοδο ανάκτησης που χρησιμοποιούν τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται παράλληλα. Το αποτέλεσμα αυτής της αναζήτησης είναι ένα σύνολο συγκρούσεων το οποίο περιέχει τις περιπτώσεις, τα μονοπάτια και τους κανόνες που θα καθορίσουν τη λύση του προβλήματος. Έστω CS είναι αυτό το σύνολο συγκρούσεων όπου:

$$CS = \{c_i, r_j, p_k\}$$

c_i – οι περιπτώσεις

r_j – οι κανόνες και

p_k – τα μονοπάτια

Όταν αυτή η διάγνωση επικυρωθεί, τότε ενεργοποιούνται οι κανόνες.

4.6.3.1.3 Επαναχρησιμοποίηση

Το αποτέλεσμα που θα δώσει το στάδιο της ανάκτησης είναι ένα σύνολο συγκρούσεων το οποίο αποτελείται από τρεις λίστες – οντότητες με τις πιο όμοιες περιπτώσεις, τους κανόνες και τα μονοπάτια που βρίσκονται στη βάση γνώσης. Επομένως το σύστημα, θα δώσει προτεραιότητα στην επαναχρησιμοποίηση αυτών των στοιχείων .

Τα πρώτα κριτήρια για την επιλογή της οντότητας που θα επαναχρησιμοποιηθεί είναι ο αριθμός των στοιχείων που ταιριάζουν με τα νέα στοιχεία, μέσα από την περιγραφή του προβλήματος. Τα στοιχεία των οντοτήτων, κατατάσσονται σε φθίνουσα σειρά ως προς τον αριθμό των στοιχείων της περιγραφής του προβλήματος που ταιριάζουν με τα αντίστοιχα στοιχεία της νέας περίπτωσης προς επίλυση. Η κατάταξη αυτή γίνεται με τη σύγκριση όλων των κανόνων που βρίσκονται στο σύνολο CS που δημιουργήθηκε κατά το στάδιο της ανάκτησης, τη σύγκριση όλων των μονοπατιών που βρίσκονται στο σύνολο αυτό και τη σύγκριση κάθε περίπτωσης ξεχωριστά. Ο τελικός αριθμός των στοιχείων που ταιριάζουν με τη νέα περίπτωση δίνεται με βάση κάποια σειρά προτεραιότητας μεταξύ των τριών οντοτήτων, που είναι πρώτα οι κανόνες, μετά τα μονοπάτια και τέλος η πιο όμοια περίπτωση.

Στην περίπτωση που η οντότητα που θα επιλεγεί είναι ένας κανόνας τότε, ενεργοποιείται. Στην περίπτωση που είναι μια περίπτωση τότε προσαρμόζεται ανάλογα με τα νέα δεδομένα ενώ στην περίπτωση που είναι ένα μονοπάτι τότε απλά συμπληρώνεται. Τα στοιχεία που θα συμπληρώσουν τη βάση γνώσης μπορούν είτε να οδηγήσουν σε μια προτεινόμενη λύση για το νέο πρόβλημα είτε σε μια γενίκευση των νέων στοιχείων της περιγραφής του προβλήματος.

4.6.3.1.4 Προσαρμογή της λύσης

Κύρια λειτουργία του σταδίου αυτού είναι η προσαρμογή της λύσης που θα δοθεί από το πιο πάνω στάδιο, ώστε να ταιριάζει με την καινούργια περίπτωση. Η λύση που θα δοθεί από το στάδιο της ανάκτησης, και που αντιστοιχεί στη γενίκευση των νέων χαρακτηριστικών, προσαρμόζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του νέου προβλήματος.

Τα στοιχεία της αναπαράστασης της γνώσης που χρησιμοποιούνται από την ενεργοποίηση ενός κανόνα, σημειώνονται ως χρησιμοποιημένα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αργότερα. Τα λυμένα προβλήματα αφαιρούνται από την περιγραφή του προβλήματος. Αν μια λύση για το πρόβλημα, απαντήσει όλα τα προβλήματα στη λίστα, τότε σταματά η

διαδικασία και προτείνεται αυτή η λύση στο χρήστη. Σε διαφορετική περίπτωση, ο κύκλος ζωής του συστήματος επαναρχίζει από το στάδιο της ανάκτησης.

4.6.3.1.5 Αποθήκευση

Σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής του συστήματος CARE – PARTNER, θα πρέπει να παρθεί η απόφαση κατά πόσο η νέα περίπτωση και η λύση της θα αποθηκευτούν στη μνήμη του συστήματος ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν στο μέλλον. Η αποθήκευση στη μνήμη γίνεται με τη χρήση συνδέσεων που υπάρχουν στη μνήμη και ενώνουν τις περιπτώσεις.

Προφανώς, όταν η φύση της νέας περίπτωσης είναι η απλή ανάκτηση πληροφοριών τότε δεν υπάρχει λόγος να αποθηκευτεί στη μνήμη του συστήματος καθώς δεν προσφέρει κάτι χρήσιμο στο σύστημα. Στην περίπτωση που η φύση της νέας περίπτωσης είναι η επίλυση του προβλήματος, τότε η περίπτωση, και η λύση της, αποθηκεύονται στο σύστημα για πιθανή επαναχρησιμοποίηση τους για μελλοντικές περιπτώσεις. Όταν η λύση του προβλήματος ολοκληρωθεί, τότε το πρόβλημα αποθηκεύεται στη μνήμη.

4.6.3.2 Υλοποίηση συστήματος

4.6.3.2.1 Δομή της μνήμης

Το CARE – PARTNER συνδυάζει τη μεθοδολογία που βασίζεται στα παραδείγματα με τη μεθοδολογία που βασίζεται στους κανόνες ώστε να παράγει βοήθεια στα άτομα που αναρρώνουν μετά από τη μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και που αντιμετωπίζουν προβλήματα. Με την εισαγωγή στο σύστημα ενός νέου προβλήματος μέσω του Διαδικτύου, το σύστημα ανατρέχει στη βάση μνήμης με σκοπό να βρει παρόμοιες περιπτώσεις, μονοπάτια ή κανόνες που μπορούν να βοηθήσουν στη λύση του προβλήματος.

Η βάση γνώσης του συστήματος αποτελείται από ένα δίκτυο από οντότητες οι οποίες πιθανόν να είναι κλινικές κατευθυντήριες γραμμές, πρωτόκολλα, μονοπάτια και περιπτώσεις που καταλήγουν σε ένα πολυεπίπεδο πλαίσιο αιτιολόγησης. Οι οντότητες

αυτές αναπαριστώνται ως κόμβοι στο δίκτυο που ενώνονται με συνδέσμους ή σχέσεις. Οι συνδέσεις ορίζονται σύμφωνα με το σύστημα UMLS – Unified Medical Language System όπως περιγράφονται στο [29] και προβάλλουν μια οντολογία για το πεδίο της ιατρικής γενικά.

Τα στοιχεία της γλώσσας αναπαράστασης του συστήματος είναι αυτά του σημασιολογικού δικτύου ως ακολούθως:

➤ *Οντολογία πεδίου*

Η οντολογία πεδίου είναι ένα σύνολο από σύμβολα κλάσεων, έστω C όπου C_i και C_j υποδηλώνουν στοιχεία του C , αλλά και ένα σύνολο από σύμβολα σχέσεων R όπου R_i και R_j υποδηλώνουν στοιχεία του R . Οι κλάσεις είναι οργανωμένες σε μια πολυιεραρχία κλάσεων και διάφορες κύριες κατηγορίες μπορούν να περιγραφούν ως συναρτήσεις, ασθένειες, μορφολογίες ή τοπογραφίες. Επιπλέον, πολλές κλάσεις μπορούν να περιγραφούν ως έννοιες γεγονότων, χρόνου και καταστάσεων [31].

➤ *Ατομικά σύμβολα*

Ένα σύνολο από ατομικά σύμβολα ή τα παραδείγματα, έστω I όπου I_i και I_j υποδηλώνουν στοιχεία του I . Από αυτά τα στοιχεία κάποια αναφέρονται ως παραδείγματα των κλάσεων, κάποια ως αριθμοί, ημερομηνίες και άλλες τιμές. Τα παραδείγματα μιας κλάσης C_i σημειώνεται ως a_{C_i} .

➤ *Σύμβολα διαχειριστή*

Ένα σύνολο από σύμβολα διαχειριστή, έστω O , επιτρέπει το σχηματισμό λογικών εκφράσεων που αποτελούνται από κλάσεις, παραδείγματα και άλλες τιμές και σχέσεις. Τα μονοπάτια, οι κατευθυντήριες γραμμές και οι περιπτώσεις εκφράζονται με αυτό τον τρόπο. Τέτοια σύνθεση επιτρέπει την αναπαράσταση πολύπλοκων οντοτήτων σε μια μορφή δομής. Ένα σύνολο από σύμβολα περιέχει τα: \wedge (AND) , \vee (OR) , \neg (NOT) , ATLEAST n , ATMOST n , EXACTLY n , \geq , \leq , $<$, $>$, $=$

Σε αυτή τη γλώσσα αναπαράστασης, τα χαρακτηριστικά μιας κλάσης αναπαριστώνται μέσω των σχέσεων. Μια δυαδική σχέση, τα επιχειρήματα της οποίας είναι ένα παράδειγμα και μια τιμή, εννοούν ότι ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό της κλάσης έχει ή θα πάρει μια

συγκεκριμένη τιμή. Οι κατευθυντήριες γραμμές και τα μονοπάτια εκφράζονται ως κανόνες της μορφής <κατάσταση, πράξη> και οι περιπτώσεις εκφράζονται ως <κατάσταση προβλήματος, λύση> όπου η κατάσταση και η κατάσταση προβλήματος έχουν την ίδια αναπαράσταση και η πράξη με τη λύση έχουν επίσης την ίδια κατάσταση.

Παρότι η γλώσσα αναπαράστασης είναι η ίδια για όλες τις οντότητες, οι κατηγορίες γνώσης που χρησιμοποιούνται για τα προβλήματα και για τη λύση τους, είναι κάπως διαφορετικές. Σε ένα ιατρικό πεδίο όπως είναι αυτό που μελετά το σύστημα CARE – PARTNER, τα στοιχεία της κατάστασης του προβλήματος είναι περισσότερο παραδείγματα της ιεραρχίας συνάρτησης, κάτι που εξαρτάται από την εργασία που έχει να εκτελεστεί κάθε φορά.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες κλινικών κατευθυντήριων γραμμών: οι κατευθυντήριες γραμμές διάγνωσης και οι κατευθυντήριες γραμμές θεραπείας. Οι κατευθυντήριες γραμμές ορίζονται από τη δεδομένη βασική γλώσσα στην οποία θα δοθεί το πρόβλημα και η οποία θα καθοριστεί από τα ιδρύματα FHCRC ή/και LTFU. Η αντιγραφή τους σε μια δομή βολική για το σύστημα εκτελείται από τα μέλη της ομάδας. Τα μονοπάτια, έχουν οριστεί κατευθείαν στην γλώσσα αναπαράστασης της γνώσης του συστήματος από τους ειδικούς της LTFU μέσω της διαδικασίας απόκτησης γνώσης που αναπτύσσεται σε αυτό το σύστημα. Οι περιπτώσεις των ασθενών έχουν αντιγραφεί, από τους εμπειρογνώμονες της ομάδας, από τα αρχεία των ασθενών και τις εγγραφές της βάσης δεδομένων σε μια μορφή κατάλληλη για το σύστημα. Επιπλέον, για όλες τις οντότητες εκτός από την επίσημη αναπαράστασή τους παρέχεται και μια περιγραφή υπό μορφή κειμένου.

4.6.3.2.2 Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων

Η αναπαράσταση των περιπτώσεων στο σύστημα χρησιμοποιεί μια δομή δεδομένων με την οποία αποθηκεύει τις πληροφορίες που εισάγει ο χρήστης στο σύστημα. Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα κρατά ήδη τις προσωπικές πληροφορίες των ασθενών καθώς αυτοί είναι γνωστοί για το σύστημα. Είναι οι ασθενείς που αναρρώνουν μετά από μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και οι κλινικοί ιατροί γνωρίζουν τις περιπτώσεις και ιδιαιτερότητές τους. Κάθε νέα περίπτωση, εκτός από τα προσωπικά στοιχεία των ασθενών

που προβάλλονται αυτόματα στη φόρμα διεπαφής, περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες οι οποίες φαίνονται και στο Σχήμα 4 –6:

1. Την ημερομηνία επικοινωνίας του ασθενή με κάποιο κλινικό ιατρό
2. Τον τρόπο με τον οποίο έγινε αυτή η επικοινωνία π.χ. μέσω τηλεφώνου
3. Το όνομα του προσώπου με το οποίο επικοινωνήσε ο ασθενής
4. Ο λόγος για τον οποίο χρειάστηκε να επικοινωνήσει ο ασθενής με τους κλινικούς ιατρούς
5. Τα τρέχοντα προβλήματα που αντιμετωπίζει
6. Τα συμπτώματα που παρουσιάζει
7. Κάποιες αριθμητικές τιμές που καθορίζουν την ποσότητα της φαρμακευτικής αγωγής που λαμβάνει ο ασθενής

Σχήμα 4-6: Οθόνη εισαγωγής δεδομένων [26]

Μέσω αυτής της φόρμας, οι κλινικοί ιατροί είναι σε θέση να αναλύσουν τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κάθε ασθενής και να προτείνουν λύση σε αυτά.

4.6.3.2.3 Μετρικές ομοιότητας του συστήματος

Ο χρήστης ο οποίος θα καταχωρήσει στη διαδικτυακή διεπιφάνεια τα στοιχεία του σχετικά με το νέο πρόβλημα που αντιμετωπίζει, θα δώσει και αρκετές αριθμητικές τιμές οι οποίες ωστόσο θα μετατραπούν σε ποιοτικές ώστε να μπορούν να αντιστοιχηθούν με τις άλλες τιμές που είναι ήδη καταχωρημένες στο σύστημα. Μετά από αυτή τη μετατροπή, το σύστημα χρησιμοποιεί, ως μετρική ομοιότητας, ένα μετρητή ο οποίος μετρά τον αριθμό των στοιχείων που ταιριάζουν με τα νέα στοιχεία της καινούργιας περίπτωσης. Με βάση αυτό το μετρητή κατατάσσει τα στοιχεία σε φθίνουσα σειρά σε ένα σύνολο και ξεκινά μια σύγκριση ως προς τους κανόνες και τα μονοπάτια που βρίσκονται στο σύνολο αυτό.

4.6.3.3 Αξιολόγηση συστήματος

Η απόδοση του συστήματος έχει αξιολογηθεί κυρίως με βάση θέματα ασφαλείας τα οποία πληροί το σύστημα. Το CARE – PARTNER δίνει έμφαση στη σημαντικότητα της διαφοροποίησης μεταξύ αξιοπιστίας και ασφάλειας και κάνει σαφές τον τρόπο με τον οποίο εξασφαλίζεται η ασφάλεια του συστήματος μέσα από τα βήματα της μεθοδολογίας που βασίζεται στις περιπτώσεις.

Στο Πίνακα 4-5 φαίνεται η απόδοση του συστήματος σε σχέση με τα αποτελέσματα που δίνει κάποιος ειδικός για τα τρία κριτήρια που φαίνονται (Fails to meet standards/Adequate/Meets all standards). Παρατηρείται λοιπόν ότι οι συμβουλές που προτείνονται από το σύστημα καλύπτουν τις περισσότερες εργασίες των ειδικών όπως είναι η ερμηνεία διαδικασιών και εργαστηριακών αποτελεσμάτων, η διάγνωση, η θεραπεία και τα μονοπάτια ανάκτησης πληροφοριών.

	Applicable Cases			Concordant Cases			
	Number	Percent Agreement Rating	Kappa coefficient of agreement	Number	Fails to meet standards	Adequate	Meets all standards
Labs	57	94.7	.71	54	3.7%	3.7%	92.6%
Procedures	70	95.7	.83	67	8.9%	3.0%	88.1%
Diagnosis	79	86.1	.74	68	16.2%	13.2%	70.6%
Treatment	77	92.2	.81	71	9.9%	11.3%	78.8%
Pathways	53	88.6	.71	47	8.5%	8.5%	83.0%
Overall Appreciation	178	91.6	.77	163	5.5%	12.3%	82.2%

Πίνακας 4-5: Απόδοση CARE-PARTNER [26]

Ο Πίνακας 4 -6 δείχνει τη μέτρηση της προόδου του συστήματος ως προς την απόδοσή του στις νέες περιπτώσεις που θα προκύψουν. Συγκεκριμένα, αξιολογούνται οι περιπτώσεις τριών νέων ασθενών και παρατηρείται ότι η απόδοση του συστήματος έχει βελτιωθεί

σημαντικά μεταξύ των ασθενών 1 και 3 με το ποσοστό των ικανοποιητικών αποτελεσμάτων να φτάνει το 98,6%.

	Patient	Fails to meet standards	Adequate	Meets all standards
Labs	1	14.3%	14.3%	71.4%
	2	0.0%	0.0%	100.0%
	3	0.0%	0.0%	100.0%
Procedures		35.7%	7.1%	57.1%
	2	5.6%	0.0%	94.4%
	3	0.0%	2.9%	97.1%
Diagnosis	1	30.0%	25.0%	45.0%
	2	12.5%	12.5%	75.0%
	3	8.3%	4.2%	87.5%
Pathways	1	10.5%	0.0%	89.5%
	2	6.7%	6.7%	86.7%
	3	7.7%	23.1%	69.2%
Overall Appreciation	1	6.4%	27.7%	66.0%
	2	11.1%	2.2%	86.7%
	3	1.4%	8.5%	90.1%

Πίνακας 4-6: Απόδοση CARE-PARTNER ως προς το χρόνο [26]

Το ποσοστό αυτό δείχνει ότι η βάση γνώσης του CARE – PARTNER έχει φτάσει σε ένα στάδιο πληρότητας ενώ η ικανότητα μάθησης του συστήματος επιτρέπει τη βάση γνώσης να εξελίσσεται και να ανανεώνεται συνεχώς. Επιπλέον, η χρήση του συστήματος στην κλινική πρακτική δεν θα ήταν δυνατή χωρίς ένα ποσοστό τουλάχιστον 100% επαρκών αποτελεσμάτων σε μια πολύ μεγαλύτερη βάση γνώσης. Αυτός, είναι ένας εφικτός στόχος για ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό περιπτώσεων, ωστόσο δεν διαβεβαιώνει ότι το σύστημα θα είναι ασφαλές. Ακόμα και αν το ποσοστό σφάλματος του συστήματος είναι πολύ μικρό, δεν είναι ανεκτό σε ένα σύστημα κλινικής πρακτικής όπως είναι το CARE – PARTNER.

Επομένως, η παροχή συμβουλών υποστήριξης αποφάσεων και ιδιαίτερα στον ιατρικό τομέα γίνεται πάντοτε με ρίσκο. Έτσι και το CARE – PARTNER αποτελεί ένα σύστημα στο οποίο η κρισιμότητα της ασφάλειας παίζει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο μιας και οι ιατρικές συμβουλές που παρέχει μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του ασθενή. Για το λόγο αυτό, το σύστημα εφαρμόζει ένα ασφαλιστικό σχέδιο με το οποίο εμποδίζει τα λάθη που μπορεί να προκύψουν και το οποίο αναλύεται στη συνέχεια.

4.6.3.4 Διόρθωση συστήματος – Ασφαλιστικό σχέδιο

Ο κύριος σκοπός του CARE – PARTNER είναι η παροχή συμβουλευτικής βοήθειας σε ασθενείς που αναρρώνουν στο σπίτι τους μετά από μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων, αλλά και η διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των ειδικών του LTFU και των ασθενών. Επειδή μια τέτοια μεταμόσχευση έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός νέου ανοσοποιητικού συστήματος των ασθενών, είναι ιδιαίτερα σημαντική η επικοινωνία του ασθενή με τους ειδικούς χωρίς να έχουν άμεση επαφή μαζί τους. Ιδιαίτερη είναι επίσης και η συμβουλευτική αγωγή που τους παρέχεται κατευθείαν μέσω του συστήματος.

Καθώς η σταθεροποίηση του νέου ανοσοποιητικού συστήματος μπορεί να πάρει μήνες, ακόμα και χρόνια, τα άτομα αυτά είναι πολύ ευαίσθητα στις μολύνσεις. Κάποια συγκεκριμένα συμπτώματα που παρουσιάζονται από ασθένειες μετά τη μεταμόσχευση μπορούν, λανθασμένα, να αποτελούν συμπτώματα για άλλες κλασσικές ασθένειες. Ως εκ τούτου, μια κοινή ασθένεια, για παράδειγμα η βρογχίτιδα, μπορεί να αποδειχθεί θανατηφόρα για ένα ασθενή που αναρρώνει και μάλιστα σε διάστημα μόλις ενός ή δύο ημερών. Για το λόγο αυτό, το σύστημα που αναλύεται εδώ επιβάλλεται να είναι ιδιαίτερα ασφαλής.

Η αξιολόγηση που παρουσιάστηκε πιο πάνω δείχνει ότι η εγκυρότητα των συμβουλών που παρέχει το CARE – PARTNER δεν είναι απόλυτη. Ουσιαστικά, δεν υπάρχει ιδιαίτερη διαφορά όταν τα αποτελέσματα που θα δώσει το σύστημα είναι 98%, 99% ή ακόμα 100%. Δηλαδή, η αξιοπιστία του συστήματος δεν εξασφαλίζει ασφάλεια. Έτσι για να αποφύγει τέτοιου είδους λάθη το CARE – PARTNER, έχει σχεδιαστεί ένα ασφαλιστικό σχέδιο που θα αποδεικνύει την ασφάλειά του έναντι οποιουδήποτε ατυχήματος. Η επικέντρωση γίνεται κατά τη φάση της αξιολόγησης όπου κατασκευάζεται ένα σχέδιο προστασίας στο σύστημα αντί να σπαταλείται ισοδύναμος χρόνος για να φτάσει το σύστημα σε ένα επίπεδο 100% αξιοπιστίας στην παροχή συμβουλευτικής αγωγής.

Το ασφαλιστικό σχέδιο του CARE – PARTNER λαμβάνει υπόψη του τρεις παράγοντες: το διαδικαστικό επίπεδο, το επίπεδο λογισμικού και το επίπεδο γνώσης.

➤ *Διαδικαστικό επίπεδο*

Το σύστημα θα εντοπίζει τις καταστάσεις των οποίων η κρισιμότητα για τις περιπτώσεις των ασθενών έχουν υποτιμηθεί, από τον φροντιστή του ασθενή στο σπίτι. Το σύστημα θα είναι σε θέση να βρίσκει αυτές τις καταστάσεις και μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια καθώς χρησιμοποιεί ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο που ορίζεται από την οντολογία. Μια άλλη διαδικασία είναι ότι οι ασθενείς πρέπει να συμφωνήσουν ότι θα αντιμετωπίσουν το πρόβλημά τους μέσω του συστήματος με τη συμπλήρωση μιας συναίνεσης η οποία θα εξηγά καλά τα αποτελέσματα αλλά και τις συνέπειες.

➤ *Επίπεδο λογισμικού*

Σημαντικές πτυχές αυτού του παράγοντα είναι ότι οι πτυχές ελέγχου που χρησιμοποιούνται είναι η παρακολούθηση κάθε κίνησης του χρήστη και κυρίως οι κινήσεις που γενικεύουν την πρόσβαση στη βάση δεδομένων. Η ανάπτυξη του λογισμικού έχει τεκμηριωθεί με βάση τη μέθοδο της UML που χρησιμοποιείται για την αντικειμενοστραφούς ανάπτυξη.

➤ *Επίπεδο γνώσης*

Η κατασκευή ενός σχεδίου προστασίας στο σύστημα λαμβάνει χώρα κυρίως στο επίπεδο της γνώσης. Μετά το βήμα της επαναχρησιμοποίησης και πριν να παρουσιαστεί στο χρήστη η ανακτώμενη περίπτωση το CARE – PARTNER αξιολογεί τις συστάσεις για την ασφάλεια από αιτιολόγηση που παράγεται από το ίδιο το σύστημα. Οι διαφορετικές κατευθύνσεις των συστάσεων που παρέχει το σύστημα παρουσιάζουν διαφορετικά επίπεδα ρίσκου και συνοπτικά είναι η ερμηνεία για κάθε εργαστηριακό έλεγχο ή διαδικαστικό αποτέλεσμα, μια λίστα με διαφορετικές διαγνώσεις ανάλογα με την πιθανότητα, μια λίστα με τα βήματα των εργαστηριακών ελέγχων και/ή των διαδικασιών για την εκτίμηση της διάγνωσης, μια λίστα με τα βήματα για τον σχεδιασμό δράσεων της θεραπείας και τέλος μια λίστα με τα συναφή έγγραφα που συνδέονται με τα προηγούμενα στοιχεία όπως οι κατευθυντήριες γραμμές ή τα πρωτόκολλα θεραπείας.

4.6.3.5 Πλεονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα του συστήματος CARE – PARTNER.

- Το CARE – PARTNER περιορίζει τη χρήση του από τους εμπειρογνώμονες καθώς το κύριο πλεονέκτημά του είναι η παροχή υποστήριξης αποφάσεων, που στηρίζεται στις περιπτώσεις, σε μη εμπειρογνώμονες του τομέα που στην προκειμένη περίπτωση είναι οι ασθενείς.
- Το CARE – PARTNER επιχειρεί να εκτελέσει μια πιο στενή συνεργασία μεταξύ των μεθοδολογιών που χρησιμοποιεί, διαχωρίζοντας τα βήματα αιτιολόγησης της καθεμιάς και επιτρέποντας την παράλληλη επεξεργασία συγκεκριμένων βημάτων, κάτι που συμβάλλει στην αποδοτικότητα και στην εξοικονόμηση χρόνου.
- Η αποθήκευση όλων των στοιχείων των ασθενών σε ηλεκτρονική μορφή είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα για την εργασία της LTFU ομάδας.
- Η διαχείριση της επικοινωνίας του συστήματος από το ίδιο το σύστημα (σε σχέση με τα αποθηκευμένα στοιχεία των ασθενών) είναι πολύτιμη σε σχέση με τη διαχείριση που τυγχάνουν τα στοιχεία όταν είναι καταγεγραμμένα σε χαρτί.

4.6.3.6 Μειονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα μειονεκτήματα του συστήματος CARE – PARTNER.

- Το CARE – PARTNER μπορεί να υποθέσει ότι οι χρήστες του θα θεωρήσουν τις συστάσεις του ως μια απλή συμβουλή και θα κρίνουν οι ίδιοι κατά πόσο θα ακολουθήσουν τις συστάσεις αυτές ή όχι. Όμως παίρνοντας αυτό το γεγονός ως δεδομένο είναι επικίνδυνο για ένα περιβάλλον ασφάλειας όπως έχει το σύστημα αυτό.

- Το CARE – PARTNER προβάλλει περιπτώσεις στους χρήστες περισσότερο για να υποστηρίξει τη δική του διαδικασία λήψης αποφάσεων, αφήνοντας έτσι το βήμα της επαναχρησιμοποίησης στο χρήστη.

4.6.3.7 Μάθηση συστήματος

Η μάθηση του συστήματος στηρίζεται στη φάση αποθήκευσης του κύκλου ζωής του συστήματος στην οποία εμφανίζεται η μάθηση από την εμπειρία. Η μάθηση εμφανίζεται σε διάφορα στάδια, τα σημαντικότερα από τα οποία είναι η μάθηση των περιπτώσεων και η θετική και αρνητική ανάδραση (feedback) που έχει το σύστημα.

Η λειτουργία του συστήματος περιλαμβάνει την εισαγωγή μιας νέας περίπτωσης που μετατρέπεται σε μια κατάσταση που καθορίζει το πρόβλημα του ασθενή και στη λύση που προτείνεται από το σύστημα. Οι μελλοντικές περιπτώσεις που θα εισαχθούν στο σύστημα θα τύχουν τροποποίησης των πληροφοριών τους η οποία θα εξαρτάται από τα δηλωμένα αποτελέσματα που θα έχει η λύση του προβλήματος. Επομένως, αφού η κάθε περίπτωση απομνημονεύεται από τη μνήμη του συστήματος, αυτό εκπαιδεύεται και είναι σε θέση να επαναχρησιμοποιήσει μια υποακολουθία της λύσης κάποιου άλλου, αποθηκευμένου, προβλήματος.

Οι περιπτώσεις εκείνες που παρέχουν θετική ανάδραση για τις προηγούμενες λύσεις σημειώνονται ως επικυρωμένες στη βάση μνήμης και μέσω αυτών των περιπτώσεων το σύστημα εκπαιδεύεται ώστε να βρίσκει τις άλλες λύσεις άλλων περιπτώσεων πιο γρήγορα. Όταν όμως κάποιες περιπτώσεις, παρέχουν αρνητική ανάδραση για τις προηγούμενες λύσεις, τότε σημειώνονται ως μη έγκυρες και οι ειδικοί της ομάδας LTFU μπορούν να δώσουν καλύτερες λύσεις αγνοώντας τα αποτελέσματα του συστήματος. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο σύστημα να μαθαίνει μέσα από τα λάθη του, μελετώντας τις διαφορές μεταξύ αυτής της περίπτωσης και των στοιχείων γνώσης που επαναχρησιμοποιήθηκαν λανθασμένα. Τις περισσότερες φορές, τα λάθη πηγάζουν από μια ατελής βάση γνώσης και η προσθήκη μιας νέας περίπτωσης ολοκληρώνει αυτή την έλλειψη γνώσης.

4.6.3.8 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα

Το CARE – PARTNER ακολουθεί κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες έχουν να κάνουν με την ασφάλεια που παρέχει το σύστημα στις λύσεις που προτείνει και οι οποίες αναλύονται στη συνέχεια.

- Το σύστημα πρέπει να εντοπίζει τις καταστάσεις, στις περιπτώσεις των ασθενών, των οποίων η κρισιμότητα έχει υποτιμηθεί. Το CARE – PARTNER έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει τέτοιες καταστάσεις και μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια, αφού χρησιμοποιεί ένα ελεγχόμενο λεξιλόγιο το οποίο ορίζεται από την οντολογία.
- Το σύστημα πρέπει να παρέχει κάποια ειδική διαδικασία η οποία θα δίνει τη δυνατότητα επιλογής στον ασθενή αν επιθυμεί ή όχι να συμβουλευτεί το σύστημα. Δηλαδή, για να παράγει κάποια λύση το σύστημα ο ασθενής θα πρέπει να συμφωνήσει ότι θα αντιμετωπίσει το πρόβλημά του μέσω του συστήματος, με την συμπλήρωση μιας φόρμας συγκατάθεσης.

4.6.3.9 Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος

Σε αυτό το σημείο θα γίνει μια αναφορά στην εμπλοκή του παράγοντα χρόνου στο σύστημα CARE – PARTNER καθώς και στην σημαντικότητα που έχει ως προς την απόδοση και την ποιότητα των λύσεων που δίνει. Η δυνατότητα του συστήματος να παρέχει συμβουλευτική αγωγή στο μικρότερο δυνατό διάστημα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τους ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και βρίσκονται στο στάδιο της ανάρρωσης.

Αρχικά το σύστημα θα πρέπει να κατηγοριοποιήσει τη νέα περίπτωση, αν αυτή αποτελεί μια εργασία ανάκτησης πληροφοριών ή μια εργασία επίλυσης ενός προβλήματος ή μια άλλη ανεξάρτητη εργασία. Η κατηγοριοποίηση αυτή παίρνει ελάχιστο χρόνο αφού καθορίζεται από τα δεδομένα που θα δώσει στο σύστημα ο ασθενής. Στη συνέχεια, η δομή της μνήμης είναι τέτοια που το σύστημα επιστρέφει τρεις οντότητες – περιπτώσεις,

μονοπάτια και κανόνες – οι οποίες περιέχουν τις ήδη αποθηκευμένες περιπτώσεις που ενδεχομένως θα βοηθήσουν στη σύσταση συμβουλευτικής αγωγής. Επομένως, αφού το σύστημα εκπαιδεύεται στην γρήγορη εύρεση αυτών των οντοτήτων, τότε δεν σπαταλείται πολύτιμος χρόνος στην αναζήτηση ολόκληρης της βάσης μνήμης που συνήθως είναι αρκετά μεγάλη.

Επιπλέον, ο χρόνος που καταναλώνει το σύστημα για τη δημιουργία του ασφαλιστικού σχεδίου, είναι πιο πολύτιμος από την κατανάλωση του ίδιου χρόνου ώστε να βελτιωθεί η αξιοπιστία του συστήματος, καθώς η αξιοπιστία δεν εξασφαλίζει ασφάλεια που είναι περισσότερο σημαντική για το συγκεκριμένο σύστημα. Το σύστημα, χρησιμοποιεί το χρόνο απόκρισης του LTFU κάνοντάς τον στιγμιαίο πολλές φορές για τις περιπτώσεις εκείνες που δεν είναι κρίσιμες για την ασφάλεια. Παρόλα αυτά όμως, και για τις περιπτώσεις που κρίνονται ως κρίσιμες για την ασφάλεια του συστήματος, το σύστημα παρέχει μεν απαντήσεις σε γρήγορο χρονικό διάστημα στον προμηθευτή που βοηθά τον ασθενή στη διαδικασία αλλά ζητά και από τους κλινικούς ιατρούς επιπρόσθετες συστάσεις.

4.6.4 Σύστημα EXCELICARECBR

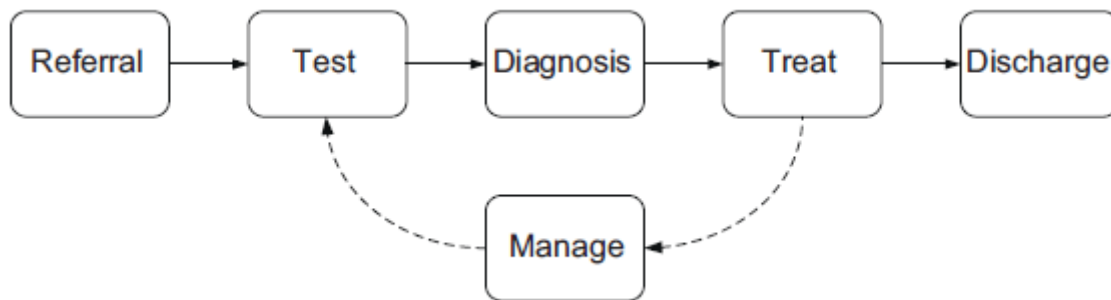
Το σύστημα EXCELICARECBR αναπτύχθηκε το 2009 από τους M. Van den Branden, N. Wiratunga, D. Burton και S. Craw στο Πανεπιστήμιο The Robert Gordon στη Σκωτία [23]. Το EXCELICARECBR είναι ένα σύστημα που βασίζεται στις περιπτώσεις και έχει αναπτυχθεί για να συμπληρώσει και να υποστηρίξει το σύστημα EXCELICARE. Ουσιαστικά, στόχος του είναι να ενσωματώσει τη μεθοδολογία που βασίζεται στις περιπτώσεις σε ηλεκτρονικά συστήματα αρχείων ασθενών, όπως είναι το EXCELICARE, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη λύση των προβλημάτων που υποβάλλουν οι ασθενείς και για την υποστήριξη αποφάσεων προς τους κλινικούς ιατρούς.

Οι κλινικοί ιατροί επιθυμούν, ολοένα και περισσότερο, την επεξεργασία ενός μεγάλου αριθμού πληροφοριών εκτός από τον κλασικό τρόπο, της γραφειοκρατικής, επεξεργασίας των πληροφοριών απευθείας από τους ασθενείς, διαδικασία η οποία παρουσιάζει σημαντικούς χρονικούς περιορισμούς. Η ύπαρξη ενός συστήματος που θα παρέχει

αποδείξεις για την ενίσχυση της λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο μπορεί να βοηθήσει τους κλινικούς ιατρούς με τη ρουτίνα της καθημερινότητας επιτρέποντάς τους ενημερωμένες αποφάσεις, ανά πάσα χρονική στιγμή, μέσω του συστήματος. Τέτοια συστήματα είναι επίσης ζωτικής σημασίας για την εκπαίδευση και κατάρτιση νέων γιατρών οι οποίοι μπορούν να επωφεληθούν από την αποθήκευση παλαιότερων περιστατικών λήψης αποφάσεων που πάρθηκαν από ανώτερους γιατρούς [24].

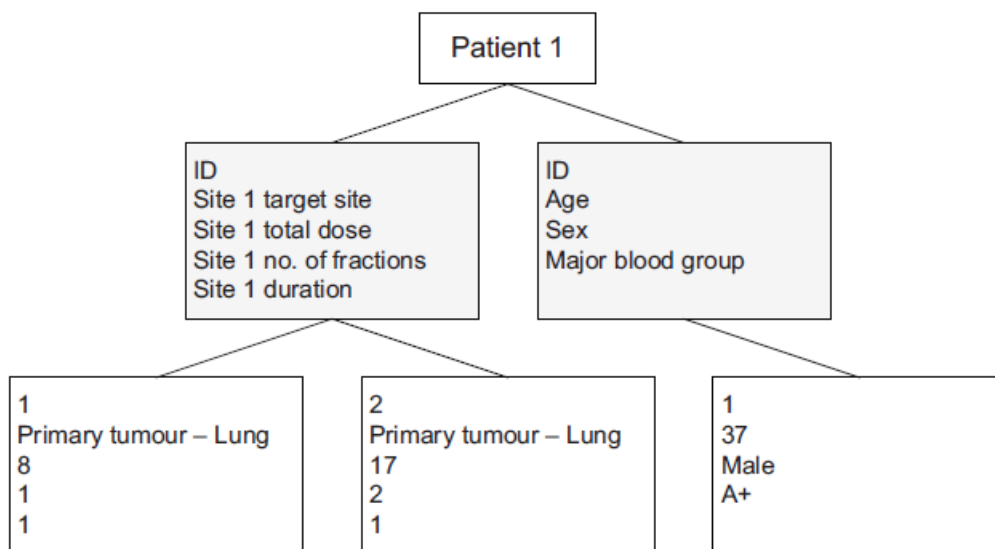
Το EXCELCARECBR αποτελεί μια μονάδα του EXCELCARE, ενός ήδη υπάρχοντος συστήματος το οποίο είναι ένα προηγμένο σύστημα ηλεκτρονικού αρχείου ασθενών (EPR) που χρησιμοποιείται για τις εθνικές υπηρεσίες υγείας της Σκωτίας και της Αγγλίας. Το EXCELCARE, δέχεται ως είσοδο δεδομένα ασθενών και είναι υπεύθυνο για την επίλυση προβλημάτων και για τη λήψη αποφάσεων. Το EXCELCARECBR έχει αναπτυχθεί ώστε να συμπληρώσει το EXCELCARE με την ενσωμάτωση της μεθοδολογίας που βασίζεται στις περιπτώσεις για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων αξιοποιώντας την επαναχρησιμοποίηση των περιπτώσεων που είναι αποθηκευμένες στο αρχείο αυτό.

Το σύστημα EXCELCARE επιτρέπει στους κλινικούς ιατρούς να μοντελοποιήσουν τη φροντίδα των ασθενών σύμφωνα με μια γενική κλινική διαδικασία όπως φαίνεται στο *Σχήμα 4–7*. Ο ασθενής εισάγεται σε αυτή την κλινική διαδικασία όταν εκδίδεται, από κάποιον ειδικό, ένα παραπεμπτικό για εκείνον. Στη συνέχεια δεσμεύονται τα δεδομένα του ασθενή από το σύστημα και ακολουθείται μια σειρά από εξετάσεις στις οποίες πρέπει να υποβληθεί ο ασθενής. Στην περίπτωση που η κατάσταση του ασθενή είναι χρόνια ή υπάρχει η ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης του ασθενή μετά τη θεραπεία, η διαδικασία εισάγεται στο βήμα ελέγχου της διαδικασίας (Manage) και ξανακάνει τον κύκλο όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 4- 7: Στάδια κλινικής διαδικασίας [23]

Τα δεσμευμένα δεδομένα που πάρθηκαν από το παραπεμπτικό, σχετίζονται με τον ασθενή όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-8 με τον κόμβο – ρίζα. Το EXCELICARE χρησιμοποιεί ειδικές μορφές που αναπαριστούν τα δεσμευμένα δεδομένα που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη κλινική έννοια ή κλινικό πλαίσιο. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στους κλινικούς ιατρούς να σχεδιάσουν δικές τους μορφές για τα δεσμευμένα δεδομένα στα διαφορετικά στάδια της κλινικής διαδικασίας. Στο Σχήμα 4-8 στο χαμηλότερο επίπεδο της ιεραρχίας απεικονίζονται τα πραγματικά παραδείγματα των δεσμευμένων δεδομένων. Τα παραδείγματα ταξινομούνται και ως εκ τούτου δεσμεύουν και τις πληροφορίες.



Σχήμα 4- 8: Δομή δεδομένων EXCELICARE [23]

4.6.4.1 Κύκλος ζωής του συστήματος

Το EXCELCARECBR, είναι ένα σύστημα που βασίζεται στη μεθοδολογία αιτιολόγησης με βάση τις περιπτώσεις ώστε να δώσει στους χρήστες τα αποτελέσματά του. Στη συνέχεια θα αναλυθεί ο κύκλος ζωής του συστήματος.

4.6.4.1.1 Ερμηνεία

Με την εισαγωγή κάθε νέας περίπτωσης, το σύστημα θα πρέπει να την ερμηνεύσει με τρόπο που θα μπορεί, στη συνέχεια, να ταιριαστεί με τις αποθηκευμένες περιπτώσεις. Ο κύριος τρόπος αιτιολόγησης που εφαρμόζεται εδώ είναι αυτός με βάση τα παραδείγματα. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιεί τις δομές δεδομένων που υπάρχουν στο σύστημα EXCELCARE.

Μετά την εισαγωγή της νέας περίπτωσης στο σύστημα, μετατρέπεται σε παράδειγμα το οποίο ανατίθεται σε κάποια συγκεκριμένη μορφή. Τότε στο EXCELCARECBR θα πρέπει να δεσμεύσει τόσο τα πολλαπλά ταξινομημένα παραδείγματα των ειδικών μορφών από τα διαφορετικά στάδια της κλινικής διαδικασίας, όσο και ένα μοναδικό παράδειγμα που δεσμεύεται μόνο μια φορά για κάθε ασθενή. Ανάλογα με τη μορφή στην οποία ανήκει, δίνονται και τα ανάλογα βάρη στα χαρακτηριστικά της περίπτωσης.

4.6.4.1.2 Ανάκτηση

Στο στάδιο της ανάκτησης, το EXCELCARECBR βρίσκει μια περίπτωση που είναι όμοια με την περίπτωση που εξετάζεται μέσα από τις αποθηκευμένες περιπτώσεις που υπάρχουν στη βάση μνήμης. Την ανάκτηση αυτή βοηθά ο τρόπος με τον οποίο είναι οργανωμένες οι περιπτώσεις στη μνήμη αλλά και η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση με βάση αυτή την οργάνωση.

Η ανάκτηση των όμοιων περιπτώσεων και ως εκ τούτου και των όμοιων ασθενών, εκτελείται με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου των σταθμισμένων k – κοντινότερων γειτόνων [30]. Η μονάδα του EXCELCARECBR εκτελεί μια απλή και εξαντλητική αναζήτηση στην οποία

κάθε περίπτωση συγκρίνεται με το ερώτημα που υποβλήθηκε στο σύστημα για επίλυση. Το ερώτημα αυτό αποτελεί ουσιαστικά κάποιο από τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης. Στη συνέχεια οι κ πιο όμοιες περιπτώσεις παρουσιάζονται στο χρήστη.

Η ομοιότητα μεταξύ του ερωτήματος που υποβλήθηκε και των ανακτώμενων περιπτώσεων παρουσιάζεται με τη βοήθεια μιας έγχρωμης μπάρας, ως γραφική παράσταση, η οποία απεικονίζει το ρυθμό με τον οποίο αυξάνεται η ομοιότητα της κάθε περίπτωσης. Η μπάρα αυτή απεικονίζεται με πράσινο χρώμα στο Σχήμα 4-9.

Case search **Visualisation**

Case base: Domain 2

Patient summary

Patient ID: 109

Case ID: 43303

Category	Feature Name	Value	Description
1161	Site 1 total dose	17	Primary Tumour - Lung
	Site 1 No. of Fractions	2	
	Site 1 Duration	7	
	Site 1 target site	1	

Search case base

Search results

Neighbour	Similarity	Patient ID
1	1.0	398
2	1.0	592
3	0.84	28
4	0.79	464
5	0.79	157

Category	Feature Name	Value	Description
1161	Site 1 total dose	17	Primary Tumour - Lung
	Site 1 No. of Fractions	2	
	Site 1 Duration	7	
	Site 1 target site	1	

Σχήμα 4- 9: Διεπιφάνεια ανάκτησης δεδομένων

4.6.4.1.3 Επαναχρησιμοποίηση

Το στάδιο της ανάκτησης, θα δώσει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο με τις πιο όμοιες περιπτώσεις οι οποίες θα είναι ταξινομημένες με βάση την περισσότερο όμοια και τη λιγότερο όμοια όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4-9. Οι περιπτώσεις αυτές θα

χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για την λύση της εξεταζόμενης περίπτωσης σύμφωνα με την αριθμητική τιμή ομοιότητας που συγκεντρώνουν έναντι της περίπτωσης που εξετάζεται.

Η επαναχρησιμοποίηση των περιπτώσεων γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα, με τη χρήση ενός γενετικού αλγορίθμου αποδίδονται βάρη στα χαρακτηριστικά ανάλογα με τη χρησιμότητα και τη σημαντικότητα που έχουν σε σχέση με τη νέα περίπτωση. Η χρήση του γενετικού αλγορίθμου αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική μέθοδο ακρίβειας για την κατηγοριοποίηση των χαρακτηριστικών που περιλαμβάνει τους κ – κοντινότερους γείτονες και που εξηγά τη συσχέτιση των διαφορετικών χαρακτηριστικών στους χρήστες.

Στην περίπτωση που ο κλινικός ιατρός έχει ήδη εντοπίσει το χαρακτηριστικό που είναι το πιο σημαντικό για την επίλυση του προβλήματος, τότε ο γενετικός αλγόριθμος θα αποδώσει βάρη μόνο στα χαρακτηριστικά των περιπτώσεων που αποτελούν αυτό το χαρακτηριστικό. Αν όμως εντοπίσει πολλαπλά χαρακτηριστικά, τότε δημιουργεί σύνολα χαρακτηριστικών στα οποία αποδίδει βάρη. Με τον τρόπο αυτό, η διεπιφάνεια του χρήστη επεκτείνεται και στην διαχείριση πολλαπλών προδιαγραφών των χαρακτηριστικών.

4.6.4.1.4 Προσαρμογή της λύσης

Το στάδιο αυτό σκοπό έχει την προσαρμογή της λύσης που θα δοθεί από το στάδιο της ανάκτησης, ώστε να μπορέσει να ταιριαστεί με τη νέα περίπτωση. Το στάδιο της ανάκτησης επιστρέφει μια λίστα με τις πιο όμοιες περιπτώσεις οι οποίες θα πρέπει να επεξεργαστούν ώστε να ταιριάζουν με την εξεταζόμενη περίπτωση. Η προσαρμογή της λύσης θα στηριχθεί περισσότερο στα χαρακτηριστικά εκείνα που η τιμή του βάρους τους είναι μεγαλύτερη αφού αυτά συμβάλλουν στο ταίριασμα της νέας με τις παλαιότερες περιπτώσεις. Επομένως, αν αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ακριβώς τα ίδια και στις δύο περιπτώσεις, τότε δεν χρειάζεται να γίνει οποιαδήποτε προσαρμογή και η λύση παρουσιάζεται στον ασθενή ακριβώς όπως είχε παραχθεί στο παρελθόν. Αν όμως οι λύσεις παρουσιάζουν κάποιες διαφορές, προσαρμόζονται ανάλογα με τα νέα δεδομένα της νέας περίπτωσης.

4.6.4.1.5 Αποθήκευση

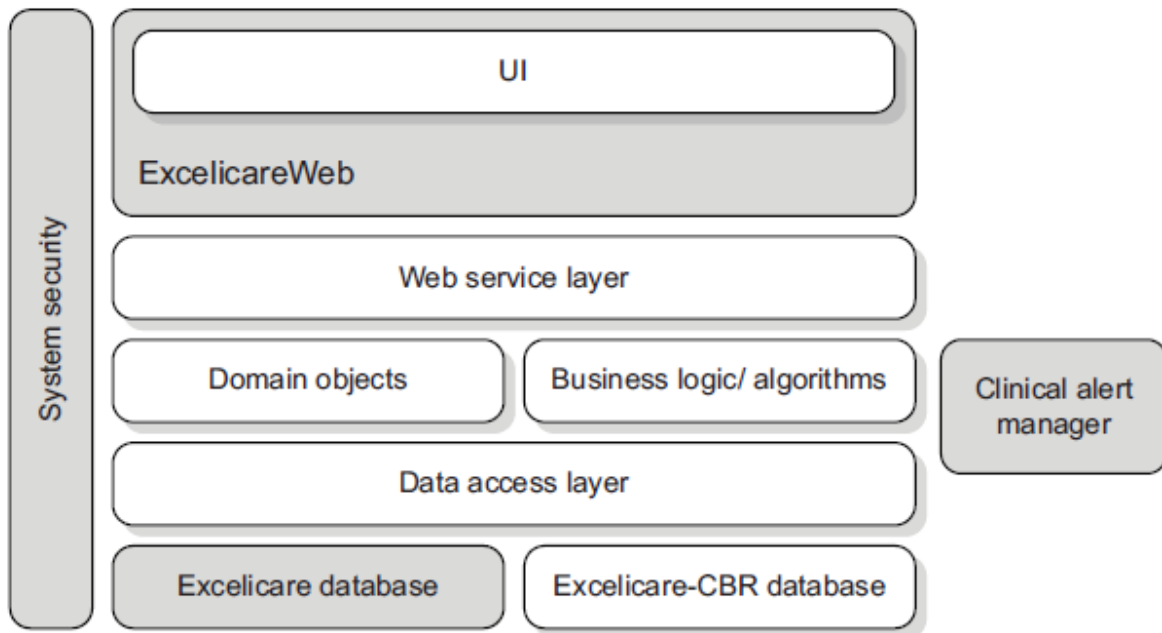
Σε αυτό το στάδιο του κύκλου ζωής του συστήματος EXCELICARECBR, αποθηκεύονται όλες οι περιπτώσεις αφού το σύστημα αποτελεί ένα γενικό σύστημα ηλεκτρονικού αρχείου των ασθενών. Η κάθε νέα περίπτωση αποθηκεύεται στη βάση γνώσης εκτός και αν υπάρχει ήδη καταχωρημένος ο ασθενής στο σύστημα όπου απλά γίνεται κάποια ενημέρωση για την εξέλιξη της υγείας του. Μετά την κάθε αποθήκευση αρχίζει η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος.

4.6.4.2 Υλοποίηση συστήματος

4.6.4.2.1 Δομή της μνήμης

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, το EXCELICARECBR αποτελεί μια μονάδα του ήδη υπάρχοντος συστήματος EXCELICARE το οποίο είναι ένα ηλεκτρονικό αρχείο ασθενών που βοηθά στην επίλυση προβλημάτων και στη λήψη αποφάσεων. Με την εισαγωγή μιας νέας περίπτωσης, το σύστημα ανατρέχει στη μνήμη και βρίσκει τις πιο όμοιες περιπτώσεις, τις οποίες χρησιμοποιεί για τη διάγνωση της ασθένειας και τη παροχή θεραπευτικής αγωγής.

Το νέο συστατικό που ενσωματώνεται στο σύστημα του EXCELICARE, και που είναι αυτό που βοηθά στην επαναχρησιμοποίηση των παλαιότερων περιπτώσεων, έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί από το μηδέν και ενσωματώνεται στο EXCELICARE χρησιμοποιώντας μια πολύ – επίπεδη αρχιτεκτονική όπως φαίνεται στο *Σχήμα 4-10*. Οι ήδη υπάρχουσες μονάδες και συστατικά του EXCELICARE απεικονίζονται με γκρίζο χρώμα στο Σχήμα ενώ τα υπόλοιπα αποτελούν τα συστατικά του EXCELICARECBR.



Σχήμα 4-10: Πολυ-επίπεδο σύστημα αρχιτεκτονικής [23]

Η βάση γνώσης του EXCELICARE αποθηκεύει όλα τα δεδομένα των ασθενών και είναι ανεξάρτητη από τη βάση γνώσης του EXCELICARECBR. Η βάση γνώσης του EXCELICARECBR φιλοξενείται σε ένα ξεχωριστό διακομιστή (server) και ως εκ τούτου εξασφαλίζει ότι οι βασικές λειτουργίες του EPR, και άρα του EXCELICARE, δεν τίθενται σε κίνδυνο. Αυτή η βάση γνώσης ενδεχομένως να κρατά ένα μεγάλο αριθμό από περιπτώσεις που συλλέγονται από όλα τα νοσοκομεία και χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα, σε εθνικό επίπεδο. Οι νέες περιπτώσεις μεταφέρονται από τη βάση γνώσης του EXCELICARE σε αυτή τη βάση γνώσης ώστε να γίνουν διαθέσιμες για μελλοντική ανάκτησή τους από το σύστημα.

Η αρχιτεκτονική που έχει το σύστημα ακολουθεί το πολύ – επίπεδο μοντέλο που χρησιμοποιεί το λογισμικό και στο οποίο αποσυνδέονται λογικές διεργασίες. Οι λόγοι για τους οποίους το EXCELICARECBR χρησιμοποιεί αυτή την αρχιτεκτονική περιγράφονται από την ακόλουθη διαδικασία:

1. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα και ζητά μια λίστα με όλες τις περιπτώσεις για ένα συγκεκριμένο πεδίο, το οποίο ορίζεται από τα χαρακτηριστικά της περίπτωσης που πρόκειται να επιλυθεί. Η αλληλεπίδραση αυτή γίνεται στο πρώτο επίπεδο, δηλ. στο επίπεδο της διεπιφάνειας του χρήστη (UI).

2. Το αίτημα αυτό περνά στο επόμενο επίπεδο της υπηρεσίας Διαδικτύου (Web service layer), το οποίο ενεργεί ως ένας μεσάζοντας μεταξύ της διεπιφάνειας του χρήστη και των στοιχείων που θα βοηθήσουν την επίλυση.
3. Κάθε λογική εργασία εκτελείται πριν να γίνει οποιαδήποτε κλήση στο επίπεδο πρόσβασης δεδομένων (Data access layer) για να αρχίσει η διαδικασία της ανάκτησης των περιπτώσεων. Ένα παράδειγμα κάποιας λογικής εργασίας είναι κάποια ενδεχόμενη απαγόρευση κάποιου χρήστη στο να έχει πρόσβαση σε ορισμένες πληροφορίες συγκεκριμένων περιπτώσεων.
4. Το επίπεδο πρόσβασης δεδομένων, ανακτά περιπτώσεις από τη βάση μνήμης και επιστρέφει μια λίστα από περιπτώσεις στο επίπεδο των λογικών εργασιών (Business logic layer). Το επίπεδο υπηρεσίας Διαδικτύου απαντά στο αίτημα της διεπιφάνειας του χρήστη και η διεπιφάνεια με τη σειρά της, παρουσιάζει μια ενημερωμένη λίστα των περιπτώσεων στο χρήστη.

Το επίπεδο που εμφανίζεται στα δεξιά του σχήματος αποτελεί τον κλινικό διαχειριστή (Clinical alert manager) του EXCELICARE και είναι υπεύθυνο για τον καθορισμό κανόνων που ενεργοποιούν ενέργειες και ειδοποιήσεις που σχετίζονται με ατομικά στοιχεία δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενημερώνει τους κλινικούς ιατρούς όταν το επίπεδο της πίεσης του αίματος κάποιου ασθενή ξεπεράσει μια τιμή σύμφωνα με τους προκαθορισμένους κανόνες που ισχύουν. Ο κλινικός διαχειριστής μπορεί να αναφερθεί από το EXCELICARECBR προκειμένου να στείλει ειδοποιήσεις στην περίπτωση που βρεθούν συγκεκριμένες λύσεις από το σύστημα.

4.6.4.2.2 Δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων

Η δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων είναι ένα μέρος από τα συστατικά που έχουν αναπτυχθεί ώστε να κάνουν δυνατή την ενσωμάτωση του EXCELICARECBR με το ήδη υπάρχον σύστημα EXCELICARE. Αυτό το μέρος, επιτρέπει στον ειδικό να καθορίσει το ευρετήριο που θα χρησιμοποιήσει αλλά και να σχεδιάσει τη δομή αναπαράστασης των περιπτώσεων επιλέγοντας ατομικά πεδία δεδομένων από το EXCELICARE που καθορίζονται

στα χαρακτηριστικά των περιπτώσεων. Κάθε νέα περίπτωση, εκτός από τα προσωπικά στοιχεία των ασθενών περιλαμβάνει και κάποιες πληροφορίες που συμπληρώνονται από τους ειδικούς και αναλύονται πιο κάτω. Η φόρμα διεπαφής για τη λειτουργία αυτή παρουσιάζεται στο *Σχήμα 4-11*.

1. Η μορφή της θεραπείας που ενδέχεται να δοθεί
2. Ο κλινικός ιατρός ο οποίος παρακολουθεί την περίπτωση
3. Η θέση που έχει ο κλινικός ιατρός
4. Η μέρα που άρχισε και ολοκληρώθηκε η θεραπευτική αγωγή
5. Κατά πόσο η θεραπευτική αγωγή έχει ολοκληρωθεί ή όχι
6. Η ημερομηνία της επόμενης παρακολούθησης
7. Λεπτομέρειες για τη θεραπευτική αγωγή που έχει χρησιμοποιηθεί

Display Special Forms

Not attached to any registered problem

UICC Stage Mediastinal Lymph Nodes Other

PERFORMANCE STATUS

ECOG/WHO Resting more than 50% of time

RADIOTHERAPY COURSE DETAILS

Radiotherapy Given Reason Not Given

Treatment Intent

Consultant Designation

Date Treatment Started Date Completed

Completed as Planned

Reason Not Completed

Planned Follow Up Date

DETAILS OF REGIMEN USED

	Total Dose (Gy)	No. of Fractions	Duration (Days)	Target Site
Site 1	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="Primary Tumour - Lung"/>
Site 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>
Site 3	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>
Site 4	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>

COMMENTS/CONTENTS OF LETTER

Date Last Modified: 18/11/2003 15:57:01 Signed by Mrs. Kim Bradford on behalf of Dr. Donald Bissett 1 of 1

Σχήμα 4- 11: Παράδειγμα φόρμας διεπιφάνειας [23]

Εκτός από τα στοιχεία αυτά, ο ειδικός που καταχωρεί την περίπτωση αλληλεπιδρά και με μια άλλη διεπιφάνεια με σκοπό να καθορίσει ένα νέο πεδίο αναζήτησης. Η διεπιφάνεια αυτή φαίνεται στο Σχήμα 4-12 και περιλαμβάνει προηγούμενα πεδία που έχουν καθοριστεί, σχετικές πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά και υπάρχοντα μονοπάτια δεδομένων που ομαδοποιούνται με βάση τις μορφές των χαρακτηριστικών που δίνει ο ειδικός.

Domain ID	Domain Name	Description	Date Created	Status
92	Domain 2		Mar 02, 2009	Saved
93	Domain 2		Mar 02, 2009	Saved
94	Radiotherapy		Mar 18, 2009	Saved

Category	Feature Name	Feature Type	Excelicare Field
Radiotherapy v1.0	Site 1 target site	Nominal	Site 1 target site
	Site 1 total dose	Numeric	Site 1 total dose
	Site 1 No. of Fractions	Numeric	Site 1 No. of Fractions
	Site 1 Duration	Numeric	Site 1 Duration

Σχήμα 4- 12: Αλληλεπίδραση διεπιφανειών [23]

4.6.4.2.3 Μετρικές ομοιότητας του συστήματος

Οι μετρικές ομοιότητας που χρησιμοποιεί το σύστημα EXCELICARECBR είναι οι k – κοντινότεροι γείτονες με τη βοήθεια των οποίων επιτυγχάνεται η εύρεση των πιο όμοιων περιπτώσεων. Συγκεκριμένα, το σύστημα εφαρμόζει μια εξαντλητική αναζήτηση όλων των περιπτώσεων που είναι αποθηκευμένες στη βάση γνώσης τις οποίες συγκρίνει με κάποιο ερώτημα, από το οποίο εξαρτάται η νέα περίπτωση, και επιστρέφει τις πιο όμοιες k περιπτώσεις.

Μια περίπτωση χρειάζεται να δεσμεύσει τόσο τα πολλαπλά παραδείγματα των διαφορετικών μορφών των περιπτώσεων από τα διάφορα στάδια της κλινικής διαδικασίας, όσο και ένα μοναδικό παράδειγμα που δεσμεύεται μόνο μια φορά για κάθε ασθενή. Αυτό επιτυγχάνεται στο σύστημα από μια περίπτωση, έστω C , η οποία σχηματίζεται από ένα σύνολο ομάδων G . Κάθε ομάδα αναπαριστά μια ειδική μορφή η οποία είναι στην ουσία ένα ταξινομημένο σύνολο από παραδείγματα $I = (I_i)_i \in \mathbb{N}$ όπου $I_1 < I_2 < \dots < I_i < I_{i+1}$. Η ταξινόμηση αυτή, επηρεάζεται από το χρόνο και έτσι το i μπορεί να θεωρηθεί ως ο βαθμός που ανατίθεται μετά από κάθε ταξινόμηση σε σχέση με το χρόνο. Η ομοιότητα μεταξύ δύο

περιπτώσεων, έστω C και C' είναι ένα άθροισμα των ομάδων από τις οποίες αποτελούνται οι περιπτώσεις. Επομένως,

$$\text{CaseSim}(C, C') = \sum_j \text{GroupSim}(G_j, G'_j)$$

Η ομοιότητα μεταξύ των ομάδων που περιέχουν μόνο μια περίπτωση καθορίζεται εύκολα παρότι οι ομάδες με πολλαπλές ομάδες απαιτούν πιο εξελιγμένες μεθόδους πρόσθεσης. Μια προσέγγιση θα ήταν η δημιουργία μιας μοναδικής αντιπροσώπευσης του παραδείγματος για κάθε ομάδα ως ακολούθως,

$$\text{GroupSim}(G, G') = \text{Sim}(\bar{I}, \bar{I}')$$

Ένας απλός τρόπος για την αναπαράσταση ενός αριθμητικού χαρακτηριστικού είναι ο υπολογισμός του μέσου όρου από τις διάφορες τιμές των παραδειγμάτων καθώς ένα ονομαστικό χαρακτηριστικό θα μπορούσε να αναπαρασταθεί από την τιμή της πλειοψηφίας. Επιπλέον, η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να επεκταθεί για να δεσμεύσει τάσεις εντός διαφορετικών ομάδων. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές είναι δυνατόν να είναι διαφορετικές κάτι που εξαρτάται από τις απαιτήσεις του κλινικού πλαισίου.

Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η σύγκριση και άθροιση κάθε ταξινομημένου ζεύγους παραδειγμάτων ως ακολούθως:

$$\text{GroupSim}(G, G') = \sum_i^n w_i \times \text{Sim}(I, I')$$

Σε αυτή την περίπτωση, το n καθορίζει τον αριθμό των παραδειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν όταν γίνεται η σύγκριση των ταξινομημένων συνόλων. Η ομοιότητα υπολογίζεται συγκρίνοντας τα διαφορετικά παραδείγματα των σταδίων της κλινικής διαδικασίας. Ως εκ τούτου, όταν ο αριθμός των σταδίων διαφέρει μεταξύ δύο περιπτώσεων η σύγκριση περιορίζεται από το μικρότερο μέγεθος των δύο ταξινομημένων συνόλων. Εναλλακτικά, μπορεί να καθοριστεί ένα κατώφλι ως προς το πόσο πίσω θα πρέπει να πάει η διαδικασία όταν γίνεται η σύγκριση των παραδειγμάτων από αυτά τα ταξινομημένα σύνολα. Η τιμή βάρους w_i εξασφαλίζει ότι η ομοιότητα που προκύπτει από τα πιο πρόσφατα παραδείγματα συμβάλλει περισσότερο στο τελικό άθροισμα ομοιοτήτων.

4.6.4.3 Αξιολόγηση συστήματος

Η απόδοση του συστήματος κρίνεται από την ασφάλεια και την αξιοπιστία που παρέχει ως προς τα αποτελέσματά του. Οι παράγοντες αυτοί είναι ιδιαίτερα κρίσιμοι για την ορθότητα των λύσεων που παρέχει σε κάθε ασθενή.

Στην αριστερή πλευρά του Σχήματος 4-10 παρατηρείται η χρήση ενός συστήματος ασφαλείας. Καθώς, ο τομέας της ασφάλειας είναι σημαντικός για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και των κλινικών δεδομένων των ασθενών, το σύστημα αυτό περιλαμβάνει όλα τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του EXCELCARECBR. Στην πράξη όμως, αυτό θα έχει διαφορετικές επιπτώσεις, οι οποίες εξαρτώνται από την ασφάλεια που απαιτεί κάθε κλινικό περιβάλλον, στο σύστημα στο οποίο λειτουργεί. Για να γίνει πιο κατανοητό αυτό, μπορεί να θεωρηθεί ως παράδειγμα κάποιος κλινικός ιατρός ο οποίος, για κάποιο λόγο, δεν έχει πρόσβαση σε συγκεκριμένες πληροφορίες κάποιου ασθενή οι οποίες σχετίζονται με μια παλαιότερη περίπτωση που έχει ανακτηθεί από τη βάση. Ο γιατρός όμως είναι σε θέση να στηριχθεί στην περίπτωση αυτή που θα προβάλλεται στη βάση ως ανώνυμη πλέον, εξαιτίας της ασφάλειας πρόσβασης που έχει, με σκοπό να την επαναχρησιμοποιήσει.

Για την αξιοπιστία και την ακρίβεια του EXCELCARECBR σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επαναχρησιμοποίηση των περιπτώσεων. Ο γενετικός αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να αποδώσει βάρη στα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης σε συνδυασμό με την μέθοδο εύρεσης των k κοντινότερων γειτόνων, αυξάνουν την ακρίβεια της κατηγοριοποίησης των περιπτώσεων, και επομένως και την ακρίβεια του συστήματος γενικότερα.

4.6.4.4 Πλεονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα του συστήματος EXCELCARECBR.

- Το EXCELCARECBR βοηθά στην κατάρτιση των νέων κλινικών ιατρών που δεν έχουν την απαιτούμενη πείρα με την υποστήριξη αποφάσεων που τους παρέχει.

- Ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται τα δεδομένα των περιπτώσεων είναι σημαντικός καθώς αντικαθιστά τον παραδοσιακό γραφειοκρατικό τρόπο αποθήκευσης του ιστορικού των ασθενών.
- Το EXCELICARECBR ενισχύει την αποφυγή των ιατρικών λαθών και επιτρέπει την πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών σε πραγματικό χρόνο.

4.6.4.5 Μειονεκτήματα

Σε αυτή την υποενότητα θα αναλυθούν τα μειονεκτήματα του συστήματος EXCELICARECBR.

- Το EXCELICARECBR δεν περιέχει μηχανισμούς ευρετηρίασης για τη βελτίωση της απόδοσης της διαδικασίας της ανάκτησης μέσω της επέκτασης και της διευθυνσιοδότησης.

4.6.4.6 Προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί το σύστημα

Το EXCELICARECBR ακολουθεί ορισμένες προϋποθέσεις που έχουν να κάνουν με τη βελτίωση των μηχανισμών ευρετηρίασης και οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

- Το σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να βελτιώνει την επεκτασιμότητα του και να κατευθύνει την επίδοση της διαδικασίας της ανάκτησης.

4.6.4.7 Πώς εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια αναφορά στο πως εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος στο σύστημα EXCELICARECBR αλλά και στη σημαντικότητα που έχει ως προς την συνολική απόδοση του συστήματος. Το σύστημα έχει αναπτυχθεί για την υποστήριξη του συστήματος EXCELICARE το οποίο λειτουργεί ως ένα ηλεκτρονικό αρχείο ασθενών που βοηθά στην επίλυση κάποιου περιστατικού και στην λήψη αποφάσεων σχετικών με το περιστατικό.

Καθώς το EXCELICARECBR επιθυμεί να βοηθήσει τόσο τους ασθενείς όσο και τους κλινικούς ιατρούς, και κυρίως τους πιο άπειρους, στη διάγνωση μιας ασθένειας και στη σύσταση θεραπευτικής αγωγής, επιβάλλεται να γίνεται αυτό, στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Εφόσον λειτουργεί ως ένα σύστημα που αντικαθιστά τα αρχεία των ασθενών που κρατούνταν τόσο καιρό στο χαρτί, με ένα ηλεκτρονικό και αυτόματο σύστημα ο χρόνος για την ανάκτηση πολλών πληροφοριών μειώνεται. Επιπλέον η μεθοδολογία που βασίζεται στις περιπτώσεις βοηθά στην επίλυση περιπτώσεων εκμεταλλευόμενο την επαναχρησιμοποίηση των λύσεων που δόθηκαν για παλαιότερες περιπτώσεις.

Ο χρόνος ανάκτησης των παλαιότερων περιπτώσεων και της εξαγωγής αποτελεσμάτων, δεν επηρεάζεται από το μέγεθος της βάσης γνώσης. Καθώς η βάση γνώσης του EXCELICARECBR αλληλεπιδρά άμεσα με αυτή του EXCELICARE, τότε το πρώτο σύστημα μπορεί να έχει μια πολύ μεγάλη βάση χωρίς ωστόσο να επηρεάζει τον παράγοντα χρόνο.

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό κάναμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή στα πρώτα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις και στον σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκαν. Εμβαθύναμε στη χρησιμότητα που έχουν στον τομέα της ιατρικής, στην ανάγκη ανάπτυξής τους και στις προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούν ώστε να ικανοποιούν το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκαν. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με μια πλήρη ανάλυση τεσσάρων συστημάτων που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ιατρικής.

Το έναυσμα για τη δημιουργία αυτής της νέας μεθοδολογίας που βασίζεται στις περιπτώσεις δόθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80 από τον Schank ο οποίος προσπάθησε να μοντελοποιήσει την ανθρώπινη μνήμη και τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος ανακτά παλαιότερα περιστατικά από τη μνήμη του ώστε να λύσει παρόμοια προβλήματα. Το πρώτο σύστημα που βασίζεται στη μεθοδολογία αυτή αναπτύχθηκε από την Kolodner και ήταν το CYRUS ενώ μετά από αυτό άρχισαν να αναπτύσσονται και άλλα συστήματα όπως τα PROTOS, CHEF, MEDIATOR, HYPO, CABARET, CASEY, MOLTKE και PATDEX για τα οποία γίνεται μια επιφανειακή αναφορά.

Η χρησιμότητα που παρέχουν τα συστήματα που δημιουργούνται με αυτή τη μεθοδολογία, βρίσκει μεγάλο ενδιαφέρον στον τομέα της ιατρικής. Η πρόσθεση ολοένα και περισσότερων

περιπτώσεων στην case – base του κάθε συστήματος όχι μόνο βοηθά το σύστημα στην εκπαίδευσή του, και συνεπώς στην καλύτερη ποιότητα των αποτελεσμάτων του, αλλά προσθέτει και καινούργια γνώση στο σύστημα χωρίς να το επηρεάζει με οποιοδήποτε τρόπο. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται στην ιατρική κυρίως ως συστήματα επίλυσης προβλημάτων και υποστήριξης αποφάσεων προς τους κλινικούς ιατρούς και στοχεύουν στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου προκειμένου να παρθεί κάποια απόφαση αλλά και στην αποφυγή τυχόν ελλείψεων γνώσης από τους επιστήμονες. Οι πρωτοπόροι στα συστήματα αυτά ήταν η J. Kolodner, ερευνήτρια και ο R. Kolodner, ψυχίατρος οι οποίοι ανέπτυξαν το σύστημα SHRINK.

Τα συστήματα που έχουν αναλυθεί, αναπτύχθηκαν για διαφορετικούς τομείς της ιατρικής το καθένα, και παρουσιάζουν μια αξιολογική διαφορά ως προς τη δεκαετία που έχουν αναπτυχθεί και ο λόγος είναι για να γίνει πιο αντικειμενική η σύγκρισή τους. Το σύστημα CASEY αναπτύχθηκε το 1988 από την Phyllis Koton και ο σκοπός ανάπτυξής του είναι η διάγνωση καρδιακών προβλημάτων. Χρησιμοποιεί την μεθοδολογία που βασίζεται στις περιπτώσεις για να ανακτήσει παλαιότερες περιπτώσεις και ομαδοποιεί τα κοινά χαρακτηριστικά των περιπτώσεων δημιουργώντας γενικεύσεις.

Το σύστημα PROTOS αναπτύχθηκε το 1989 από τους B.Porter και R. Bareiss και ο σκοπός ανάπτυξής του είναι η κατηγοριοποίηση ακουσολογικών διαταραχών με τη βοήθεια ενός διδασκάλου που προσφέρει τις γνώσεις του στο σύστημα. Χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία που βασίζεται στα πρότυπα ώστε να κάνει αυτή την κατηγοριοποίηση και να αναπαραστήσει τη γνώση, ενώ ομαδοποιεί τις περιπτώσεις που έχουν κοινά χαρακτηριστικά με τη δημιουργώντας κατηγορίες.

Το σύστημα CARE – PARTNER αναπτύχθηκε το 1998 από τους I. Bichindaritz, E. Kansu και K. M. Sullivan και προσφέρει κλινική βοήθεια στους ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μεταμόσχευση βλαστοκυττάρων και αναρρώνουν στο σπίτι μέσω της αλληλεπίδρασής του απευθείας με τους κλινικούς ιατρούς της κλινικής, με τη βοήθεια του Διαδικτύου. Χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό της μεθόδου που βασίζεται στις περιπτώσεις με τη μέθοδο που βασίζεται στους κανόνες ώστε να ανακτήσει πληροφορίες που θα χρησιμεύσουν για την επίλυση της νέας περίπτωσης. Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι ότι μαθαίνει μέσα από την εμπειρία και έτσι, με τον καιρό, βελτιώνει την απόδοσή του.

Το τελευταίο σύστημα που έχει αναλυθεί είναι το σύστημα EXCELICARECBR το οποίο αναπτύχθηκε το 2009 από τους M. Van den Branden, N. Wiratunga, D. Burton και S. Craw ο σκοπός της ανάπτυξης του είναι η συμπλήρωση και υποστήριξη ενός ήδη υπάρχοντος συστήματος, του EXCELICARE, το οποίο χρησιμοποιείται ως ένα ηλεκτρονικό αρχείο ασθενών. Το EXCELICARECBR ενσωματώνει στο EXCELICARE την μεθοδολογία που βασίζεται στις περιπτώσεις, με σκοπό να εξάγει λύσεις στα προβλήματα που υποβάλλουν οι ασθενείς αλλά και να υποστηρίξει τις αποφάσεις των κλινικών ιατρών. Η σύγχρονη τεχνολογία που χρησιμοποιεί για να αναπαραστήσει τις πιο όμοιες περιπτώσεις που έχει βρει, το κάνει πιο φιλικό στο χρήστη και συνάμα πιο κατανοητό στο χρήστη.

Κεφάλαιο 5 – Σύγκριση συστημάτων

- 5.1 Σύγκριση ανάλογα με την εμπλοκή του παράγοντα χρόνου
 - 5.2 Σύγκριση ανάλογα με τη δομή μνήμης
 - 5.3 Σύγκριση ανάλογα με τις μετρικές ομοιότητας
 - 5.4 Σύγκριση ανάλογα με τη μεθοδολογία
-

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύγκριση ανάμεσα στα τέσσερα συστήματα που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 4.

Τα συστήματα αυτά, έχουν αναπτυχθεί για διαφορετικούς τομείς της ιατρικής και το καθένα χρησιμοποιεί διαφορετική προσέγγιση για την αναπαράσταση των περιπτώσεων, την ευρετηρίασή τους και τα κριτήρια για το ταίριασμα και την ανάκτησή τους. Συγκεκριμένα, οι τομείς στους οποίους θα συγκριθούν τα πιο πάνω συστήματα είναι στον τρόπο με τον οποίο εμπλέκεται ο παράγοντας χρόνος στα συστήματα, στη δομή μνήμης που χρησιμοποιούν τα συστήματα και στις μετρικές ομοιότητας που χρησιμοποιεί το κάθε σύστημα.

5.1 Σύγκριση ανάλογα με την εμπλοκή του παράγοντα χρόνου

Τα συστήματα που έχουν μελετηθεί, αναπτύχθηκαν για την υποστήριξη αποφάσεων των κλινικών ιατρών αλλά και για τη διάγνωση μιας ασθένειας και τη σύσταση θεραπευτικής αγωγής προς τους ασθενείς. Ο χρόνος λοιπόν, που χρειάζεται το σύστημα για να παράξει αυτές τις εξόδους, είναι ιδιαίτερα κρίσιμος για τον τομέα της υγείας. Τα συστήματα θα πρέπει να δίνουν απαντήσεις στο ελάχιστο δυνατό χρονικό διάστημα ούτως ώστε να ικανοποιούν το στόχο για τον οποίο δημιουργήθηκαν. Η ταχύτητα με την οποία θα δοθούν τα αποτελέσματα δεν επηρεάζει την αξιοπιστία και την εγκυρότητά τους καθώς οι παράγοντες αυτοί σχετίζονται, κυρίως με την εκπαίδευση που θα έχει το κάθε σύστημα.

Οι πιθανοί παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν το χρόνο είναι ο χρόνος ανάκτησης των παλαιότερων περιπτώσεων και στη συνέχεια ο χρόνος προσαρμογής των

παλιών διαγνώσεων σύμφωνα με τα νέα δεδομένα της κάθε περίπτωσης. Με την πάροδο του χρόνου, είναι φυσικό ότι κάθε σύστημα συναντά ολοένα και περισσότερες διαφορετικές περιπτώσεις τις οποίες πρέπει να αποθηκεύσει στη βάση μνήμης του. Επομένως, η βάση αυτή αυξάνεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς, χωρίς ωστόσο να επηρεάζεται ο χρόνος ανάκτησης των όμοιων περιπτώσεων. Μάλιστα, συμβαίνει το αντίθετο, αφού όσες περισσότερες περιπτώσεις έχει αποθηκευμένες η βάση γνώσης, τόσο πιο εύκολη γίνεται και η διαδικασία ανάκτησης.

Κατά τη διαδικασία ανάκτησης, το σύστημα CASEY δεν εξετάζει όλους τους κόμβους που βρίσκονται στη μνήμη αλλά ακολουθεί μόνο τα μονοπάτια που έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά της νέας περίπτωσης. Ο χρόνος αναζήτησης αυτών των μονοπατιών είναι ανάλογος του βάθους του δέντρου αναζήτησης. Έτσι αποφεύγεται η πολύ δαπανηρή διαδικασία της αναζήτησης μέσα σε ολόκληρη τη μνήμη που ενδεχομένως να περιέχει χιλιάδες περιπτώσεις. Το σύστημα PROTOS, κάνει ακριβώς την ίδια διαδικασία καθώς ακολουθεί απλά, μονοπάτια μέσα στη βάση μνήμης και μάλιστα μόνο στην περίπτωση που υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά της νέας περίπτωσης με αυτά των αποθηκευμένων περιπτώσεων. Το σύστημα CARE – PARTNER, διαφοροποιείται κάπως κατά τη διαδικασία της ανάκτησης αφού εκτός από το μονοπάτι, επιστρέφει και περιπτώσεις αυτές καθ' αυτές αλλά και κανόνες οι οποίοι περιέχουν ήδη αποθηκευμένες περιπτώσεις. Το σύστημα EXCELICARECBR, ως ένα πιο εξελιγμένο σύστημα, αλληλεπιδρά άμεσα με το χρήστη ο οποίος του δίνει σαφές πληροφορίες ως προς τα που θα επικεντρωθεί η αναζήτηση. Με λίγα λόγια, δεν ακολουθεί οποιαδήποτε μονοπάτια στη μνήμη αλλά επιστρέφει, με τη μορφή της λίστας, τις περιπτώσεις εκείνες που ανήκουν στο πεδίο το οποίο έχει ορίσει ο χρήστης.

Και τα τέσσερα συστήματα επιτυγχάνουν τα πιο πάνω χωρίς να επηρεάζεται ο χρόνος ανάκτησης των περιπτώσεων. Η απόδειξη για το γεγονός αυτό, έχει γίνει είτε μέσω πειραμάτων στα δεδομένα των συστημάτων είτε μέσω της διαδικασίας της εκπαίδευσης στην οποία έχουν υποβληθεί τα συστήματα. Το CASEY μέσα από πειράματα που έχουν γίνει με μεγάλο αριθμό περιπτώσεων αποφάνθηκε ότι ο χρόνος αναζήτησης παραμένει σταθερός παρόλη τη συνεχή αύξηση των περιπτώσεων. Παρόμοιο συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί και μέσα από τη διαδικασία εκπαίδευσης του PROTOS, η χρονική απόδοση του οποίου δεν επηρεάζεται από τη συνεχή αύξηση της δομής κατηγορίας που έχει το

σύστημα. Το σύστημα CARE – PARTNER αμφιταλαντεύεται στο αν είναι προτιμότερο να δίνει αποτελέσματα σε γρήγορο χρονικό διάστημα αντί να δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα που θα παραχθούν οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Ως λύση σε αυτό το δίλημμα, δίνει την εξαγωγή απαντήσεων σε γρήγορο χρονικό διάστημα αλλά με την προϋπόθεση επιπρόσθετων συστάσεων από τους κλινικούς ιατρούς. Το τελευταίο σύστημα EXCELICARECBR, ως ένα μέρος του συστήματος EXCELICARE εκπαιδεύεται με βάση τις περιπτώσεις που εισάγονται, ελαχιστοποιώντας το χρόνο καθώς αλληλεπιδρά και με τη βάση δεδομένων του EXCELICARE για καλύτερα αποτελέσματα.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο άλλος παράγοντας που ενδεχομένως να επηρεάζει το χρόνο απόκρισης των συστημάτων είναι αυτός της προσαρμογής των όμοιων περιπτώσεων ώστε να ταιριάζουν με τη νέα περίπτωση και να μπορεί να δοθεί μια λύση. Ωστόσο, ο χρόνος αυτός είναι αμελητέος καθώς χρειάζονται να γίνουν μόνο κάποιες μικρές αλλαγές πάνω στις ανακτημένες περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, το CASEY χρησιμοποιεί κάποιες στρατηγικές διόρθωσης όπως είναι η προσθήκη ή η αφαίρεση θεραπειών, το PROTOS είτε συγχωνεύει τις περιπτώσεις είτε καθορίζει την κατηγορία στην οποία εμπίπτει η περίπτωση με σκοπό να πάρει τη λύση της, το CARE – PARTNER σημειώνει τους κανόνες που συμβάλουν στη λύση μιας περίπτωσης με σκοπό να επαναχρησιμοποιεί μόνο αυτούς για τη νέα λύση και τέλος το EXCELICARECBR αναθέτει βάρη στα χαρακτηριστικά με τη βοήθεια των οποίων προσαρμόζει τη λύση με βάση αυτά που έχουν τη μεγαλύτερη τιμή βάρους. Ως εκ τούτου, η φάση προσαρμογής της νέας περίπτωσης σύμφωνα με τις παλιές περιπτώσεις δεν επηρεάζει το χρόνο εξαγωγής των αποτελεσμάτων καθώς είναι μια εύκολη διαδικασία χωρίς οποιεσδήποτε επιπρόσθετες και δαπανηρές προσπάθειες που ενδεχομένως να κοστίζουν σε χρόνο.

Με βάση όλα τα πιο πάνω μπορεί εύκολα να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι για όλα τα συστήματα το μέγεθος της βάσης γνώσης δεν επηρεάζει ούτε το χρόνο ανάκτησης όμοιων περιπτώσεων αλλά ούτε και το χρόνο προσαρμογής τους με τη νέα περίπτωση. Αντίθετα, όσες περισσότερες περιπτώσεις περιέχει η βάση μνήμης, τόσο πιο αξιόπιστα θα είναι τα αποτελέσματα που θα δώσει το κάθε σύστημα. Η μόνη διαφοροποίηση που μπορεί να γίνει στα συστήματα ως προς τον παράγοντα χρόνο, είναι το γεγονός ότι τα συστήματα CARE – PARTNER και EXCELICARECBR έχουν άμεση αλληλεπίδραση με τους χρήστες κάτι που κάνει πιο εύκολη τη διαδικασία της ανάκτησης αφού γίνεται πιο συγκεκριμένη και

ενδεχομένως ο χρόνος ανάκτησης των όμοιων περιπτώσεων να είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο χρόνο στα συστήματα CASEY και PROTOS τα οποία θα πρέπει μόνα τους να κατευθύνουν την αναζήτηση.

5.2 Σύγκριση ανάλογα με τη δομή μνήμης

Η δόμηση της μνήμης του κάθε συστήματος έχει ιδιαίτερη σημασία για την αποδοτικότερη λειτουργία του, καθώς μια καλά δομημένη μνήμη προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Η σωστή οργάνωση των περιπτώσεων μέσα στη βάση μνήμης βοηθά στην εύκολη εύρεση και ανάκτηση όμοιων περιπτώσεων συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο και στην ελαχιστοποίηση του χρόνου ανάκτησης. Τα συστήματα χρησιμοποιούν διάφορους τρόπους ώστε να ομαδοποιήσουν τις περιπτώσεις με βάση κάποια κοινά τους χαρακτηριστικά και έτσι να μειώσουν το χώρο που καταλαμβάνουν στη μνήμη.

Το σύστημα CASEY χρησιμοποιεί ένα σύστημα αυτοδιοργανώμενης μνήμης μέσω του οποίου αναθέτονται δείκτες ως προς τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης ώστε να γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία της ανάκτησης. Ακολούθως δημιουργούνται γενικεύσεις οι οποίες σκοπό έχουν την ομαδοποίηση των περιπτώσεων με βάση τα κοινά τους χαρακτηριστικά. Για το λόγο αυτό η δομή μνήμης περιέχει άλλες τρεις δομές ώστε να αποθηκεύει τις γενικεύσεις αυτές. Οι δομές αυτές είναι οι FEATURE – GEN, CAUSAL – GEN και THERAPY – GEN και ομαδοποιούν τις περιπτώσεις με βάση διαφορετικά χαρακτηριστικά. Επομένως, η αρχιτεκτονική του συστήματος αποτελείται από ένα δίκτυο στο οποίο κάθε κόμβος αναπαριστά είτε μια ατομική περίπτωση είτε μια δομή γενίκευσης. Η κάθε γενίκευση περιέχει τρεις λίστες, τη λίστα χαρακτηριστικών, τη λίστα διαφορών και τη λίστα αιτιολογήσεων.

Παρόμοια αρχιτεκτονική με αυτή, έχει και το σύστημα PROTOS το οποίο αναθέτει επίσης δείκτες σε κάθε χαρακτηριστικό της κάθε περίπτωσης αλλά αντί γενικεύσεις δημιουργεί δομές κατηγορίας οι οποίες ομαδοποιούν τα πρότυπα. Μέσα στη δομή της μνήμης υπάρχουν δύο δομές για την αποθήκευση δομών κατηγορίας οι οποίες είναι η συνοχή κατηγορίας και οι μηχανισμοί ευρετηρίασης. Η συνοχή κατηγορίας, ενσωματώνει σε κάθε κατηγορία, εκτός από τα πρότυπα και ένα συναφές πεδίο γνώσης το οποίο είναι υπεύθυνο για τον ορισμό της ισοδυναμίας μεταξύ δύο χαρακτηριστικών. Οι μηχανισμοί ευρετηρίασης

περιλαμβάνουν συνδέσμους υπενθύμισης, δείκτες προτύπων με πρωτότυπη κατηγοριοποίηση και συνδέσμους διαφοράς.

Το σύστημα CARE – PARTNER διαφοροποιείται σε σχέση με τα δύο προηγούμενα συστήματα καθώς δεν ομαδοποιεί τις περιπτώσεις αλλά κινείται μέσα στο χώρο αναζήτησης ώστε να βρει όμοιες περιπτώσεις. Οι αρχιτεκτονική του συστήματος αποτελείται από ένα δίκτυο που περιέχει οντότητες και οι οποίες ενώνονται μέσω συνδέσεων ή σχέσεων. Οι οντότητες μπορεί να είναι κλινικές κατευθυντήριες γραμμές, πρωτόκολλα, μονοπάτια ή περιπτώσεις αυτές καθ' αυτές. Τα χαρακτηριστικά κάθε οντότητας αναπαριστώνται μέσω μιας γλώσσας αναπαράστασης που χρησιμοποιεί το σύστημα και περιλαμβάνει την οντολογία του πεδίου, τα ατομικά σύμβολα και τα σύμβολα διαχειριστή.

Το τελευταίο σύστημα, EXCELICARECBR στηρίζει την αρχιτεκτονική της μνήμης του στην ήδη υπάρχουσα αρχιτεκτονική του συστήματος EXCELICARE και η οποία είναι πολυεπίπεδη. Εδώ, δεν υπάρχουν οποιοδήποτε δείκτες για κάθε χαρακτηριστικό των περιπτώσεων όπως γίνεται στα προηγούμενα συστήματα, αλλά τα επίπεδα της μνήμης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους ώστε να ανακτήσουν τις όμοιες περιπτώσεις. Ο χρήστης αλληλεπιδρά άμεσα με το σύστημα ζητώντας περιπτώσεις με συγκεκριμένες πληροφορίες μέσω του επιπέδου διεπιφάνειας του χρήστη. Ακολούθως, το επίπεδο αυτό επικοινωνεί με το επόμενο επίπεδο της υπηρεσίας Διαδικτύου ώστε να του μεταφέρει τα στοιχεία του χρήστη για τη νέα περίπτωση. Τα στοιχεία αυτά εκχωρούνται στο επίπεδο πρόσβασης δεδομένων ώστε να ανακτηθούν οι παλαιότερες περιπτώσεις που είναι όμοιες με τη νέα. Στη συνέχεια το επίπεδο του κλινικού διαχειριστή καθορίζει κάποιους κανόνες οι οποίοι θα δώσουν συγκεκριμένες λύσεις για την περίπτωση.

Σύμφωνα με την πιο πάνω ανάλυση ως προς τη δομή της μνήμης που χρησιμοποιεί το κάθε σύστημα ξεχωριστά, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η δομή αυτή είναι ανάλογη με το σκοπό για τον οποίο έχει δημιουργηθεί το κάθε σύστημα. Για παράδειγμα, τα συστήματα PROTOS, CARE – PARTNER και EXCELICARECBR αλληλεπιδρούν με τον ανθρώπινο παράγοντα κατά τη διαδικασία της λύσης μιας περίπτωσης γεγονός το οποίο απουσιάζει εντελώς από το σύστημα CASEY. Καθώς όμως ένας από τους κύριους λόγους που αναπτύχθηκαν τα συστήματα αυτά είναι η υποστήριξη αποφάσεων προς τους κλινικούς

ιατρούς, η αλληλεπίδραση τους με τον άνθρωπο είναι αναπόφευκτη. Για το λόγο αυτό, το σύστημα CASEY κρίνεται ως το σύστημα που έχει την καλύτερη οργάνωση της μνήμης γιατί μέσω των γενικεύσεων που κάνει, παρουσιάζει ξεκάθαρα στοιχεία σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές της νέας περίπτωσης με τις παλαιότερες, ώστε η τελική απόφαση να παρθεί εξ' ολοκλήρου από τον άνθρωπο.

5.3 Σύγκριση ανάλογα με τις μετρικές ομοιότητας

Τα συστήματα που βασίζονται στις περιπτώσεις έχουν ως κύριο στόχο την εξαγωγή λύσεων από ήδη λυμένες περιπτώσεις που είναι παρόμοιες με την εξεταζόμενη περίπτωση. Για να γίνει όμως το ταίριασμα της νέας περίπτωσης με τις παλιές, χρησιμοποιούνται κάποιες μετρικές ομοιότητας οι οποίες χρησιμοποιούνται με σκοπό να καθορίσουν το βαθμό της ομοιότητας που έχουν οι περιπτώσεις. Οι μετρικές αυτές επιλέγονται με βάση τον τρόπο που αποθηκεύονται οι περιπτώσεις στη βάση μνήμης.

Το σύστημα CASEY χρησιμοποιεί δύο τύπους μετρικών ομοιότητας. Ο πρώτος τύπος αποτελεί ένα συνδυασμό χρήσιμων μετρήσεων με αιτιολογική σπουδαιότητα και περιλαμβάνει δύο μετρητές. Τον μετρητή χρήσης, ο οποίος αυξάνεται κάθε φορά που εμφανίζεται κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στην περίπτωση, και ένα άλλο μετρητή που ονομάζεται προτεραιότητα και αυξάνεται κάθε φορά που ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό χρησιμοποιείται στην αιτιολογική εξήγηση. Τα χαρακτηριστικά των περιπτώσεων τα οποία κρίνονται σημαντικά και στα οποία αναθέτονται δείκτες, δίνονται από το λόγο προτεραιότητα / μετρητής χρήσης. Ο δεύτερος τύπος μετρικών ομοιότητας κάνει χρήση γενικευμένων αιτιολογικών χαρακτηριστικών και καθορίζει το καλύτερο ταίριασμα αποδίδοντας ψηλές τιμές στις όμοιες περιπτώσεις. Το σύστημα χρησιμοποιεί μόνο ένα τύπο μετρικών ομοιότητας κάθε φορά.

Το PROTOS, κάνει χρήση μιας συνάρτησης ομοιότητας η οποία αποτελεί μια παραλλαγή του Μοντέλου Γενικού Πλαισίου. Η κύρια λειτουργία της μετρικής αυτής είναι η περιγραφή της ποιότητας των εξηγήσεων σχετικά με τη νέα περίπτωση και το πρότυπο. Η σημαντικότητα της υπενθύμισης μιας κατηγορίας που παράγει ο πρώτος μηχανισμός ευρετηρίασης, δείχνει το βαθμό με τον οποίο αξίζει να συνεχιστεί η συγκεκριμένη

κατηγοριοποίηση της περίπτωσης, εξετάζοντας περισσότερα από ένα πρότυπα. Στην περίπτωση που βρεθεί ένα ταίριασμα με επαρκή εξήγηση, τότε παρουσιάζεται στο χρήστη η κατηγοριοποίηση της νέας περίπτωσης.

Το σύστημα CARE – PARTNER χρησιμοποιεί ως μετρική ομοιότητας ένα μετρητή ο οποίος καταμετρά τα στοιχεία που είναι αποθηκευμένα στη βάση γνώσης και είναι όμοια με τα στοιχεία της εξεταζόμενης περίπτωσης. Αναλόγως με αυτά τα στοιχεία κάνει τις απαραίτητες συγκρίσεις ώστε να αποφανθεί αν χρειάζεται να συμπληρωθεί η νέα περίπτωση ή απλά να προσαρμοστεί σύμφωνα με τα νέα δεδομένα που εισάχθηκαν.

Το σύστημα EXCELICARECBR χρησιμοποιεί ως μετρική ομοιότητας τους k – κοντινότερους γείτονες ώστε να επιτευχθεί η εύρεση των πιο όμοιων περιπτώσεων. Κάθε περίπτωση αποτελείται από πολλές ομάδες παραδειγμάτων που περιέχουν τις διαφορετικές μορφές των περιπτώσεων. Η ομοιότητα λοιπόν, μεταξύ δύο περιπτώσεων υπολογίζεται ως το άθροισμα των ομάδων από τις οποίες αποτελούνται οι περιπτώσεις. Για τον υπολογισμό του αθροίσματος αυτού, τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των περιπτώσεων μετατρέπονται σε αριθμητικά από την τιμή της πλειοψηφίας. Ένας εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού της ομοιότητας είναι η σύγκριση και το άθροισμα κάθε ταξινομημένου ζεύγους παραδειγμάτων. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να οριστεί ένα κατώφλι ως προς τον αριθμό των γειτόνων που θα συγκρίνει το σύστημα ώστε να καταλήξει στο τελικό άθροισμα ομοιοτήτων και ως εκ τούτου στο σύνολο των πιο όμοιων περιπτώσεων.

Με βάση την πιο πάνω ανάλυση σχετικά με τις μετρικές ομοιότητας που χρησιμοποιούν και τα τέσσερα συστήματα, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι μετρικές που χρησιμοποιούν τα συστήματα CASEY και EXCELICARECBR είναι καλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες μετρικές που χρησιμοποιούν τα άλλα δύο συστήματα. Αφενός, το CASEY, μέσω των μετρικών του, κάνει ένα σαφές και ξεκάθαρο διαχωρισμό μεταξύ των περιπτώσεων που αξίζει να μελετηθούν περαιτέρω καθώς σχετίζονται με τη νέα περίπτωση ενώ οι υπόλοιπες περιπτώσεις απλά αγνοούνται. Αφετέρου, το σύστημα EXCELICARECBR χρησιμοποιεί την πιο τυποποιημένη μέθοδο των k – κοντινότερων γειτόνων που είναι πιο σύγχρονη μέθοδος και περιορίζει σε μεγάλο βαθμό το χώρο αναζήτησης των όμοιων περιπτώσεων.

5.4 Σύγκριση ανάλογα με τη μεθοδολογία

Τα τέσσερα συστήματα που έχουν αναλυθεί χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθοδολογίες για την ανάκτηση και ενθύμηση παλαιότερων περιπτώσεων, όπως αυτές έχουν καταγραφεί στην Ενότητα 2.

Συγκεκριμένα, το CASEY χρησιμοποιεί τη μέθοδο που βασίζεται στις περιπτώσεις για την ανάκτηση των περιπτώσεων την οποία συνδυάζει με ένα μοντέλο αιτιολόγησης με σκοπό να δικαιολογήσει τις παλαιότερες λύσεις που έχουν ανακτηθεί. Το PROTOS, χρησιμοποιεί τη μεθοδολογία που βασίζεται στα πρότυπα αφού η μέθοδος αυτή βοηθά στην αναπαράσταση της γνώσης και στην παραγωγή κατηγοριοποιήσεων των περιπτώσεων οι οποίες ονομάζονται πρότυπα. Το CARE – PARTNER χρησιμοποιεί ένα πολυεπίπεδο μοντέλο γνώσης που συνδυάζει τη μέθοδο που βασίζεται στις περιπτώσεις και τη μέθοδο που βασίζεται στους κανόνες ώστε να ανακτήσει πληροφορίες που θα το βοηθήσουν να δώσει μια λύση για το πρόβλημα. Τέλος το σύστημα EXCELICARECBR χρησιμοποιεί τη μέθοδο που βασίζεται στις περιπτώσεις καθώς ο σκοπός ανάπτυξης του είναι καθαρά η ενσωμάτωση αυτής της μεθοδολογίας στο ήδη υπάρχον ηλεκτρονικό σύστημα αρχείου ασθενών EXCELICARE.

Συγκεφαλαιώνοντας, φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει συμβάλει θετικά στην ανάπτυξη των συστημάτων αυτών. Αυτό γιατί, το κόστος της μνήμης έχει μειωθεί σε σημαντικό βαθμό και επομένως μπορούμε να έχουμε πολύ μεγάλη χωρητικότητα σε μνήμη χωρίς να επηρεάζει το ολοένα και αυξανόμενο μέγεθος της βάσης μνήμης. Επιπλέον, η χρήση της παράλληλης επεξεργασίας από τα συστήματα μειώνει το χρόνο αναζήτησης αλλά και τη χρήση της μνήμης, καθιστώντας το σύστημα πιο γρήγορο και συνάμα αποδοτικό.

Για αυτόν ακριβώς το λόγο επιλέχθηκαν να αναλυθούν τα συγκεκριμένα συστήματα καθώς έχουν αναπτυχθεί σε διαφορετικές δεκαετίες και μπορεί να γίνει μια πιο αντικειμενική σύγκριση μεταξύ τους. Στον Πίνακα 5-1 φαίνεται αναλυτικά η σύγκριση μεταξύ των τεσσάρων συστημάτων. Τα σκιασμένα τετράγωνα δείχνουν ποια συστήματα υπερτερούν για κάθε χαρακτηριστικό.

Σύστημα	Παράγοντας Χρόνος	Δομή Μνήμης	Μετρικές ομοιότητας	Μεθοδολογία
CASEY (1988)	<ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθεί μονοπάτια • Χρόνος ανάλογος του βάθους του δέντρου αναζήτησης • Σταθερός χρόνος αναζήτησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοδιοργανώμενη μνήμη • Ανάθεση δεικτών στα χαρακτηριστικά • Δημιουργία γενικεύσεων για ομαδοποίηση χαρακτηριστικών • Δίκτυο όπου κάθε κόμβος αναπαριστά ατομική περίπτωση ή δομή γενίκευσης 	<p><u>Μετρητής χρήσης</u> Αυξάνεται κάθε φορά που εμφανίζεται συγκεκριμένο χαρακτηριστικό</p> <p><u>Προτεραιότητα</u> Αυξάνεται κάθε φορά που συγκεκριμένο χαρακτηριστικό εμφανίζεται στην αιτιολογική εξήγηση</p> <p><i>Χρήση γενικευμένων αιτιολογικών χαρακτηριστικών</i></p>	Μέθοδος που βασίζεται στις περιπτώσεις με συνδυασμό ένα μοντέλο αιτιολόγησης
PROTOS (1989)	<ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθεί μονοπάτια μόνο στην ύπαρξη σημαντικών διαφορών στα χαρακτηριστικά • Σταθερός χρόνος αναζήτησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Ανάθεση δεικτών στα χαρακτηριστικά • Δημιουργία κατηγοριών για ομαδοποίηση χαρακτηριστικών • Δίκτυο όπου κάθε κόμβος αναπαριστά ατομική περίπτωση ή δομή κατηγορίας 	<p>Συνάρτηση ομοιότητας (παραλλαγή μοντέλου γενικού πλαισίου)</p> <p>Περιγραφή ποιότητας των εξηγήσεων νέας περίπτωσης - προτύπου</p>	Μέθοδος που βασίζεται στα πρότυπα

Σύστημα	Παράγοντας Χρόνος	Δομή Μνήμης	Μετρικές ομοιότητας	Μεθοδολογία
CARE-PARTNER (1998)	<ul style="list-style-type: none"> • Ακολουθεί μονοπάτια και κανόνες που περιέχουν ήδη αποθηκευμένες περιπτώσεις • Αποτελέσματα σε σύντομο χρονικό διάστημα ή αξιόπιστα αποτελέσματα σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή 	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία οντοτήτων (κλινικές κατευθυντήριες γραμμές, πρωτόκολλα, μονοπάτια) • Αναπαράσταση μέσω μιας γλώσσας αναπαράστασης • Δίκτυο που περιέχει οντότητες οι οποίες ενώνονται με συνδέσεις ή σχέσεις 	<p>Χρήση μετρητή που καταμετρά τα όμοια στοιχεία μεταξύ αποθηκευμένων περιπτώσεων και νέας περίπτωσης</p> <p>Σύγκριση για συμπλήρωση ή προσαρμογή περίπτωσης</p>	Πολυ-επίπεδο μοντέλο γνώσης με συνδυασμό της μεθόδου που βασίζεται στις περιπτώσεις και της μεθόδου που βασίζεται στους κανόνες
EXCELCARECBR (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Άμεση αλληλεπίδραση με το χρήστη • Δυνατότητα εισαγωγής σαφών πληροφοριών για ορθή επικέντρωση της αναζήτησης • Ελαχιστοποίηση χρόνου αναζήτησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Πολυ-επίπεδη μνήμη • Αλληλεπίδραση μεταξύ επιπέδων • Καθορισμός κανόνων που δίνουν συγκεκριμένες λύσεις 	<ul style="list-style-type: none"> • Κ-κοντινότεροι γείτονες • Μετατροπή ονομαστικών χαρακτηριστικών σε αριθμητικά • Σύγκριση και άθροισμα ταξινομημένων ζευγών παραδειγμάτων με τον ορισμό κατωφλίου 	Μέθοδος που βασίζεται σε περιπτώσεις

Πίνακας 5-1: Σύγκριση συστημάτων

Κεφάλαιο 6 – Συμπεράσματα

- 6.1 Γενικά συμπεράσματα
 - 6.2 Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας
-

6.1 Γενικά συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση των συστημάτων που βασίζονται στις περιπτώσεις σε ιατρικά συστήματα για την υποστήριξη αποφάσεων, τη διάγνωση μιας ασθένειας και τη σύσταση θεραπευτικής αγωγής στους ασθενείς.

Το κύριο θέμα με το οποίο καταπιάνεται η διπλωματική εργασία είναι η λεπτομερής ανάλυση τέτοιων συστημάτων με σκοπό να γίνει σαφής το μέγεθος της βοήθειας που παρέχουν τόσο για τους κλινικούς ιατρούς όσο και για απλούς ασθενείς. Η χρήση αυτών των συστημάτων στην ιατρική ξεκίνησε το 1987 και παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον με την ανάπτυξη ολοένα και περισσότερων τέτοιων συστημάτων, κάτι που φαίνεται από τα πολλά άρθρα που έχουν δημοσιευθεί κατά καιρούς και συνεχίζουν να δημοσιεύονται. Ένας αξιοσημείωτος αριθμός των άρθρων αυτών παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία που ακολουθεί πιο κάτω.

Σημαντικός παράγοντας που εξασφαλίζει την αξιοπιστία και κρίνει την απόδοση των συστημάτων που βασίζονται σε περιπτώσεις είναι ο χρόνος. Η έννοια του χρόνου έχει να κάνει κυρίως με την ταχύτητα με την οποία εξάγει τη λύση του το σύστημα. Σε ένα τομέα όπως είναι ο τομέας της ιατρικής, η ανάγκη για γρήγορες και αποτελεσματικές λύσεις είναι πολύ μεγάλη καθώς καθορίζουν την έκβαση της υγείας οποιουδήποτε ασθενή.

Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας ανάκτησης παλαιότερων περιπτώσεων μέσα από μια τεράστια, πολλές φορές, βάση δεδομένων έχει βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό τους κλινικούς

ιατρούς καθώς τους απαλλάσσει από μια εξαιρετικά επίπονη και, τις περισσότερες φορές αδύνατη διαδικασία εύρεσης παρόμοιων περιστατικών. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των συστημάτων λειτουργούν ως δεύτερη γνώμη προς τους κλινικούς ιατρούς, εξαλείφουν το φόβο της έλλειψης γνώσης από ιατρικό προσωπικό που δεν είναι έμπειρο και στοχεύουν στη μείωση του χρόνου διάγνωσης μιας ασθένειας και σύστασης θεραπευτικής αγωγής.

Τα συστήματα που βασίζονται στις περιπτώσεις παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα που είναι ιδιαίτερα σημαντικά. Ο τρόπος με τον οποίο αιτιολογούν μια ασθένεια είναι πανομοιότυπος με τον τρόπο που κάνουν οι κλινικοί ιατροί τις αιτιολογήσεις τους, χρησιμοποιώντας εμπειρογνωμοσύνη. Τα συστήματα αυτά, κτίζουν τη λύση μιας νέας περίπτωσης πάνω στη λύση των περιπτώσεων που είναι αποθηκευμένες στη βάση γνώσης και δεν ξοδεύουν πολύτιμο χρόνο στη δημιουργία μιας νέας λύσης από το μηδέν. Επιπλέον, αποκτούν νέα γνώση σταδιακά, μέσω της εκπαίδευσης που θα έχουν, και η οποία μπορεί να αντληθεί από τη γενίκευση των περιπτώσεων.

Εκτός όμως από πλεονεκτήματα, τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα. Η φάση της ανάκτησης των όμοιων περιπτώσεων μπορεί να γίνει προβληματική λόγω του εξαιρετικά μεγάλου αριθμού των χαρακτηριστικών που εμπλέκονται με τη νέα περίπτωση, φαινόμενο που παρατηρείται συχνά. Παρόλες τις μεθόδους που υπάρχουν, όπως η γενίκευση και η αποτελεσματική αναγνώριση των χαρακτηριστικών, και οι οποίες διορθώνουν μερικώς το ζήτημα αυτό, το πρόβλημα συνεχίζει να υφίσταται. Ανεξάρτητα από το γεγονός ότι η αξιοπιστία ενός συστήματος που βασίζεται στις περιπτώσεις αυξάνεται ανάλογα με την κάλυψη του πεδίου του προβλήματος, δεν μπορεί να θεωρηθεί εγγυημένη. Επιπλέον, η πρόσθεση νέων περιπτώσεων στη βάση γνώσης, πολλές φορές, δεν προσφέρει και μεγαλύτερη αξιοπιστία και ειδικά όταν οι περιπτώσεις προσφέρουν στο σύστημα τοπικές και όχι γενικές βελτιώσεις. Ωστόσο, η χρησιμοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας στα συστήματα αυτά μπορεί να μειώσει στο ελάχιστο αυτά τα μειονεκτήματα.

6.2 Εισηγήσεις για δυνατή επέκταση της εργασίας

Έχοντας αναλύσει σε ικανοποιητικό βαθμό τα συστήματα που βασίζονται σε περιπτώσεις και που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ιατρικής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι εκπληρώνουν το σκοπό για τον οποίο δημιουργούνται και που είναι η παροχή λήψης αποφάσεων, η διάγνωση μιας ασθένειας και η σύσταση θεραπευτικής αγωγής. Ωστόσο, το κάθε σύστημα, από αυτά που έχουν αναλυθεί, παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη ώστε να αποφευχθούν παρόμοια προβλήματα στην ανάπτυξη άλλων συστημάτων. Επομένως χρειάζεται να γίνουν και άλλες εργασίες ή καινούργια συστήματα που θα προσπαθήσουν να ξεπεράσουν τα προβλήματα αυτά και να δουλεύουν με πιο αποδοτικό και αξιόπιστο τρόπο, σε σχέση με τη λειτουργία των υπάρχοντων συστημάτων.

Βιβλιογραφία

1. Jidong Long, Sara Stoecklin, Daniel G. Schwartz, Mahesh K. Patel “*Adaptive similarity metrics in case – based reasoning*”, Department of Computer Science, Florida State University - Ανακτήθηκε 4:35, 14 Μαΐου 2012 από <http://www.cs.fsu.edu/~stoeckli/PublicationsVitae/AdaptiveSimilarityMetrics.pdf>
2. A. Aamodt, E. Plaza “Case – Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches”. *AICom – Artificial Intelligence Communications*, IOS Press, Vol. 7: 1, 1994, pp. 39 – 59
3. Ian Watson, Farhi Marir “*Case – Based Reasoning: A Review*”, Department of Computer Science, University of Auckland, New Zealand – Ανακτήθηκε 4:40, 14 Μαΐου 2012 από <http://www.ai-cbr.org/classroom/cbr-review.html>
4. David W. Aha, Dennis Kibler, Marc K. Albert, “*Instance – Based Learning Algorithms*”, Department of Information and Computer Science, University of California , Irvine, *Machine Learning*, 6, 1991, pp. 37 – 66
5. Craig Stanfill, David Waltz “*Toward Memory – Based Reasoning*”. *Communications of the ACM* Volume 29, Number 12, December 1986, pp. 1213 – 1228
6. Makoto Haraguchi “*Analogical Reasoning using transformations of rules*”. *Bulletin of Informatics and Cybernetics* Vol.22, 1~2, 1986, pp. 1 – 8
7. Dedre Gentner, Arthur B. Markman “*Analogy – Based Reasoning*”. *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, Cambridge, MA: The MIT Press, 1995
8. Abdel – Badeeh M. Salem “*Case Based Reasoning Technology for Medical Diagnosis*”, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 31, 2007, pp. 9 – 13
9. Janet L. Kolodner “*An Introduction to Case – Based Reasoning* College of Computing”, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA U.S.A. *Artificial Intelligence Review* 6, 1992, pp. 3 – 34
10. Janet L. Kolodner “*Reconstructive Memory: A Computer Model**”, Georgia Institute of Technology, *Cognitive Science* 7, 281 – 328 (1983), pp. 282
11. Edwina L. Rissland and Kevin D. Ashley “*A Case – Based System for Trade Secrets Law*”, Department of Computer and Information Science, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003, pp. 61 – 62
12. Phyllis Koton “*Using Experience in Learning and Problem Solving*”, Department of Electrical Engineering and Computer, 1988

13. Janet L. Kolodner and Robert L. Simpson *"The MEDIATOR: Analysis of an Early Case – Based Problem Solver"*, Georgia Institute of Technology, Cognitive Science 13 (1989), pp. 507 – 510
14. Klaus – Dieter Althoff, Frank Maurer, Stefan Wess, Ralph Traphoner *"Moltke – An Integrated Workbench for Fault Diagnosis In Engineering Systems"*, Kaiserslautern Germany pp. 1 – 3
15. Michael M. Richter, Stefan Wess *"Similarity, Uncertainty and Case – Based Reasoning in PATDEX"*, Department of Computer Science, University of Kaiserslautern, Germany pp. 1 – 9
16. «Διάγνωση καρδιακής ανεπάρκειας». Ανακτήθηκε 13:35, 30 Μαρτίου 2012, από http://www.incardiology.gr/pathiseis_ka/ka_diagnosi.htm
17. Isabelle Bichindaritz, Cindy Marling *"Case – Based Reasoning in the Health Sciences: What's Next?"*, University of Washington, USA, and School of Electrical Engineering and Computer Science, Ohio University, USA, pp. 1 – 7
18. K. D. Althoff, R. Bergmann, S. Wess, M. Manago, E. Auriol, O. I. Larichev, A. Bolotov, Y. I. Zhuravlev, S. I. Gurov *"Case – Based Reasoning for Medical Decision Support Tasks: The INRECA Approach"*, Artificial Intelligence in Medicine Journal, Vol. 12, No. 1, Jan. 1998, pp. 24 – 41
19. Janet L. Kolodner *"Maintaining organization in a dynamic long – term memory"*, Cognitive Science, 7:243 – 280, 1983
20. William J. Long, Shapur Naimi, M. G. Criscitiello, Robert Jayes *"The development and use of a causal model for reasoning about heart failure"*, In Symposium on Computer Applications in Medical Care, IEEE, November 1987, pp. 30 – 36
21. Ray Bareiss, Brian M. Sator *"The Evolution of a Case – Based Computational Approach to Knowledge Representation, Classification, and Learning"*, The Institute for the Learning Sciences, Northwestern University, Evanston, IL 60201
22. Ray Bareiss, Bruce W. Porter, Craig C. Wier *"Protos: an exemplar – based learning apprentice"*, University of Texas, Austin, Int. J. Man – Machine Studies, (1988) 29, pp. 549 – 561
23. Martijn van den Branden, Nirmalie Wiratunga, Dean Burton, Susan Craw *"Integrating case – based reasoning with an electronic patient record system"*, The Robert Gordon University, Aberdeen, Scotland, UK, Artificial Intelligence in Medicine 51 (2011) pp. 117 – 123

24. P. Aylin, A. Bottle, B. Jarman *“Standardised mortality ratios, monitoring mortality”*, British Medical Journal, 2009;338:b1745
25. Isabelle Bichindaritz, Emin Kansu, Keith M. Sullivan *“Case – Based Reasoning in CARE – PARTNER: Gathering Evidence for Evidence – Based Medical Practice”*, Fred Hutchinson Cancer Research Center, Seattle, Washington, 1998, pp. 334 – 345
26. Isabelle Bichindaritz *“Solving Safety Implications in a Case Based Decision – Support System in Medicine”*, University of Washington, Tacoma, Institute of Technology, USA
27. Van Bommel, J. H., Musen, M. A. *Handbook of Medical Informatics*, Springer – Verlag, 1997
28. I. Bichindaritz, E. Conlon *“Temporal Knowledge representation and organization for case – based reasoning”*, in Proceedings TIME – 96, IEEE Society Press, 1996, pp. 24 – 29
29. B. L. Humphreys, D. A. B. Lindberg, H. M. Schoolman, G. O. Barnett *“The Unified Medical Language System: An Informatics Research Collaboration”*, J Am Med. Inform Assoc 1, 1998, pp. 1 – 11
30. Dietrich Wettschereck TM, D. W. Aha *“A review and empirical evaluation of feature weighting methods for a class of lazy learning algorithms”*, Intelligence Review, 11(1 – 5), 1997, pp. 273 – 314
31. Y. Shahar *“A Framework for Knowledge – Based Temporal Abstraction”*, Artificial Intelligence 90(1 – 2), 1997, pp. 79 – 133
32. G. L. Murphy, D. L. Medin *“The role of theories in conceptual coherence”*, Psychological Review, 92, 1985, pp. 289 – 316
33. Eleanor Rosch *“Principles of Categorization”*, University of California, Berkeley, 1978, pp. 1 – 25
34. R. Schank *“Dynamic Memory: A theory of reminding and learning in computers and people”*, New York, NY: Cambridge University Press, 1982, pp. 95 – 109
35. Eleanor Rosch, Carolyn B. Mervis *“Family Resemblances: Studies in the Internal Structure of Categories”*, University of California, Berkeley, Cognitive Psychology 7, 1975, pp. 573 – 605
36. D. L. Medin, M. M. Schaffer *“Context theory of classification learning”*, Psychological Review, 1978

37. J. L. Kolodner *"Maintaining organization in a dynamic long – term memory"*, Cognitive Science, 7(4), 1983, pp. 243 – 280
38. S. M. Weiss, A. K. Casmir, S. Amarel *"A model – based method for computer – aided medical decision – making"*, Artificial Intelligence, 11, 1978, pp. 145 – 172
39. H. P. Nii, E. A. Feigenbaum, J. J. Anton, A. J. Rockmore *"Signal – to – symbol transformation: HASP/SIAP case study"*, AI Magazine, 3(2), 1982, pp. 23 – 35
40. B. G. Buchanan, E. H. Shortliffe *"Rule – based Expert Systems (The MYSIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project)"*, Addison – Wesley, 1984
41. T. M. Mitchell, R. M. Keller, S. T. Kedar – Cabelli *"Explanation – based generalization: a unifying view"*, Machine Learning, 1(1), 1986, pp. 47 – 80
42. G. DeJong, R. Mooney *"Explanation – based learning: an alternate view"*, Machine Learning, 1(2), 1986, pp. 145 – 176