



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ**  
**ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**  
**ΚΑΙ ΤΗΛΕΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Του

**Στεριώτη Κωνσταντίνου**

**Επιβλέπων:** Δημήτριος Κουτσούρης

Αθήνα, Οκτώβριος 2015





**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ**  
**ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ**  
**ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**  
**ΚΑΙ ΤΗΛΕΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Του

**Στεριώτη Κωνσταντίνου**

**Επιβλέπων:** Δημήτριος Κουτσούρης

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την .....

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....

## **ΣΤΕΡΙΩΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

Copyright © Στεριώτης Κωνσταντίνος, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος – All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δ. Κουτσούρη για την ανάθεση του θέματος της παρούσας εργασίας. Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τους Χάρη Τσίρμπα και Ιωάννη Κουρή για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδηγησή τους κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους δικούς μου ανθρώπους για την στήριξή τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Στεριώτης Κωνσταντίνος

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

## Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (DSS).....</b>	<b>15</b>
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	16
1.2 Ορισμοί.....	16
1.3 Δομή.....	17
1.4 Είδη ΙΣΥΑ.....	18
1.5 Πλεονεκτήματα και Οφέλη.....	19
1.6 Εφαρμογές.....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (CDSS). 20</b>	
2.1 Ορισμός.....	221
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	221
2.3 Κατηγορίες CDSS.....	2323
2.3.1 Knowledge – based Clinical Decision Support Systems.....	24
2.3.2 Nonknowledge - based Clinical Decision Support Systems.....	25
2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των ΙΣΥΑ.....	25
2.5 Εφαρμογές.....	277
2.6 Μελλοντικές χρήσεις.....	277
2.7 Τεχνικές Πρόβλεψης και Κατηγοριοποίησης.....	28
2.7.1 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning).....	28
2.7.2 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα.....	29
2.7.3 Δέντρα Αποφάσεων.....	366
2.7.4 Μέθοδος Αποτίμησης Μοντέλων.....	37
2.7.5 Επιλογή Τεχνικής Κατηγοριοποίησης.....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ</b>	
<b>ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....</b>	<b>399</b>
3.1 Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση.....	40
3.2 Ιατρική Αποκατάσταση και CDSS.....	43
3.3 Ορολογία.....	43
3.4 ΙΣΥΑ για την επιλογή πρωτοκόλλων Αποκατάστασης για ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος.....	47
3.4.1 Οστεοαρθρίτιδα.....	47
3.4.2 Συλλογή Δεδομένων.....	48

3.4.3 Υλοποίηση του ΙΣΥΑ.....	49
3.4.4 Κατασκευή του ΤΝΔ.....	50
3.4.5 Αποτελέσματα.....	51
3.4.6 Σύνοψη.....	52
3.5 ΙΣΥΑ για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων της Αποκατάστασης ασθενών με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος.....	54
3.5.1 Συλλογή Δεδομένων.....	54
3.5.2 Κατασκευή του ΙΣΥΑ.....	55
3.5.3 Αξιολόγηση του μοντέλου.....	55
3.5.4 Σύνοψη.....	56
3.6 Το ΙΣΥΑ CARDSS.....	57
3.6.1 Καρδιακή Αποκατάσταση.....	57
3.6.2 Κατευθυντήριες γραμμές στην Καρδιακή Αποκατάσταση.....	58
3.6.3 Πλαίσιο Εργασίας GASTON.....	59
3.6.4 Αλγόριθμος.....	59
3.6.5 Πιλοτική δοκιμή.....	60
3.6.6 Ποσοτική αξιολόγηση του συστήματος.....	60
3.6.7 Ποιοτική αξιολόγηση του συστήματος.....	62
3.6.8 Σύνοψη.....	63
3.7 ΙΣΥΑ με εφαρμογή στην Αποκατάσταση ασθενών με Μυοσκελετικές Παθήσεις .....	65
3.7.1 Μυοσκελετικές Παθήσεις (ΜΣΠ).....	65
3.7.2 Μετρήσεις.....	66
3.7.3 Ανάπτυξη αλγόριθμου εκμάθησης μηχανής.....	68
3.7.4 Εκπαίδευση αλγορίθμου.....	69
3.7.5 Αξιολόγηση του Μοντέλου Εκμάθησης Μηχανής.....	70
3.7.6 Αποτελέσματα έρευνας.....	70
3.7.7 Σύνοψη.....	72
3.8 Σύγκριση των ΙΣΥΑ.....	73

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....79**

4.1 Τηλεαποκατάσταση (Tele - Rehabilitation).....	80
4.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	80
4.1.2 Ανθρώπινοι παράγοντες για τον σχεδιασμό της Τηλεαποκατάστασης.....	81
4.2 Ορολογία.....	82
4.3 Το ΙΣΥΑ Smart CDSS.....	87
4.3.1 Μοντέλο Επαγγελματικής Ανάπτυξης των Εφαρμογών Smart Home.....	88
4.3.2 Αρχιτεκτονική SC.....	89
4.3.3 Σχεδιασμός και Αρχιτεκτονική του Smart CDSS.....	90
4.3.4 Εφαρμογή του Smart CDSS και Αποτελέσματα.....	92
4.3.5 Σύνοψη.....	93
4.4 ΚΙΝΟΡΤΙΜ.....	94
4.4.1 Στόχοι της έρευνας.....	95
4.4.2 Δομή ΚΙΝΟΡΤΙΜ.....	95
4.4.3 Σύνοψη.....	98
4.5 Πλατφόρμα PREVIRNEC και εφαρμογή ενός ΙΣΥΑ για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων Γνωστικής Αποκατάστασης για ασθενείς με ABI.....	100
4.5.1 Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα.....	100
4.5.2 Μοντελοποίηση του Συστήματος.....	101
4.5.3 Η Πλατφόρμα Γνωστικής Τηλεαποκατάστασης PREVIRNEC.....	101
4.5.4 Τεχνολογίες.....	102
4.5.5 Αλγόριθμος.....	103
4.5.6 Δεδομένα εισόδου.....	104
4.5.7 Αξιολόγηση Μοντέλου.....	105
4.5.8 Σύνοψη.....	107
4.6 Η πλατφόρμα GNPT και ο αλγόριθμος ΙΤΑ.....	109
4.6.1 Η πλατφόρμα GNPT.....	109
4.6.2 Ο αλγόριθμος ΙΤΑ.....	113
4.6.3 Αξιολόγηση.....	115



4.6.4 Σύνοψη.....	118
4.7 Σύγκριση των ΙΣΥΑ.....	120
4.7.1 Είσοδος δεδομένων.....	120
4.7.2 Αλγόριθμοι επεξεργασίας δεδομένων.....	121
4.7.3 Αξιολόγηση των μοντέλων.....	121
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα.....</b>	<b>123</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>126</b>

## Ευρετήριο Εικόνων

<i>Εικόνα 1.1: Δομή Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης.....</i>	<i>18</i>
<i>Εικόνα 2.1: Αρχιτεκτονική MYCIN.....</i>	<i>23</i>
<i>Εικόνα 2.2: Παράδειγμα Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.....</i>	<i>31</i>
<i>Εικόνα 3.1: Ιατρική αποκατάσταση σε θάλαμο νοσοκομείου - Β' Παγκόσμιος Πόλεμος.....</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 3.2: Ακτινογραφική απεικόνιση των 5 Βαθμίδων του κριτηρίου Kellgren-Lawrence</i>	<i>48</i>
<i>Εικόνα 3.3: Διεπαφή χρήστη του ΙΣΥΑ.....</i>	<i>55</i>
<i>Εικόνα 3.4: Λογότυπο του CARDSS.....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 4.1: Αρχιτεκτονική Smart CDSS.....</i>	<i>90</i>
<i>Εικόνα 4.2: MLM για προτάσεις αποθεραπείας ασθενών με διαβήτη.....</i>	<i>91</i>
<i>Εικόνα 4.3: MLM για την διάγνωση του διαβήτη.....</i>	<i>92</i>
<i>Εικόνα 4.4: Διαδικασία Αποκατάστασης με την πλατφόρμα GNPT.....</i>	<i>111</i>
<i>Εικόνα 4.5: Διαδικασία Κατηγοριοποίησης ασθενούς με την πλατφόρμα GNPT.....</i>	<i>112</i>
<i>Εικόνα 4.6: Διάγραμμα αλγορίθμου ΙΤΑ.....</i>	<i>114</i>
<i>Εικόνα 4.7: Εργασίες Αποκατάστασης επιλεγμένες με τον παραδοσιακό τρόπο (μπλε ράβδοι) και με την χρήση του ΙΤΑ (κόκκινες ράβδοι).....</i>	<i>116</i>
<i>Εικόνα 4.8: Σύγκριση αποτελεσμάτων εκτέλεσης εργασιών μεταξύ των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τους Ιατρούς και προγραμμάτων που σχεδιάζουν οι 2 εκδόσεις του ΙΤΑ. Με κόκκινο χρώμα το ποσοστό των ασθενών που βρίσκονται στο Υποθεραπευτικό εύρος και αντίστοιχα πράσινο και μπλε χρώμα για το Θεραπευτικό και το Υπερθεραπευτικό εύρος.....</i>	<i>117</i>
<i>Εικόνα 4.9: Σύγκριση βελτίωσης κατάστασης ασθενών μεταξύ προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τους Ιατρούς (αριστερή στήλη) και τον ΙΤΑ (δεξιά στήλη).....</i>	<i>118</i>

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Ορισμός των TP, FP, FN, TN.....	45
Πίνακας 2: Δημογραφικά, κλινικά δεδομένα ασθενών και παράμετροι περιγραφής θεραπείας.....	51
Πίνακας 3: Ακρίβεια πρόβλεψης μοντέλου με 1 κρυφή στοιβάδα.....	52
Πίνακας 4: Αποτελέσματα δοκιμών: διαφορές στην ταύτιση των προτάσεων με τις κατευθυντήριες γραμμές μεταξύ των κλινικών με την έκδοση A και αυτών με την έκδοση B.....	61
Πίνακας 5: Σύγκριση απόδοσης των προτάσεων Αποκατάστασης των Ιατρων (1 <sup>η</sup> τιμή) με αυτή των των προτάσεων του συστήματος (2 <sup>η</sup> τιμή).....	71
Πίνακας 6: Απόδοση εκπαίδευσης αρνητικών κανόνων.....	72
Πίνακας 7: Σύγκριση ΙΣΥΑ 1 και 2.....	75
Πίνακας 8: Σύγκριση των ΙΣΥΑ του κεφαλαίου.....	78
Πίνακας 9: Πρόσβαση χρηστών στις υπηρεσίες της πλατφόρμας.....	97
Πίνακας 10: Δέντρα Απόφασης με διαφορετικούς συντελεστές εμπιστοσύνης.....	106
Πίνακας 11: Αποτελέσματα μοντέλων με MLPs με διαφορετικές δομές δικτύου και παραμέτρους.....	106
Πίνακας 12: Αποτελέσματα μοντέλων με GRNNs με διαφορετικό Spread.....	107
Πίνακας 13: Αποτελέσματα μεθόδου διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη για όλα τα μοντέλα. Με <b>bold</b> τα καλύτερα αποτελέσματα.....	107
Πίνακας 14: Σύγκριση ΙΣΥΑ κεφαλαίου.....	122



## Πρόλογος

Τις τελευταίες δεκαετίες τα πληροφοριακά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς εργασιακούς χώρους. Χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων, την πρόγνωση και την λήψη αποφάσεων. Ο όγκος των ηλεκτρονικών δεδομένων που έχουν συσσωρευτεί είναι πολύ μεγάλος και η αξιοποίησή του αποτελεί πρόκληση για τους σύγχρονους μηχανικούς.

Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (Decision Support Systems) αποτελούν ένα αξιόπιστο εργαλείο στην προσπάθεια αυτή και η χρήση τους βοηθά στην λήψη σωστών αποφάσεων σε διάφορους τομείς. Παραδείγματα εφαρμογής τους βρίσκουμε στον τραπεζικό τομέα, στην διοίκηση επιχειρήσεων, στον τομέα του μάρκετινγκ, στην αγροτική παραγωγή, στις τηλεπικοινωνίες, στον τομέα της Υγείας και σε πολλούς άλλους τομείς. Ο τομέας της Υγείας, είναι από αυτούς με το πλέον ιδιαίτερο ενδιαφέρον εφαρμογής των ΣΥΑ. Τα Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΙΣΥΑ) είναι διαδραστικά συστήματα, που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές της Ιατρικής, με το να συμβουλεύουν τους Ιατρούς, ώστε αυτοί να πάρουν την ορθή απόφαση. Στην παρούσα εργασία, θα ασχοληθούμε με ΙΣΥΑ που χρησιμοποιούνται στην Αποκατάσταση ασθενών με σωματικές ή νοητικές βλάβες.

Ο τομέας της Ιατρικής Αποκατάστασης έχει εκμεταλλευτεί την ραγδαία εξέλιξη των τεχνολογιών επικοινωνίας και πληροφοριών, ώστε να προσφέρει τις υπηρεσίες του και σε ασθενείς, οι οποίοι δε νοσηλεύονται στο νοσοκομείο. Με τον τρόπο αυτό μειώνονται τα έξοδα των Νοσοκομείων και του ασθενούς, χωρίς να μειώνεται η ποιότητα παροχής ιατρικής φροντίδας. Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί ΙΣΥΑ, τα οποία εφαρμόζονται στον τομέα της Ιατρικής Αποκατάστασης και Τηλεαποκατάστασης, ώστε οι εξειδικευμένοι Ιατροί να διευκολύνονται στην λήψη της απόφασης για τον καταρτισμό των προγραμμάτων Αποκατάστασης που θα ακολουθήσουν οι ασθενείς.

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει και συγκρίνει Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων, τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στον τομέα της Ιατρικής Αποκατάστασης και Τηλεαποκατάστασης. Η εργασία οργανώνεται ως εξής:

- Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων
- Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Ιατρικά Συστήματα Αποφάσεων, καθώς και κάποιες τεχνικές πρόβλεψης και κατηγοριοποίησης, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό των αλγορίθμων των ΙΣΥΑ που παρουσιάζονται στην εργασία
- Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται ΙΣΥΑ που χρησιμοποιούνται στον τομέα της Αποκατάστασης

- Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφονται ΙΣΥΑ που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές Τηλεαποκατάστασης
- Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (DSS)**

Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΣΥΑ) είναι διαδραστικά υπολογιστικά συστήματα, τα οποία βοηθούν τους χρήστες τους σε διαδικασίες επιλογής και κρίσης. Παρέχουν την δυνατότητα μοντελοποίησης της διαδικασίας λήψης της απόφασης, αλλά και αποθήκευσης δεδομένων και επανάκτησής τους. Υποστηρίζουν την δημιουργία πλαισίων και μοντέλων και τη λύση προβλημάτων.

## 1.1 Ιστορική Αναδρομή

Από τα τέλη της δεκαετίας του '50 και τις αρχές της δεκαετίας του '60 γεννήθηκε η ανάγκη για δημιουργία πληροφοριακών Συστημάτων Υποστήριξης λήψης Αποφάσεων (ΣΥΑ). Οι Ferguson και Jones το 1969 δημοσίευσαν την πρώτη πειραματική μελέτη μιας εφαρμογής προγραμματισμού παραγωγής, με την χρήση ενός υπολογιστή IBM 7094. Την ίδια εποχή ο Scott Morton μελέτησε πώς οι υπολογιστές και τα αναλυτικά μοντέλα μπορούσαν να συμβάλλουν στη λήψη αποφάσεων σε καίρια ζητήματα των επιχειρήσεων, διεξάγοντας πείραμα στο οποίο διευθυντές μάρκετινγκ και παραγωγής χρησιμοποίησαν ένα Σύστημα Διαχείρισης Αποφάσεων για τον συντονισμό του σχεδιασμού της παραγωγής εξαρτημάτων πλυντηρίου.

Το θεωρητικό υπόβαθρο για τις έρευνες στον τομέα αυτόν αναπτύχθηκε κυρίως στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας του Carnegie και στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης. Σε αυτό συνέβαλαν μελέτες επιστημόνων, όπως του Dantzig (1952) ο οποίος ξεκίνησε την εφαρμογή του γραμμικού προγραμματισμού σε πειραματικούς υπολογιστές. Πάντως ο τομέας των Συστημάτων Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων έγινε ανεξάρτητη περιοχή έρευνας στα μέσα της δεκαετίας του 1970, όταν και δημιουργήθηκαν τα πρώτα συστήματα από τους Peter Keen, Charles Stabell, Scott Morton, Ralph Sprague και Andrew Whinston.

Η μεγάλη εξέλιξη στα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων ήρθε τις τελευταίες δεκαετίες με την πρόοδο των υπολογιστών και την κατασκευή ισχυρών μηχανημάτων, την κυκλοφορία των προσωπικών υπολογιστών. Ακόμα, η ανάπτυξη του διαδικτύου, καθώς και των δικτύων υπολογιστών έφερε πολύ σημαντική πρόοδο στην έρευνα και στην σχεδίαση αυτών των συστημάτων[1].

## 1.2 Ορισμοί

Το 1970 ο Little όρισε ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) ως ένα σύνολο διαδικασιών για την επεξεργασία δεδομένων και κρίσεων, με στόχο την παροχή βοήθειας στους υπεύθυνους στην διαδικασία λήψης μιας απόφασης. Για να κριθεί επιτυχημένο ένα τέτοιο σύστημα, θα πρέπει να είναι απλό, εύρωστο, εύκολο στον έλεγχό του, προσαρμόσιμο και προσιτό στην επικοινωνία με τον χρήστη



Τρεις επιπλέον ορισμοί για τα ΣΥΑ δόθηκαν από τους Moore και Chang (1980), τους Bonczek, Holsapple και Whinston (1980) και Keen (1980). Οι πρώτοι όρισαν ένα ΣΥΑ ως ένα επεκτατό σύστημα ικανό να υποστηρίξει μια εξειδικευμένη ανάλυση δεδομένων και τη μοντελοποίηση μιας απόφασης. Οι Bonczek, Holsapple και Whinston ορίζουν ένα ΣΥΑ ως ένα υπολογιστικό σύστημα, το οποίο αποτελείται από τα τρία μέρη που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους:

-Ένα γλωσσικό σύστημα, το οποίο παρέχει επικοινωνία μεταξύ του χρήστη και των υπόλοιπων στοιχείων του ΣΥΑ

-Ένα σύστημα γνώσης, στο οποίο είναι αποθηκευμένη η απαραίτητη γνώση για την επίλυση ενός προβλήματος ενός συγκεκριμένου τομέα.

- Ένα σύστημα επεξεργασίας του προβλήματος, το οποίο είναι ο σύνδεσμος μεταξύ των δύο υπολοίπων μερών του ΣΥΑ, και διαθέτει τις ικανότητες για τον χειρισμό του προβλήματος, ώστε να παρθεί η κατάλληλη απόφαση.

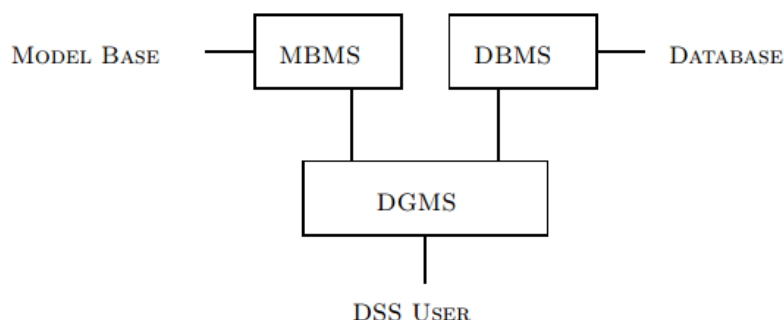
Τέλος, ο Keen ορίζει τα ΣΥΑ ως τα προϊόντα της εξελικτικής διαδικασίας στην οποία ο χρήστης των ΣΥΑ, ο δημιουργός τους και τα ίδια τα ΣΥΑ είναι ικανά να επηρεάσουν ο ένας τον άλλον, καταλήγοντας στην εξέλιξη του συστήματος και του μοτίβου της χρήσης του[2].

### 1.3 Δομή

Τα ΣΥΑ αποτελούνται από 3 θεμελιώδη μέρη[2,3]:

1. **Υποσύστημα διαχείρισης δεδομένων (Database Management System – DBMS):** Σκοπός του είναι η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων, σχετικών με την κατηγορία των προβλημάτων, για την λύση των οποίων έχει σχεδιαστεί το ΣΥΑ. Διαθέτει λογικές δομές δεδομένων, όπου ο χρήστης είτε αποθηκεύει δεδομένα είτε ανακτά. Ακόμα, ενημερώνει τον χρήστη για το είδος των δεδομένων που διαθέτει και για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτά.
2. **Υποσύστημα διαχείρισης μοντέλων (Model-base management system – MBMS):** Βασικός σκοπός του υποσυστήματος αυτού είναι η μετατροπή δεδομένων από το υποσύστημα διαχείρισης δεδομένων σε χρήσιμη πληροφορία για την λήψη της απόφασης. Επίσης, παρέχει βοήθεια στον χρήστη για την κατασκευή του μοντέλου.
3. **Υποσύστημα διαχείρισης και δημιουργίας διαλόγου (Dialog generation and management system – DGMS):** Βοηθάει τον χρήστη στον χειρισμό του ΣΥΑ, ώστε να επωφεληθεί στον μεγαλύτερο βαθμό από αυτό

Παρόλο που τα υπάρχοντα ΣΥΑ είναι ποικίλα, οι περισσότερες αρχιτεκτονικές, βάσει των οποίων σχεδιάζονται, περιέχουν τα παραπάνω στοιχεία. Ο χρήστης επικοινωνεί με το σύστημα μέσα από το υποσύστημα διαχείρισης και δημιουργίας διαλόγου, το οποίο επικοινωνεί με την σειρά του με το υποσύστημα διαχείρισης δεδομένων και το υποσύστημα διαχείρισης μοντέλων, τα οποία οδηγούν στην λήψη και στην παρουσίαση στον χρήστη της τελικής απόφασης.



Εικόνα 1.1 Δομή Συστήματος Υποστήριξης Απόφασης

## 1.4 Τύποι ΣΥΑ

Τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων μπορούν να ταξινομηθούν με πολλούς τρόπους. Ο πιο κοινός έχει ως εξής[4]:

1. **Data driven DSS:** Αυτού του τύπου ΣΥΑ διαθέτουν συστήματα αποθήκευσης αρχείων, συστήματα ανάλυσης δεδομένων και πληροφοριών, αποθηκευτικούς χώρους δεδομένων και δίνουν έμφαση στην πρόσβαση και στην επεξεργασία μεγάλων βάσεων δομημένων δεδομένων
2. **Model driven:** Το ΣΥΑ καθοδηγείται από ένα μοντέλο, το οποίο μπορεί να προέρχεται από διάφορους χώρους, όπως οικονομικό μοντέλο, μοντέλο αναπαράστασης, μοντέλο βελτιστοποίησης, κ.α.. Με αυτού του τύπου τα ΣΥΑ, σημασία δίνεται στην πρόσβαση και την διαχείριση ενός μοντέλου και όχι δεδομένων.
3. **Knowledge driven:** Τα συστήματα αυτά παρέχουν προτάσεις, ούτως ώστε να βοηθήσουν τον χρήστη στην επιλογή εναλλακτικής λύσης σε ένα πρόβλημα. Επικεντρώνονται στην γνώση και στηριζόμενα στην βάση γνώσης τους κάνουν τις προτάσεις τους. Είναι ειδικά συστήματα για την επίλυση προβλημάτων και χρησιμοποιούνται στην εξόρυξη δεδομένων (data mining).
4. **Document Driven:** Τα συστήματα αυτά βοηθούν στην ανάκτηση και στην διαχείριση μη δομημένων εγγράφων και ιστοσελίδων με την ενσωμάτωση τεχνολογιών αποθήκευσης και επεξεργασίας. Παρέχουν πρόσβαση σε

έγγραφα, όπως πολιτικές εταιριών, καταλόγους προϊόντων, εταιρικά ιστορικά έγγραφων, διάρκειες συναντήσεων κ.α. και καθοδηγούνται από μηχανές αναζήτησης.

5. **Communication driven:** Τέτοιου τύπου ΣΥΑ δίνουν έμφαση στην χρήση μοντέλων επικοινωνίας και απόφασης, τα οποία έχουν σκοπό την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων που παίρνουν τις αποφάσεις, ώστε να διευκολυνθεί η επίλυση του προβλήματος που αντιμετωπίζουν. Παρέχουν δυνατότητες ηλεκτρονικής επικοινωνίας, σχεδιασμού συναντήσεων και κοινοποίησης εγγράφων.

## 1.5 Πλεονεκτήματα και Οφέλη

Ένα ΣΥΑ παρέχει υποστήριξη σε όλες τις φάσεις μιας διαδικασίας λήψης απόφασης και ο υπεύθυνος για την τελική απόφαση έχει τον έλεγχο σε όλα τα στάδια της διαδικασίας. Είναι εύκολο στην χρήση και είναι ικανό να βοηθήσει στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται με την βοήθεια ενός ΣΥΑ είναι περισσότερο αντικειμενικές και συνεπείς. Ακόμα, η χρήση των ΣΥΑ οδηγεί στην ταχύτερη λήψη αποφάσεων, οπότε και στην μείωση του χρόνου επίλυσης των προβλημάτων, άρα και στην μείωση του κόστους. Βοηθά στην ανακάλυψη νέων προσεγγίσεων και στρατηγικών στην επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Επίσης, διευκολύνει την συνεργασία και την επικοινωνία μεταξύ διεπιστημονικών ομάδων. Τέλος, μειώνει τους χρόνους εκπαίδευσης, καθώς η εμπειρία των ειδικών είναι διαθέσιμη στους αλγόριθμους των συστημάτων[2].

Από την άλλη, υπάρχει δυσπιστία όσον αφορά τον σημαντικό ρόλο των μηχανών στην διαδικασία κρίσιμων αποφάσεων. Ακόμα, φόρτωση του συστήματος με μεγάλες ποσότητες πληροφοριών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος. Η υπερβολική εξάρτηση του προσωπικού από τους υπολογιστές, πολλές φορές οδηγεί σε ένα λανθασμένο αίσθημα αντικειμενικότητας, στην μετάθεση των ευθυνών στους δημιουργούς του συστήματος και στο ίδιο το σύστημα, και σε έναν επικίνδυνο εφησυχασμό.

## 1.6 Εφαρμογές

Την σημερινή εποχή τα Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά πεδία γνώσης και αρκετούς τομείς επιχειρηματικότητας, όπως είναι η ιατρική διάγνωση με τα Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων. Χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε θέματα διοίκησης επιχειρήσεων και στον τομέα του μάρκετινγκ. Ακόμα, τα συναντάμε στην αγροτική παραγωγή - και ειδικότερα στο μάρκετινγκ για την αειφόρο ανάπτυξη - στην χρηματιστηριακή αγορά, στην διαχείριση δασών, τα δίκτυα συγκοινωνιών (ένα παράδειγμα είναι ο Εθνικός Σιδηρόδρομος του Καναδά), καθώς και σε άλλους τομείς.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

# **ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ (CDSS)**

Η ραγδαία ανάπτυξη των σύγχρονων τεχνολογιών πληροφορικής, και ειδικότερα των υπολογιστικών συστημάτων που συνδράμουν στην διαδικασία λήψης αποφάσεων, δεν θα μπορούσε να μην βρει εφαρμογή και στον κλάδο της Υγείας. Σε αυτή την περίπτωση, σκοπός των συστημάτων αυτών είναι η υπό-βοήθηση κλινικών αποφάσεων θεραπευτικού ή και διαγνωστικού χαρακτήρα με βάση τα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά του ασθενούς. Τα ΙΣΥΑ, με κατάλληλη χρήση, έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο διδάσκεται και ασκείται η Ιατρική.

## 2.1 Ορισμός

Σύμφωνα με τον Spiegelhalter, τα Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων (ΙΣΥΑ) είναι δυναμικά συστήματα γνώσης, τα οποία χρησιμοποιούν δύο ή τρία δεδομένα για τον ασθενή για να δημιουργήσουν μία συμβουλή για την συγκεκριμένη περίπτωση[5]. Ο Robert Hayward του Centre for Health Evidence ορίζει τα ΙΣΥΑ ως συστήματα που συνδέουν τις ιατρικές παρατηρήσεις με ιατρική γνώση με σκοπό να επηρεάσουν τις αποφάσεις των ιατρών για ποιοτικότερη φροντίδα του ασθενούς[6].

Τα ΙΣΥΑ μπορεί να είναι από απλές ρουτίνες μετατροπής του συστήματος απόφασης σε ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια, έως ευφυή συστήματα, που μόνα τους εξαγάγουν την γνώση και εκπαιδεύονται για επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων. Δεν έχουν σκοπό να αντικαταστήσουν τους ιατρούς και να παίρνουν αποφάσεις για αυτούς, αλλά να τους συμβουλεύουν στην διαδικασία λήψης της απόφασης.

## 2.2 Ιστορική αναδρομή

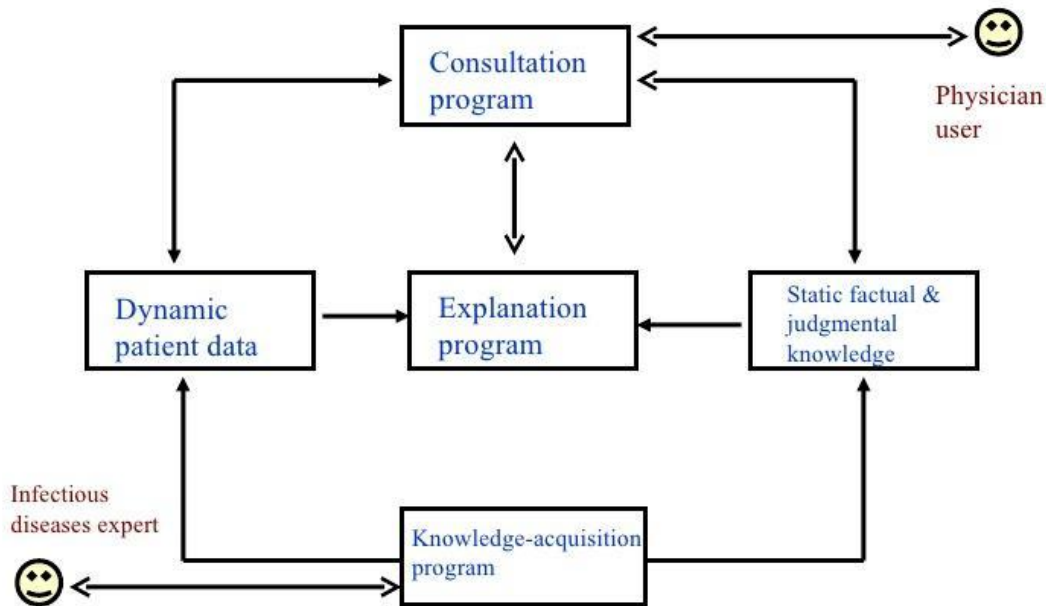
Η πρώτη γενιά των ΙΣΥΑ εμφανίστηκε στο τέλος της δεκαετίας του 1950 και αποτελούνταν από δέντρα αποφάσεων και πίνακες αληθείας. Πολλά από αυτά τα συστήματα παρέμειναν σαν ερευνητικά προγράμματα. Η δεύτερη γενιά των ΙΣΥΑ είχε ως βάση στατιστικές μεθοδολογίες, ενώ η τρίτη περιλαμβάνει έμπειρα συστήματα και ευφυείς τεχνικές. Στην τελευταία, λοιπόν, γενιά των συστημάτων αυτών, ο ιατρός εισαγάγει τα δεδομένα του ασθενούς και το προφίλ του με την εισαγωγή των συμπτωμάτων ή απαντώντας σε ερωτήσεις. Έπειτα το σύστημα επικοινωνεί άμεσα με συσκευές καταγραφής και ανάλυσης σημάτων απ' όπου και ενημερώνεται για το προφίλ του εξεταζομένου. Το σύστημα ΙΣΥΑ είναι τμήμα ενός ολοκληρωμένου συστήματος από το οποίο, και μέσω του φακέλου ασθενούς, ενημερώνεται για τα στοιχεία του εξεταζομένου[7].

Μερικές χρονολογίες ορόσημα στην ιστορική διαδρομή των ΙΣΥΑ[8]:

- 1959: Οι Ledley και Lusted προτείνουν ένα μαθηματικό μοντέλο για τις ιατρικές διαγνώσεις στο άρθρο τους 'Reasoning foundations of medical diagnosis; symbolic logic, probability, and value theory aid our understanding of how physicians reason', το οποίο εκδόθηκε στο Science.
- 1961: Ο Homer Warner, του Πανεπιστημίου της Utah, αναπτύσσει ένα μαθηματικό μοντέλο για την διάγνωση συγγενών καρδιακών νόσων. Η προσέγγισή του χρησιμοποιεί έναν πίνακα ενδεχομένων με διαγνώσεις στις σειρές και συμπτώματα στις στήλες. Το σύστημα δίνει ως αποτέλεσμα την διάγνωση με την υψηλότερη εξαρτημένη πιθανότητα δεδομένου του συνόλου των συμπτωμάτων.
- 1964: Ο Morris Collen του Kaiser αναπτύσσει ένα σύστημα για αυτόματες πολυφασικές διαγνώσεις. Οι ασθενείς απαντούσαν σε ένα ερωτηματολόγιο με Ναι ή Όχι. Ο υπολογιστής χρησιμοποιεί αυτές τις απαντήσεις για να δώσει μια προκαταρκτική διάγνωση.
- 1969: Ο Howard Bleich δημιουργεί ένα σύστημα που έχει ως στόχο να προτείνει θεραπεία για διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας. Είναι το πρώτο χρονικά ΙΣΥΑ που προτείνει σχέδιο διαχείρισης επιπρόσθετα με την διάγνωση.
- 1972: Το F.T. de Dombal χτίζει ένα πιθανολογικό μοντέλο για την εξήγηση γαστρικών πόνων. Ο υπολογιστής προέβλεπε την σωστή χειρουργική διάγνωση στο 91,8% των περιπτώσεων. Κατά μέσο όρο, το αντίστοιχο ποσοστό ενός έμπειρου ιατρού ήταν 79,6%.
- 1972: Δημιουργείται το σύστημα HELP (Health Evaluation through Logical Programming), το οποίο θα είναι η βάση για πολλά ερευνητικά προγράμματα στον τομέα της υποστήριξης λήψης ιατρικών αποφάσεων.
- 1975: Ο Ted Shortliffe του Stanford δημιουργεί το MYCIN, ένα ειδικό σύστημα για την χορήγηση αντιβιοτικών. Το MYCIN πρότεινε αποδεκτή θεραπεία στο 75% των περιπτώσεων, και βελτιωνόταν καθώς καινούριοι κανόνες προσθέτονταν.
- 1976: Οι Pauker και Gorry δημιουργούν το σύστημα PIP (Present Illness Program), το οποίο αξιολογεί τους ασθενείς με οίδημα.
- 1981: Οι Randy Miller, Harry Pople και Jack Meyers δημιουργούν το INTERNIST-I. Το INTERNIST-I, ένα διαγνωστικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, είναι το πρώτο DSS που εκτείνεται σε όλο τον τομέα της εσωτερικής παθολογίας.
- 1983: Ο Perry Miller δημιουργεί το σύστημα ATTENDING για την διαχείριση της αναισθησίας.
- 1987: Ο Octo Barnett δημιουργεί το DXPlain, ένα διαγνωστικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων παρόμοιο με το INTERNIST.
- 1993: Το Brigham and Women's Hospital κυκλοφορεί το σύστημα BICS (Brigham Integrated Computing System), το οποίο δημιουργήθηκε από τον Jonathan Teich.

Άλλα αξιόλογα ΙΣΥΑs είναι τα LEEDS – Abdominal Pain System, INTERNIST II, QMR, ILIAD.

# The MYCIN Architecture



Εικόνα 2.1 Αρχιτεκτονική MYCIN [68]

## 2.3 Κατηγορίες CDSS

Η Jane Metzger, η τωρινή γενικός διευθυντής επιχειρήσεων στο Carney Hospital του Dorchester, και οι συνάδελφοί της περιέγραψαν τα ΙΣΥΑ σε διάφορες διαστάσεις. Σύμφωνα με το πλαίσιο τους, τα ΙΣΥΑ διαφέρουν μεταξύ τους στο χρονικό σημείο στο οποίο παρέχουν την βοήθειά τους στο ιατρικό προσωπικό (πριν, κατά την διάρκεια, ή μετά από την κλινική απόφαση) και στο πόσο ενεργά συμμετέχουν στην τελική απόφαση (ένα ΙΣΥΑ μπορεί για παράδειγμα να δίνει προειδοποιητικά σήματα ή απλά να αποκρίνεται στην εισαγωγή δεδομένων και πληροφοριών του ασθενούς από τον χρήστη του). Ακόμα, τα ΙΣΥΑ ποικίλουν στο πόσο εύκολο ή δύσκολο είναι για τους απασχολημένους γιατρούς να έχουν πρόσβαση σε αυτά. Αν και τα ΙΣΥΑ εξελίσσονται εδώ και 30 χρόνια, πολλά από αυτά είναι αυτόνομα συστήματα, ενώ άλλα μέρη ενός υπολογιστικού συστήματος. Άλλη μια διαφορά μεταξύ των διαφόρων ΙΣΥΑ έγκειται στο αν η πληροφορία που δίνουν είναι γενική ή εξειδικευμένη[9].

Τα ΙΣΥΑ διαχωρίζονται, ακόμα, σε αυτά τα συστήματα που βασίζονται στην γνώση (knowledge – based systems) και σε αυτά που δεν βασίζονται στην γνώση (nonknowledge – based systems)

### 2.3.1 Knowledge – based Clinical Decision Support Systems

Πολλά από τα σημερινά συστήματα αυτής της κατηγορίας προέκυψαν από την πρώιμη έρευνα για ειδικά συστήματα, όπου ο στόχος ήταν η δημιουργία προγραμμάτων που θα μπορούσαν να προσομοιώσουν την ανθρώπινη σκέψη. Η Ιατρική θεωρήθηκε τότε ένα καλό πεδίο στο οποίο αυτή η ιδέα θα μπορούσε να εφαρμοστεί. Τα τελευταία 20 χρόνια τα συστήματα αυτά εξελίχθηκαν ώστε να βοηθούν τον γιατρό να παίρνει την απόφαση και όχι να τον αντικαθιστούν. Ο χρήστης πρέπει να φιλτράρει την πληροφορία που δέχεται από τα ΙΣΥΑ και να απορρίπτει τις άχρηστες και εσφαλμένες πληροφορίες και να μην είναι περιμένει παθητικά το σύστημα να του καταδείξει την τελική απόφαση.

Τα Knowledge – based ΙΣΥΑ αποτελούνται από 3 μέρη. Αυτά είναι 1) η Βάση Γνώσης, 2) η Μηχανή Συμπερασμού και 3) ο Μηχανισμός Επικοινωνίας με τον χρήστη (είσοδος/έξοδος)[9,10].

#### **A) Είσοδος (Input)**

Σε κάποια αυτόνομα συστήματα τα δεδομένα του ασθενούς πρέπει να εισαχθούν απευθείας από τον χρήστη. Στα περισσότερα ΙΣΥΑ που είναι ενσωματωμένα σε συστήματα Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων, τα δεδομένα βρίσκονται ήδη σε ηλεκτρονική μορφή και προέρχονται από τον ηλεκτρονικό φάκελο του ασθενούς, όπου είχαν εισαχθεί από τον γιατρό ή προήλθαν από εργαστηριακά, φαρμακευτικά και άλλα συστήματα.

Ο τρόπος, λοιπόν, που τα δεδομένα εισάγονται στο ΙΣΥΑ ποικίλει από σύστημα σε σύστημα. Τα περισσότερα, όμως, διαγνωστικά συστήματα απαιτούν από τον χρήστη να επιλέξει όρους από το εξειδικευμένο λεξιλόγιο του ίδιου του συστήματος. Οι ερευνητές των ΙΣΥΑ ανέκαθεν προσπαθούσαν να το αλλάξουν αυτό και να εξελίξουν τα ΙΣΥΑ ώστε να κατανοούν την φυσική γλώσσα.

#### **B) Βάση Γνώσης (Knowledge Base)**

Για να λειτουργήσει σωστά ένα ΙΣΥΑ, πρέπει να διαθέτει μια μορφή ιατρικής γνώσης. Προφανώς, η μέθοδος κωδικοποίησης της γνώσης αυτής πρέπει να ταιριάζει με τον σχεδιασμό της μηχανής συμπερασμού. Η βάση γνώσης κατά κανόνα, αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων τύπου IF – THEN. Σε άλλα ΙΣΥΑ, η βάση γνώσης περιέχει πιθανολογικές αντιστοιχίες μεταξύ συμπτωμάτων και διαγνώσεων, ή γνωστές αλληλεπιδράσεις φαρμάκου με φάρμακο ή φαρμάκου με κάποια τροφή.

Αφού δημιουργηθεί η βάση γνώσης του ΙΣΥΑ και συμπληρωθεί με δεδομένα, το επόμενο βήμα είναι η συντήρησή της. Από την στιγμή που τα περισσότερα ΙΣΥΑ ξεκινούν σαν επιδοτούμενες ακαδημαϊκές εργασίες, όταν σταματήσει η χρηματοδότηση, η εξέλιξη της βάσης γνώσης τους σταματά. Η εργασία συντήρησης



μια βάσης γνώσης είναι χρονοβόρα και η αγορά των ΙΣΥΑ σχετικά μικρή, με αποτέλεσμα να καθίσταται ασύμφορη οικονομικά η συντήρηση ενός ΙΣΥΑ. Η απόκτηση και η ανανέωση της γνώσης έχει αναγνωριστεί ως ένα ιδιαίτερο πρόβλημα στην έρευνα των ΙΣΥΑ.

### **Γ) Μηχανή Συμπερασμού (Inference Engine)**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι προγραμματισμού μιας μηχανής συμπερασμού. Η μηχανή συμπερασμού είναι το μέρος του ΙΣΥΑ, το οποίο συνδυάζει τα δεδομένα που εισάγει ο χρήστης με τα δεδομένα που περιέχει η βάση γνώσης σύμφωνα με ένα λογικό σύστημα για να εξάγει το συμπέρασμα. Οι χρήστες του συστήματος δεν χρειάζεται να γνωρίζουν τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής συμπερασμού.

### **Δ) Έξοδος (Output)**

Η έξοδος ενός knowledge – based ΙΣΥΑ μπορεί να έχει την μορφή μιας συμβουλευτικής πρότασης για τον γιατρό ή προειδοποιητικών μηνυμάτων και σημάτων. Συνήθως, πάντως, είναι μία λίστα ενδεχομένων, ταξινομημένων βάσει των πιθανοτήτων τους. Βέβαια, κάποιες φορές οι γιατροί δεν ενδιαφέρονται για την πιο πιθανή διάγνωση σαν έξοδο από το ΙΣΥΑ, αφού για αυτούς αυτή είναι γνωστή. Επιθυμούν, λοιπόν, το ΙΣΥΑ να τους δώσει την πιο απίθανη διάγνωση, αυτή την οποία οι ίδιοι δεν θα μπορούσαν να σκεφτούν.

## **2.3.2 Nonknowledge – based Clinical Decision Support Systems**

Σε αντίθεση με τα βασισμένα στην γνώση συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, αυτού του τύπου τα ΙΣΥΑ χρησιμοποιούν μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης που αποκαλείται Μηχανική Μάθηση (Machine Learning). Ο υπολογιστής *μαθαίνει* από προηγούμενες εμπειρίες και αναγνωρίζει μοτίβα στα ιατρικά δεδομένα. Ενώ, λοιπόν, στα Knowledge – based ΙΣΥΑ η ιατρική γνώση πρέπει να κωδικοποιηθεί σε κάποια αριθμητική μορφή, τα Nonknowledge – based ΙΣΥΑ είναι ικανά να *εκπαιδεύονται* ώστε να διαμορφώνουν μόνα τους μια συλλογιστική και να προσομοιώνουν την ανθρώπινη λογική. Για τον προγραμματισμό αυτού του τύπου ΙΣΥΑ χρησιμοποιούνται τεχνικές Μηχανικής Μάθησης[9].

## **2.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των ΙΣΥΑ**

Τα οφέλη από την χρήση των ΣΥΑ στην Ιατρική κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Βελτιωμένη ασφάλεια του ασθενή
2. Αυξημένη ποιότητα φροντίδας
3. Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην ιατροφαρμακευτική περίθαλψη.

Τα ΙΣΥΑ παρέχουν αυτόματα σχετικές και εξατομικευμένες συμβουλές και προτάσεις για την μεγαλύτερη δυνατή βοήθεια στον ιατρό, ελαχιστοποιώντας έτσι τα λάθη ιατρογενούς προέλευσης. Παρουσιάζουν ειδοποιήσεις που αφορούν πιθανώς επικίνδυνες για τον ασθενή καταστάσεις. Μειώνουν τις αποκλίσεις στην ποιότητα της περίθαλψης και βοηθούν στην ιατρική εκπαίδευση και εξάσκηση. Με την χρήση του υπερπηδούνται εμπόδια όπως η ανεπάρκεια στην κωδικοποίηση των δεδομένων, μειώνεται το κόστος καθώς η διάγνωση γίνεται πιο γρήγορα, οι χορηγήσεις των φαρμάκων είναι πιο αποδοτικές και εξαλείφεται η ανάγκη για εξειδικευμένους ιατρούς. Διατηρούν και βελτιώνουν την συνέπεια στην περίθαλψη και εφοδιάζουν με κλινικές πληροφορίες όποτε και όπου αυτές χρειάζονται.

Από την άλλη, βέβαια, υπάρχουν και αντιδράσεις και αντιρρήσεις στην διαδεδομένη χρήση των ΙΣΥΑ. Κατ' αρχάς, οι επαγγελματίες υγείας δεν είναι εξοικειωμένοι με την χρήση πληροφοριακών συστημάτων στην παροχή ιατρικής περίθαλψης. Με τα ΙΣΥΑ είναι πιθανό να μειωθούν θέσεις εργασίας, ενώ η χρήση τους μπορεί να θεωρηθεί ως μια απειλή στην (σωστή) κρίση των ιατρών. Επίσης, τίθεται το ερώτημα κατά πόσο βάζει όρια η χρήση τους στην ελευθερία σκέψης των ιατρών. Ακόμα, από την στιγμή που η χρήση τους δεν είναι τόσο διαδεδομένη είναι δύσκολο να αξιολογηθούν και υπάρχει μια αβέβαιη ηθική και νομική κατάσταση. Τα συστήματα αυτά, εκτός από τα αρχικά έξοδα της κατασκευής τους, περιλαμβάνουν και δαπάνες για την συντήρηση και εκπαίδευσή τους. Υπάρχουν υλικοτεχνικά εμπόδια τόσο στην εισαγωγή δομημένων δεδομένων όσο και στην κατανόηση της πολύπλοκης και εναλλασσόμενης φύσης της κλινικής γνώσης. Τέλος, η εμπειρία, η φαντασία και η επινοητικότητα ενός ιατρού δεν μπορούν να αντικατασταθεί από μια εφαρμογή σε έναν υπολογιστή. Οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να καμφθούν αν συνυπολογίσουμε κάποιους παράγοντες όπως η μείωση του κόστους, η ευρεία αποδοχή που βρήκε η χρήση των ΙΣΥΑ από εξειδικευμένο προσωπικό και ασθενείς, η ευκολία στην χρήση αλλά και στην εκμάθησή τους.

Για να ελαχιστοποιηθούν, λοιπόν, πιθανά απρόοπτα και λανθασμένα αποτελέσματα, θα πρέπει οι ιατροί, αλλά και όλοι όσοι χειρίζονται ένα ΙΣΥΑ, να είναι ικανοί στην επίλυση προβλημάτων σχετικά με την φροντίδα των ασθενών και την χρήση των πληροφοριακών τεχνολογιών στην ιατρική πρακτική. Επίσης, οι γνώσεις τους θα πρέπει να περιλαμβάνουν εξοικείωση με του ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ικανότητα στην κριτική εξέταση της επιστημονικής βιβλιογραφίας[10,11].

## 2.5 Εφαρμογές

Τα ΙΣΥΑ βρίσκουν πληθώρα εφαρμογών σε πολλούς τομείς της κλινικής ιατρικής. Ειδοποιούν όταν προκύπτει πιθανή επικίνδυνη κατάσταση για έναν ασθενή, όπως για παράδειγμα αλλεργική αντίδραση στην χορήγηση συγκεκριμένου φαρμάκου. Παρέχουν κλινικές κατευθυντήριες γραμμές και συμβουλεύουν κατάλληλα τους ιατρούς για την αντιμετώπιση ασθενειών. Παρέχουν πληροφορίες και εξηγήσεις για τιμές δεικτών σε διάφορες κλινικές εξετάσεις. Προσφέρουν άμεση πρόσβαση στον ιατρικό φάκελο ενός ασθενούς, καθώς και στοιχεία για παρόμοιες περιπτώσεις στο παρελθόν. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να οργανωθεί πιο αποτελεσματικά το καθημερινό πρόγραμμα ενός νοσοκομείου και των επιμέρους κλινικών του. Βοηθούν τον ιατρό στην διάγνωση μιας ασθένειας, αλλά και στην αντιμετώπισή της. Ακόμα, χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση των ασθενών από σωματικές βλάβες που ένα ατύχημα ή μια ασθένεια τους έχει προκαλέσει, είτε αυτοί νοσηλεύονται στο νοσοκομείο (rehabilitation) είτε αν βρίσκονται στο σπίτι τους (tele-rehabilitation). Με την τελευταία περίπτωση θα ασχοληθούμε σε αυτό το σύγγραμμα.

## 2.6 Μελλοντικές χρήσεις

Παρά τις προκλήσεις στην εφαρμογή των ΙΣΥΑ και παρόλο που πρέπει να γίνει αρκετή έρευνα ακόμη για να εκτιμηθεί η επίδρασή τους, όταν χρησιμοποιούνται σωστά βελτιώνουν σημαντικά την ποιότητα της ιατρικής περίθαλψης. Έτσι, λοιπόν, προβλέπεται η αυξημένη εμπορευματοποίησή τους. Ήδη τα ΙΣΥΑ χρησιμοποιούνται και από άλλα άτομα εκτός των ιατρών, όπως οι ασθενείς. Επιπλέον, οι ανησυχίες για τυχόν ιατρικά σφάλματα και συνεπώς για την ασφάλεια των ασθενών, έχουν οδηγήσει σε πρωτοβουλίες οι οποίες θα οδηγήσουν στην αυξημένη χρήση των ΙΣΥΑ. Οι γιατροί είναι νομικά υποχρεωμένοι να ενεργούν σύμφωνα με τα καθιερωμένα πρότυπα, τα οποία έως τώρα δεν περιλαμβάνουν την χρήση ΙΣΥΑ. Αυτό, όμως, μπορεί να αλλάξει. Το θέμα της χρήσης συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων στον τομέα της Υγείας έχει προσεγγιστεί με πολύ μεγάλη σοβαρότητα και προσοχή τα τελευταία χρόνια.

Το τεχνολογικό πεδίο των ΙΣΥΑ είναι σχετικά καινούριο, και γι' αυτό δεν είναι ακόμα ξεκάθαρο τι νομικά προηγούμενα μπορούν να επικαλεστούν τα νοσοκομεία για να επιλέξουν ή όχι την εγκατάσταση συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων. Διατυπώνονται συχνά φόβοι ότι, ενώ μειώνεται ο κίνδυνος ιατρικών λαθών, άλλοι κίνδυνοι μπορεί να προκύψουν είτε από την μη ορθή χρήση τους, είτε από λάθη των ίδιων των συστημάτων. Σε κάθε περίπτωση αυτοί οι κίνδυνοι μπορούν να αποφευχθούν αν οι χρήστες ακολουθούν κατευθυντήριες γραμμές, οι οποίες εξασφαλίζουν την σωστή χρήση των ΙΣΥΑ.

Το ενδιαφέρον, λοιπόν, για την χρήση των ΙΣΥΑ συνεχώς μεγαλώνει. Ο σκεπτικισμός και οι ανησυχίες για την ωφελιμότητα των υπολογιστών και των ΙΣΥΑ

ειδικότερα στην διαδικασία λήψης της απόφασης του γιατρού, διαρκώς μειώνεται. Όπως έχουν δείξει έρευνες, ένα μεγάλο ποσοστό των γιατρών είναι πρόθυμο να χρησιμοποιήσει ΙΣΥΑ. Πολύ πιθανό, λοιπόν, τα συστήματα αυτά να γίνουν στο μέλλον αναπόσπαστο κομμάτι της ιατρικής περίθαλψης[9].

## 2.7 Τεχνικές Πρόβλεψης και Κατηγοριοποίησης

Όπως θα δούμε παρακάτω, τα ΙΣΥΑ που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της Ιατρικής Αποκατάστασης έχουν ως στόχο είτε την κατάρτιση ενός σχεδίου αποθεραπείας του ασθενούς είτε τον προσδιορισμό της σοβαρότητας της κατάστασής του. Για τον λόγο αυτό εφαρμόζονται στο σύστημα αλγόριθμοι κατηγοριοποίησης, όπως τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα(TNΔ) και τα Δέντρα Αποφάσεων(ΔΑ).

### 2.7.1 Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Ως μηχανική μάθηση ορίζεται η δημιουργία μοντέλων ή προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων, από ένα υπολογιστικό σύστημα. Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές μηχανικής μάθησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με το είδος του προβλήματος και εμπίπτουν σε ένα από τα παρακάτω δύο είδη:

- Μάθηση με επίβλεψη (supervised learning) ή μάθηση με παραδείγματα (learning from examples)
- Μάθηση χωρίς επίβλεψη (Unsupervised learning) ή μάθηση από παρατήρηση (learning from observation)

Στη μάθηση με επίβλεψη το σύστημα καλείται να ‘μάθει’ μια έννοια ή συνάρτηση από ένα σύνολο δεδομένων, η οποία αποτελεί περιγραφή ενός μοντέλου. Υπάρχει κάποιος ‘επιβλέπων’, ο οποίος παρέχει τη σωστή τιμή εξόδου της συνάρτησης, για τα δεδομένα που εξετάζονται. Στη μάθηση χωρίς επίβλεψη το σύστημα πρέπει μόνο του να ανακαλύψει συσχετίσεις ή ομάδες σε ένα σύνολο δεδομένων, χωρίς να είναι γνωστό αν υπάρχουν, πόσα και ποια είναι. Τα μοντέλα περιγράφουν το σύνολο των δεδομένων και χαρακτηρίζονται και ως μοντέλα πρόβλεψης, αφού προβλέπουν την τιμή μιας μεταβλητής.

Στη μάθηση με επίβλεψη, η συνάρτηση την οποία καλείται να ‘μάθει’ το σύστημα, ονομάζεται συνάρτηση στόχος (target function). Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της τιμής μιας μεταβλητής, που ονομάζεται εξαρτημένη μεταβλητή ή μεταβλητή εξόδου, βάσει των τιμών ενός συνόλου μεταβλητών, που ονομάζονται ανεξάρτητες μεταβλητές ή μεταβλητές εισόδου ή χαρακτηριστικά. Το σύνολο των διαφορετικών δυνατών τιμών εισόδου της συνάρτησης, δηλαδή το πεδίο ορισμού της, ονομάζεται σύνολο των περιπτώσεων ή στιγμιοτύπων. Κάθε περίπτωση περιγράφεται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών. Ένα υποσύνολο του συνόλου των περιπτώσεων για τα οποία γνωρίζουμε την τιμή της

μεταβλητής εξόδου, ονομάζεται σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης. Οι κυριότερες τεχνικές μηχανικής μάθησης με επίβλεψη είναι η Μάθηση εννοιών, τα Δένδρα απόφασης, η Μάθηση Κανόνων, η Μάθηση κατά Περίπτωση, η Μάθηση κατά Bayes, η Γραμμική Παρεμβολή, τα Νευρωνικά Δίκτυα, τα Μπεϋζιανά Δίκτυα και οι Μηχανές Διανυσμάτων Υποστήριξης[12].

## 2.7.2 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

### Ο Τεχνητός Νευρώνας[12]

Ο *τεχνητός νευρώνας* είναι ένα υπολογιστικό μοντέλο, τα μέρη του οποίου μπορεί να αντιστοιχούν άμεσα με αυτά του βιολογικού νευρώνα. Ένας τεχνητός νευρώνας δεχεται κάποια σήματα εισόδου  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , τα οποία αντιστοιχούν σε συνεχείς μεταβλητές. Κάθε τέτοιο σήμα εισόδου μεταβάλλεται από μια τιμή βάρους  $w_i$ , η οποία μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Το σώμα του τεχνητού νευρώνα χωρίζεται σε δύο μέρη, τον *αθροιστή*, ο οποίος προσθέτει τα επηρεασμένα από τα βάρη σήματα εισόδου παράγοντας μία ποσότητα  $S$  και την *συνάρτηση ενεργοποίησης*, ένα είδος φίλτρου το οποίο διαμορφώνει την τελική τιμή του σήματος εξόδου  $y$ , σε συνάρτηση με την ποσότητα  $S$  και την τιμή κατωφλίου της συνάρτησης ενεργοποίησης. Ένας τεχνητός νευρώνας μπορεί να έχει πολλές εξόδους, αλλά όλες θα έχουν την ίδια τιμή. Ένας νευρώνας  $i$  περιγράφεται με μαθηματικές σχέσεις ως εξής:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_{ij}x_j$$

$$y_i = f(S_i - T_i)$$

όπου  $x_j$  τα σήματα εισόδου,  $w_{ij}$  τα συναπτικά βάρη,  $S_i$  το παράγωγο του αθροιστή,  $y_i$  η έξοδος του νευρώνα,  $T_i$  η τιμή κατωφλίου και  $f$  η συνάρτηση ενεργοποίησης.

Οι τρεις τυπικές περιπτώσεις για την συνάρτηση ενεργοποίησης είναι οι εξής:

1. Η *βηματική συνάρτηση*, η οποία δίνει στην έξοδο αποτέλεσμα μόνο αν η τιμή που υπολογίζει ο αθροιστής είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου  $T$

$$y_i = \begin{cases} 1, & S_i > T_i \\ 0, & S_i < T_i \end{cases}$$

2. Η *συνάρτηση προσήμου*, η οποία δίνει έξοδο αρνητική (ή θετική) πληροφορία αν η τιμή που υπολογίζει ο αθροιστής είναι μικρότερη (ή μεγαλύτερη) από την τιμή κατωφλίου  $T$

$$y_i \begin{cases} > 0, & S_i > T_i \\ < 0, & S_i < T_i \end{cases}$$

3. Η *λογιστική συνάρτηση*, η οποία εκφράζεται από την γενική σχέση:

$$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-aS}}$$

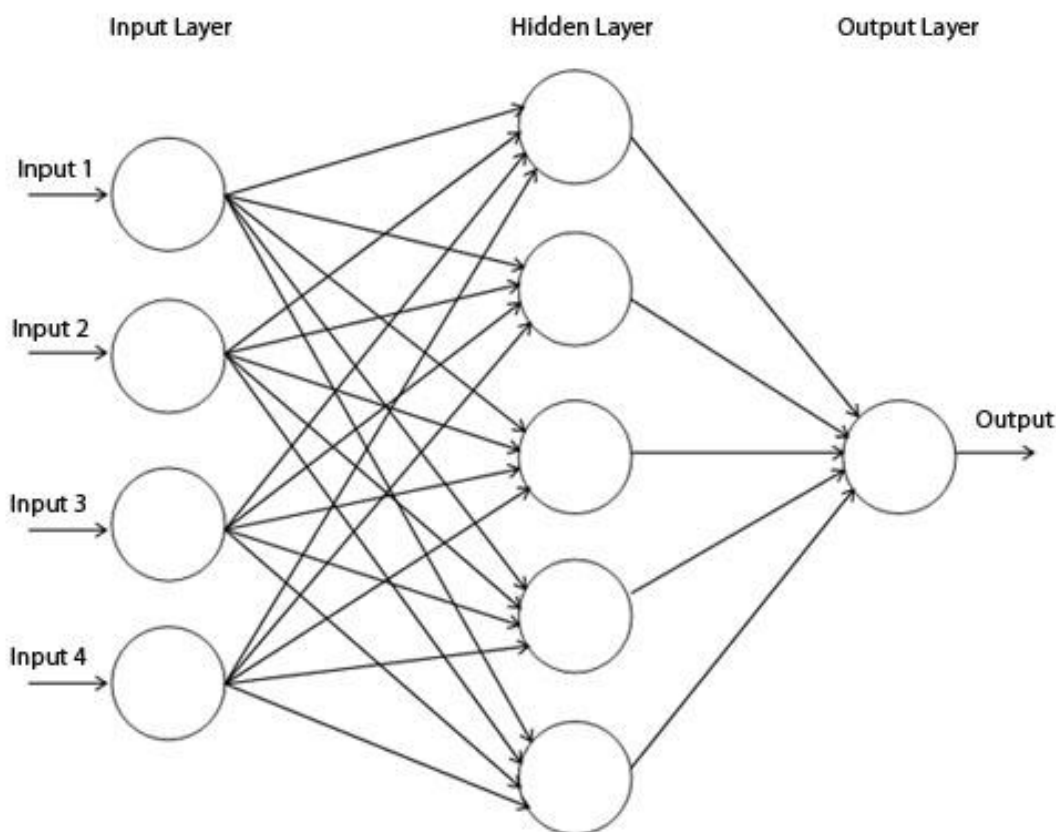
όπου  $a$  είναι ένας συντελεστής ρύθμισης της ταχύτητας μετάβασης μεταξύ των δύο ασυμπτωτικών τιμών. Η λογιστική συνάρτηση ανήκει σε μία οικογένεια συναρτήσεων που ονομάζονται *σιγμοειδείς*. Άλλες τέτοιες συναρτήσεις είναι η *αντίστροφη εφαπτομένη* και η *υπερβολική εφαπτομένη*, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως με την παρακάτω μαθηματική μορφή:

$$f(S) = \frac{2}{\pi} \tan^{-1}(aS) \quad \text{και} \quad f(S) = \tanh(aS) = \frac{e^{aS} - e^{-aS}}{e^{aS} + e^{-aS}}$$

#### Δομή Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων[12,13]

Τα *τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (TND)* είναι συστήματα επεξεργασίας δεδομένων που αποτελούνται από ένα πλήθος τεχνητών νευρώνων οργανωμένων σε δομές παρόμοιες με αυτές του ανθρώπινου εγκεφάλου. Συνήθως, οι τεχνητοί νευρώνες είναι οργανωμένοι σε μια σειρά από *στρώματα* ή *επίπεδα* (layers). Το πρώτο από αυτά τα επίπεδα ονομάζεται *επίπεδο εισόδου* (input layer) και χρησιμοποιείται για την εισαγωγή δεδομένων. Στην συνέχεια, μπορεί να ακολουθήσουν ένα ή περισσότερα *ενδιάμεσα* ή *κρυφά* (hidden layers), ενώ στο τέλος υπάρχει το *επίπεδο εξόδου* (output layer).

Οι νευρώνες ενός TND μπορεί να είναι πλήρως συνδεδεμένοι (συνδέονται με όλους τους υπόλοιπους) ή μερικώς συνδεδεμένοι. Όταν δεν υπάρχουν συνδέσεις μεταξύ νευρώνων ενός επιπέδου με νευρώνες προηγούμενου επιπέδου, τα TND χαρακτηρίζονται ως δίκτυα με *πρόσθια τροφοδότηση* (FeedForward Neural Networks – FFNNs). Στην αντίθετη περίπτωση, καθώς και στην περίπτωση συνδέσεων μεταξύ νευρώνων του ίδιου επιπέδου χαρακτηρίζονται ως δίκτυα με *ανατροφοδότηση* (feedback/recurrent neural networks).



Εικόνα 2.2 Παράδειγμα Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου [69]

### Εκπαίδευση[12,13]

Εκπαίδευση (*training*) ενός ΤΝΔ είναι η διαδικασία της τροποποίησης των τιμών των βαρών του δικτύου, ούτως ώστε για συγκεκριμένο σήμα εισόδου να παραχθεί συγκεκριμένο σήμα εξόδου. Κατά την εκπαίδευση ενός ΤΝΔ, χρησιμοποιούνται 3 μη επικαλυπτόμενα υποσύνολα δεδομένων: το σύνολο εκπαίδευσης, το σύνολο δοκιμών και το σύνολο επαλήθευσης. Οι μεθοδολογίες εκπαίδευσης που χρησιμοποιούνται είναι 3:

- Μάθηση με επίβλεψη (*supervised learning*)
- Βαθμολογημένη μάθηση (*graded learning*)
- Μάθηση χωρίς επίβλεψη (*unsupervised learning*)

Στην μάθηση με επίβλεψη δίνονται στο δίκτυο ζευγάρια διανυσμάτων εισόδου-επιθυμητής εξόδου, και αυτό παράγει, με δεδομένες τιμές βαρών, μια έξοδο που αρχικά διαφέρει από την επιθυμητή. Αυτή η διαφορά ονομάζεται *σφάλμα* (*error*) και βάσει αυτής, καθώς και ενός αλγορίθμου εκπαίδευσης γίνεται η αναπροσαρμογή των βαρών. Ο τύπος αυτός εκπαίδευσης χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές

TNΔ και για την υλοποίησή του υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι. Ένας από αυτούς είναι και ο *αλγόριθμος ανάστροφης μετάδοσης λάθους (back propagation)*, στον οποίο η μεταβολή των βαρών βασίζεται στον υπολογισμό της συνεισφοράς κάθε βάρους στο συνολικό σφάλμα. Στην βαθμολογημένη μάθηση η έξοδος χαρακτηρίζεται ως ‘καλή’ ή ‘κακή’ με βάση μια αριθμητική κλίμακα και τα βάρη αναπροσαρμόζονται με βάση αυτό το χαρακτηριστικό. Στην μάθηση χωρίς επίβλεψη η απόκριση του δικτύου βασίζεται στην ικανότητά του να αυτό-οργανώνεται με βάση τα διανύσματα εισόδου, καθώς δεν υπάρχουν αντίστοιχα διανύσματα εξόδου. Σε κάθε σύνολο εισόδου, αντιδρά ένας συγκεκριμένος νευρώνας. Στην πράξη, τα δίκτυα της κατηγορίας αυτής καλούνται να μάθουν να κατηγοριοποιούν τα δεδομένα εισόδου.

Τα TNΔ αποτελούν μη γραμμικές μέθοδοι πρόβλεψης και μπορεί να εμφανιστούν σε αυτά φαινόμενα *υποπροσαρμογής ή ατελούς μάθησης (underfitting)* ή *υπερπροσαρμογής (overfitting)*. Ένα TNΔ, που δεν είναι αρκετά πολύπλοκο μπορεί να αποτύχει να μοντελοποιήσει επιτυχώς τα δεδομένα εκπαίδευσης οδηγώντας σε υποπροσαρμογή, ενώ ένα πολύπλοκο TNΔ ενδέχεται να μοντελοποιήσει υπερβολικά τα δεδομένα εκπαίδευσης καθώς και τον θόρυβο που υπάρχει σε αυτά, με αποτέλεσμα να τα απομνημονεύσει. Στην περίπτωση αυτή το δίκτυο δίνει σωστή πρόβλεψη για τα δεδομένα εκπαίδευσης, αλλά παράγει τελείως λανθασμένες προβλέψεις για άλλα δεδομένα εισόδου. Ο καλύτερος τρόπος αποφυγής των προβλημάτων αυτών είναι η χρήση μεγάλου αριθμού δεδομένων εκπαίδευσης. Για TNΔ με κρυφά επίπεδα που χρησιμοποιούνται σε προβλήματα κατηγοριοποίησης με δεδομένα εκπαίδευσης που περιέχουν θόρυβο, καλό είναι να υπάρχουν τουλάχιστον 30 φορές περισσότερα δεδομένα εκπαίδευσης από τον αριθμό των βαρών του δικτύου. Αν τα δεδομένα εκπαίδευσης δεν περιέχουν θόρυβο, ο αριθμός αυτός μπορεί να περιοριστεί σε τουλάχιστον 5 φορές.

Η χρήση των δεδομένων εκπαίδευσης γίνεται σε *κύκλους ή εποχές (epochs)* εκπαίδευσης. Στην διάρκεια ενός κύκλου, το TNΔ δέχεται ως είσοδο ένα-ένα όλα τα διανύσματα εκπαίδευσης, αθροίζει την μεταβολή στην τιμή των βαρών που προκύπτει από κάθε διάνυσμα και αναπροσαρμόζει τα βάρη στο τέλος κάθε κύκλου. Η μέθοδος αυτή εκπαίδευσης ονομάζεται *μάθηση δέσμης (batch learning)*. Η αναπροσαρμογή των βαρών μπορεί να γίνει μετά την χρήση ενός από τα διανύσματα εκπαίδευσης, οπότε μιλάμε για *επαυξητική μάθηση (incremental learning)*.

Η εκπαίδευση τερματίζεται όταν το κριτήριο ελέγχου της ποιότητας του δικτύου φτάσει σε κάποια επιθυμητή τιμή. Ως τέτοιο κριτήριο, συνήθως χρησιμοποιείται το μέσο σφάλμα ή η μεταβολή του μέσου σφάλματος του συνόλου εκπαίδευσης. Αν αυτό δεν καταστεί δυνατό, η εκπαίδευση μπορεί να τερματιστεί μετά από έναν προκαθορισμένο αριθμό κύκλων.

Ένα ακόμα ζήτημα σχετικά με την εκπαίδευση των TNΔ είναι η κανονικοποίηση των δεδομένων εισόδου και εξόδου, που ενδεχομένως πρέπει να γίνει. Η κανονικοποίηση στα δεδομένα εισόδου έχει να κάνει με τον τρόπο με τον οποία αυτά θα συνδυαστούν από τον αλγόριθμο εκπαίδευσης και επηρεάζει την



ταχύτητα και την ποιότητα της εκπαίδευσης. Κανονικοποίηση, όμως, δεν γίνεται μόνο στα δεδομένα εκπαίδευσης, αλλά και στα δεδομένα επικύρωσης (validation data). Οι παράμετροι, όμως, της κανονικοποίησης προκύπτουν από τα δεδομένα εκπαίδευσης και χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για την κανονικοποίηση των δεδομένων ελέγχου και εφαρμογής.

Συνήθως, η εκπαίδευση ενός ΤΝΔ πραγματοποιείται σε νεκρό χρόνο (off line), πριν την χρησιμοποίηση του ΤΝΔ για την επίλυση του προβλήματος, καθώς απαιτεί πολλούς επαναληπτικούς υπολογισμούς. Το μέγεθος του ΤΝΔ είναι ανάλογο με την πολυπλοκότητα του προβλήματος που καλείται να λύσει, ενώ ο αριθμός των εκπαιδευτικών διανυσμάτων πρέπει να είναι ανάλογος με τον αριθμό των βαρών.

### Βασικές Ιδιότητες των ΤΝΔ[12,13,14]

#### *Ικανότητα μάθησης μέσω παραδειγμάτων*

Αν και τα ΤΝΔ δεν είναι τα μόνα συστήματα με ικανότητα μάθησης μέσω παραδειγμάτων, εντούτοις διακρίνονται για την ικανότητά τους να οργανώνουν την πληροφορία των δεδομένων εισόδου σε χρήσιμες μορφές. Οι μορφές αυτές αποτελούν ένα μοντέλο αναπαράστασης της σχέσης μεταξύ των δεδομένων εισόδου-εξόδου.

#### *Δυνατότητα θεώρησής τους ως κατανεμημένη μνήμη και ως μνήμη συσχέτισης*

Ο χαρακτηρισμός των ΤΝΔ ως κατανεμημένη μνήμη (distributed memory) οφείλεται στο ότι η κωδικοποίηση που δημιουργούν είναι κατανεμημένη σε όλα τα βάρη της συνδεσμολογίας τους. Για τον ίδιο λόγο χαρακτηρίζονται και ως μνήμη συσχέτισης (associative memory).

#### *Μεγάλη ανοχή σε σφάλματα*

Τα ΤΝΔ διακρίνονται από μεγάλη ανοχή σε δομικά σφάλματα. Η κακή λειτουργία ή ακόμα και η καταστροφή ενός νευρώνα ή κάποιων συνδέσεων, δεν είναι ικανή να διαταράξει σημαντικά τη λειτουργία τους, αφού η πληροφορία που περιέχουν δεν είναι αποθηκευμένη σε ένα συγκεκριμένο σημείο.

#### *Ικανότητα για αναγνώριση προτύπων*

Τα ΤΝΔ έχουν εξαιρετική ικανότητα αναγνώρισης προτύπων, αφού δεν επηρεάζονται από ελλιπή ή/και με θόρυβο δεδομένα. Από την στιγμή που ένα ΤΝΔ εκπαιδευτεί, απαιτείται ένας μόνο κύκλος λειτουργίας για να προσδιορίσει μια συγκεκριμένη κατάσταση.

#### *Ικανότητα Γενίκευσης*

Ως γενίκευση ορίζεται η ικανότητα του ΤΝΔ να αποδίδει εξίσου καλά με διανύσματα τα οποία δεν έχει γνωρίσει κατά την διαδικασία της εκπαίδευσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα γενίκευσης ενός ΤΝΔ είναι:

- Ο αριθμός των εκπαιδευτικών διανυσμάτων και αν αυτά αναπαριστούν ικανοποιητικά τον υπερχώρο από τον οποίο προέρχονται.
- Η πολυπλοκότητα του προβλήματος
- Το μέγεθος του ΤΝΔ

Αν διατίθεται μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών διανυσμάτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ΤΝΔ σταθερού μεγέθους και εν συνεχεία να προσδιορίσουμε τον αριθμό των εκπαιδευτικών διανυσμάτων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την βέλτιστη ικανότητα γενίκευσης. Αν διαθέτουμε μικρό αριθμό εκπαιδευτικών διανυσμάτων πρέπει να προσδιορίσουμε το μέγεθος του ΤΝΔ που βελτιστοποιεί την ικανότητα γενίκευσης.

### Έλεγχος απόδοσης των ΤΝΔ[13]

Ο έλεγχος της απόδοσης κάποιου ΤΝΔ μπορεί να γίνεται με κάποια συνάρτηση σφάλματος, είτε στο εκπαιδευτικό σύνολο διανυσμάτων, είτε σε ‘άγνωστο’ σύνολο διανυσμάτων τα οποία δεν έχει δει προηγουμένως το ΤΝΔ. Για την πιστοποίηση των αποτελεσμάτων εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, όπως η ‘μείξη’ των διανυσμάτων και ο τυχαίος διαχωρισμός των συνόλων εκπαίδευσης και ελέγχου.

Αρκετό ενδιαφέρον για τον έλεγχο απόδοσης παρουσιάζουν η *ανάκληση* (*recall*) και η *ακρίβεια* (*precision*) ενός ΤΝΔ. Η ανάκληση ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των διανυσμάτων κάποιας κατηγορίας που ταξινομούνται σωστά από το ΤΝΔ, ως προς τον πραγματικό αριθμό των διανυσμάτων που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Η ακρίβεια ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των διανυσμάτων κάποιας κατηγορίας που ταξινομούνται σωστά από το ΤΝΔ, ως προς τον συνολικό αριθμό των διανυσμάτων που ταξινομούνται σε αυτήν την κατηγορία (σωστά ή λανθασμένα).

### Τεχνολογία Κατασκευής των ΤΝΔ

Ένα ΤΝΔ μπορεί να υλοποιηθεί με λογισμικό (software) ή να κατασκευαστεί απευθείας σε ολοκληρωμένο κύκλωμα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (VLSI). Ο πιο προσιτός τρόπος κατασκευής ενός ΤΝΔ είναι η χρησιμοποίηση ως προγραμματιστικού εργαλείου, μιας γλώσσας προγραμματισμού, η οποία να υποστηρίζει πράξεις πινάκων. Ακόμη, υπάρχουν στο εμπόριο εξειδικευμένα εργαλεία που διευκολύνουν την ανάπτυξη ΤΝΔ απαλλάσσοντας τον χειριστή από τις εργασίες ρουτίνας. Ένα τέτοιο περιβάλλον διευκολύνει την ανάπτυξη επιτρέποντας την αλληλεπιδραστική επικοινωνία χρήστη και ΤΝΔ μέσα από κυλιόμενα μενού, τόσο κατά τη φάση της ανάπτυξης, όσο και κατά τη φάση του ελέγχου. Ακόμη, για αυξημένη ταχύτητα αριθμητικών υπολογισμών, το αναπτυξιακό περιβάλλον μπορεί να συνδυάζεται με κάποιον αριθμητικό επιταχυντή σε hardware[13].

## Εφαρμογές των ΤΝΔ

Τα ΤΝΔ είναι ιδιαίτερα δημοφιλή σε προβλήματα που περιέχουν μη προβλέψιμες λειτουργίες και τα οποία δεν είναι πλήρως κατανοητά. Τέτοιου είδους προβλήματα υπάρχουν σε πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με κατηγοριοποίηση, αναγνώριση, αποτίμηση και πρόβλεψη. Τα ΤΝΔ τα συναντάμε στον Ιατρικό τομέα (κατηγοριοποίηση ιατρικών εικόνων που προέρχονται από εξετάσεις υπερήχων, ηλεκτροκαρδιογραφήματα, τεστ ΠΑΠ κλπ.), στον τομέα της Άμυνας (κατηγοριοποίηση εικόνων προερχόμενων από radar, sonar, κλπ.), στον αγροτικό τομέα (πρόβλεψη παραγωγής, έλεγχος καλλιέργειών), στον τραπεζικό τομέα (γνησιότητα υπογραφής και τραπεζογραμματίων), σε εφαρμογές πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (αναγνώριση ήχου, εικόνας και γραπτού κειμένου), σε δραστηριότητες επιχειρήσεων (κατηγοριοποίηση πελατών με βάση τις αγοραστικές τους συνήθειες, πρόβλεψη ισοτιμίας νομισμάτων και τιμών μετοχών κλπ.), στην Μηχανολογία (παρακολούθηση, επιθεώρηση και έλεγχος προϊόντων), στην Μετεωρολογία (πρόβλεψη καιρού) και σε πολλούς άλλους τομείς.

## ΤΝΔ και ΙΣΥΑ

Παρόλο που η δομή των ΤΝΔ παρουσιάζει ομοιότητες με τα knowledge-based ΙΣΥΑ, εφαρμόζονται σε συστήματα nonknowledge-based, τα οποία, αντί να έχουν μια βάση γνώσης που ενημερώνεται από την Ιατρική Λογοτεχνία και τις εμπειρίες των ειδικών Ιατρών, με την βοήθεια των ΤΝΔ αναγνωρίζουν πρότυπα σε δεδομένα ασθενών, για να εξάγουν τις σχέσεις μεταξύ των συμπτωμάτων και της διάγνωσης. Πολλά knowledge-based ΙΣΥΑ καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ασθενειών. Τα ΤΝΔ συνήθως επικεντρώνονται σε ένα στενότερο φάσμα συμπτωμάτων που αφορούν μία και μόνο ασθένεια.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΝΔ στην υλοποίηση ενός ΙΣΥΑ. Στα πλεονεκτήματα περιλαμβάνεται η εξάλειψη της ανάγκης του προγραμματισμού κανόνων IF-THEN και της απευθείας εισόδου δεδομένων από τον χρήστη. Τα ΤΝΔ μπορούν να επεξεργαστούν ημιτελή δεδομένα, συμπεραίνοντας την τελική τους δομή. Επίσης, κάθε φορά που χρησιμοποιούνται βελτιώνονται λόγω της δυναμικής τους φύσης. Δεν απαιτούν για την τελική τους πρόβλεψη μεγάλη βάση δεδομένων και όσο αναλυτικότερο είναι το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια που τους χαρακτηρίζει. Παρόλα τα θετικά που αποφέρει η χρήση των ΤΝΔ στα ΙΣΥΑ, παρουσιάζει, επίσης, και κάποια μειονεκτήματα. Η διαδικασία της εκπαίδευσης μπορεί να αποδειχθεί χρονοβόρα, ενώ επειδή τα ΤΝΔ εφαρμόζουν στατιστικές μεθόδους αναγνώρισης των σχέσεων μεταξύ των δεδομένων, τα τελικά αποτελέσματα δεν είναι εύκολα ερμηνεύσιμα και το σύστημα δυσκολεύεται να δικαιολογήσει τον λόγο που χρησιμοποιεί συγκεκριμένα δεδομένα και με συγκεκριμένο τρόπο. Το γεγονός αυτό πλήττει την αξιοπιστία και την υπευθυνότητα του συστήματος.

Παρά τις ανησυχίες, τα ΤΝΔ εφαρμόζονται πολύ συχνά στο πεδίο της Ιατρικής, όπως για παράδειγμα στην διάγνωση της σκωληκοειδίτιδας, της άνοιας, του μυοκαρδιακού εμφράγματος, έκτατων ψυχιατρικών περιστατικών, σεξουαλικά μεταδιδόμενων νοσημάτων και δερματικών διαταραχών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα έρευνας, οι διαγνωστικές προβλέψεις των ΤΝΔ για πνευμονικές εμβολές υπήρξαν τόσο ορθές όσο και των ειδικών Ιατρών. Επίσης, σύμφωνα με άλλη έρευνα, τα ΤΝΔ είχαν καλύτερα αποτελέσματα από 2 έμπειρους καρδιολόγους στον εντοπισμό οξέος μυοκαρδιακού εμφράγματος. ΙΣΥΑ με ενσωματωμένα ΤΝΔ χρησιμοποιούνται επιτυχημένα σε πολλούς τομείς της Ιατρικής[9].

### 2.7.3 Δέντρα Αποφάσεων

Τα δέντρα απόφασης/ταξινόμησης είναι ένα από τους πιο δημοφιλείς αλγόριθμους μάθησης και έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς σε διάφορους τομείς, όπως διάγνωση ιατρικών περιστατικών, αξιολόγηση ρίσκου αποδοχής αίτησης για πιστωτική κάρτα, πρόβλεψη συμπεριφοράς καταναλωτή κλπ. Το αποτελεσματά τους είναι μια δένδροειδής δομή, η οποία με γραφικό τρόπο περιγράφει τα δεδομένα, ενώ εναλλακτικά μπορεί να αναπαρασταθεί και ως σύνολο κανόνων *if-then*, που ονομάζονται κανόνες ταξινόμησης.

Κάθε κόμβος του δέντρου ορίζει μια συνθήκη ελέγχου της τιμής ενός χαρακτηριστικού του συνόλου δεδομένων εισόδου και κάθε κλαδί που φεύγει από τον κόμβο αυτό αντιστοιχεί σε μια διαφορετική διακριτή τιμή του χαρακτηριστικού αυτού. Ο αρχικός κόμβος λέγεται ρίζα. Κάθε περίπτωση του συνόλου δεδομένων εισόδου ταξινομείται αρχίζοντας από την ρίζα και ακολουθώντας τα κλαδιά του δέντρου προς κάποιο άλλο φύλλο, το οποίο περιέχει και μια διακριτή τιμή της κατηγορίας. Σε κάθε κόμβο ελέγχεται η τιμή του εκάστοτε χαρακτηριστικού και ακολουθείται το αντίστοιχο κλαδί[12].

Τα δέντρα απόφασης χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν με κάποιο βαθμό ακριβείας την τιμή της μεταβλητής που μοντελοποιούν με βάση τις τιμές των θεωρούμενων ανεξάρτητων μεταβλητών. Ένα σημαντικό πλεονέκτημά τους είναι η ευκολία με την οποία ερμηνεύονται.

Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι που έχουν αναπτυχθεί για μάθηση δένδρων απόφασης είναι παραλλαγές ενός βασικού αλγόριθμου. Παράδειγμα του βασικού αυτού αλγόριθμου αποτελούν ο αλγόριθμος ID3 και ο απόγονός του C4.5 .

#### Αλγόριθμος ID3[12]

Αποτελεί τον πλέον γνωστό αλγόριθμο μάθησης δένδρων απόφασης. Η λειτουργία του βασίζεται σε συγκεντρωτικά μεγέθη του συνόλου των δεδομένων εκπαίδευσης, και γι' αυτό απαιτεί από την αρχή το σύνολο αυτό. Ο αλγόριθμος είναι αναδρομικός και αναλύεται σε 3 βήματα:

1. Βρες την ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία αν χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο διαχωρισμού των δεδομένων εκπαίδευσης θα οδηγήσει σε κόμβους κατά το δυνατό διαφορετικούς σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή
2. Κάνε τον διαχωρισμό
3. Επανέλαβε τη διαδικασία για κάθε έναν από τους κόμβους που προέκυψαν μέχρι να μην είναι δυνατός περαιτέρω διαχωρισμός

Ουσιαστικά, λοιπόν, ο αλγόριθμος ID3 κατασκευάζει το δένδρο άπληστα (greedy) από πάνω προς τα κάτω, επιλέγοντας αρχικά το πιο κατάλληλο χαρακτηριστικό για έλεγχο στη ρίζα. Η επιλογή αυτή γίνεται με βάση κάποιο στατιστικό μέτρο που υπολογίζεται από τα δεδομένα. Στη συνέχεια, για κάθε δυνατή τιμή του χαρακτηριστικού δημιουργούνται οι αντίστοιχοι απόγονοι της ρίζας και τα δεδομένα μοιράζονται στους νέους κόμβους ανάλογα με την τιμή που έχουν για το χαρακτηριστικό που ελέγχεται στη ρίζα. Η όλη διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε νέο κόμβο. Η επιλογή του χαρακτηριστικού, όμως, σε κάθε νέο κόμβο γίνεται με βάση τα δεδομένα που ανήκουν στον κόμβο αυτόν. Ο τερματισμός της διαδικασίας γίνεται όταν οι κόμβοι γίνουν τερματικοί (φύλλα). Ένας κόμβος γίνεται τερματικός όταν όλα τα δεδομένα που ανήκουν σε αυτόν ανήκουν στην ίδια κατηγορία (αμιγής κόμβος) ή όταν σε κάποιο βάθος τελειώσουν τα χαρακτηριστικά προς έλεγχο.

Έχουν προταθεί πολλές παραλλαγές του ID3 και περιλαμβάνουν τεχνικές κλαδέματος πριν την ολοκλήρωση της κατασκευής του δένδρου, διαχείριση πεδίων χωρίς τιμή, χρήση διαφόρων κριτηρίων διαχωρισμού, αυτόματη διαχείριση συνεχόμενων αριθμητικών τιμών, κλπ. Ο αλγόριθμος C4.5 αποτελεί μία από τις περισσότερο διαδεδομένες βελτιώσεις του ID3.

## 2.7.4 Μέθοδος Αποτίμησης Μοντέλων

### *Διασταυρωμένη επικύρωση σε k μέρη(k-fold cross validation)*

Για την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου κατηγοριοποίησης, αλλά και την εκτίμηση της απόδοσής του χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τεχνικές. Μία από αυτές, η οποία χρησιμοποιείται και από τους ερευνητές των ΙΣΥΑ που εξετάζουμε σε αυτήν την εργασία, είναι η *διασταυρωμένη επικύρωση σε k μέρη*. Το σύνολο παραδειγμάτων διαρείται σε  $k$  υποσύνολα, ανεξάρτητα μεταξύ τους. Για κάθε υποσύνολο από αυτά, εκπαιδεύουμε το εκάστοτε μοντέλο κατηγοριοποίησης, θεωρώντας ως σύνολο εκπαίδευσης τα παραδείγματα των υπόλοιπων  $k-1$  υποσυνόλων και υπολογίζουμε το σφάλμα γενίκευσης, δηλαδή την μέση τιμή των σφαλμάτων του μοντέλου για τα παραδείγματα του συνόλου ελέγχου.

### 2.7.5 Επιλογή Τεχνικής Κατηγοριοποίησης

Το κεντρικό ερώτημα ήταν και είναι *Ποια μέθοδος είναι η καλύτερη*. Για μια συγκεκριμένη ομάδα δεδομένων, κάποιος θα μπορούσε να δοκιμάσει διάφορες τεχνικές, να αξιολογήσει την απόδοσή τους και να επιλέξει την καταλληλότερη. Το κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση των μεθόδων και για την τελική επιλογή είναι η ακρίβεια της πρόβλεψης και το μέγεθος του εκτιμώμενου σφάλματος. Ακόμα, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η ταχύτητα της ταξινόμησης και της εκμάθησης, καθώς και ο βαθμός πολυπλοκότητας της τεχνικής.

Από την στιγμή που η μεθοδολογία αξιολόγησης της απόδοσης των τεχνικών κατηγοριοποίησης βασίζεται στη δοκιμή και τον πειραματισμό, δεν υπάρχουν περιορισμοί στην επιλογή της κατάλληλης τεχνικής. Ωστόσο, επειδή δεν υπάρχει πάντοτε ο χρόνος, αλλά και οι πόροι για να δοκιμαστούν όλες οι τεχνικές, πολλές φορές περιορίζεται ο αριθμός των επιλογών και δοκιμάζονται οι μέθοδοι, για τις οποίες υπάρχουν θετικές αναφορές στην βιβλιογραφία. Επίσης, είναι δυνατός ο συνδυασμός τεχνικών κατηγοριοποίησης για την βελτίωση της ακρίβειας του αλγόριθμου.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

# **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

### 3.1 Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση[15]

Η Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση(Φ.Ι.Απ.) αποτελεί μια αυτόνομη ιατρική ειδικότητα. Άρχισε να αναπτύσσεται μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω των επιζώντων στρατιωτών με βαριές αναπηρίες, οι οποίοι έπρεπε να επανενταχθούν στην κοινωνία, ως ισότιμα μέλη της. Στην Αμερική η ραγδαία ανάπτυξή της ήρθε μετά τον πόλεμο του Βιετνάμ. Ο υπεύθυνος ιατρός που την ασκεί, συνοπτικά ονομάζεται Φυσίατρος. Η ανάγκη ανάπτυξης της Φ.Ι.Απ., αλλά και η κατοχύρωσή της σαν μια κύρια ιατρική ειδικότητα, φάνηκε μέσα από την εμπειρία της άσκησής της και πλέον ασκείται στις περισσότερες χώρες του κόσμου και εξελίσσεται διαρκώς μέσα από την ιατρική έρευνα και την τεχνολογική πρόοδο.



Εικόνα 3.1 Ιατρική αποκατάσταση σε θάλαμο νοσοκομείου - Β' Παγκόσμιος Πόλεμος [70]

Η Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση είναι η ιατρική ειδικότητα, λοιπόν, που σχετίζεται με την προαγωγή της φυσικής και νοητικής λειτουργικότητας, με τις δραστηριότητες (συμπεριλαμβανομένης και της συμπεριφοράς), με την συμμετοχή (συμπεριλαμβανομένης της ποιότητας ζωής) και την τροποποίηση των ατομικών και περιβαλλοντολογικών παραγόντων. Θεωρείται υπεύθυνη για την διαχείριση της πρόληψης, της διάγνωσης, των θεραπειών και της αποκατάστασης ατόμων με ανικανότητα και νοσηρότητα σε όλες τις ηλικίες. Καθιστά το άτομο υπεύθυνο και το εντάσσει σαν ενεργό μέλος στην θεραπευτική ομάδα, προσαρμοζόμενη η θεραπεία στο άτομο και όχι το αντίστροφο.

Η παρέμβαση της Φ.Ι.Απ. γίνεται σε όλα τα στάδια εξέλιξης της νόσου σύμφωνα με το σχήμα: Αιτία – παθολογία – σύνδρομο – σύμπτωμα – πάθηση. Στόχοι της είναι:

- Να συμβάλλει στην διάγνωση και στην απόφαση της θεραπευτικής παρέμβασης
- Να παρέμβει θεραπευτικά στη διαφορετική παθολογία του Ανάπηρου



- Να προλάβει τις αναμενόμενες επιπλοκές
- Να βελτιώσει ή να αποκαταστήσει τα λειτουργικά υπολείμματα της πάθησης.
- Να αναπτύξει τις απομένουσες δυνατότητες του οργανισμού
- Να αντικαταστήσει παλιά κέντρα λειτουργίας με νέα που είτε υπολειπούν, είτε ήταν αδρανοποιημένα
- Να επανεκπαιδεύσει τις μόνιμες ανικανότητες
- Να εφαρμόσει τεχνολογικά μέσα σαν απόπειρα ‘αντικατάστασης’ της ‘Φύσης’
- Να επανεντάξει κοινωνικά τα άτομα με μόνιμη ‘αναπηρία’

Οι στόχοι αυτοί επιτυγχάνονται μέσα από την παρέμβαση της Φ.Ι.Απ. σε όλα τα επίπεδα νοσηλείας, από την αρχή της πάθησης μέχρι την αποθεραπεία της. Τελικός στόχος είναι η βελτίωση της ανικανότητας και η πλήρης ψυχοκοινωνική επανένταξη, υιοθετώντας την ταξινόμηση της αναπηρίας που έχει καθιερώσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας το 1980 όπως:

- Ατέλεια – Μειονέκτημα (Impairment)
- Έλλειμμα – Ανικανότητα (Disability)
- Αναπηρία (Handicap)

Η Ιατρική Αποκατάσταση προσφέρει τις υπηρεσίες της σε όλες τις ηλικίες και διακρίνεται στην Παιδιατρική και Γηριατρική Αποκατάσταση και στην Αποκατάσταση Ενηλίκων. Πιο αναλυτικά, η Φ.Ι.Απ. ασχολείται με παθήσεις όπως:

1. Τραυματική ή αγγειακή βλάβη ή άλλη πάθηση του κεντρικού και περιφερικού νευρικού συστήματος (Αγγειακά επεισόδια, σκλήρυνση κατά πλάκας, κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, νευραλγίες – νευρίτιδες, πολυνευροπάθειες, κλπ.)
2. Λειτουργική διαταραχή του μυοσκελετικού συστήματος (αρθρίτιδες, σκολίωση, ακρωτηριασμοί, ρευματοπάθειες, μυαλγίες, τενοντίτιδες, κλπ.)
3. Σύνδρομο οξύ και χρόνιου πόνου (μυοσκελετικές, νευρολογικές, ρευματολογικές παθήσεις, κλπ.)
4. Συγγενή βλάβη του νευρικού και μυοσκελετικού συστήματος
5. Παθήσεις του αναπνευστικού, καρδιακού συστήματος
6. Επαγγελματικές παθήσεις (δακτυλογράφοι, χορευτές, μουσικοί, κλπ.)
7. Αθλητικές κακώσεις.

Σημαντική θεωρείται η φροντίδα της ψυχικής ισορροπίας του αρρώστου και του περιβάλλοντός του, η οποία περιλαμβάνει την υποστήριξή του στο να αντέξει την αιφνίδια αλλαγή της καθημερινότητάς του και εν γένει της ύπαρξής του, ούτως ώστε σταδιακά να αποδεχτεί την όποια μειονεξία του – αναπηρία του. Αυτό προϋποθέτει, εκτός από τη σωστή και αξιοπρεπή περίθαλψη και μία οργάνωση της κοινωνίας, τόσο από άποψη περιβάλλοντος χώρου, όσο κυρίως από άποψη ψυχοδυναμικής αντίληψης του τι σημαίνει ‘διαφορετικός’ και πώς αυτός εντάσσεται ισότιμα σε όλες τις λειτουργίες της.

Για την επίτευξη των στόχων της Ιατρικής Αποκατάστασης οργανώνεται και συνεργάζεται μια ομάδα ειδικών, όπου ο καθένας προσθέτει το δικό του κομμάτι, ώστε να γίνει μια σύνθεση προς όφελος του ασθενούς. Τον ρόλο της οργάνωσης και σύνθεσης όλων των στοιχείων και μέσων που διατίθενται, αλλά και του ανθρώπινου δυναμικού αναλαμβάνει ο ειδικός ιατρός Φ.Ι.Απ.. Η ομάδα αποκατάστασης περιλαμβάνει:

- Ιατρό Φ.Ι.Απ. (Φυσιάτρος)
- Νοσηλεύτη/τρια Αποκατάστασης
- Κλινικό Ψυχολόγο
- Φυσικοθεραπευτή
- Εργοθεραπευτή
- Λογοθεραπευτή
- Τεχνίτη κατασκευής αρθρώσεων – προθέσεων
- Κοινωνικό Λειτουργό

Μέσα στην ομάδα εντάσσονται και ο ασθενής με την οικογένειά του. Εκτός από την βασική στελέχωση, σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται μια διεπιστημονική συνεργασία με πολλές άλλες ιατρικές ειδικότητες, όπως Νευροχειρουργική, Ορθοπαιδική, Ψυχιατρική.

Η συνεργασία των εμπλεκομένων είναι αμφίδρομη και στηρίζεται στη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων και παρεμβάσεων και στην ανταλλαγή επιστημονικής εμπειρίας και γνώσεων προς όφελος του ασθενούς. Η λειτουργία της ομάδας αυτής είναι μια δύσκολη διαδικασία, καθώς απαιτεί οργανωμένες δομές περίθαλψης, καθορισμό ρόλων, ειδικές γνώσεις στον κάθε τομέα και μια ώριμη αντίληψη της αυτονομίας και των ορίων που θέτει η ίδια η συνεργασία. Είναι όμως η μοναδική οδός προσέγγισης του ζητήματος περίθαλψης των αναπήρων.

Η Ιατρική Αποκατάσταση πρέπει να επεκτείνεται σε όλα τα επίπεδα περίθαλψης. Περιλαμβάνει το καθαρά θεραπευτικό κομμάτι, που αφορά την πρωτοβάθμια και νοσοκομειακή περίθαλψη, αλλά επεκτείνεται και σε τομείς πρόληψης που αναφέρονται σε εκπαίδευση αντιμετώπισης της πάθησης, όπως φυσικά και σε λήψη μέτρων για τη μη εκδήλωσή της.

Όπως θα δούμε και στο επόμενο κεφάλαιο, παγκοσμίως τόσο για οικονομικούς όσο και για ιατρικούς λόγους, διερευνώνται εναλλακτικές δομές περίθαλψης, όπως η νοσηλεία από το σπίτι. Στην Φυσική Ιατρική και Αποκατάσταση η λογική αυτή έχει ιδανική εφαρμογή μιας και το ποσοστό των χρόνιων περιστατικών είναι πολύ μεγάλο και ο βασικός στόχος είναι όχι μόνο η ανάπτυξη των λειτουργικών δυνατοτήτων, αλλά και η συνεισφορά του ίδιου του ασθενούς στην θεραπεία του.

## 3.2 Ιατρική Αποκατάσταση και CDSS

Με την εξέλιξη των Συστημάτων Λήψης Αποφάσεων, η αφομοίωση αυτής της τεχνολογίας στην Ιατρική Αποκατάσταση ήταν επόμενη, με τον ίδιο τρόπο που διείσδυσε σε όλους τους χώρους της Υγείας. Απόρροια του γεγονότος αυτού είναι όχι μόνο η εμφάνιση πολλών νέων θεραπευτικών μηχανημάτων και βοηθητικών προϊόντων, αλλά και οι ανάλογες αλλαγές στον χώρο της εκπαίδευσης, τόσο σε επίπεδο χρήστη, όσο και σε επίπεδο ειδικού. Αποτελεί συνήθεια στον χώρο της ανάπτυξης της τεχνολογίας της Αποκατάστασης το κάθε καινούριο προϊόν να είναι αποτέλεσμα συλλογικής προσπάθειας πολυδύναμης ομάδας επιστημόνων. Οι ανάγκες και οι προδιαγραφές χρηστών προσφέρονται πλέον από τους ίδιους τους Ανάπηρους.

Η νέα τεχνολογία επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση του ασθενούς, την καλύτερη μέτρηση και ανάπτυξη του υπολειπόμενου δυναμικού, τη συγκεκριμένη εκτίμηση του θεραπευτικού αποτελέσματος και συμβάλλει σημαντικά στην καλύτερη αυτονομία του Αναπήρου. Η επαρκής εκτίμηση της αναπηρίας αναφέρεται στην σωστή αξιολόγηση των υπολειπόμενων δυνατοτήτων του ατόμου και, πάντοτε, σε σχέση με το περιβάλλον στο οποίο λειτουργεί. Η σημερινή τεχνολογία επιτρέπει, μέσω ειδικών προσομοιωτών του πραγματικού περιβάλλοντος, την αντικειμενική παρατήρηση και εκτίμηση των έμβιο-μηχανικών και εργονομικών συνθηκών ενός ατόμου σε σχέση με το υπό εξέταση περιβάλλον του. Προτάσεις για συγκεκριμένες έμβιο-μηχανικές αλλαγές και εργονομικές διευθετήσεις παίζουν σοβαρό ρόλο σε θέματα εναρμόνισης και επανένταξης.

Στο κεφάλαιο αυτό, θα περιγραφούν και θα αναλυθούν συγκεκριμένα παραδείγματα ερευνών οι οποίες έχουν διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια, και αφορούν την σχεδίαση Ιατρικών Συστημάτων Λήψης Αποφάσεων, τα οποία συνεισφέρουν είτε στον σχεδιασμό είτε στην επιλογή προγράμματος Αποκατάστασης ασθενών, οι οποίοι πάσχουν από συγκεκριμένες νόσους.

## 3.3 Ορολογία

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή των ΙΣΥΑ, θα πρέπει να οριστούν και να εξηγηστούν κάποιοι όροι, οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν.

**Συντελεστής συσχέτισης Spearman (rho):** Θεωρούμε δύο τυχαίες μεταβλητές  $X$ ,  $Y$  και  $n$  ζεύγη παρατηρήσεων  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  από τυχαίο δείγμα μεγέθους  $n$ . Έστω  $R(X_i)$  ο βαθμός ή η τάξη μεγέθους της μεταβλητής  $X$  όταν αυτή συγκρίνεται με τις άλλες τιμές της, για  $i = 1, 2, \dots, n$ . Δηλαδή,  $R(X_i) = 1$ , αν  $X_i$  είναι η μικρότερη από τις υπόλοιπες τιμές,  $R(X_i) = 2$ , αν η μεταβλητή  $X_i$  είναι η επόμενη μικρότερη, κ.ο.κ. με τον βαθμό  $n$  να αντιστοιχεί στην μεγαλύτερη. Ομοίως, η τάξη μεγέθους της  $Y_i$  παίρνει ανάλογες τιμές όταν συγκρίνεται με τις υπόλοιπες. Ο Spearman το 1904

πρότεινε ένα μέτρο συσχέτισης, βασισμένο στις τάξεις μεγέθους των παρατηρήσεων και όχι σε αυτές καθαυτές τις παρατηρήσεις:

$$\mathbf{rho} = \mathbf{1} - \frac{6 \times \sum_{i=1}^v \delta_i^2}{v \times (v^2 - 1)}$$

όπου  $v$  το μέγεθος του δείγματος και  $\delta_i = R(X_i) - R(Y_i)$ . Ο συντελεστής  $\mathbf{rho}$  παίρνει τιμές στο διάστημα  $[-1,1]$ . Αν συμφωνούν πλήρως οι δύο κατατάξεις είναι  $\mathbf{rho}=1$ , ενώ αν η μια διάταξη είναι ριζικά διαφορετική από την άλλη είναι  $\mathbf{rho} = -1$ . Η τιμή 0 δείχνει τον μικρότερο βαθμό συσχέτισης. Επίσης, αν στην κατάταξη έχουμε ισοβαθμίες, δίνουμε ως θέση σε όλες τις θέσεις που ισοβαθμούν την μέση τιμή τους[16].

**Τιμή  $p$ :** Αντιπροσωπεύει την πιθανότητα του λάθους που περιλαμβάνεται στην αποδοχή του παρατηρηθέντος αποτελέσματος μιας έρευνας τόσο έγκυρου, δηλαδή όσο η αντιπροσώπευση του πληθυσμού. Παραδείγματος χάριν μια τιμή  $p$  του 0,05 (1/20) δείχνει ότι υπάρχει μια πιθανότητα 5% ότι η σχέση μεταξύ των μεταβλητών που βρίσκονται στο δείγμα να είναι ψευδή[17].

**Απόσταση Mahalanobis :** Αποτελεί μέτρο υπολογισμού της ομοιότητας ή της ανομοιότητας μεταξύ ζευγών δεδομένων.

$$D_M(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \sqrt{(\mathbf{X} - \mathbf{Y}) \times \Sigma^{-1} \times (\mathbf{X} - \mathbf{Y})^T}$$

Όπου  $\Sigma^{-1}$  είναι ο πίνακας συνδιασποράς των  $\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{Y}$ . Όταν  $\Sigma = \mathbf{I}$ , τότε έχουμε Ευκλείδεια απόσταση[18].

**Στατιστικό κριτήριο  $\chi^2$  (χ-τετράγωνο/chi-square):** Είναι στατιστική δοκιμασία που χρησιμοποιείται για την ανάλυση ποιοτικών δεδομένων. Στην ουσία, εξετάζει αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί κατά την διάρκεια της έρευνας και αυτών που θα περιμέναμε να εμφανιστούν. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο πιθανότερο είναι να προκύψει στατιστικώς σημαντικό αποτέλεσμα. Το  $\chi^2$  υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\Pi - A)^2}{A}$$

όπου

$\Pi$ = η πραγματική συχνότητα κάθε κατηγορίας, και

$A$ = η αναμενόμενη συχνότητα κάθε κατηγορίας[19].

**Στατιστικός έλεγχος  $t$ :** Χρησιμοποιούνται δεδομένα που προέρχονται από ένα δείγμα για να ελεγχθούν υποθέσεις που σχετίζονται με τη μέση τιμή ενός πληθυσμού όταν η διακύμανση του αρχικού πληθυσμού είναι άγνωστη. Γίνεται εκτίμηση της διακύμανσης του πληθυσμού με τη βοήθεια της διακύμανσης του δείγματος. Ο

υπολογισμός της τιμής του στατιστικού δείκτη ελέγχου  $t$  βασίζεται στις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s_{\bar{x}}}, \text{ με } s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Το  $t$  στατιστικό τεστ ενός δείγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο όταν τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις:

- Το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό και οι τιμές που το απαρτίζουν οφείλονται σε ανεξάρτητες παρατηρήσεις
- Η κατανομή των τιμών του δείγματος είναι κανονική [20].

**Ευαισθησία (Sensitivity) /Ειδικότητα (Specificity):** Μεγέθη που χρησιμοποιούνται για την σύγκριση εργαστηριακών δοκιμών μεταξύ τους και για να αποφασιστεί ποιά δίνει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Μια εργαστηριακή εξέταση θεωρείται ευαίσθητη όταν μπορεί να εντοπίσει με επιτυχία τα θετικά αποτελέσματα. Μια εξέταση θεωρείται ειδική, όταν μπορεί να εντοπίσει με επιτυχία τα αρνητικά αποτελέσματα. Μια εξέταση θεωρείται ακριβής αν διαθέτει αυξημένη ευαισθησία και ειδικότητα. Η ποσοτική εκτίμηση της ευαισθησίας και της ειδικότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση του τετράπτυχου πίνακα. Έστω:

- TP, τα αληθώς θετικά αποτελέσματα
- FP, τα ψευδώς θετικά αποτελέσματα
- FN, τα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα
- TN, τα αληθώς αρνητικά αποτελέσματα
- TP + FN, το σύνολο των πασχόντων
- FP + TN, το σύνολο των μη πασχόντων

	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΝΟΣΟΥ	ΑΠΟΥΣΙΑ ΝΟΣΟΥ
ΕΞΕΤΑΣΗ ΘΕΤΙΚΗ	TP	FP
ΕΞΕΤΑΣΗ ΑΡΝΗΤΙΚΗ	FN	TN

**Πίνακας 1: Ορισμός των TP, FP, FN, TN**

- ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ =  $\frac{TP}{TP+FN}$
- ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ =  $\frac{TN}{FP+TN}$  [21]

**Καμπύλη Χαρακτηριστικού Λειτουργικού Δείκτη (ROC Curve):** Η καμπύλη ROC που αντιστοιχεί σε έναν ιατρικό έλεγχο είναι το συνεχές γράφημα που ορίζουν τα σημεία (FP,TP) για όλα τα δυνατά σημεία απόφασης στο μοναδιαίο τετράγωνο  $[0,1] \times [0,1]$  και ξεκινά από το σημείο (0,0) για να καταλήξει στο σημείο (1,1). Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη ROC χρησιμοποιείται ως δείκτης διαχωρισμού των κατανομών υγιών και ασθενών και υπολογίζεται μη-παραμετρικά σύμφωνα με τον κανόνα του τραπεζίου με βάση τα σημεία (FP,TP) που έχουν υπολογιστεί. Η ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει είναι 0,5 όταν οι δύο κατανομές συμπίπτουν απόλυτα και η

μέγιστη 1,0 όταν οι δύο κατανομές δε συμπίπτουν πουθενά ( με την κατανομή των ασθενών να καταγράφει μεγαλύτερες μετρήσεις από αυτήν των υγιών πάντα)[22].

**Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενούς (EPR)** : Αφορά τη διαχείριση της ιατρικής πληροφορίας με δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε ακριβή στοιχεία του φακέλου, τη σύνδεση με προγράμματα επιβοήθησης της διάγνωσης και τη χρήση πηγών γνώσης που θα βοηθήσουν στην κλινική εκτίμηση και αντιμετώπιση του ασθενούς. Ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος διακρίνεται για την καταγραφή και συντήρηση των στοιχείων του ασθενή, τη διασφάλιση της ιδιωτικότητας κι απορρήτου των ιατρικών πληροφοριών, την ασφαλή μεταφορά κι επεξεργασία του ιατρικού δεδομένου από άλλους ιατρούς σε οποιοδήποτε μέρος κι αν βρίσκονται και , τέλος, την διαθεσιμότητα όλων των δυνατών μορφών αρχείων για την υποστήριξη και την εισαγωγή πολλών τύπων δεδομένων[23].

**Microsoft.NET**: Είναι ένα πλαίσιο εργασίας των Windows, το οποίο υποστηρίζει την δημιουργία προγραμμάτων και εφαρμογών σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού.

**SQL (Structured Query Language)**: Αποτελεί σήμερα την πιο διαδεδομένη γλώσσα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων.

**Μελέτη κοόρτης**: Είναι μία μη πειραματική επιδημιολογική μελέτη, στην οποία συμμετέχουν δύο ή περισσότερες ομάδες ατόμων. Τα άτομα διαχωρίζονται σε πάσχοντα από μία συγκεκριμένη πάθηση και σε μη πάσχοντα. Η σύγκριση των μελετώμενων ομάδων βασίζεται στη συχνότητα εμφάνισης της μελετώμενης πάθησης[24].

**SF-36v2 (Short-Form 36 Health Survey Version 2.0)**: Είναι μια ιατρική έρευνα πολλαπλών χρήσεων, η οποία προσδιορίζει την γενική κατάσταση υγείας, την λειτουργική κατάσταση και την σχετική με την υγεία ποιότητα ζωής των ασθενών. Είναι μια γενική μέτρηση και η χρήση της δεν περιορίζεται σε μία και μόνο πάθηση[25].

**Tomek Links** : Αποτελούν μέθοδο αντιμετώπισης του προβλήματος των συνόλων δεδομένων που βρίσκονται σε ανισοροπία σε μία διαδικασία κατηγοριοποίησης. Χρησιμοποιούνται ως μια μέθοδος υπό-δειγματοληψίας και αφαιρούν τα θορυβώδη δεδομένα των κλάσεων πλειοψηφίας[26].

**Αλγόριθμος Correlation-based Feature Subset Evaluation**: Ο αλγόριθμος αυτός, ουσιαστικά είναι ένα απλό φίλτρο, το οποίο ταξινομεί υποσύνολα χαρακτηριστικών σύμφωνα με μία ευρετική συνάρτηση αξιολόγησης, βασισμένη στον μεταξύ τους συσχετισμό[27].

**Javascript** : Είναι μια ερμηνεύσιμη γλώσσα σεναρίου, η οποία χρησιμοποιείται για την δημιουργία διαδραστικών ιστοσελίδων. Συνήθως, ενσωματώνεται στον κώδικα HTML και υποστηρίζεται από τους περισσότερους και δημοφιλέστερους φυλλομετρητές.

### 3.4 ΙΣΥΑ για την επιλογή των πρωτοκόλλων Αποκατάστασης για ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος

Το 2012 δημοσιεύθηκε στην Διεθνή Εφημερίδα Έρευνας για την Αποκατάσταση (International Journal of Rehabilitation Research) η εργασία του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου του Αμάν της Ιορδανίας (Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, University of Jordan, Amman, Jordan) με τίτλο **‘Development of a decision support system to predict physician’s rehabilitation protocols for patients with knee osteoarthritis’**[28]. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν οι Ziad M. Hawamdeh, Mohammed A. Alshraideh, Jidah M. Al – Ajlouni, Imad K. Salah, Margo B. Holm και Ali H. Otom. Ο στόχος της έρευνας ήταν ο σχεδιασμός ενός Ιατρικού Συστήματος Λήψης Αποφάσεων (ΙΣΥΑ), το οποίο θα μπορούσε να επιλέξει το πρωτόκολλο Αποκατάστασης που ο ίδιος ο Φυσίατρος θα επέλεγε για ασθενείς με **Οστεοαρθρίτιδα στο γόνατο (knee osteoarthritis – OA)**. Αν το ΙΣΥΑ μπορούσε να προβλέψει με ακρίβεια το κατάλληλο πρωτόκολλο για συγκεκριμένο ασθενή, το ίδιο με τον έμπειρο Φυσίατρο, τότε το ΙΣΥΑ θα μπορούσε μελλοντικά να αποτελέσει ‘σύμμαχο’ του Φυσιάτρου για την σωστή απόφαση.

#### 3.4.1 Οστεοαρθρίτιδα

Οστεοαρθρίτιδα ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία η άρθρωση καταστρέφεται, λόγω εκφύλισης του αρθρικού χόνδρου. Η πάθηση συμβαίνει πιο συχνά σε ηλικιωμένους, υπέρβαρους και σε ανθρώπους που έχουν υποστεί σοβαρό τραυματισμό στη συγκεκριμένη άρθρωση, ωστόσο δεν έχουν διευκρινιστεί οι αιτίες που την προκαλούν. Στα αρχικά στάδια της νόσου ο ασθενής πονά έπειτα από περίοδο ακινησίας και ο πόνος υποχωρεί με την κίνηση. Με την πάροδο του χρόνου ο πόνος γίνεται συνεχής ενώ μειώνεται το εύρος κίνησης της άρθρωσης. Η διάγνωση της πάθησης γίνεται από τον ορθοπαιδικό ιατρό με την κλινική εξέταση, με ακτινογραφίες που γίνονται σε όρθια θέση και μερικές φορές με μαγνητική τομογραφία και εξετάσεις αίματος[29]. Η κατάσταση του ασθενούς εκτιμάται και ταξινομείται σύμφωνα με το κριτήριο Kellgren-Lawrence, το οποίο αποτελεί μία μέθοδο ταξινόμησης της σοβαρότητας της Οστεοαρθρίτιδας γόνατος με την χρήση 5 βαθμίδων:

- Βαθμός 0: Απουσία ακτινογραφικών ενδείξεων Οστεοαρθρίτιδας
- Βαθμός 1: Αμφίβολη παρουσία Οστεοαρθρίτιδας
- Βαθμός 2: Ελάχιστο επίπεδο Οστεοαρθρίτιδας
- Βαθμός 3: Μέτρια κατάσταση ασθενούς
- Βαθμός 4: Πολύ σοβαρή κατάσταση[30]



Εικόνα 3.2 Ακτινογραφική απεικόνιση των 5 Βαθμίδων του κριτηρίου Kellgren-Lawrence [71]

Για την αντιμετώπιση της ΟΑ εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι, όπως η συντηρητική θεραπεία, η χρήση θερμών επιθεμάτων/παγοκυστών, η χορήγηση αναλγητικών φαρμάκων, η χορήγηση αντιφλεγμονωδών φαρμάκων, οι ενδοαρθρικές εγχύσεις υαλουρονικού οξέος, οι ενδοαρθρικές εγχύσεις κορτικοειδών και η φυσικοθεραπεία. Στα πολύ προχωρημένα στάδια της ΟΑ συνίσταται χειρουργική επέμβαση. Η Φυσικοθεραπεία στοχεύει καταρχήν στη μείωση του πόνου με φυσικοθεραπευτικές μεθόδους, ώστε να υπάρχει κίνητρο για αύξηση της δραστηριότητας των ασθενών. Ακολουθεί σταδιακή αύξηση της δραστηριότητας (λίγο περισσότερη βόδιση κάθε ημέρα ή εβδομάδα). Σε κάποιες περιπτώσεις χρειάζεται παραπομπή σε φυσικοθεραπευτή για ένταξη σε πρόγραμμα κλιμακούμενης άσκησης. Σημασία, επίσης, έχει η επιλογή δραστηριοτήτων και ασκήσεων που απολαμβάνει ο ασθενής. Για την επιτυχία του όλου εγχειρήματος, είναι αναγκαία η περιοδική παρακολούθηση και συνεχή υποστήριξη του ασθενούς για ανανέωση του κινήτρου τόσο κατά τη διαδικασία απώλειας βάρους, όσο και για την εφαρμογή ενός μακροπρόθεσμου προγράμματος άσκησης[31].

Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα Αποκατάστασης που έχουν ως στόχο την μείωση του πόνου, τη βελτίωση της κίνησης, την αύξηση της μυϊκής δύναμης και την ελαχιστοποίηση της επίδρασης της Οστεοαρθρίτιδας στις καθημερινές δραστηριότητες του ασθενούς. Τα 3 πιο συνηθισμένα στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο της Ιορδανίας είναι:

1. Ζεστά επιθέματα, συνοδευόμενα από ηλεκτροθεραπεία και εξάσκηση
2. Παγοκύστες, συνοδευόμενες από υπέρηχο και εξάσκηση
3. Αποκλειστικά εξάσκηση

### 3.4.2 Συλλογή Δεδομένων

Στην έρευνα του Τμήματος Φυσικοθεραπείας του Πανεπιστημίου του Αμάν της Ιορδανίας συμμετείχαν 170 άτομα, τα οποία είχαν επισκεφθεί το Τμήμα Ιατρικής



Αποκατάστασης του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου της Ιορδανίας (Rehabilitation Medicine Department of Jordan University Hospital) το διάστημα μεταξύ Ιουλίου και Σεπτεμβρίου του 2011 και είχε διαγνωστεί ότι έπασχαν από ΟΑ γόνατος. Από την έρευνα αποκλείστηκαν όλοι οι ανήλικοι, όσοι είχαν ήδη υποβληθεί σε εγχείριση στο γόνατο, οι κυοφορούσες γυναίκες και όσοι δεν επιθυμούσαν να συμμετέχουν. Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα έδωσαν πρώτα την γραπτή συγκατάθεσή τους.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά. Οι δημογραφικές μεταβλητές ήταν 2: η **ηλικία** (σε χρόνια) και το **φύλο**. Οι κλινικές μεταβλητές ήταν:

1. **Ύψος**: Οι μετρήσεις έγιναν με τους ασθενείς σε όρθια στάση και με γυμνά πόδια (σε cm) με ακρίβεια 0,1 cm.
2. **Βάρος**: Οι μετρήσεις έγιναν με τους ασθενείς να φοράνε λίγα ρούχα και να έχουν τα πόδια τους γυμνά με ακρίβεια 0,5kg.
3. **Δείκτης Μάζας Σώματος / Body Mass Index (ΔΜΣ/BMI)**: Υπολογίστηκε για τον κάθε ασθενή ξεχωριστά με την χρήση του τύπου  $ΔΜΣ = \frac{ΒΑΡΟΣ (kg)}{ΥΨΟΣ^2 (m^2)}$ .
4. **Πάσχουσα πλευρά** : Προσδιορίζεται από την ιατρική εξέταση (αριστερή/δεξιά).
5. **Σοβαρότητα της Οστεοαρθρίτιδας του γονάτου**: Προσδιορίζεται από τον Φυσίατρο με την χρήση του Ιστορικού του ασθενούς, των κλινικών εξετάσεων και της ακτινογραφικής εκτίμησης της κατάστασης του γόνατος σύμφωνα με τα κριτήρια των Kellgren και Lawrence (1957).
6. **Ένταση του πόνου**: Ζητήθηκε από τους ασθενείς να κατατάξουν την ένταση του πόνου τους κατά την διάρκεια της προηγούμενης εβδομάδας σε μια κλίμακα από το 0 έως το 10, όπου το 0 αντιστοιχούσε σε καθόλου πόνο και το 10 σε εξαιρετικά έντονο πόνο. Οπότε, οι κατηγορίες για την ένταση του πόνου διαμορφώθηκαν ως εξής:
  - 1-4: Ήπιος πόνος
  - 4-7: Μέτριος πόνος
  - 7-10: Έντονος πόνος

### 3.4.3 Υλοποίηση του ΙΣΥΑ

Για τον προγραμματισμό του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων επιλέχθηκε η μέθοδος των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (ΤΝΔ). Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου η ανθρώπινη εμπειρία παίζει τον σημαντικότερο ρόλο στην διαδικασία λήψης της απόφασης, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση που μελετά η έρευνα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Νευρωνικών Δικτύων Εμπρός Τροφοδότησης (Feed – forward neural networks/FFNN). Ως

μέθοδος εκπαίδευσης του ΤΝΔ επιλέχθηκε ο αλγόριθμος Πίσω Διάδοσης Λάθους (Back Propagation Algorithm), όπως συνηθίζεται στην περίπτωση των FFNN.

Για την εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη (10-fold cross-validation). Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε και για την βελτίωση της γενίκευσης του συστήματος. Το σύνολο των δεδομένων διαιρέθηκε σε 3 υποσύνολα: 1) τα δεδομένα εκπαίδευσης, 2) τα δεδομένα επικύρωσης, 3) τα δεδομένα δοκιμής. Τα δεδομένα εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των βαρών του ΤΝΔ. Τα δεδομένα επικύρωσης χρησιμοποιήθηκαν για την ελαχιστοποίηση του φαινομένου της υπερπροσαρμογής (overfitting). Σε περίπτωση που η αύξηση της ακρίβειας στο υποσύνολο δεδομένων εκπαίδευσης δεν έφερναν το ίδιο αποτέλεσμα στο υποσύνολο των δεδομένων επικύρωσης, τότε παρουσιαζόταν το φαινόμενο της υπερπροσαρμογής και το ΤΝΔ σταματούσε την εκπαίδευσή του. Το υποσύνολο των δεδομένων δοκιμής χρησιμοποιήθηκε μόνο για δοκιμή της τελικού αποτελέσματος, με σκοπό να επιβεβαιωθεί η ικανότητα πρόβλεψης του ΤΝΔ.

Όπως προαναφέρθηκε, στην συγκεκριμένη έρευνα, χρησιμοποιήθηκε διασταυρωμένη επικύρωση σε 10 μέρη και κάθε μέρος αποτελούταν από δεδομένα εκπαίδευσης (80%), δεδομένα επικύρωσης (10%) και δεδομένα δοκιμής (10%). Από το δείγμα, λοιπόν, των 170 ασθενών που συμμετείχαν στην έρευνα-από τον καθέναν από τους οποίους δημιουργήθηκε μια εγγραφή δεδομένων- προέκυψαν 136 εγγραφές δεδομένων εκπαίδευσης, 17 εγγραφές δεδομένων επικύρωσης και 17 εγγραφές δεδομένων δοκιμής. Για την εκπαίδευση, την επικύρωση και την δοκιμή του ΙΣΥΑ, 78 εγγραφές αντιστοιχούν σε ασθενείς που ακολούθησαν το 1<sup>ο</sup> πρωτόκολλο, 54 σε ασθενείς που ακολούθησαν το 2<sup>ο</sup> πρωτόκολλο και 38 σε ασθενείς που ακολούθησαν το 3<sup>ο</sup> πρωτόκολλο.

#### 3.4.4 Κατασκευή του ΤΝΔ

Για την σχεδίαση του Νευρωνικού Δικτύου Εμπρός Τροφοδότησης ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

1. Δημιουργία μίας κρυφής στοιβάδας (hidden layer), ο αριθμός νευρώνων της οποίας υπολογίστηκε από την σχέση  $\frac{(n_i + n_o)}{2}$ , όπου  $n_i$  ο αριθμός των νευρώνων της στοιβάδας εισόδου (input layer) και  $n_o$  ο αριθμός των νευρώνων της στοιβάδας εξόδου (output layer)
2. Πρόσθεση μίας ακόμα κρυφής στοιβάδας, ο αριθμός των νευρώνων της οποίας ισούται με το μισό του αριθμού των νευρώνων της προηγούμενης.
3. Επανάληψη του 2<sup>ου</sup> βήματος μέχρι ο αριθμός των νευρώνων της στοιβάδας να γίνει 1.

### 3.4.5 Αποτελέσματα

Η κατασκευή και η δοκιμή του ΤΝΔ έγινε με χρήση του Matlab 2010a.

Patient Characteristics	Mean (SD)/n (%)
<b>Age in years (SD)</b>	54.5 (14.0)
<b>Sex</b>	
<b>Male, n (%)</b>	94 (55.0)
<b>Female, n (%)</b>	76 (45.0)
<b>Height, cm (SD)</b>	161.4 (8.1)
<b>Weight, kg (SD)</b>	78.3 (14.9)
<b>BMI, kg/m<sup>2</sup> (SD)</b>	29.0 (6.0)
<b>Affected Side</b>	
<b>Left, n (%)</b>	54 (31.0)
<b>Right, n (%)</b>	116 (69.0)
<b>Severity of knee Osteoarthritis</b>	
<b>Mild, n (%)</b>	13 (8.0)
<b>Moderate, n (%)</b>	32 (19.0)
<b>Severe, n (%)</b>	125 (73.0)
<b>Severity of Pain</b>	
<b>Mild, n (%)</b>	16 (9.0)
<b>Moderate, n (%)</b>	57 (33.0)
<b>Severe, n (%)</b>	97 (58.0)
<b>Treatment Protocols</b>	
<b>Protocol a, n (%)</b>	78 (45.8)
<b>Protocol b, n (%)</b>	54 (31.8)
<b>Protocol c, n (%)</b>	38 (22.4)

**Πίνακας 2:** Δημογραφικά, κλινικά δεδομένα ασθενών και παράμετροι περιγραφής θεραπείας [28]

Τα αρχικά δεδομένα που προήλθαν από τους ασθενείς (δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά) φαίνονται στον πίνακα παραπάνω. Η στοιβάδα εισόδου αποτελείται από 8 νευρώνες, όσες και οι μεταβλητές εισόδου, που αντιστοιχούν στα 2 δημογραφικά χαρακτηριστικά των ασθενών και στα 6 κλινικά. Η στοιβάδα εξόδου αποτελείται από 1 νευρώνα που αντιπροσωπεύει το πρωτόκολλο Αποκατάστασης που επιλέγεται. Ως συνάρτηση ενεργοποίησης στην στοιβάδα εξόδου επιλέχθηκε η Γραμμική, ενώ στην κρυφή στοιβάδα χρησιμοποιήθηκαν 2 μη γραμμικές συναρτήσεις, η Λογιστική Σιγμοειδής και η Υπερβολική Εφαπτομένη. Τα πειράματα εκπαίδευσης σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να τερματίζουν όταν ικανοποιούνται οι εξής συνθήκες:

- Ο αριθμός των εποχών εκπαίδευσης υπερβαίνει τις 1000
- Ο στόχος λάθους (error goal) είναι  $10^{-8}$ .
- Ο αριθμός των ελέγχων επικύρωσης είναι 20

Καθώς η στοιβάδα εισόδου περιλαμβάνει 8 νευρώνες και η στοιβάδα εξόδου 1 νευρώνα, με χρήση της εξίσωσης  $\frac{(n_i + n_o)}{2}$ , υπολογίστηκε ότι η κρυφή στοιβάδα

αποτελείται από 4 ή 5 νευρώνες. Για μεγαλύτερη γενίκευση και για να εξεταστούν περισσότερες περιπτώσεις, δοκιμάστηκαν και μοντέλα με 6 νευρώνες. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διαφορετικές τοπολογίες δικτύου και η ακρίβεια για καθεμία από αυτές.

Αρχιτεκτονική Δικτύου	Συνάρτηση Ενεργοποίησης	Ακρίβεια Κατηγοριοποίησης (%)
[8 5 1]	Λογιστική Σιγμοειδής	64.7
[8 5 1]	Υπερβολική Εφαπτομένη	80.9
[8 6 1]	Λογιστική Σιγμοειδής	64.7
[8 6 1]	Υπερβολική Εφαπτομένη	74.4
[8 4 1]	Λογιστική Σιγμοειδής	64.7
[8 4 1]	Υπερβολική Εφαπτομένη	87.4

**Πίνακας 3: Ακρίβεια πρόβλεψης μοντέλου με 1 κρυφή στοιβάδα [28]**

Η υψηλότερη ακρίβεια κατηγοριοποίησης (classification accuracy) επετεύχθη με την τοπολογία στα μέρη 1, 7 και 8 (93,2%) της διαδικασίας της διασταυρωμένης επικύρωσης και η χαμηλότερη (76,2%) στο 4<sup>ο</sup> μέρος της. Η χαμηλότερη μέση ακρίβεια κατηγοριοποίησης ήταν 61% (τοπολογία δικτύου [8 6 1]) και η υψηλότερη 87,4%, η οποία επετεύχθη με τοπολογία δικτύου [8 4 1] και με συνάρτηση ενεργοποίησης στην κρυφή στοιβάδα την Υπερβολική Εφαπτομένη.

Για περαιτέρω αξιολόγηση του μοντέλου αυτού, σχεδιάστηκε ένα Νευρωνικό Δίκτυο Εμπρός Τροφοδότησης με 2 κρυφές στοιβάδες για να ελεγχθεί κατά πόσο αυτό θα μπορούσε να επιτύχει μεγαλύτερη ακρίβεια. Ωστόσο, η υψηλότερη ακρίβεια που καταγράφηκε ήταν 84,11% με μια τοπολογία δικτύου [8 5 4 1], και με συνάρτηση ενεργοποίησης την Λογιστική Σιγμοειδή.

### 3.4.6 Σύνοψη

Ο στόχος, λοιπόν, της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ο σχεδιασμός και η δοκιμή ενός ΙΣΥΑ, το οποίο θα μπορούσε να προβλέψει επακριβώς το κατάλληλο πρωτόκολλο Αποκατάστασης για την αποθεραπεία ενός συγκεκριμένου ασθενούς που πάσχει από Οστεοαρθρίτιδα στο γόνατο, και θα ήταν το ίδιο με αυτό που θα πρότεινε ο Φυσίατρος στον ασθενή. Το ΙΣΥΑ που δημιουργήθηκε ήταν Μη-Βασισμένο στην Γνώση (Nonknowledge – based System) και για τον σχεδιασμό του χρησιμοποιήθηκε η τεχνική των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Το ΤΝΔ σχεδιάστηκε με την χρήση του Matlab 2010a. Η εφαρμογή αυτή αποτελεί ένα χρήσιμο βοήθημα στα χέρια των Φυσιάτρων, εξοικονομεί χρόνο και κόστος, και συμβάλλει στο να αυξηθεί η ακρίβεια των προτάσεων θεραπείας σε ασθενείς που υποφέρουν από Οστεοαρθρίτιδα γόνατος σε πολυάσχολα Ιατρικά Κέντρα, όπως το Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο της Ιορδανίας, όπου και πραγματοποιήθηκε η έρευνα.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά. Για τον προσδιορισμό των τιμών των μεταβλητών αυτών επιλέχθηκαν 170 ασθενείς. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι σε ποσοστό 87% το ΙΣΥΑ κατάφερε να προβλέψει σωστά και ακριβώς το πρωτόκολλο Αποκατάστασης. Η αύξηση του αριθμού των κύκλων εκπαίδευσης σε 10.000 δεν βελτίωσε το μοντέλο, αλλά μείωσε το ποσοστό λάθους. Το μοντέλο είχε την βέλτιστη απόδοση με την αρχιτεκτονική [8 4 1], και με συνάρτηση ενεργοποίησης στην κρυφή στοιβάδα την Υπερβολική Εφαπτομένη.

Η χρήση της τεχνικής των ΤΝΔ περιέχει κάποιους περιορισμούς. Επικεντρώνεται αποκλειστικά και μόνο στην πρόβλεψη, χωρίς της ουσιαστική γνώση που πιθανώς να έδινε η σκιαγράφιση της σχέσης μεταξύ των στοιβάδων του ΤΝΔ. Ωστόσο, δεδομένης της υψηλής ακρίβειας κατηγοριοποίησης που επετεύχθη με το συγκεκριμένο μοντέλο, μελλοντικά, και με μεγαλύτερο σύνολο δεδομένων και περισσότερη εκπαίδευση, η ακρίβειά του είναι πιθανό να αυξηθεί..

Η επιλογή της τεχνικής της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 αναδιπλώσεις βελτίωσε την γενίκευση του μοντέλου. Συγκριτικά με άλλες τεχνικές, παρουσιάζει χαμηλότερη μεταβλητότητα (variance), το οποίο είναι πολύ σημαντικό όταν το σύνολο των αρχικών δεδομένων είναι περιορισμένο, όπως και στην συγκεκριμένη έρευνα.

### 3.5 ΙΣΥΑ για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων της Αποκατάστασης ασθενών με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος

Τον Μάρτιο του 2004 δημοσιεύθηκε στην Διεθνή Εφημερίδα Έρευνας για την Αποκατάσταση (International Journal of Rehabilitation Research) η εργασία του Τμήματος Επιστημών Αποκατάστασης του Πολυτεχνείου του Kowloon του Hong Kong (Department of Rehabilitation Sciences, The Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong) με τίτλο **‘Predicting osteoarthritic knee rehabilitation outcome by using a prediction model developed by data mining techniques’**[32]. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν οι Sing – Fai Tam, Gladys L.Y. Cheing και Christina W.Y. Hui-Chan. Στόχος της εργασίας ήταν ο σχεδιασμός ενός υπολογιστικού συστήματος, το οποίο θα μπορούσε να προσδιορίσει το καταλληλότερο πρωτόκολλο Αποκατάστασης και θεραπείας για ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος, ώστε η βελτίωση της κατάστασής τους να είναι η μέγιστη δυνατή.

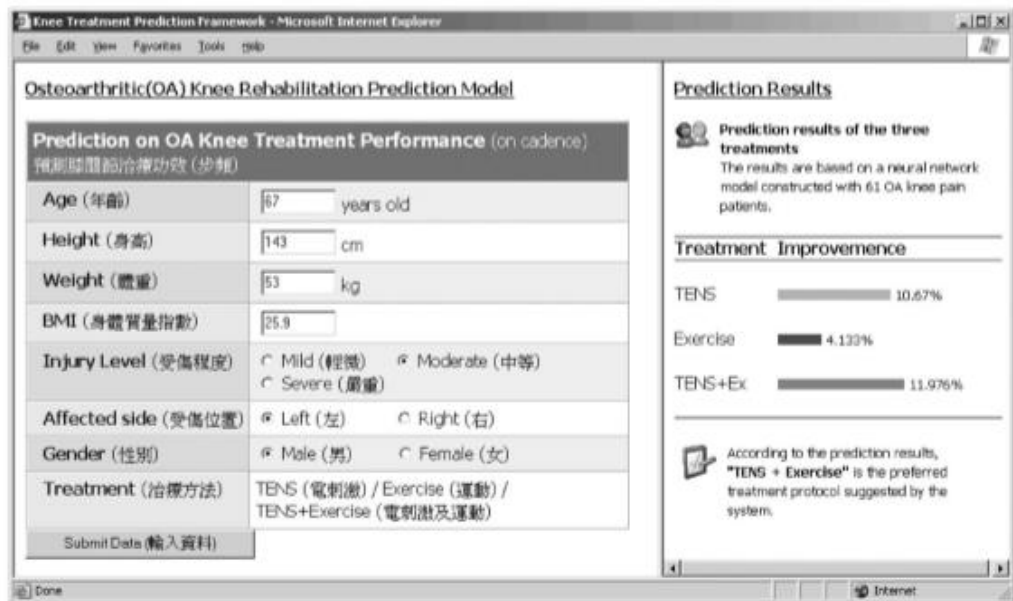
Από το σύνολο των πρωτοκόλλων Αποκατάστασης για ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος, το συγκεκριμένο σύστημα θα επιλέξει το καταλληλότερο για έναν συγκεκριμένο ασθενή μεταξύ των εξής τεσσάρων:

1. Η θεραπεία TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation)
2. Εξάσκηση αποκλειστικά
3. Θεραπεία TENS και εξάσκηση
4. Θεραπεία Placebo

#### 3.5.1 Συλλογή Δεδομένων

.Στην έρευνα συμμετείχαν 62 ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος, οι οποίοι είχαν ακολουθήσει ένα από τα 4 πρωτόκολλα Αποκατάστασης από τα παραπάνω. Ως δεδομένα εισόδου στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν τα εξής κλινικά χαρακτηριστικά των ασθενών:

- i. Ηλικία
- ii. Ύψος
- iii. Βάρος
- iv. Δείκτης Μάζας Σώματος(ΔΜΣ)
- v. Επίπεδο Τραυματισμού (Ηπιος - Μέτριος – Σοβαρός)
- vi. Πάσχουσα Πλευρά (Αριστερή – Δεξιά)
- vii. Φύλο



Εικόνα 3.3 Διεπαφή χρήστη του ΙΣΥΑ [32]

### 3.5.2 Κατασκευή του ΙΣΥΑ

Για την κατασκευή του ΙΣΥΑ, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Στην στοιβάδα εισόδου του ΤΝΔ, ο κάθε νευρώνας που την αποτελούσε αντιστοιχούσε σε ένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Στην στοιβάδα εξόδου υπάρχει ένας νευρώνας που αντιστοιχεί στην βελτίωση της έντασης του πόνου του ασθενούς  $VAS_{INT}$ . (Σύμφωνα με την σχέση  $\frac{(n_i + n_o)}{2}$ , η εσωτερική στοιβάδα αποτελείται από 4 νευρώνες). Ως συνάρτηση ενεργοποίησης της εσωτερικής στοιβάδας χρησιμοποιήθηκε η Λογιστική Σιγμοειδής.

Η εκπαίδευση του ΤΝΔ έγινε με την αλγόριθμο της Πίσω Διάδοσης Λάθους (Back Propagation Algorithm). Η έξοδος του ΤΝΔ, δηλαδή το προβλεπόμενο αποτέλεσμα, συγκρινόταν κάθε φορά με το πραγματικό (ένταση πόνου του ασθενούς). Με χρήση του συντελεστή συσχέτισης Spearman προσδιοριζόταν αν υπάρχει σημαντική ή όχι σύγκλιση μεταξύ των 2 αποτελεσμάτων και αναλόγως προσαρμοζόταν τα βάρη στους νευρώνες. Η εκπαίδευση συνεχιζόταν μέχρι να μειωθεί η απόκλιση/σφάλμα κάτω από ένα όριο (threshold).

### 3.5.3 Αξιολόγηση του μοντέλου

Για την αξιολόγηση του ΙΣΥΑ χρησιμοποιήθηκαν το σύνολο των δεδομένων από τους 62 ασθενείς – συμμετέχοντες στην έρευνα. Αφού το ΙΣΥΑ δίνει στην έξοδο

και την βελτίωση της κατάστασης του ασθενούς, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα αυτά με την πραγματική βελτίωση των ασθενών όπως την κατέγραψαν οι Φυσιάτροι με την βοήθεια του συντελεστή Spearman. Ο συντελεστής Spearman υπολογίστηκε:  $\rho = 0.424$ . Η τιμή αυτή είναι στατιστικά σημαντική με  $p < 0.001$ . Έτσι, το συγκεκριμένο σύστημα κρίθηκε ικανό να συμβάλλει στην ιατρική απόφαση σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου πρωτοκόλλου Αποκατάστασης για ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος.

### 3.5.4 Σύνοψη

Στόχος του ΙΣΥΑ που μελετήθηκε παραπάνω είναι η επιλογή από μια λίστα πρωτοκόλλων Αποκατάστασης για ασθενείς που πάσχουν από Οστεοαρθρίτιδα γόνατος του καταλλήλου για ασθενή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Για τον σκοπό, λοιπόν αυτόν και σε αυτή την έρευνα σχεδιάστηκε ουσιαστικά ένα Μη Βασισμένο σε Γνώση ΙΣΥΑ με την τεχνική των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων. Η τεχνική αυτή εφαρμόστηκε για να αποφευχθούν προβλήματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν άλλες μέθοδοι. Για παράδειγμα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν Δέντρα Απόφασης (Decision Trees), αλλά θα ήταν πολύ δύσκολο να ανανεωθούν, να βελτιωθούν και να προστεθούν σε αυτά νέες γνώσεις και δεδομένα που θα αποκτιούνταν στην πορεία. Πράγμα πολύ σημαντικό στην συγκεκριμένη έρευνα, αφού τα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν ασθενείς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος ποικίλλουν και είναι διαφορετικά σε κάθε περίπτωση και κάθε ασθενής είναι μια ξεχωριστή και ιδιόζουσα περίπτωση. Επίσης, μια άλλη εναλλακτική ήταν το Κλασσικό Μοντέλο Παλινδρόμησης, αλλά η απόκλιση μεταξύ της εξόδου του συστήματος και του πραγματικού αποτελέσματος (error rate) θα ήταν αρκετά μεγάλο, πράγμα ανεπίτρεπτο για το σύστημα, αφού η υψηλή ακρίβεια είναι βασική προϋπόθεση για την χρήση του από Φυσιάτρος.

Ένας ακόμα λόγος επιλογής των ΤΝΔ, είναι η έλλειψη προδιαγραφών και κανόνων στην κλινική και ψυχολογική αξιολόγηση της κατάστασης ενός ασθενούς με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος. Η εκτίμηση της κατάστασης της συγκεκριμένης κατηγορίας ασθενών βασίζεται κυρίως στην εμπειρία του Ιατρού. Έτσι λοιπόν, ενδείκνυται μια προσέγγιση βασισμένη στην εμπειρία από προηγούμενα περιστατικά. Τα ΤΝΔ περιλαμβάνουν μη γραμμικές τεχνικές προσομοίωσης, οι οποίες ελέγχουν την γενίκευση του μοντέλου με την εφαρμογή των αποτελεσμάτων σε ‘μελλοντικά’ δεδομένα. Η αρχιτεκτονική του συστήματος προσαρμόζεται στις δομές της εφαρμογής και διαρθρώνεται σύμφωνα με την ομαδοποίηση των δεδομένων εισόδου, τα οποία προέρχονται από τον εμπειρογνώμονα (στην συγκεκριμένη περίπτωση τον Φυσιάτρο) όπως ακριβώς τα χρησιμοποιεί..



## 3.6 Το ΙΣΥΑ CARDSS



Εικόνα 3.4 Λογότυπο του CARDSS [72]

Το CARDSS (Cardiac Rehabilitation Decision Support System) [33,34] είναι ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων που δραστηριοποιείται στον τομέα της Καρδιακής Αποκατάστασης. Δημιουργήθηκε από τους Niels Peek, Rick Goud, Nicolette de Keizer, Mariette van Engen – Verheul, Harelde Kemps και Arie Hasman υπό την αιγίδα του Τμήματος Ιατρικής Πληροφορικής του Ακαδημαϊκού Ιατρικού Κέντρου, του Πανεπιστημίου του Άμστερνταμ της Ολλανδίας.

### 3.6.1 Καρδιακή Αποκατάσταση

Οι καρδιαγγειακές παθήσεις αποτελούν τις συχνότερες ασθένειες του σύγχρονου κόσμου και συνοδεύονται από αυξημένα ποσοστά νοσηρότητας και θνησιμότητας. Τα άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις παρουσιάζουν πληθώρα πρωτογενών και δευτερογενών προβλημάτων υγείας που επιδεινώνουν την ποιότητα ζωής τους[35].

Ως Καρδιακή Αποκατάσταση (ΚΑ) ορίζεται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας η δραστηριότητα που επηρεάζει θετικά την υποκείμενη αιτία της νόσου και την παροχή καλύτερων δυνατών, σωματικών και κοινωνικών συνθηκών, έτσι ώστε οι ασθενείς να μπορούν, με δικές τους προσπάθειες, να συνεχίσουν την επανένταξη στην κοινωνία[36]. Η Καρδιακή Αποκατάσταση(ΚΑ), λοιπόν, είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο ασχολείται με την αποθεραπεία και την δευτερεύουσα πρόληψη ύστερα από τη εξαγωγή από το Νοσοκομείο ασθενών που υπέστησαν καρδιακά επεισόδια (όπως έμφραγμα του μυοκαρδίου) και καρδιακές επεμβάσεις (όπως εγχείρηση καρδιάς). Ένα σύνηθες πρόγραμμα ΚΑ διαρκεί 6 με 12 εβδομάδες και περιλαμβάνει σωματική άσκηση, ξεκούραση, ασκήσεις διαχείρισης του άγχους, ενημέρωση για την ασθένεια και τις επιπτώσεις της, παρακινήσεις για την αλλαγή του

τρόπου ζωής και ψυχοκοινωνική υποστήριξη, η οποία παρέχεται σε ομαδική θεραπεία (group therapy). Οι ομάδες ΚΑ αποτελούνται από Φυσικοθεραπευτές, Νοσοκόμους, Ψυχολόγους, Διαιτολόγους, Κοινωνικούς Λειτουργούς, Φυσιάτρους και φυσικά Καρδιολόγους.

### 3.6.2 Κατευθυντήριες γραμμές στην Καρδιακή Αποκατάσταση

Μία από τις προκλήσεις στον σύγχρονη Ιατρική είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή κατευθυντηρίων γραμμών κλινικής πρακτικής. Το 2004 το ίδρυμα Netherlands Heart Foundation και η οργάνωση Netherlands Society for Cardiology δημοσίευσαν εθνικές κατευθυντήριες γραμμές για τις υπηρεσίες ΚΑ. Σύμφωνα με τους 'οδηγούς' αυτούς, οι ασθενείς θα πρέπει να ακολουθούν εξατομικευμένα προγράμματα Αποκατάστασης, τα οποία περιλαμβάνουν προγράμματα σωματικής άσκησης, ξεκούρασης, ασκήσεις διαχείρισης του άγχους, ενημέρωση για την ασθένεια από την οποία πάσχει ο καθένας, και μαθήματα αλλαγής του τρόπου ζωής. Επίσης, αν είναι απαραίτητο, περιλαμβάνουν διαφορετικές μορφές υποστήριξης (π.χ. από Φυσικοθεραπευτές, Ψυχολόγους, Διαιτολόγους). Οι ασθενείς πρέπει να ακολουθούν μόνο την υποστήριξη και τις θεραπείες που χρειάζονται πραγματικά. Συγκριτικά με προηγούμενες χρονικά κατευθύνσεις που είχαν δημοσιευτεί στα μέσα της δεκαετίας του 1990, οι καινοτομίες ήταν η ξεκούραση, η διαχείριση του άγχους και τα μαθήματα αλλαγής του τρόπου ζωής του ασθενούς και πολλές κλινικές δεν είχαν τις εγκαταστάσεις, την εμπειρία και το προσωπικό για να παρέχουν αυτές τις θεραπείες όταν οι νέες οδηγίες εκδόθηκαν το 2004.

Το CARDSS, λοιπόν, σχεδιάστηκε για να ενθαρρύνει την εφαρμογή των Ολλανδικών κατευθύνσεων για την Καρδιακή Αποκατάσταση. Παρέχει στους χρήστες του εξατομικευμένες για κάθε ξεχωριστό ασθενή προτάσεις για συγκεκριμένο πρόγραμμα αποθεραπείας, βασισμένες στις εθνικές κατευθυντήριες γραμμές, που δημοσιεύθηκαν το 2004. Επίσης, από την στιγμή που την χρονική στιγμή της έκδοσής του, δεν χρησιμοποιούταν από τις Ολλανδικές κλινικές ΚΑ σύστημα Ηλεκτρονικού Ιατρικού Φακέλου Ασθενή (Electronic Patient Record – EPR), το CARDSS συμπεριλαμβάνει και λειτουργίες EPR. Ακόμα, για την ενίσχυση των πιθανοτήτων να γίνει καθολικά αποδεκτό, δίνει εξηγήσεις και επιστημονικές αποδείξεις σχετικά με τις θεραπείες που προτείνει. Τέλος, διακρίνει τους ρόλους των ειδικών της πολυεπιστημονικής ομάδας ΚΑ στην διαδικασία της αποθεραπείας.

Σε πολλές περιπτώσεις, αν και οι κατευθυντήριες γραμμές για την ΚΑ σχεδιάζονται με σκοπό την βελτίωση της αποτελεσματικότητας και την μείωση των αναποτελεσματικών θεραπειών, η εμπιστοσύνη σε αυτούς είναι μικρή. Συχνά, περιλαμβάνουν ασάφειες, ασυνέπειες και λογικά σφάλματα, που εμποδίζουν την μετατροπή τους σε τυπικά μοντέλα κατευθύνσεων για να χρησιμοποιηθούν σε ένα ΙΣΥΑ. Για την αποφυγή των προβλημάτων αυτών, στην ερευνητική διαδικασία για το CARDSS, εφαρμόστηκε ταυτόχρονη ανάπτυξη κατευθυντηρίων γραμμών και

στρατηγική μοντελοποίησης. Σαν βάση για την ανάπτυξη αυτής της στρατηγικής, χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν ήδη υπάρχουσες μεθοδολογίες για τον σχεδιασμό κατευθυντηρίων γραμμών. Μια ομάδα 23 ειδικών από το επιστημονικό πεδίο της ΚΑ, σχεδίασαν κατευθύνσεις για την ΚΑ και παράλληλα μια άλλη ομάδα (1 ειδικός της Ιατρικής Πληροφορικής, 2 Προγραμματιστές Η/Υ, σε συνεργασία με τον συντονιστή της πρώτης ομάδας) μοντελοποίησαν τις κατευθύνσεις αυτές. Τα δύο αυτά γκρουπ ασχολήθηκαν με ξεχωριστές, αλλά σχετικές εργασίες, όπως η σύνοψη των επιστημονικών αποδείξεων, η συγγραφή κειμένων με τις κατευθύνσεις, η επίσημη μοντελοποίηση των κατευθυντηρίων γραμμών. Αλλά, η κρίσιμη κοινή προσπάθεια ήταν ο σχεδιασμός του αλγόριθμου, ο οποίος δημιούργησε την βάση για το επίσημο μοντέλο των κατευθύνσεων. Οι Προγραμματιστές Η/Υ και ο ειδικός της Ιατρικής Πληροφορικής με την εργασία τους εξασφάλισαν ότι οποιαδήποτε αοριστία ή ασυνέπεια στις προτάσεις που θα έδινε το σύστημα τελικά, θα αναγνωριζόταν στο προσχέδιο του αλγόριθμου, ο οποίος θα τροποποιούταν ώστε να τελειοποιηθεί.

### 3.6.3 Πλαίσιο Εργασίας GASTON

Για την ανάπτυξη των λειτουργιών του CARDSS, χρησιμοποιήθηκε η εργαλειοθήκη του πλαισίου εργασίας GASTON. Επιπροσθέτως, οι δημιουργοί του GASTON προθυμοποιήθηκαν να συμβάλουν στην δημιουργία του CARDSS. Το GASTON αποτελείται από :

- I. Γλώσσα αναπαράστασης των κατευθυντηρίων γραμμών βασισμένη σε οντολογίες
- II. Περιβάλλον συγγραφής κατευθυντηρίων γραμμών, το οποίο βοηθά τους συγγραφείς αυτών να τις καθορίσουν με βάση την γλώσσα αναπαράστασής τους που διαθέτει το GASTON.
- III. Περιβάλλον εφαρμογής των κατευθυντηρίων γραμμών, το οποίο τις αναπαριστά αποτελεσματικότερα σε επίπεδο συμβόλων, έτσι ώστε να διαβαστούν και να διεκπεραιωθούν από μία μηχανή εκτέλεσης.

### 3.6.4 Αλγόριθμος

Ο αλγόριθμος που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες του ΙΣΥΑ CARDSS, δέχεται σαν μεταβλητές (δεδομένα εισόδου) από 15 έως 40 χαρακτηριστικά –σωματικά, ψυχολογικά, στοιχεία της κοινωνικής κατάστασης και του τρόπου ζωής- του ασθενούς. Η διαδικασία συγκέντρωσης των δεδομένων αυτών λάμβανε χώρα περίπου 2 εβδομάδες μετά την εξαγωγή του ασθενούς από το νοσοκομείο, όταν και κατά την διάρκεια εβδομαδιαίων συναντήσεων, η διεπιστημονική ομάδα ΚΑ αποφασίζει επίσημα για το περιεχόμενο του προγράμματος Αποκατάστασης του ασθενούς. Για την εισαγωγή των δεδομένων αυτών στο ΙΣΥΑ, το CARDSS διαθέτει μια ενότητα δομημένου διαλόγου, η οποία δημιουργήθηκε με το πλαίσιο εργασίας GASTON. Τα

δεδομένα αυτά εισάγονται στα 9 Δέντρα Αποφάσεων, τα οποία αποτελούν την ενότητα της υποστήριξης της απόφασης, η οποία σχεδιάστηκε και αυτή στο GASTON. Καθένα από τα κλαδιά (branches) των Δέντρων Αποφάσεων οδηγεί σε μία ή περισσότερες θεραπευτικές οδηγίες, και με τον τρόπο αυτό το CARDSS δίνει ως έξοδο το καταλληλότερο πρόγραμμα Αποκατάστασης για έναν ασθενή με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, το CARDSS διαθέτει υπηρεσίες διαχείρισης πληροφοριών, οι οποίες, όπως και ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενούς που συμπεριλαμβάνεται στο ΙΣΥΑ, σχεδιάστηκαν με το πλαίσιο εργασίας της Microsoft .NET με έναν διακομιστή βάσης δεδομένων SQL. Το CARDSS δίνει την δυνατότητα στους χρήστες του να αρχίζουν, να διακόπτουν και να συνεχίζουν τον δομημένο διάλογο μαζί του σε οποιαδήποτε στιγμή.

### 3.6.5 Πιλοτική δοκιμή

Η δοκιμή και η αξιολόγηση της πρωτότυπης έκδοσης του CARDSS έγινε με την πιλοτική δίμηνη εφαρμογή του σε 4 κλινικές Καρδιακής Αποκατάστασης. Πήραν μέρος 134 ασθενείς και 11 διαφορετικοί χρήστες του συστήματος. Αναλύθηκαν όλα τα δεδομένα που αποθηκεύτηκαν στο ΙΣΥΑ, τόσο δεδομένα εισόδου(χαρακτηριστικά ασθενών), όσο και οι έξοδοι του συστήματος (προτεινόμενες θεραπείες Αποκατάστασης), αλλά και οι τελικές αποφάσεις των ειδικών. Μετά το πέρας το διμήνου όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο. Εντοπίστηκαν 5 σφάλματα του συστήματος, τα οποία αντιμετωπίστηκαν μέσα σε μία μέρα. Οι προτεινόμενες θεραπείες του συστήματος συμφωνούσαν σε ποσοστό 68% με τις τελικές αποφάσεις των Ιατρών. Οι χρήστες του συστήματος γενικά βρήκαν αποτελεσματική και ωφέλιμη την βοήθεια του CARDSS, και δήλωσαν ότι τους βοήθησε να αντιληφθούν καλύτερα την διαδικασία της λήψης της τελικής απόφασής τους. Επιπλέον, όλοι οι χρήστες δήλωσαν την επιθυμία τους να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν το CARDSS. Βάσει των προτάσεών τους για την βελτίωση του συστήματος, το CARDSS εμπλουτίστηκε με μια ενότητα που παράγει μια σύνοψη των στατιστικών των ασθενών που χρησιμοποιούν το ΙΣΥΑ αυτό και με έναν πίνακα ανταλλαγής μηνυμάτων (message board) για την διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών.

### 3.6.6 Ποσοτική αξιολόγηση του συστήματος

Η τελική δοκιμή για οποιαδήποτε μέθοδο εφαρμογής κατευθυντηρίων γραμμών είναι η αξιολόγηση της επίδρασης που έχουν στην λήψη της κλινικής απόφασης, η οποία εκτιμάται σε τυχαιοποιημένες έρευνες. Γι' αυτόν τον λόγο αποφασίστηκε να εκτιμηθεί η επίδραση του CARDSS σε αντιστοιχία με τις Ολλανδικές εθνικές κατευθυντήριες γραμμής, σε μία τυχαιοποιημένη δοκιμή, στην οποία δέχτηκαν να συμμετέχουν 31 Ολλανδικές κλινικές ΚΑ.

Στην δοκιμή αυτή έγιναν οι κατάλληλες δομικές ρυθμίσεις, ώστε να αποφευχθούν συχνά προβλήματα που παρουσιάζονται σε τέτοιου είδους έρευνες και τα οποία προέρχονται από διάφορες πηγές ('Σύνδρομο Hawthorne', 'checklist effect', 'carry-over effect', 'clustering effect', registration bias). Χρησιμοποιήθηκαν 2 εκδόσεις του CARDSS: μία έκδοση με πλήρη λειτουργικότητα (Α) και μία άλλη, η οποία, ενώ συμπεριλάμβανε όλες τις υπόλοιπες λειτουργίες, δεν παρείχε θεραπευτικές προτάσεις (Β).

Από τις 14 κλινικές που εργάστηκαν με την έκδοση Β του CARDSS, οι 4 διέκοψαν την συμμετοχή τους στην έρευνα λόγω έλλειψης κινήτρου(3) ή έλλειψης προσωπικού(1). Μετά την δοκιμή, διεξήχθησαν έλεγχοι των δεδομένων σε όλες τις συμμετέχουσες κλινικές για να αξιολογηθεί η ποιότητά τους, αλλά και για να εμπλουτιστεί το αρχείο του CARDSS. Κατά την διάρκεια αυτών των ελέγχων επιλέχθηκαν τυχαία 10 ασθενείς που συμμετείχαν σε πρόγραμμα ΚΑ κατά την χρονική περίοδο της δοκιμής και τα στοιχεία τους συγκρίθηκαν με δεδομένα από ανεξάρτητη πηγή. Αν εντοπιζόταν ανακολουθίες στις καταχωρημένες πληροφορίες για περισσότερους των 2 ασθενείς, οι κλινικές αποκλείονταν από την έρευνα καθώς τα δεδομένα τους κρίνονταν αναξιόπιστα. Έτσι, αποκλείστηκαν από την έρευνα 4 κλινικές οι οποίες χρησιμοποιούσαν την έκδοση Α του CARDSS, ενώ άλλες 3(με την έκδοση Α) είχαν την ίδια τύχη, αφού δεν κατέγραψαν σωστά στο CARDSS όλες τους τις τελικές κλινικές αποφάσεις. Μία κλινική αποκλείστηκε αφού παρέλειψε να καταγράψει πολλά στοιχεία. Μία κλινική, η οποία χρησιμοποίησε την Β έκδοση καταλάθος διέγραψε την βάση δεδομένων της και αποκλείστηκε επίσης.

Το τελικό σύνολο δεδομένων από 21 κλινικές (12 με την έκδοση Α, 9 με την έκδοση Β) περιελάμβανε 2787 ασθενείς ΚΑ (1655 με την έκδοση Α, 1132 με την έκδοση Β). Ο αριθμός των συμμετεχόντων ασθενών ανά κλινική κυμαινόταν από 78 έως 171 (κατά μέσο όρο 14 ασθενείς τον μήνα ανά κλινική). Η ηλικία των ασθενών κατά μέσο όρο ήταν 60,8, και ο αριθμός των ανδρών ασθενών 2060(73,9% του συνόλου). Οι κύριες αιτίες για την ΚΑ, ήταν η εγχείρηση καρδιάς(1104 ασθενείς,39,6%), το σύνδρομο οξείας απόφραξης (acute coronary syndrome) (1086 ασθενείς, 39%) και η σταθερή στηθάγχη (454 ασθενείς, 16,3%).

Θεραπεία	Αρμονία με κατευθυντήριες γραμμές (Α)	Αρμονία με κατευθυντήριες γραμμές (Β)	Διαφορά κατά προσέγγιση	Προσαρμοσμένη διαφορά [95% CI]
<b>Εξάσκηση</b>	92.6%	84.7%	7.9%	3.5 [0.1 to 5.2]
<b>Εκπαίδευση</b>	87.6%	63.9%	23.7%	23.7 [15.5 to 29.4]
<b>Ξεκούραση</b>	59.6%	34.1%	25.5%	41.6[25.2 to 51.3]
<b>Αλλαγή τρόπου ζωής</b>	57.4%	54.1%	3.3%	7.1 [-2.9 to 18.3]

**Πίνακας 4: Αποτελέσματα δοκιμών: διαφορές στην ταύτιση των προτάσεων με τις κατευθυντήριες γραμμές μεταξύ των κλινικών με την έκδοση Α και αυτών με την έκδοση Β [33]**

Οι διαφορές μεταξύ των δεδομένων των κλινικών με την Α έκδοση του ΙΣΥΑ και αυτών με την Β έκδοση, αναλύθηκαν στατιστικά με την χρήση 3 μεταβλητών: ηλικία, φύλο, ένδειξη για ΚΑ. Η έκδοση του ΙΣΥΑ που χρησιμοποιήσε η κάθε κλινική και ο εβδομαδιαίος αριθμός νέων ασθενών χρησιμοποιήθηκαν σαν μεταβλητές για να προσαρμοστούν οι διαφορές σε περίπτωση ανάμειξης μεταξύ των ομάδων με διαφορετικές εκδόσεις του CARDSS. Από τον παραπάνω πίνακα βλέπουμε ότι η χρήση του CARDSS βελτίωσε σημαντικά την ορθότητα της κλινικής απόφασης όσον αφορά την ενημέρωση του ασθενούς για την ασθένεια του, αλλά και την ξεκούραση. Οι προτάσεις για σωματική άσκηση ήταν ορθές σε μεγάλο ποσοστό και χωρίς την χρήση του CARDSS, η οποία τις βελτίωσαν περαιτέρω. Εκεί που το CARDSS δεν κατάφερε να βελτιώσει την κατάσταση αισθητά είναι το κομμάτι της ΚΑ που έχει να κάνει με την αλλαγή του τρόπου ζωής του ασθενούς. Με την χρήση του CARDSS, επίσης, μειώθηκαν οι περιπτώσεις που ο ασθενής λάμβανε θεραπεία αποκατάστασης μικρότερης ή μεγαλύτερης έντασης και διάρκειας, απ' ότι πραγματικά χρειαζόταν.

### 3.6.7 Ποιοτική αξιολόγηση του συστήματος

Εκτός της παραπάνω αξιολόγησης, διεξήχθη περαιτέρω έρευνα για να διαπιστωθεί η επίδραση του CARDSS στην εφαρμογή των κατευθυντηρίων γραμμών Καρδιακής Αποκατάστασης. Η έρευνα αυτή περιελάμβανε συνεντεύξεις με τους χρήστες του CARDSS, δίνοντας βάση στους λόγους που αυτό επιτύγχανε ή όχι να συμβάλει στον καλύτερο σχεδιασμό προγραμμάτων ΚΑ. Οι συνεντεύξεις έγιναν προφορικά και οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν με την χρήση του εννοιολογικού πλαισίου εργασίας για την μεγαλύτερη αποδοχή από τους Φυσιάτρους των κλινικών κατευθυντηρίων γραμμών. Το συγκεκριμένο πλαίσιο εργασίας σχεδιάστηκε από τους Cabana MD, Rand CS, Powe NR, Wu AW, Wilson MH, Abboud PA και Rubin HR, η εργασία των οποίων δημοσιεύθηκε τον Οκτώβριο του 1999.

Στην έρευνα συμμετείχαν 29 νοσοκόμοι Αποκατάστασης και Φυσικοθεραπευτές από 21 Ολλανδικές κλινικές και εντοπίστηκαν 18 αιτίες, για τις οποίες οι συνεντευξιαζόμενοι δεν εφάρμοζαν τις κατευθυντήριες γραμμές για την ΚΑ. Τα 7 από τα 18 αυτά εμπόδια ξεπεράστηκαν με την χρήση του CARDSS.

Σύμφωνα με τις συνεντεύξεις, διαπιστώθηκε ότι το CARDSS βοήθησε σημαντικά στην εξοικείωση των συνεντευξιαζόμενων με την χρήση των κατευθυντηρίων γραμμών στην Αποκατάσταση των ασθενών, τους ώθησε να εγκαταλείψουν τον συμβατικό τρόπο με τον οποίο έφταναν στην απόφαση και τους βοήθησε να εφαρμόσουν τις οδηγίες αυτές στην πράξη. Όσον αφορά τους ασθενείς, η χρήση του CARDSS τους έκανε προθυμότερους στο να συμμετέχουν σε ψυχοκοινωνικές θεραπείες. Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν ανέφερε ότι η χρήση του CARDSS τον οδήγησε να αλλάξει τις αποφάσεις του όσον αφορά την σωματική εξάσκηση και την ενημέρωση για την ασθένεια. Ωστόσο, αυτές ήταν οι 2

από τις 3 θεραπείες που η προηγούμενη έρευνα έδειξε ότι η χρήση του CARDSS βελτίωσε την αποδοτικότητά τους. Πολλές κλινικές δεν είχαν τις εγκαταστάσεις και τους πόρους για να προσφέρουν σε όλους τους ασθενείς όλες τις προτεινόμενες θεραπείες. Παρόμοια προβλήματα υπήρχαν με την δυσκολία που υπήρχε στην συνεργασία με άλλα τμήματα. Το CARDSS δεν κατάφερε να ξεπεράσει αυτά τα οργανωτικά εμπόδια.

### 3.6.8 Σύνοψη

Το CARDSS είναι, λοιπόν, ένα ΙΣΥΑ που έχει διπλό στόχο:

- την παρακίνηση των ειδικών ΚΑ να εφαρμόσουν κατευθυντήριες γραμμές στην διαδικασία σχεδιασμού του προγράμματος Αποκατάστασης για ασθενείς που υπέστησαν καρδιακά επεισόδια ή υπεβλήθησαν σε καρδιακές επεμβάσεις
- την επιλογή του καταλληλότερου προγράμματος ΚΑ σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές.

Σύμφωνα με τις δοκιμές αξιολόγησης του συστήματος, όσον αφορά τις 3 από τις 4 θεραπείες που περιλαμβάνουν οι κατευθυντήριες γραμμές για την ΚΑ που εκδόθηκαν στην Ολλανδία το 2004, η χρήση του CARDSS οδήγησε σε καταλληλότερη εφαρμογή τους. Όμως, το CARDSS δεν ήταν το ίδιο αποτελεσματικό σε όλες τις κλινικές που έλαβαν μέρος στις δοκιμές και σε όλες τις θεραπείες. Η ποιοτική αξιολόγηση έδειξε ότι το CARDSS βελτίωσε την εφαρμογή των κατευθυντηρίων γραμμών με την αύξηση της γνώσης για τις προτάσεις αυτών και με την μείωση της πολυπλοκότητάς τους. Ωστόσο, δεν αποδείχτηκε αποτελεσματικό όπου ήταν απαραίτητο να συμβούν οργανωτικές και διαδικαστικές αλλαγές, οι οποίες όμως δεν ήταν μέσα στις αρμοδιότητες των συμμετεχόντων στην έρευνα.

Η μηχανή συμπερασμού του ΙΣΥΑ διαμορφώθηκε με την τεχνική των Δέντρων Απόφασης (Decision Trees). Σχηματίστηκαν 9 Δέντρα, όπου κάθε ένα από τα κλαδιά τους οδηγούσε σε μία ή περισσότερες θεραπευτικές ενδείξεις. Η τεχνική αυτή έχει σχετικά απλή λογική διακλαδώσεων και είναι εύκολα κατανοητή, σε σχέση με τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα που χρησιμοποιήθηκαν στα ΙΣΥΑ που μελετήθηκαν προηγουμένως. Οι δοκιμές έδειξαν ότι αποδείχθηκε αποτελεσματικό εργαλείο για την επίτευξη του σκοπού του CARDSS. Ωστόσο, τα Δέντρα Απόφασης παρουσιάζουν προβλήματα όταν λείπουν πολλά δεδομένα και αυτό φάνηκε στις δοκιμές όπου πολλές κλινικές αποκλείστηκαν από την έρευνα λόγω έλλειψης δεδομένων. Ως μεταβλητές εισόδου χρησιμοποιήθηκαν από 15 ως 40 χαρακτηριστικά ασθενών.

Το CARDSS κρίθηκε επιτυχημένο μετά από τις δοκιμές για διάφορους λόγους. Καταρχήν με την παράλληλη ανάπτυξη των κατευθυντηρίων γραμμών και του ΙΣΥΑ, υπήρξε απόλυτη ταύτιση μεταξύ των κατευθυντηρίων γραμμών που είχαν

ήδη εκδοθεί και του μοντέλου των κατευθυντηρίων γραμμών του συστήματος. Επίσης, με την πιλοτική εφαρμογή του ΙΣΥΑ και την δοκιμή του, ήρθαν σε επαφή με αυτό αρκετοί επαγγελματίες και έτσι το CARDSS έγινε ευρέως γνωστό στον χώρο της κλινικής πρακτικής. Η αξιολόγηση έγινε στο κατά πόσο οι προτάσεις του CARDSS βρισκόταν σε αρμονία με αυτές των ειδικών όπως το πρώτο ΙΣΥΑ που μελετήθηκε και όχι στο κατά πόσο βελτιώνουν με την εφαρμογή τους την κατάσταση του ασθενούς.

Λόγω της έλλειψης της ύπαρξης πληροφοριών στην υποδομή των περισσότερων Ολλανδικών κλινικών ΚΑ, οι σχεδιαστές του CARDSS συμπεριέλαβαν σε αυτό και λειτουργίες Ηλεκτρονικού Φακέλου Ασθενούς. Το γεγονός αυτό, βέβαια, είχε ως συνέπεια κλινικές που ήδη διέθεταν τέτοιο σύστημα να μην δείξουν ενδιαφέρον στο CARDSS. Επίσης, το γεγονός ότι το σύστημα σχεδιάστηκε και αξιολογήθηκε από την ίδια ομάδα εργασίας, πιθανώς να οδήγησε σε λάθη στην τελική εκτίμηση του συστήματος.



### 3.7 ΙΣΥΑ με εφαρμογή στην Αποκατάσταση ασθενών με Μυοσκελετικές Παθήσεις

Τον Δεκέμβριο του 2013, στην Εφημερίδα Της Επαγγελματικής Αποκατάστασης (Journal of Occupational Rehabilitation) δημοσιεύθηκε άρθρο με τίτλο ‘Development of a Computer – Based Clinical Decision Support Tool for Selecting Appropriate Rehabilitation Interventions for Injured Workers’[37], το οποίο περιγράφει την εργασία των Douglas P. Gross, Jing Zhang , Ivan Steenstra, Susan Barnsley, Calvin Haws, Tyler Amell, Greg McIntosh, Juliette Cooper και Osmar Zaiane. Η εργασία τους είχε ως θέμα την ανάπτυξη ενός αλγόριθμου και την ενσωμάτωσή του σε ένα ΙΣΥΑ, το οποίο θα είχε ως σκοπό την κατηγοριοποίηση εργαζομένων με Μυοσκελετικές Παθήσεις (ΜΣΠ) και την επιλογή του καταλληλότερου προγράμματος Αποκατάστασή τους.

#### 3.7.1 Μυοσκελετικές Παθήσεις(ΜΣΠ)

Με τον όρο Μυοσκελετικές Παθήσεις εννοούμε τις παθήσεις εκείνες που εμφανίζουν οι μύες, οι τένοντες, οι θύλακοι, τα νεύρα και τα οστά συμπεριλαμβανομένων του αυχένα, των άνω άκρων, της μέσης και των κάτω άκρων. Το αυχενικό σύνδρομο και η οσφυαλγία είναι δύο από τις πιο γνωστές ΜΣΠ, όπως και οι τενοντίτιδες και το σύνδρομο καρπιάιου σωλήνα. Οι ΜΣΠ αποτελούν σήμερα τις πιο συνηθισμένες ασθένειες που προσβάλλουν τους εργαζόμενους σε όλους τους τομείς και σε όλες τις μορφές απασχόλησής τους. Διαταράσσουν την ομαλή εργασία, μειώνουν την παραγωγικότητα και μπορούν να επιφέρουν απουσία από την εργασία λόγω ασθένειας, αλλά και χρόνια ανικανότητα για εργασία. Συχνά, η θεραπεία και η ανάκτηση αποβαίνουν αναποτελεσματικές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για χρόνιες ασθένειες. Με όλα, βέβαια, τα αρνητικά επακόλουθα για τους εργαζόμενους, τους εργοδότες, τα ασφαλιστικά, την εθνική οικονομία[38].

Για την σωστή αντιμετώπιση των ΜΣΠ είναι απαραίτητη η ταξινόμηση των εργαζομένων με ΜΣΠ για τον εντοπισμό των ασθενών των οποίων η ανάρρωση είναι πιθανό να καθυστερήσει, ο σχεδιασμός εξατομικευμένων προγραμμάτων Αποκατάστασης για κάθε ασθενή και ο προσδιορισμός του χρονικού διαστήματος που θα απουσιάσει από την εργασία τους.

Από την περασμένη δεκαετία τα προγράμματα Αποκατάστασης των εργαζομένων με ΜΣΠ ακολουθούν ένα συγκεκριμένο μοντέλο. Αυτό περιλαμβάνει σταδιακή προσέγγιση , από απλές υπηρεσίες διεπιστημονικής Αποκατάστασης μέχρι περίπλοκα προγράμματα διαχείρισης του πόνου. Η πρόοδος από στάδιο σε στάδιο εξαρτάται από την διάρκεια της επαγγελματικής επανένταξης. Αρχικά, πραγματοποιείται το βασικό πρόγραμμα Αποκατάστασης, και έπειτα αξιολογείται η κατάσταση του ασθενούς για το κατά πόσο είναι ικανός να επιστρέψει στην εργασία του και για το αν είναι απαραίτητη περαιτέρω αποθεραπεία.

Το πρόγραμμα Αποκατάστασης που ακολουθεί ο ασθενής ποικίλει ανάλογα με τα ατομικά χαρακτηριστικά του. Οι διαθέσιμες επιλογές Αποκατάστασης περιλαμβάνουν:

1. Διεπιστημονική λειτουργική αποκατάσταση σε κατάλληλα σχεδιασμένες εγκαταστάσεις(τύπος 1).
2. Πρόγραμμα Αποκατάστασης που λαμβάνει χώρα στον χώρο εργασίας του ασθενούς(τύπος 2).
3. Πρόγραμμα Αποκατάστασης, όπου η διαδικασία της αποθεραπείας πραγματοποιείται και στον χώρο εργασίας και σε ειδικές εγκαταστάσεις(τύπος 3).
4. Αναλυτική διαχείριση του πόνου για ασθενείς με χρόνιο πόνο και πολλαπλά εμπόδια για επιστροφή στην εργασία(περιλαμβάνει ψυχολογική υποστήριξη, μαθήματα διαχείρισης του άγχους) (τύπος 4).
5. Άλλοι τύποι παρεμβάσεων, όπως καθόλου αποθεραπεία ή απλές επισκέψεις σε φυσικοθεραπευτή ή χειροπρακτικό (τύπος 5).

Σε όλα τα παραπάνω προγράμματα Αποκατάστασης παρέχεται πληροφόρηση στους ασθενείς για την φύση του τραυματισμού τους, για τα στάδια θεραπείας και για στρατηγικές αντιμετώπισης του πόνου.

Στόχος, λοιπόν, της συγκεκριμένης εργασίας ήταν η δημιουργία ενός ΙΣΥΑ με ενσωματωμένο έναν αλγόριθμο κατηγοριοποίησης εργαζομένων με ΜΣΠ που απουσιάζουν από την εργασία τους, με βάση ατομικά χαρακτηριστικά τους και την πιθανότητα για επιτυχημένη επιστροφή στην εργασία τους (return-to-work/RTW) ακολουθώντας διάφορα προγράμματα Αποκατάστασης. Εξετάστηκε μια ποικιλία χαρακτηριστικών, που πιθανώς επηρεάζουν την επιστροφή στην εργασία (RTW), συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων σωματικών, λειτουργικών και ψυχολογικών παραγόντων.

### 3.7.2 Μετρήσεις

Για τις ανάγκες τις εργασίες σχεδιάστηκε μία αναδρομική μελέτη κοόρτης βασισμένη στον πληθυσμό (population-based historical cohort design), με χρήση στοιχείων από την βάση δεδομένων μισθοδοσίας της επαρχίας Alberta του Καναδά (WCB – Alberta). Συγκεκριμένα, συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν όλοι οι εργαζόμενοι της επαρχίας Alberta, που από την 1<sup>η</sup> Δεκεμβρίου του 2009 ως και την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2011 έπασχαν από ΜΣΠ και ήταν σε εξέλιξη η αποθεραπεία τους για να επιστρέψουν στην εργασία τους.

Τα δεδομένα που εξορύχθηκαν από την βάση δεδομένων WCB-Alberta ήταν:

1. Πολυάριθμες ατομικές, κλινικές, επαγγελματικές και κοινωνικές μεταβλητές, οι τιμές των οποίων υπολογίστηκαν κατά την διάρκεια της αξιολόγησης της

- πορείας της Αποκατάστασης των ασθενών και την εκτίμηση του κατά πόσο ήταν ικανοί να επιστρέψουν στην εργασία τους (RTW Assessment)
2. Ο τύπος της Αποκατάστασης που ακολούθησε ο κάθε ασθενής (ένας από τους παραπάνω) και το κατά πόσο ήταν αναγκαίο περαιτέρω αποθεραπεία
  3. Αποτελέσματα RTW έπειτα από το πέρας της αποθεραπείας (αν επέστρεψε στην εργασία του, σε ποια κατάσταση, αποδοτικότητα κλπ.)

Η RTW αξιολόγηση περιελάμβανε μετρήσεις συγκεκριμένων μεταβλητών:

1. Διάρκεια του τραυματισμού, σε ημερολογιακές ημέρες από την εκδήλωση του τραυματισμού ως την αρχή του προγράμματος Αποκατάστασης
2. Ηλικία σε χρόνια
3. Φύλο
4. Οικογενειακή κατάσταση
5. Ανάγκη ή όχι για διερμηνέα
6. Επίπεδο εκπαίδευσης
7. Τρέχουσες εργασιακές υποχρεώσεις
8. Αν δουλεύει προσωρινά
9. Αν υπάρχουν τροποποιημένα καθήκοντα
10. Αριθμός προηγούμενων απαιτήσεων για αποζημιώσεις
11. Αρχική διάγνωση
12. Ύπαρξη άλλης ασθένειας
13. Τρόπος τραυματισμού
14. Φύση του τραυματισμού
15. Μέρος του σώματος που τραυματίστηκε
16. Το είδος της εργασίας βάσει της κατηγοριοποίησης του κώδικα National Occupational Classification(NOCC) του Καναδά.
17. Η σοβαρότητα του πόνου: Η κλιμακοποίηση (VAS) γίνεται από το 0 ως το 10
18. Δείκτης της διαταραχής πόνου (Pain Disorder Index/PDI)
19. Μέτρηση SF-36v2

Ακόμα, ήταν διαθέσιμα για την έρευνα δεδομένα από τα προγράμματα Αποκατάστασης που ακολούθησαν οι συμμετέχοντες στην έρευνα, όπως και η αναμενόμενη διάρκεια του κάθε προγράμματος. Η διάρκεια του εκάστοτε προγράμματος χρησιμοποιήθηκε ως ένα κριτήριο ακρίβειας στη σύγκριση των προτεινόμενων από τους ειδικούς προγραμμάτων με τα προτάσεις του ΙΣΥΑ.

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι της Αναλυτικής Στατιστικής όπως μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις για τις συνεχείς μεταβλητές, επικρατούσες τιμές και συχνότητες για τις κατηγορικές μεταβλητές. Οι διαφορές μεταξύ των προγραμμάτων Αποκατάστασης διευκρινίστηκαν με την χρήση κατανομών  $\chi^2$  και  $t$  στατιστικών τεστ. Το θεμέλιο της εργασίας ήταν ο σχεδιασμός αλγορίθμου για τον διαχωρισμό των κατηγοριών των ασθενών με βάση εμπειρικά στοιχεία και η δημιουργία ενός συστήματος ταξινόμησης με εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές, με απώτερο σκοπό την επιλογή ενός κατάλληλου

προγράμματος Αποκατάστασης για έναν συγκεκριμένο ασθενή. Το παρόν ΙΣΥΑ είναι επεξηγηματικό και επεξεργάσιμο. Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν τις δικές τους εμπειρίες και γνώσεις και να δουν την αποδεικτική συλλογιστική των προτάσεων του συστήματος. Γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε αλγόριθμος βασισμένος σε κανόνες. Επίσης, το σύστημα καταλήγει σε πολλαπλές προτάσεις και αντίστοιχα σχόλια, ώστε ο χρήστης να επιλέξει το καταλληλότερο για την περίπτωση πρόγραμμα. Τέλος, το σύστημα χρησιμοποιεί τεχνολογία διαδικτύου για να παρέχει εύκολη και από παντού πρόσβαση στους χρήστες.

### 3.7.3 Ανάπτυξη αλγορίθμου εκμάθησης μηχανής

Για την τελική επιλογή του αλγορίθμου κατηγοριοποίησης, μελετήθηκαν τα Δέντρα Αποφάσεων (C4.5), ο αλγόριθμος RIPPER (Repeated Incremental Pruning to Produce Error Reduction) και οι αφελείς ταξινομητές Bayes. Τα καλύτερα αποτελέσματα προέκυψαν με την χρήση του αλγορίθμου RIPPER, ο οποίος και επιλέχθηκε για να εκπαιδεύσει το τελικό μοντέλο κατηγοριοποίησης.

Ο RIPPER είναι ένας εκπαιδευτής κανόνων, με την βοήθεια του οποίου σχεδιάστηκε ένα σύνολο κανόνων για τον προσδιορισμό των κλάσεων, με το ελάχιστο δυνατό σφάλμα. Το σφάλμα καθορίζεται από τον αριθμό των εκπαιδευόμενων παραδειγμάτων που κρίνονται λανθασμένα από τους κανόνες. Ο RIPPER δημιουργεί κανόνες κατηγοριοποίησης, εύκολα ερμηνεύσιμους, οι οποίοι ακολουθούν μια συγκεκριμένη λογική. Έτσι, λοιπόν, το αποτέλεσμα είναι μια σειρά λογικών προτάσεων δομημένων σε μορφή IF-THEN, οι οποίες καταλήγουν στις τελικές προτάσεις του ΙΣΥΑ. Η δημιουργία των κανόνων από τον RIPPER γίνεται μέσα από τις επαναλαμβανόμενες διαδικασίες της ανάπτυξης (growing) και του κλαδέματος (pruning). Κατά την διάρκεια του growing οι κανόνες γίνονται πιο περιοριστικοί για να εφαρμοστούν καλύτερα τα δεδομένα εκπαίδευσης. Κατά την διάρκεια του pruning οι κανόνες γίνονται λιγότεροι περιοριστικοί, για να αποφευχθεί το φαινόμενο του overfitting. Συνοπτικά, ο αλγόριθμος ξεκινά με ένα κενό σύνολο κανόνων και ύστερα σε κάθε επανάληψη το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης χωρίζεται σε ένα υποσύνολο growing και σε ένα υποσύνολο pruning. Αν το ποσοστό σφάλματος του νέου κανόνα στο υποσύνολο pruning δεν ξεπερνά ένα καθορισμένο όριο, ο κανόνας προστίθεται στο σύνολο κανόνων. Αλλιώς, η επανάληψη διακόπτεται και το σύνολο κανόνων παραμένει στην προηγούμενή του μορφή. Η ανάπτυξη ενός κανόνα ξεκινά με έναν συνδυασμό συνθηκών και στην συνέχεια περιεργάζεται η αύξηση κάποιας νέας συνθήκης της μορφής  $A_n = v, A_c \leq \theta, \text{ ή } A_c \geq \theta$ , όπου  $A_n$  είναι ένα ονομαστικό χαρακτηριστικό,  $v$  η τιμή του  $A_n$ ,  $A_c$  μια συνεχής μεταβλητή και  $\theta$  μια τιμή της  $A_c$  που προκύπτει στο υποσύνολο growing. Η συνθήκη που μεγιστοποιεί οποιοδήποτε κριτήριο κέρδους πληροφορίας εφαρμόζεται διαρκώς, μέχρι ο κανόνας να μην περιλαμβάνει κανένα αρνητικό παράδειγμα από το υποσύνολο growing. Ο RIPPER χρησιμοποιεί μια συνάρτηση κέρδους πληροφορίας, η οποία υπολογίζει την αναμενόμενη μείωση της εντροπίας που προκαλείται από την πρόσθεση ενός

χαρακτηριστικού. Το κέρδος πληροφορίας αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη ποσότητα πληροφορίας που χρειάζεται για την ταξινόμηση των καινούριων παραδειγμάτων στην σωστή κλάση και ισούται με την συνολική εντροπία για ένα χαρακτηριστικό. Μεγάλη εντροπία σημαίνει ότι υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των τιμών των μεταβλητών, ενώ χαμηλή εντροπία σημαίνει ότι η κατανομή ποικίλει και έχει μέγιστα και ελάχιστα, οπότε η πρόβλεψη γίνεται ευκολότερη.

Για να κλαδευτεί ένας κανόνας, ο RIPPER θα διαγράψει οποιαδήποτε τελική σειρά καταστάσεων από τον κανόνα με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί η συνάρτηση  $(p - n)/(p + n)$ , όπου  $p$  είναι ο αριθμός των θετικών παραδειγμάτων στο υποσύνολο  $pruning$  και  $n$  ο αριθμός των αρνητικών. Στο τέλος, ο RIPPER επεξεργάζεται το σύνολο κανόνων με την επανάληψη της διαδικασίας του κλαδέματος και απλοποιεί τους κανόνες με την σειρά με την οποία εκπαιδεύτηκαν, διαγράφοντας καταστάσεις στους κανόνες με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του σφάλματος.

Οι κανόνες που δημιουργούνται από τον RIPPER ταξινομούνται με σειρά από αυτόν με τα λιγότερα παραδείγματα στην κλάση προς αυτόν με τα περισσότερα. Στόχος του ΙΣΥΑ είναι να παρέχει πολλαπλές προτάσεις Αποκατάστασης, και έτσι ο αλγόριθμος RIPPER τροποποιήθηκε ώστε να ανιχνεύει όλους τους κανόνες που περιλαμβάνουν ένα δεδομένο παράδειγμα, και να ομαδοποιεί αυτούς, οι οποίοι προτείνουν το ίδιο πρόγραμμα. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την καταλληλότερη για αυτόν πρόταση του συστήματος.

Επειδή στο σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα υπήρχαν και περιπτώσεις μη επιτυχημένης Αποκατάστασης, δημιουργήθηκε και ένα σύνολο αρνητικών κανόνων με την ίδια διαδικασία με την οποία δημιουργήθηκαν οι υπόλοιποι. Ακόμα, σχεδιάστηκε ένα γραμμικό αναδρομικό μοντέλο για την πρόβλεψη της διάρκειας του προγράμματος Αποκατάστασης, βασισμένο σε κλινικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και ανάλογα με τη μέθοδο Αποκατάστασης που εφαρμόζε.

### 3.7.4 Εκπαίδευση Αλγορίθμου

Για την εκπαίδευση του αλγορίθμου εκμάθησης μηχανής (machine learning) χρησιμοποιήθηκαν (ως σύνολο εκπαίδευσης/training dataset) 4876 επιτυχημένες υποθέσεις αποθεραπείας ασθενών από την βάση δεδομένων WCB-Alberta. Τα υπόλοιπα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για να εκπαιδεύσουν το μοντέλο των αρνητικών κανόνων (κανόνες για το ποια προγράμματα Αποκατάστασης πρέπει να αποφευχθούν).

Το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης αποτελείται από 5 κατηγορίες, η καθεμία από τις οποίες αντιπροσωπεύει ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα Αποκατάστασης. Ωστόσο, η διάκριση μεταξύ αυτών των κατηγοριών είναι σημαντικά δυσανάλογη. Για

την επίλυση αυτού του προβλήματος, την αποφυγή του φαινομένου του overfitting, αλλά και για την γενίκευση των ορίων της απόφασης, χρησιμοποιήθηκε η Τεχνική της Συνθετικής Υπερδειγματοληψίας Μειονοτήτων (Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE)). Η SMOTE είναι μια διαδικασία που αντιμετωπίζει την ανισορροπία μεταξύ κλάσεων και αναμειγνύει την υποδειγματοληψία των πλειοψηφικών κλάσεων και την υπερδειγματοληψία των μειοψηφικών κλάσεων. Χρησιμοποιήθηκε, επίσης, η μέθοδος Tomek Link για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της αλληλοεπικάλυψης των κλάσεων. Τέλος, από την στιγμή που τα δεδομένα που υπήρχαν στην διάθεση των ερευνητών ήταν πολύ περισσότερα από τα απαραίτητα για το τελικό ΙΣΥΑ, χρησιμοποιήθηκε οι αλγόριθμοι Correlation-based Feature Subset Evaluation και Γραμμικής Αναζήτησης. Έτσι, οι μεταβλητές που παρέμειναν για χρήση μετά από εκκαθάριση ήταν 30.

### 3.7.5 Αξιολόγηση του Μοντέλου Εκμάθησης Μηχανής

Το συγκεκριμένο ΙΣΥΑ θα θεωρούταν επιτυχημένο αν οι προτάσεις του συμφωνούσαν με αυτές που είχαν πάρει ήδη οι ειδικοί για τους ασθενείς που συμμετείχαν στο πρόγραμμα και αν αυτές οι προτάσεις οδηγούσαν σε επιτυχημένη επιστροφή των ασθενών στις εργασίες τους, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω αποθεραπείας. Η αξιολόγηση του συστήματος και της αξιοπιστίας των τελικών προτάσεων του έγινε με βάση τα μεγέθη της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας, του Γεωμετρικού Μέσου Όρου της Ευαισθησίας και της Ειδικότητας και της Περιοχής Χαρακτηριστικού Λειτουργικού Δέκτη (Receiver Operating Characteristic Area-ROC Area). Για την εξέταση των μεγεθών αυτών χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη.

### 3.7.6 Αποτελέσματα έρευνας

Το σύνολο δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα περιελάμβανε 8611 εργαζόμενους με ΜΣΠ, οι οποίοι διεκδικούσαν αποζημιώσεις για τους τραυματισμούς τους. Από αυτούς το 64% ήταν άνδρες, οι οποίοι κυρίως έπασχαν από διαστρέμματα και θλάσεις (44%). Το 50% των συμμετεχόντων υποβλήθηκαν σε επιτυχημένη αποθεραπεία. Από αυτό το 50%, το 19% δεν συμμετείχε σε πρόγραμμα Αποκατάστασης(τύπος 5), το 9% συμμετείχε σε πρόγραμμα Αποκατάστασης τύπου 3, ένα 3% σε πρόγραμμα Αποκατάστασης τύπου 4 (παρουσίασαν χρόνιο πόνο), και ένα 1% ακολούθησε πρόγραμμα Αποκατάστασης τύπου 2. Οι υπόλοιποι, προφανώς, συμμετείχαν σε πρόγραμμα Αποκατάστασης τύπου 1. Το 16% των συμμετεχόντων δεν συμπλήρωσαν αρκετά στοιχεία στα ερωτηματολόγια και -εξαιτίας, του μεγάλου μεγέθους των δειγμάτων- οι σχετικές μετρήσεις παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές από τις υπόλοιπες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ορθότητα των προτάσεων του συστήματος, οι οποίες κρίθηκαν επιτυχημένες, αφού οι μέσες τιμές της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και του ROC ήταν 0.81, 0.95 και 0,86 αντίστοιχα.

	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Geometric mean(%)	ROC Area(%)
<b>Provider-based functional restoration (Τύπου 1)</b>	0.86/0.98	0.85/0.88	0.85/0.93	0.86/0.94
<b>Worksite-based program (Τύπου 2)</b>	0.89/0.76	0.99/0.99	0.94/0.87	0.94/0.94
<b>Hybrid (functional restoration with workplace component) (Τύπου 3)</b>	0.81/0.96	0.97/0.99	0.89/0.97	0.90/0.98
<b>Complex pain management program (Τύπου 4)</b>	0.75/0.94	0.994/0.992	0.86/0.96	0.87/0.97
<b>Other (single service or no rehabilitation) (Τύπου 5)</b>	0.75/0.62	0.91/0.98	0.83/0.78	0.83/0.86
<b>Weighted averages</b>	0.81/0.89	0.95/0.97	0.88/0.93	0.86/0.94

**Πίνακας 5:** Σύγκριση απόδοσης των προτάσεων Αποκατάστασης των Ιατρων (1<sup>η</sup> τιμή) με αυτή των των προτάσεων του συστήματος (2<sup>η</sup> τιμή) [37]

Με την βοήθεια του αλγορίθμου RIPPER, καθορίστηκε το τελικό σύνολο κανόνων, στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν 17 μεταβλητές. Οπότε, οι τελικοί κατηγοριοποιητές περιελάμβαναν τις εξής μεταβλητές: οι εργασιακές υποχρεώσεις του συμμετέχοντος, καταλληλότητα για τροποποιημένα εργασιακά καθήκοντα, το είδος της εργασίας βάσει του κώδικα NOCC, η αρχική διάγνωση, η διάρκεια του τραυματισμού, ο δείκτης PDI, η σοβαρότητα του πόνου βάσει της κλίμακας Pain VAS και η μέτρηση SF-36.

Το μοντέλο των κανόνων αποτελείται από 61 κανόνες: 24 για προγράμματα Αποκατάστασης τύπου 2, 11 για προγράμματα τύπου 4, 10 για προγράμματα τύπου 3, 13 για τύπου 5 και 1 κανόνας για προγράμματα Αποκατάστασης τύπου 1. Το σύνολο των αρνητικών κανόνων αποτελείται από 21 κανόνες. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζεται η απόδοση της εκπαίδευσης του συνόλου των αρνητικών κανόνων. Γενικά, η απόδοση του ΙΣΥΑ στην έρευνα ήταν υψηλή.

	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Geometric mean(%)	ROC Area(%)
<b>Provider-based functional restoration (Τύπου 1)</b>	0.98	0.91	0.94	0.95
<b>Hybrid (functional restoration with workplace component) (Τύπου 3)</b>	0.96	1	0.98	0.98
<b>Complex pain management program (Τύπου 4)</b>	0.97	0.996	0.98	0.98
<b>Other (single service or no rehabilitation) (Τύπου 5)</b>	0.85	0.99	0.91	0.93
<b>Weighted averages</b>	0.95	0.98	0.96	0.95

**Πίνακας 6:** Απόδοση εκπαίδευσης αρνητικών κανόνων [37]

### 3.7.7 Σύνοψη

Το ΙΣΥΑ που σχεδιάστηκε έχει ως στόχο να προτείνει στους Φυσιάτρους διάφορες εναλλακτικές προτάσεις για την Αποκατάσταση εργαζομένων που πάσχουν από Μυοσκελετικές Παθήσεις. Οι προτάσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν τους τύπους Αποκατάστασης, την προβλεπόμενη διάρκειά της, το προβλεπόμενο ποσοστό επιτυχίας του καθενός και τον αριθμό των κανόνων που στηρίζουν την πρόταση. Παρατηρούμε, ότι είναι το πρώτο ΙΣΥΑ σε σχέση με αυτά που έχουμε μελετήσει ως τώρα, που προβλέπει και την διάρκεια της Αποκατάστασης. Επίσης, το σύστημα χρησιμοποιεί τεχνολογία διαδικτύου για να παρέχει εύκολη και από παντού πρόσβαση σε πλατφόρμες με ενεργοποιημένη την JavaScript.

Το μοντέλο του συστήματος είναι επεξηγηματικό και επεξεργάσιμο. Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν τις δικές τους εμπειρίες και γνώσεις. Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιήθηκε αλγόριθμος βασισμένος στους κανόνες.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση και για την δοκιμή του συστήματος προήλθαν από την βάση δεδομένων WCB-Alberta της επαρχίας Alberta του Καναδά. Υπήρχε διαθέσιμη μια μεγάλη ποικιλία δεδομένων και αυτό ενίσχυσε την αποτελεσματικότητα της κατηγοριοποίησης.

Πρόκειται για ένα ΙΣΥΑ που βασίζεται σε ένα σύνολο κανόνων (αρνητικών και θετικών) IF-THEN, των οποίων η απόδοση της εκπαίδευσης αξιολογήθηκε πολύ υψηλή (ROC>0.9). Για τον σχηματισμό των κανόνων αυτών χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος RIPPER. Ο RIPPER προτιμήθηκε από τα Δέντρα Αποφάσεων και από τους αφελείς ταξινομητές Bayes, ύστερα από δοκιμές, τα αποτελέσματα των οποίων



τον ανέδειξαν καταλληλότερο. Γενικά, ο αλγόριθμος RIPPER είναι αποτελεσματικότερος εκπαιδευτής κανόνων ιδιαίτερα για μεγάλα δείγματα.

Από την στιγμή που το σύστημα διαθέτει και θετικούς και αρνητικούς κανόνες, είναι πιθανό ένα παράδειγμα χρήσης του συστήματος να καλύπτεται και από θετικούς και αρνητικούς κανόνες, οπότε οι προτάσεις που θα δώσει το σύστημα σαν έξοδο για την συγκεκριμένη περίπτωση να είναι αντικρουόμενες. Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, το ΙΣΥΑ μαζί με τις προτάσεις παρουσιάζει τις αντίστοιχες πιθανότητες επιτυχίας, αλλά και τους συγκεκριμένους κανόνες που τις υποστηρίζουν.

Για την αποφυγή του φαινομένου του overfitting, την διεύρυνση της γενικοποίησης της απόφασης και την αντιμετώπιση του προβλήματος της ανισορροπίας μεταξύ των κλάσεων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική SMOTE.

Η αξιολόγηση του συστήματος έγινε με βάση το κατά πόσο οι προτάσεις του συμφωνούν με αυτές των Φυσιιάτρων, και όχι σε σχέση με την βελτίωση της κατάστασής του ασθενούς με την χρήση του ΙΣΥΑ. Η χρήση τεχνικών κατηγοριοποίησης αποδίδει καλύτερα στην ταξινόμηση δεδομένων, παρά στη λήψη ιατρικών αποφάσεων για την επιλογή κατάλληλου προγράμματος Αποκατάστασης. Για την εκτίμηση του κατά πόσο η χρήση του ΙΣΥΑ βελτιώνει την διαδικασία της Αποκατάστασης και κατά συνέπεια την κατάσταση του ασθενούς, θα πρέπει να γίνουν τυχαιοποιημένες δοκιμές, ώστε να συγκριθούν τα κλινικά αποτελέσματα όταν οι ειδικοί παίρνουν αποφάσεις συμβουλευόμενοι το σύστημα αυτό και όταν αποφασίζουν χωρίς αυτό.

### 3.8 Σύγκριση των ΙΣΥΑ

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάσαμε Ιατρικά Συστήματα Υποστήριξης Αποφάσεων που σχεδιάστηκαν για να εφαρμοστούν στο Ιατρικό πεδίο της Αποκατάστασης. Τα 2 πρώτα συστήματα δραστηριοποιούνται στον χώρο της Αποκατάστασης ασθενών με Οστεοαρθρίτιδα γόνατος. Ο στόχος των δύο αυτών συστημάτων είναι κοινός, αφού και τα δύο προτείνουν στην έξοδό τους το καταλληλότερο πρωτόκολλο Αποκατάστασης που πρέπει να ακολουθήσει ο ασθενής. Στο πρώτο ΙΣΥΑ η επιλογή γίνεται μεταξύ των 3 πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο της Ιορδανίας, ενώ στο δεύτερο μεταξύ 4 πρωτοκόλλων (Θεραπεία TENS, αποκλειστικά εξάσκηση, θεραπεία TENS και εξάσκηση, θεραπεία placebo). Στην έξοδο του 1<sup>ου</sup> ΙΣΥΑ ο χρήστης βλέπει το προτεινόμενο πρωτόκολλο Αποκαταστασίας, ενώ στο 2<sup>ο</sup> βλέπει επίσης και την βελτίωση της έντασης του πόνου του ασθενούς με την βοήθεια ενός συντελεστή  $VAS_{INT}$ . Τα δεδομένα εισόδου στα συστήματα ήταν παρόμοια, αφού χρησιμοποιούνται δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά των ασθενών. Τα χαρακτηριστικά 170 ασθενών χρησιμοποιήθηκαν για την συγκρότηση των συνόλων δεδομένων εκπαίδευσης και ελέγχου στο πρώτο ΙΣΥΑ και 62 ασθενών στο δεύτερο.

Η τεχνική κατηγοριοποίησης που χρησιμοποιήθηκε στα συστήματα αυτά για την υλοποίηση του αλγόριθμου του ΙΣΥΑ ήταν τα Εμπρός Τροφοδότησης Νευρωνικά Δίκτυα (FFNN). Η δομή του ΤΝΔ στο πρώτο σύστημα περιελάμβανε 8 νευρώνες στο επίπεδο εισόδου, 1 νευρώνα στο επίπεδο εξόδου και 4 στην εσωτερική στοιβάδα (δοκιμάστηκαν σχήματα με 4,5 και 6 νευρώνες). Το ΤΝΔ του δεύτερου συστήματος περιελάμβανε 7 νευρώνες εισόδου, 1 εξόδου και 4 νευρώνες στην εσωτερική στοιβάδα. Ο αριθμός των νευρώνων εισόδου αντιστοιχεί στον αριθμό των μεταβλητών εισόδου, ο ένας νευρώνας στην έξοδο αντιστοιχεί στο προτεινόμενο πρωτόκολλο Αποκατάστασης από τα συστήματα, ενώ ο αριθμός των νευρώνων της εσωτερικής στοιβάδας προκύπτει από την σχέση  $\frac{(n_i + n_o)}{2}$ . Οπότε και η δομή των ΤΝΔ που χρησιμοποιήθηκαν ως τεχνικές κατηγοριοποίησης ήταν παρόμοια. Επίσης, στις εσωτερικές στοιβάδες και των δυο ΤΝΔ χρησιμοποιήθηκαν ως συναρτήσεις ενεργοποίησης μη γραμμικές στοιβάδες (στο 1<sup>ο</sup> δοκιμάστηκαν η Λογιστική Σιγμοειδής και η Υπερβολική Εφαπτομένη, αλλά η υψηλότερη ακρίβεια ταξινόμησης επιτεύχθηκε με την Υπερβολική Εφαπτομένη και στο 2<sup>ο</sup> η Λογιστική Σιγμοειδής). Το μέγεθος του συνόλου εκπαίδευσης του πρώτου συστήματος ήταν μεγαλύτερο (χαρακτηριστικά από 136 άτομα), αφού οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν περισσότεροι (170 έναντι 62) και οι κατηγορίες των χαρακτηριστικών ήταν κατά μία περισσότερες (8 έναντι 7), πράγμα που σημαίνει καλύτερη γενίκευση του 1<sup>ου</sup> ΙΣΥΑ. Η εκπαίδευση των ΤΝΔ έγινε με τον ίδιο αλγόριθμο, αυτόν της Πίσω Διάδοσης Λάθους (Back Propagation). Βέβαια στο δεύτερο σύστημα, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής Spearman για τον προσδιορισμό της σύγκλισης ή μη μεταξύ της βελτίωσης του πόνου του ασθενούς ( $VAS_{INT}$ ) που προέβλεπε το ΙΣΥΑ και της πραγματικής και αναλόγως προσαρμοζόταν τα βάρη στους νευρώνες. Έτσι, προκύπτει και μια διαφορά μεταξύ των δύο προσπαθειών, αφού η πρώτη αξιολογήθηκε με βάση την ταύτιση των προτάσεων του συστήματος με αυτές των ειδικών (87,4% με την κατάλληλη δομή ΤΝΔ) με την βοήθεια της μεθόδου της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη, ενώ το δεύτερο με βάση την σύγκλιση της προβλεπόμενης από το ΙΣΥΑ βελτίωσης της κατάστασης του ασθενούς με αυτήν που παρατηρούταν στην πραγματικότητα όταν εφαρμοζόταν στον ασθενή το συγκεκριμένο πρωτόκολλο Αποκατάστασης ( $rho=0.424$ ). Επομένως, δεν είναι εύκολη η σύγκριση της απόδοσης των δύο μοντέλων, αλλά μπορούμε να πούμε ότι το ποσοστό επιτυχίας του πρώτου συστήματος είναι πολύ υψηλό (ουσιαστικά 9 επιτυχίες στις 10 περιπτώσεις ασθενών), ενώ ο συντελεστής rho στο δεύτερο σύστημα είναι μεν υψηλός, αλλά θα μπορούσε να είναι και υψηλότερος, αφού ο συγκεκριμένος συντελεστής, όπως έχουμε δει, παίρνει τιμές στο διάστημα [-1,1].

	ΙΣΥΑ 1	ΙΣΥΑ 2
ΝΟΣΟΣ	ΟΑ ΓΟΝΑΤΟΣ	ΟΑ ΓΟΝΑΤΟΣ
ΣΤΟΧΟΣ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕΡΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ	170	62
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΚΛΙΝΙΚΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΘΕΝΩΝ	ΚΛΙΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΣΘΕΝΩΝ
ΕΞΟΔΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ
ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΤΝΔ-FFNN	ΤΝΔ-FFNN
ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΙΚΤΥΟΥ	[8 4 1]	[7 4 1]
ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΣΤΟΙΒΑΔΑΣ	ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΕΦΑΠΤΟΜΕΝΗ	ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΙΓΜΟΕΙΔΗΣ
ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΤΝΔ	ΠΙΣΩ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΛΑΘΟΥΣ	ΠΙΣΩ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΛΑΘΟΥΣ
ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΤΑΥΤΙΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΙΣΥΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΜΕΝΗΣ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ ΣΕ 10 ΜΕΡΗ	ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΙΣΥΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΑΤΡΟΥΣ ΟΤΑΝ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΕΝΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ SPEARMAN
ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	87.4%	rho = 0.424

**Πίνακας 7: Σύγκριση ΙΣΥΑ 1 και 2**

Το τρίτο ΙΣΥΑ που είδαμε ήταν το CARDSS. Το CARDSS χρησιμοποιείται στον τομέα της Καρδιακής Αποκατάστασης. Στόχος του είναι η επιλογή του καταλληλότερου προγράμματος ΚΑ για έναν συγκεκριμένο ασθενή. Η επιλογή αυτή γίνεται σύμφωνα με κατευθυντήριες γραμμές, οι οποίες σχεδιάστηκαν με το πλαίσιο εργασίας GASTON ή με τις εθνικές κατευθυντήριες γραμμές, που δημοσιεύθηκαν το 2004. Ουσιαστικά, δηλαδή, ο στόχος του συστήματος είναι παρόμοιος με των δύο συστημάτων για την Αποκατάσταση ασθενών με ΟΑ γόνατος, δηλαδή την

ταξινόμηση των ασθενών και την πρόταση κατάλληλου εξατομικευμένου προγράμματος Αποκατάστασης που πρέπει να ακολουθήσουν.

Ως μεταβλητές εισόδου χρησιμοποιήθηκαν 15-40 χαρακτηριστικά ασθενών(σωματικά, ψυχολογικά, στοιχεία της κοινωνικής κατάστασης και του τρόπου ζωής). Οπότε ο όγκος των δεδομένων εκπαίδευσης και ελέγχου ήταν πολύ μεγαλύτερος σχετικά με τα δύο προηγούμενα ΙΣΥΑ, σχετικά με τα οποία το CARDSS διαφέρει και στην τεχνική κατηγοριοποίησης που χρησιμοποίησαν οι κατασκευαστές του, αφού εφάρμοσαν την μέθοδο των Δέντρων Απόφασης. Συγκεκριμένα σχεδιάστηκαν 9 ΔΑ, καθένα από τα οποία κατέληγε σε μία ή περισσότερες θεραπευτικές ενδείξεις και όχι σε μία έξοδο όπως είχαμε δει στα προηγούμενα συστήματα.

Κατά την πιλοτική δοκιμή του, το σύστημα αξιολογήθηκε με βάση την συμφωνία του με του ειδικούς, όσον αφορά τις προτάσεις του για το καταλληλότερο πρόγραμμα Αποκατάστασης για τους ασθενείς. Στην δοκιμή αυτή χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά 134 ασθενών και το ΙΣΥΑ είχε επιτυχία της τάξης του 68%. Εφόσον, το αντίστοιχο ποσοστό του πρώτου συστήματος που είδαμε για Αποκατάσταση ασθενών με ΟΑ γόνατος ήταν 87%, βλέπουμε ότι στην συγκεκριμένη δοκιμή τουλάχιστον, η απόδοση της έκδοσης του CARDSS που αξιολογήθηκε ήταν εμφανώς χειρότερη. Ακολούθησαν τόσο ποσοτική, όσο και ποιοτική αξιολόγηση του συστήματος, καθώς, όμως, δεν πραγματοποιήθηκαν παρόμοιες αξιολογήσεις στα υπόλοιπα ΙΣΥΑ που εξετάσαμε, τα αποτελέσματά τους δεν αποτελούν αντικείμενο συζήτησης στην συγκεκριμένη ενότητα.

Το τελευταίο ΙΣΥΑ που εξετάσαμε σχεδιάστηκε για να συμβάλει στην Αποκατάσταση ασθενών με Μυοσκελετικές Παθήσεις. Στόχος του είναι η επιλογή του καταλληλότερου εξατομικευμένου προγράμματος Αποκατάστασης για έναν ασθενή με ΜΣΠ. Η επιλογή του προγράμματος αυτού γίνεται ανάμεσα σε 5 επιλογές. Επομένως, βλέπουμε ότι οι έξοδοι όλων των ΙΣΥΑ που παρουσιάστηκαν είναι παρόμοιοι, αφού τα συστήματα προτείνουν προγράμματα Αποκατάστασης βασισμένα στα ατομικά χαρακτηριστικά του κάθε ασθενούς. Για τον λόγο αυτό, αφού στην είσοδό τους, παίρνουν ως δεδομένα χαρακτηριστικά του ασθενούς, χρησιμοποιούν τεχνικές κατηγοριοποίησης ώστε να καταλήξουν στο καταλληλότερο πρόγραμμα, αφού πρώτα έχουν εκπαιδευτεί κατάλληλα από ένα σύνολο δεδομένων. Όπως και στο CARDSS, έτσι και αυτό το ΙΣΥΑ δίνει στην έξοδό του διάφορες εναλλακτικές προτάσεις για την Αποκατάσταση των ασθενών. Οι προτάσεις αυτές, όμως είναι πολύ πιο περιγραφικές και περιεκτικές σε σχέση με αυτές των υπόλοιπων ΙΣΥΑ, καθώς συμπεριλαμβάνουν τους τύπους Αποκατάστασης, την προβλεπόμενη διάρκειά της, το προβλεπόμενο ποσοστό επιτυχίας του καθενός και τον αριθμό των κανόνων που στηρίζουν την πρόταση. Ως μεταβλητές εισόδου στο σύστημα χρησιμοποιούνται: 1) ατομικές, κλινικές, επαγγελματικές και κοινωνικές μεταβλητές από την RTW αξιολόγηση, 2)ο τύπος της αποκατάστασης που ακολούθησε ο κάθε ασθενής και το κατά πόσο ήταν αναγκαία περαιτέρω αποθεραπεία, 3)αποτελέσματα RTW έπειτα από το πέρας της αποθεραπείας.

Η λειτουργία του 4<sup>ο</sup> ΙΣΥΑ βασίζεται σε κανόνες (θετικούς και αρνητικούς) IF-THEN, για τον σχεδιασμό των οποίων χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος κατηγοριοποίησης RIPPER. Για την εκπαίδευση των θετικών κανόνων χρησιμοποιήθηκαν 4876 επιτυχημένες υποθέσεις αποθεραπείας ασθενών και 3735 αποτυχημένες υποθέσεις για την εκπαίδευση των αρνητικών κανόνων. Με δεδομένο ότι χρησιμοποιήθηκαν 30 μεταβλητές για κάθε ασθενή, προκύπτει ότι το σύνολο των δεδομένων εκπαίδευσης του αλγόριθμου ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκε στο 4<sup>ο</sup> σύστημα, είναι μακράν μεγαλύτερο από όλα τα υπόλοιπα.

Όπως στο 1<sup>ο</sup> ΙΣΥΑ που είδαμε, έτσι και σε αυτό, η αξιολόγηση του μοντέλου έγινε με βάση την ταύτιση των προτάσεων του συστήματος με αυτές που είχαν ήδη δώσει οι Ιατροί στους ασθενείς με τη βοήθεια της μεθόδου της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη. Για την ποσοτική αξιολόγηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν οι συντελεστές της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας, του Γεωμετρικού Μέσου Όρου της Ευαισθησίας και της Ειδικότητας και της Περιοχής Χαρακτηριστικού Λειτουργικού Δέκτη (Receiver Operating Characteristic Area-ROC Area). Η σύγκριση με τα υπόλοιπα ΙΣΥΑ στο κομμάτι της απόδοσης του συστήματος είναι και πάλι δύσκολη, αφού δεν χρησιμοποιήθηκε παρόμοια τεχνική ελέγχου της απόδοσης με τα υπόλοιπα. Όμως, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και οι πολύ υψηλές τιμές των συντελεστών που χρησιμοποιήθηκαν, αποδεικνύουν την επιτυχία του συστήματος και ίσως το καθιστούν ως το πλέον αποδοτικό σε σχέση με τα υπόλοιπα.

	ΙΣΥΑ 1	ΙΣΥΑ 2	ΙΣΥΑ 3	ΙΣΥΑ 4
ΝΟΣΟΣ	ΟΑ ΓΟΝΑΤΟΣ	ΟΑ ΓΟΝΑΤΟΣ	ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΕ Σ ΠΑΘΗΣΕΙΣ	ΜΣΠ
ΣΤΟΧΟΣ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕ ΡΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ Σ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ Υ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ	ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕ ΡΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟ Σ ΚΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙ ΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ	ΠΡΟΤΑΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤ ΩΝ ΩΣΤΕ Ο ΧΡΗΣΤΗΣ ΝΑ ΕΠΙΛΕΞΕΙ ΤΟ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΕ ΡΟ
ΕΞΟΔΟΣ	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΠΟΝΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ	ΕΝΑ Ή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣ ΗΣ- ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΚΑΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑ, ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΝΟΝΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗ ΣΗΣ	ΤΝΔ – FFNN	ΤΝΔ-FFNN	ΔΕΝΤΡΑ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ RIPPER
ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	ΤΑΥΤΙΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΙΣΥΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΙΑΤΡΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΜΕΝ ΗΣ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ ΣΕ 10 ΜΕΡΗ	ΣΥΓΚΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕ ΝΗΣ ΑΠΟ ΤΟ ΙΣΥΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΝΟΥ ΤΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΠΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΙΑΤΡΟΥΣ ΟΤΑΝ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ ΕΝΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝ Ο ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ – ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ SPEARMAN	ΤΑΥΤΙΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΙΣΥΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΙΑΤΡΩΝ	ΤΑΥΤΙΣΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΙΣΥΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΙΑΤΡΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΜΕ ΝΗΣ ΕΠΙΚΥΡΩΣΗΣ ΣΕ 10 ΜΕΡΗ- ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ, ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΥ Μ.Ο. ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑΣ, ΠΕΡΙΟΧΗ ROC
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	87,4%	rho = 0.424	68%	—

Πίνακας 8: Σύγκριση των ΙΣΥΑ του κεφαλαίου

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

# **ΙΑΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΤΗΛΕΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

## 4.1 Τηλεαποκατάσταση (Tele – Rehabilitation)

Ο όρος Τηλεαποκατάσταση χρησιμοποιείται, όπως φανερώνει και η ετυμολογία της, για την παροχή υπηρεσιών Αποκατάστασης από απόσταση με την βοήθεια τηλεπικοινωνιακής τεχνολογίας. Ο όρος αυτός περικλείει ένα φάσμα υπηρεσιών Αποκατάστασης, όπως την εκτίμηση της κατάστασης του ασθενούς, την παρακολούθηση της πορείας του, την παρέμβαση στην διαδικασία της αποκατάστασης αν είναι απαραίτητο, την επίβλεψη του, την εκπαίδευση του, ακόμα και πιθανή ψυχοθεραπεία.

Οι υπηρεσίες Τηλεαποκατάστασης παρέχονται σε ενήλικες και ανήλικους, οι οποίοι είτε έχουν αποκομίσει κάποιον τραυματισμό, είτε ασθενούν, είτε εμφανίζουν καθυστέρηση στην ανάπτυξη ή κάποια διαταραχή. Οι ειδικοί που απασχολούνται στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης μπορεί να είναι φυσιοθεραπευτές, θεραπευτές ομιλίας, εργοθεραπευτές, ακουολόγοι, γιατροί και νοσοκόμοι αποκατάστασης, μηχανικοί αποκατάστασης, υποβοηθητικοί τεχνολόγοι, δάσκαλοι, ψυχολόγοι, διαιτολόγοι[39].

Η χρήση της Τεχνολογίας Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην ανάπτυξη της Τηλεαποκατάστασης και της Τηλεϊατρικής επιτρέπει:

- Την βελτίωση της ποιότητας των κλινικών υπηρεσιών, με την διευκόλυνση της πρόσβασης σε αυτές
- Την διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών κλινικών επιπέδων
- Την επέκταση της θεραπευτικής διαδικασίας πέρα από τα στενά όρια του Νοσοκομείου
- Την μείωση του κόστους περίθαλψης

### 4.1.1 Ιστορική αναδρομή

Το κίνητρο για την Τηλεαποκατάσταση υπήρξε η επιθυμία για βελτίωση των παροχών υπηρεσιών αποκατάστασης, αύξηση του συνεχούς της περίθαλψης και υπερπήδηση του εμποδίου της απόστασης ώστε ο ασθενής να λαμβάνει την καλύτερη δυνατή περίθαλψη όπου και αν βρίσκεται. Οι Brenna και Mawson (2009) περιέγραψαν τις πρώτες προσπάθειες στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης, όπου οι γιατροί χρησιμοποιούσαν το τηλέφωνο για να διεξάγουν συμπληρωματική εξέταση του ασθενούς, να ελέγξουν την πορεία του, και να τον εκπαιδεύσουν ώστε να μπορεί ο ίδιος να εκτιμήσει την κατάστασή του και τυχόν αλλαγές σε αυτήν. Αργότερα, στην δεκαετία του 1980, χρησιμοποιήθηκε ένα κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης και οπτικοακουστικό υλικό (βίντεο), βιντεοσκοπημένο από πριν. Με αυτόν τον τρόπο, ο ασθενής αποκτούσε και οπτική επαφή με τον γιατρό του. Στην συνέχεια, η εξέλιξη της τεχνολογίας έφερε την χρήση της τηλεδιάσκεψης, με την οποία γιατρός και ασθενής επικοινωνούν άμεσα και σε πραγματικό χρόνο. Παρά την αρχικά χαμηλή



ποιότητα μετάδοσης, έγινε σαφές ότι η Τηλεαποκατάσταση ήταν εφικτή μέθοδος για την παροχή υπηρεσιών αποκατάστασης στους ασθενείς[40].

#### 4.1.2 Ανθρώπινοι παράγοντες για τον σχεδιασμό της Τηλεαποκατάστασης[40]

Για να είναι επιτυχημένη η συγκεκριμένη τεχνολογία, αλλά και για να εξελιχθεί περαιτέρω, θα πρέπει να επικεντρωθεί στους χρήστες, όσον αφορά τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή της Τηλεαποκατάστασης. Οι χρήστες είναι οι ασθενείς, οι ειδικοί Ιατροί, το ιατρικό προσωπικό, οι φροντιστές και οι διαχειριστές των συστημάτων. Τα συστήματα που συμμετέχουν στον σχεδιασμό της Αποκατάστασης θα πρέπει να είναι φιλικά προς τον χρήστη και να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο επιρρεπή στα σφάλματα.

Σημαντικός παράγοντας στον σχεδιασμό της Τηλεαποκατάστασης είναι η διαθεσιμότητα μεγάλου χώρου για την αποθεραπεία, υλικού εξάσκησης και εγγράφων που θα δηλώνουν την αποδοχή από τον ασθενή της αποθεραπείας του. Για παράδειγμα, κάποιοι ασθενείς χρησιμοποιούν αναπηρικά αμαξίδια για την κίνησή τους, οπότε κατά την διάρκεια της Αποκατάστασής τους είναι απαραίτητος άπλετος χώρος ώστε να κινούνται άνετα.

Η Τηλεαποκατάσταση θα πρέπει να μεγιστοποιεί την φυσική και νοητική δύναμη του ασθενούς, ενώ παράλληλα να ελαχιστοποιεί την επίδραση που έχει πάνω του η απώλεια η εξασθένηση οποιασδήποτε επιμέρους ικανότητάς του. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή βασικών και καθολικών αρχών σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα εναλλακτικοί τρόποι επικοινωνίας με τις διάφορες συσκευές ( οθόνες αφής, φωνητική αναγνώριση), εγχειρίδια με απλοποιημένα κείμενα και γραφικές αναπαραστάσεις των οδηγιών χρήσης, αλλά και οδηγίες επίλυσης των προβλημάτων.

Στην παροχή υπηρεσιών Τηλεαποκατάστασης, οι ξεχωριστές υπηρεσίες που προσφέρει ο εκάστοτε ειδικός, θα πρέπει να είναι βέβαιο ότι ανήκουν στο πεδίο της επαγγελματικής του κατάρτισης, ώστε να είναι βέβαιο ότι διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις και ικανότητες για να τις διεκπεραιώσει σωστά. Επίσης, θα πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τα συγκεκριμένα προβλήματα ανικανότητας που αντιμετωπίζει ο ασθενής και να είναι ικανός να επικοινωνήσει με αυτόν, όταν αντιμετωπίζει προβλήματα στην ομιλία.

Επιπλέον, θα πρέπει να καταστεί σαφές, ότι δεν υπάρχει κάποιο γενικευμένο και καθολικό σύστημα ικανό να συμμετέχει σε όλα τα είδη Τηλεαποκατάστασης. Ωστόσο, ένα σύστημα μπορεί προσαρμόζεται στις ανάγκες ενός ασθενούς, βάσει ευρύτερου πλαισίου χρήσης του.

## 4.2 Ορολογία

Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, έτσι και σε αυτό θα δώσουμε την εξήγηση κάποιων όρων που χρησιμοποιούνται παρακάτω.

**Αλγόριθμος Levenberg – Marquardt:** Είναι μια επαναληπτική τεχνική, η οποία εντοπίζει το ελάχιστο μιας συνάρτησης πολλών μεταβλητών, που είναι εκφρασμένη σαν ένα άθροισμα τετραγώνω μη γραμμικών πραγματικών συναρτήσεων. Είναι μια τεχνική για μη γραμμικά προβλήματα ελαχίστων τετραγώνων και υιοθετείται ευρέως για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Θεωρείται ως ένας συνδυασμός της μεθόδου απότομης καθόδου και της μεθόδου Gauss – Newton. Όταν η λύση διαφέρει πολύ από τη σωστή, ο αλγόριθμος συμπεριφέρεται όπως η μέθοδος απότομης καθόδου: αργά, αλλά με εγγυημένη σύγκλιση. Όταν η λύση είναι κοντά στη σωστή, αλλάζει σε μέθοδο Gauss – Newton[41].

**HL7 Arden Syntax:** Το πρότυπο HL7 έχει αναπτυχθεί από τον ομώνυμο οργανισμό ([www.hl7.org](http://www.hl7.org)) και είναι το πλέον ώριμο και ευρέως χρησιμοποιημένο πρότυπο ανταλλαγής πληροφοριών μέσω μηνυμάτων στον χώρο της υγείας. Είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε νοσοκομεία και εργαστήρια όσο και σε μονάδες διοίκησης, διαχείρισης και management των υπηρεσιών υγείας κάθε χώρας. Εξασφαλίζει την ηλεκτρονική επικοινωνία ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων ανταλλάσσοντας δεδομένα. Τα πληροφοριακά αυτά συστήματα μπορεί να υποστηρίζουν διαφορετικές λειτουργικές μονάδες ενός οργανισμού υγείας ή ακόμη και να ανήκουν σε διαφορετικούς οργανισμούς υγείας[42]. Η Arden Syntax αποτελεί μία γλώσσα που χρησιμοποιείται από το πρότυπο HL7 για την αναπαράσταση και την διανομή της ιατρικής πληροφορίας.

**HL7 vMR (Health Level 7 virtual Medical Record) :** Είναι ένα μοντελο αναπαράστασης ιατρικών δεδομένων, τα οποία αναλύονται και παράγονται από ΙΣΥΑ[42].

**SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms):**

Είναι μία συστηματικά οργανωμένη συλλογή από ιατρικούς όρους, η οποία παρέχει κωδικούς, όρους, συνώνυμα και ορισμούς, τα οποία χρησιμοποιούνται σε ιατρικά έγγραφα. Η ανάπτυξη της αποτελεί μια ανοιχτή διαδικασία, η οποία ψυμπεριλαμβάνει έναν μεγάλο αριθμό οργανισμών και επαγγελματιών υγείας[43].

**EMR (Electronic Medical Record)/EHR (Electronic Health Record)/PHR (Personal Health Record):** Πρόκειται για 3 διαφορετικά είδη ιατρικών ηλεκτρονικών φακέλων. Σύμφωνα με την αναφορά με τίτλο ‘Defining Key Health Information Technology Terms’ της ένωσης National Alliance for Health Information Technology (NAHIT), η οποία έχει την έδρα της στο Σικάγο των Ηνωμένων Πολιτειών, οι ορισμοί των EMR, EHR και PHR είναι οι εξής:

- **EMR:** Ηλεκτρονικός φάκελος που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση υγείας ενός ατόμου, οι οποίες δημιουργούνται, συγκεντρώνονται, διαχειρίζονται και εμπλουτίζονται από εξουσιοδοτημένους ιατρούς και προσωπικό μέσα σε έναν οργανισμό υγείας.
- **EHR:** Ηλεκτρονικός φάκελος που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση υγείας ενός ατόμου, οι οποίες εναρμονίζονται με εθνικώς αναγνωρισμένα πρότυπα διαλειτουργικότητας και οι οποίες μπορούν να δημιουργηθούν, να διαχειριστούν και να εμπλουτιστούν από ιατρούς και προσωπικό σε περισσότερους από έναν οργανισμούς υγείας.
- **PHR:** Ηλεκτρονικός φάκελος, που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση υγείας ενός ατόμου, οι οποίες εναρμονίζονται με εθνικώς αναγνωρισμένα πρότυπα διαλειτουργικότητας και οι οποίες μπορούν να αντληθούν από πολλαπλές πηγές, ενώ διαχειρίζονται, διαμοιράζονται και ελέγχονται από το ίδιο το άτομο[44].

**Bluetooth:** Η τεχνολογία Bluetooth, ή αλλιώς το IEEE 802.15.1 πρότυπο, είναι τεχνολογία δικτύων επικοινωνιών τοπικής εμβέλειας βασισμένη σε ραδιοσυχνότητες και είναι σχεδιασμένη για την αντικατάσταση των καλωδίων στην επικοινωνία μεταξύ μικρών και φθηνών συσκευών, όπως πληκτρολογίων, joysticks, εκτυπωτών και ‘ποντικιών’. Είναι ο κύριος εκπρόσωπος της κατηγορίας των προσωπικών ασύρματων δικτύων μικρής εμβέλειας (Wireless Personal Area Network – WPAN)[45].

**Zigbee:** Η τεχνολογία Zigbee ανήκει στον χώρο των WPANs και προήλθε από την συνεργασία της εταιρίας ZigBee Alliance με την επιτροπή IEEE 802.15.4. Παρέχει την δυνατότητα διασύνδεσης απλών συσκευών με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης, χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ισχύος[45].

**Wi-Fi:** Η τεχνολογία Wireless Fidelity (Wi-Fi) περιλαμβάνει τα πρότυπα IEEE 802.11a/b/g για ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Network-WLAN). Παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο (μέσω ενός σημείου πρόσβασης), τηλεφωνίας μέσω αυτού και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών[45].

**Πρωτόκολλο HTTP:** Το πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol-HTTP) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας με το Διαδίκτυο και είναι το κύριο πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε έναν διακομιστή και έναν πελάτη (server-client).

**Extensible Markup Language (XML):** Γλώσσα προγραμματισμού, η οποία περιγράφει μια κατηγορία πληροφοριών που καλούνται XML έγγραφα, καθώς επίσης περιγράφει τμηματικά τη συμπεριφορά των προγραμμάτων που τα επεξεργάζονται [46].

**XML-RPC:** Η RPC είναι μία ισχυρή τεχνική δημιουργίας καταναμημένων εφαρμογών πελάτη – διακομιστή. Βασίζεται στην ιδέα της συμβατικής, ή τοπικής, κλήσης διαδικασίας και την επεκτείνει ώστε η καλούμενη διαδικασία δεν χρειάζεται να βρίσκεται στον ίδιο χώρο διευθύνσεων με την καλούσα διαδικασία[47]. Η XML-RPC είναι ένας απλός τρόπος για την απομακρυσμένη κλήση διαδικασιών μέσω του πρωτοκόλλου HTTP. Η χρήση της γίνεται με γλώσσες προγραμματισμού όπως η Perl, η Java, η Python, η C, η C++, η PHP και άλλες. Οι εφαρμογές της είναι διαθέσιμες για τα λειτουργικά συστήματα Unix, Windows και Macintosh[48].

**Cloud computing :** Αποτελεί μία δομή, η οποία μας επιτρέπει την πρόσβαση σε web εφαρμογές, χωρίς αυτές να είναι εγκατεστημένες στον υπολογιστή μας ή σε κάποια άλλη συσκευή, αλλά βρίσκεται σε έναν server. Με την τεχνολογία αυτή, εξοικονομούμε χρήματα, αφού έχουμε την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε ένα λογισμικό του οποίου το κόστος αγοράς ίσως είναι απαγορευτικό, και αποθηκευτικό χώρο. Η πρόσβαση είναι δυνατή με οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να συνδεθεί στο Διαδίκτυο.

**Unified Modeling Language (UML):** Η ενοποιημένη γλώσσα σχεδιασμού (Unified Modeling Language - UML) είναι μία γραφική γλώσσα για την οπτική παράσταση, τη διαμόρφωση προδιαγραφών και την τεκμηρίωση συστημάτων που βασίζονται σε λογισμικό. Στοχεύει στον σχεδιασμό αντικειμενοστρεφών συστημάτων. Το σχέδιο είναι μια απλοποιημένη παράσταση της πραγματικότητας [49].

**Model View Controller (MVC):** Είναι μία αρχιτεκτονική λογισμικού, η οποία χρησιμοποιείται για την δημιουργία περιβαλλόντων αλληλεπίδρασης χρήστη. Κάθε εφαρμογή που δημιουργείται με αυτό το μοντέλο χωρίζεται σε τρία διασυνδεδεμένα μέρη. Το κύριο μέρος είναι το Model, το οποίο διαθέτει την πληροφορία της

εφαρμογής και τους κανόνες διαχείρισής της. Το μέρος View αναπαριστά γραφικά την πληροφορία του Model, ενώ το Controller διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ του Model και του View[50].

**Web Service Description Language (WSDL):** Η WSDL είναι ένα σχήμα XML για την περιγραφή δικτυακών υπηρεσιών σαν ένα σύνολο από τελικά σημεία που λειτουργούν σε μηνύματα τα οποία περιέχουν πληροφορία, είτε προσανατολισμένη στα έγγραφα είτε προσανατολισμένη στις διαδικασίες. Οι λειτουργίες και τα μηνύματα περιγράφονται περιληπτικά, και τότε δένονται σε ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο δικτύων και μορφή μηνυμάτων για να καθορίσουν ένα τελικό σημείο. Πολλά σχετικά τελικά σημεία συνδυάζονται σε υπηρεσίες. Η WSDL είναι επεκτάσιμη στο να επιτρέπει την περιγραφή τελικών σημείων και των μηνυμάτων τους άσχετα από την μορφή των μηνυμάτων και των πρωτοκόλλων δικτύων που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία[51].

**Υπηρεσίες Windows Communication Foundation (WCF):** Το WCF είναι ένα πλαίσιο εργασίας για την δημιουργία εφαρμογών προσανατολισμένων στις υπηρεσίες (services). Με την χρήση του, είναι δυνατή η αποστολή δεδομένων σαν ασύγχρονα μηνύματα από ένα τελικό σημείο της υπηρεσίας σε ένα άλλο. Ένα τελικό σημείο μπορεί να είναι ένας πελάτης μιας υπηρεσίας που ζητά δεδομένα από ένα τελικό σημείο της υπηρεσίας. Τα μηνύματα μπορεί να είναι από πολύ απλά έως αρκετά πολύπλοκα.

**Microsoft Azure :** Είναι μια πλατφόρμα τεχνολογίας cloud computing, η οποία δημιουργήθηκε από την Microsoft, για την ανάπτυξη και την διαχείριση εφαρμογών και υπηρεσιών με την χρήση οποιασδήποτε γλώσσας και οποιουδήποτε πλαισίου εργασίας ή εργαλείου.

**OpenMeetings:** Αποτελεί λογισμικό που επιτρέπει την άμεση δημιουργία συνδιάσκεψης μέσω Διαδικτύου. Οι χρήστες επικοινωνούν μεταξύ τους με μικρόφωνα και webcams και τους παρέχεται η δυνατότητα κοινής επεξεργασίας εγγράφων και κοινής χρήσης της επιφάνειας εργασίας τους [52]. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε από την Apache Software Foundation.

**JAVA 2 Platform Enterprise Edition:** Η JAVA2EE είναι μία προγραμματιστική πλατφόρμα που δημιουργήθηκε από την Java Community Process. Χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη online επιχειρησιακών εφαρμογών και περιλαμβάνει ένα σύνολο υπηρεσιών, διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών (APIs) και πρωτοκόλλων, τα

οποία παρέχουν λειτουργίες ανάπτυξης πολλαπλών επιπέδων διαδικτυακών εφαρμογών[53].

**Server Apache Tomcat 6.X:** Ο διακομιστής (server) Apache Tomcat είναι μία ανοιχτού κώδικα υλοποίηση της τεχνολογίας των σελίδων διακομιστών Java που δημιουργήθηκε από την Apache Software Foundation. Προσφέρει ώθηση στην ανάπτυξη κρίσιμων και μεγάλης κλίμακας δικτυακών εφαρμογών σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Έχει ανακοινωθεί το τέλος ζωής του συγκεκριμένου διακομιστή, το οποίο θα έρθει στις 31-12-2016.

**MySQL Server:** Η MySQL είναι σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων. Χρησιμοποιείται για διαδικτυακά προγράμματα και ιστοσελίδες, ενώ προτιμάται από υπηρεσίες όπως YouTube, Wikipedia, Google, Facebook, Twitter

**Red5 Server:** Ο διακομιστής red5 αποτελεί μία ισχυρή λύση μετάδοσης συνεχούς ροής βίντεο και πολλαπλών χρηστών στο ©Adobe ©Flash Player και άλλες τεχνολογίες πελάτη. Βασίζεται στη Java και σε μερικούς από τους ισχυρότερους σκελετούς ανοικτού κώδικα. Με την χρήση του ανοικτού κώδικα red5 διακομιστή πολυμέσων, ο χρήστης δημιουργεί με μια ανοικτή και επεκτάσιμη πλατφόρμα, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιντεο-συσκευές, παιχνίδια πολλαπλών χρηστών και λογισμικό εφαρμογών επιχειρήσεων [54].

**Asynchronous Javascript and XML (AJAX):** Το AJAX είναι μια συλλογή από διάφορες τεχνολογίες (HTML/CSS, Javascript, XML/XLST, XMLHttpRequest Object, Document Object Model) που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία ιστοσελίδων. Με την χρήση του δίνονται διαδραστικές δυνατότητες σε ένα δυναμικό site, μετατρέποντάς το από ένα απλό site σε μια διαδικτυακή εφαρμογή [55].

**Java Web Start:** Το λογισμικό Java Web Start παρέχει την δυνατότητα της εγκατάστασης εφαρμογών με ένα απλό κλικ σε έναν σύνδεσμο (link) σε μία ιστοσελίδα. Ο σύνδεσμος 'δείχνει' προς ένα αρχείο Java Network Launch Protocol, το οποίο οδηγεί το λογισμικό Java Web Start να κατεβάσει, να εγκαταστήσει και να εκτελέσει την αντίστοιχη εφαρμογή.

**Γενικευμένα Νευρωνικά Δίκτυα Παλινδρόμησης (General Regression Neural Networks -GRNNs):** Πρόκειται για ένα είδος ΤΝΔ, το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται για προσέγγιση συναρτήσεων. Μπορούν να προσεγγίσουν οποιαδήποτε αυθαίρετη συνάρτηση μεταξύ διανυσμάτων εισόδου και εξόδου με την χρήση των δεδομένων εκπαίδευσης. Όσο το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης είναι

μεγαλύτερο τόσο μικρότερο θα είναι το σφάλμα. Η δομή του περιλαμβάνει 4 στοιβάδες: μία εισόδου, την στοιβάδα μοτίβου, την στοιβάδα αθροίσματος και την στοιβάδα εξόδου. Χαρακτηρίζεται από τον παράγοντα spread, ο οποίος όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει, τόσο βελτιώνει την γενίκευση του συστήματος[56].

### 4.3 Το ΙΣΥΑ Smart CDSS

Το 2012 στο 12<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο Control Automation Robotic & Vision (ICARV) δημοσιεύθηκε η εργασία των Maqbool Hussain, Muhammad Afzal, Wajahat Ali Khan και Sungyoung Lee (μέλη του UC Lab Department of Computer Engineering Kyung Hee University, South Korea) σχετικά με την δημιουργία του ΙΣΥΑ Smart CDSS. Το Smart CDSS[57,58] παρέχει διάγνωση της ασθένειας, καθώς και κατευθυντήριες γραμμές και προτάσεις αποθεραπείας, βασισμένες στην παρακολούθηση δραστηριοτήτων του ασθενούς.

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού είναι ραγδαία, και ταυτόχρονα το ποσοστό των ηλικιωμένων αυξάνεται με σταθερό ρυθμό. Παράλληλα, οι χρόνιες παθήσεις, όπως η καρδιακή ανεπάρκεια, ο διαβήτης, η άνοια, η άπνοια ύπνου, ο καρκίνος και η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, πλήττουν όλο και μεγαλύτερο αριθμό ηλικιωμένων. Ο διαβήτης θεωρείται η ασθένεια με τον μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης της εμφάνισής του στον παγκόσμιο πληθυσμό και κυρίως στους ηλικιωμένους. Ο διαβήτης μπορεί να είναι η αιτία εμφάνισης και άλλων περιπλοκών στους ηλικιωμένους, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν κατάλληλα. Παράλληλα με τον διαβήτη, ένας ηλικιωμένος μπορεί να υποφέρει από αναπηρίες, διανοητική δυσλειτουργία, κατάθλιψη και δυσκολία στην κίνηση. Όλες αυτές οι καταστάσεις προκαλούν κακοδιαχείριση της υπόθεσης του διαβήτη στους ασθενείς, ενώ το κόστος τη περίθαλψης των ηλικιωμένων αυξάνεται συνεχώς και η παραγωγικότητα μειώνεται με την συμμετοχή μελών της οικογένειάς τους στην αποθεραπεία.

Για τις ανάγκες της σωστής διαχείρισης των χρόνιων παθήσεων από το σπίτι, είναι επιβεβλημένη η εφαρμογή καινοτόμων προσεγγίσεων, που να περιλαμβάνουν τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνίας. Βιοαισθητήρες και βιντεοκάμερες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση δραστηριοτήτων των ατόμων σε συγκεκριμένο περιβάλλον και την διαχείριση της κατάστασής τους. Για την παρακολούθηση δραστηριοτήτων χαμηλής έντασης με την χρήση αισθητήρων και βίντεο, αναπτύχθηκε το δίκτυο Secured Wireless Sensor Network (WSN), στο οποίο είναι ενσωματωμένη η πλατφόρμα Cloud Computing for u-Life Care (SC). Η πλατφόρμα SC είναι εξοπλισμένη με διάφορους ασύρματους αισθητήρες, οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και τα μεταδίδουν μέσω τεχνολογίας Cloud. Επίσης, χρησιμοποιεί οντολογίες ανίχνευσης της δραστηριότητας, οι οποίες χειρίζονται από την μηχανή Context-aware manipulation Engine (CAME), με σκοπό την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών.

Το Smart CDSS χρησιμοποιεί την πλατφόρμα SC για να παρέχει υπηρεσίες βασισμένες στην εμπειρία και στην εξειδικευμένη γνώση των Ιατρών και στις προτεινόμενες από αυτούς κατευθυντήριες γραμμές. Έτσι, το Smart CDSS χρησιμοποιεί εφαρμογή Smart Home με σκοπό την παρακολούθηση των ασθενών από το σπίτι, και ανάλογα με τις ενδείξεις, παράγει κατευθυντήριες γραμμές, αλλά και ειδοποιήσεις σε περιπτώσεις ανάγκης, χρησιμοποιώντας την Βάση Γνώσης του. Η Βάση Γνώσης του συστήματος εφαρμόζει πρότυπα όπως το HL7 Arden Syntax για την ανταλλαγή ιατρικών πληροφοριών σε κλινικό περιβάλλον. Στο σύστημα ενσωματώνεται και ο Ιατρικός Φάκελος HL7 vMR, για να έχει πρόσβαση η Βάση Γνώσης του συστήματος με διάφορα συστήματα υγείας.

#### 4.3.1 Μοντέλο Επαγγελματικής Ανάπτυξης των Εφαρμογών Smart Home

Μια Smart Home εφαρμογή, λόγω της πολυπλοκότητάς της, σχεδιάζεται σε 4 επίπεδα:

##### **A. Επίπεδο Hardware: Αισθητήρες και Βιοδιεγέρτες**

Στο επίπεδο αυτό βιο-ιατρικοί αισθητήρες τοποθετούνται με σκοπό την παρακολούθηση των δραστηριοτήτων των ασθενών. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποθηκεύονται για περαιτέρω επεξεργασία.

##### **B. Επίπεδο Δικτύου Επικοινωνίας από το Σπίτι (Home Communication Network – HCN)**

Το HCN υποστηρίζει διάφορες τεχνολογίες δικτύων, όπως το Zigbee, Wi - fi και Bluetooth. Συγχρονίζει τα δεδομένα από το επίπεδο Hardware με το επίπεδο Λήψης Αυτόνομης Απόφασης.

##### **C. Επίπεδο Λήψης Αυτόνομης Απόφασης (Autonomous Decision Making Layer – ADM)**

Το επίπεδο ADM λαμβάνει τα δεδομένα από τους αισθητήρες και τα οργανώνει με την βοήθεια σχεδιαστικών φίλτρων. Το επίπεδο αυτό διαθέτει, ακόμα, και υπηρεσίες λήψης απόφασης, με την βοήθεια των οποίων καταλήγει σε μια απόφαση λαμβάνοντας υπόψη τις δραστηριότητες του ασθενούς. Τέλος, συγχρονίζει τα δομημένα, πλέον δεδομένα με το επίπεδο των Υπηρεσιών για να εξοπλιστεί το Smart Home με υψηλού επιπέδου φιλικές προς τον χρήστη λειτουργίες.

##### **D. Επίπεδο Υπηρεσιών**

Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες μια εφαρμογής Smart Home. Παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών, που αποτελείται από τις υπηρεσίες



ασφάλειας, τηλεκίνησης και υποστήριξης λήψης της απόφασης. Τα δομημένα δεδομένα λαμβάνονται από το επίπεδο ADM και προωθούνται στις διάφορες υπηρεσίες για να εξοπλιστεί ο ασθενής με τις απαιτούμενες λειτουργίες.

### 4.3.2 Αρχιτεκτονική SC

Η πλατφόρμα SC περιλαμβάνει ενότητες (modules) που παρέχουν διεπαφή για την παρακολούθηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε περιβάλλον Smart Home με την χρήση ασύρματων αισθητήρων και βιντεοκαμερών. Για την παροχή χρήσιμων πληροφοριών, στην πλατφόρμα SC είναι ενσωματωμένες διάφορες υπηρεσίες. Οι ενότητες μιας πλατφόρμας SC είναι οι εξής:

#### **A. Εξοπλισμός: Αισθητήρες και Βιντεοκάμερες**

Η πλατφόρμα SC παρέχει διεπαφές για διάφορους τύπους αισθητήρων (δυαδικών αισθητήρων, wearable αισθητήρων, ενσωματωμένων αισθητήρων, ηχητικών αισθητήρων) και για διάφορους τύπους 2D και 3D καμερών. Όλος αυτός ο εξοπλισμός εγκαθίσταται στο σπίτι του ασθενούς ή προσκολλώνται στο σώμα του ασθενούς για την ανίχνευση δραστηριοτήτων σχετικών με την υγεία του. Τα δεδομένα από τον εξοπλισμό διαδίδονται στο επίπεδο Αναγνώρισης της Δραστηριότητας και Συναισθήματος.

#### **B. Αναγνώριση Δραστηριότητας και Συναισθήματος (Activity and Emotion Recognizer-AER)**

Το επίπεδο AER δέχεται τα ακατέργαστα δεδομένα από το επίπεδο Hardware και με βάση την τοποθεσία και την δραστηριότητα του ατόμου που παρακολουθείται, προσδιορίζει επακριβώς το αντικείμενο ενασχόλησής του.

#### **C. Context-Aware Activity Manipulation Engine (CAME)**

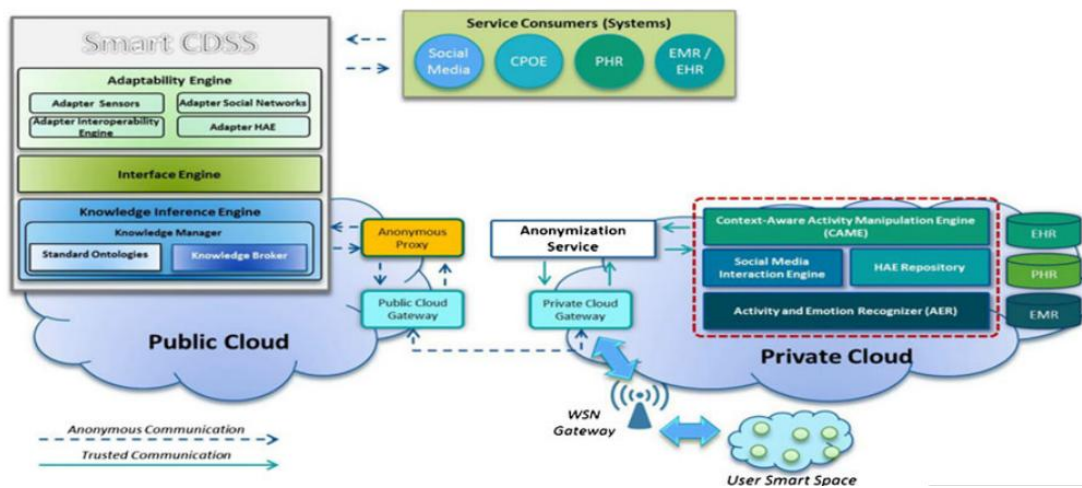
Η μηχανή CAME παίρνει την πληροφορία από το την ενότητα του AER και την επεξεργάζεται περαιτέρω. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες συλλέγουν την πληροφορία της πτώσης του ατόμου και άμεσα θα σημάνει συναγερμός. Από την άλλη η CAME θα διαφοροποιήσει την επικίνδυνη πτώση του ατόμου από ένα απλό μικρό άλμα.

#### **D. Αποθήκη ΗΑΕ**

Αποθηκεύει τις σχετικές πληροφορίες με την αναγνώριση δραστηριότητας σε διάφορες μορφές(όπως XML,OWL), με σκοπό την χρήση τους και την περαιτέρω επεξεργασία τους.

#### 4.3.3 Σχεδιασμός και Αρχιτεκτονική του SMART CDSS

Το Smart CDSS χρησιμοποιεί την τεχνολογία Cloud ώστε να δέχεται πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες των ασθενών από το πρωτόκολλο HL7 vMR και παράγει διάγνωση της ασθένειας, υπενθυμίσεις και κατευθυντήριες γραμμές, βασισμένες στις γνώσεις και τις εμπειρίες ειδικών, που είναι αποθηκευμένες στην Βάση Γνώσης του. Οι υπηρεσίες του είναι διαθέσιμες για παρακολούθηση ασθενών από το σπίτι, για ενημέρωση Ατομικών Φακέλων Υγείας, Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας και Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων και σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Για την διασφάλιση της ιδιωτικότητας των δεδομένων των ασθενών, οι βασικές πληροφορίες παραμένουν ανώνυμες.



Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική Smart CDSS [57]

Λειτουργίες του Smart CDSS:

- **Αίτημα** **Δημιουργίας** **Κατευθυντηρίων**  
**Γραμμών/Υπενθυμίσεων/Συναγερμών**

Το Smart CDSS δέχεται αιτήματα στην μορφή του HL7 vMR. Διαθέτει Μηχανή Προσαρμοστικότητας, η οποία περιλαμβάνει 4 προσαρμογείς (Sensors Adapter, Adapter Social Networks, Adapter Interoperability Engine, Adapter HAE) για την μετατροπή των δεδομένων εισόδου στο σύστημα στην μορφή που προστάζει το πρωτόκολλο HL7 vMR. Επιπλέον, ο προσαρμογέας Fusion Adapter συγχωνεύει όλες τις πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Οι ανιχνευτές που είναι εγκατεστημένοι στο σπίτι του ηλικιωμένου ασθενούς συλλέγουν πληροφορίες για την δραστηριότητά τους,

οι οποίες εισάγονται στο σύστημα μαζί με τις κλινικές πληροφορίες από την Βάση Γνώσης του ΙΣΥΑ και τις πληροφορίες από Φακέλους Ασθενών από διάφορα δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης, όπως το Twitter και το PatientLikeMe.

- **Αίτημα μετατροπής των δεδομένων εισόδου σε πρότυπη μορφή**

Τα δεδομένα εισόδου μεταφράζονται σε κάποια πρότυπη μορφή (όπως XML). Οι πληροφορίες από την δραστηριότητα των ηλικιωμένων μετατρέπονται σε πρότυπη μορφή με την χρήση της ορολογίας του SNOMED CT.

- **Δημιουργία Κατευθυντηρίων Γραμμών**

Η Βάση Γνώσης του Smart CDSS αποτελείται από κανόνες δημοσιοποιημένους από ειδικούς Ιατρούς στη μορφή του προτύπου HL7 Arden Syntax. Κάθε κανόνας οδηγεί σε ένα σύνολο προτάσεων, συναγερμών ή κατευθυντήριων γραμμών, το οποίο ονομάζεται Ενότητα Ιατρικής Λογικής (Medical Logic Module – MLM). Κάθε MLM είναι έτσι δομημένη ώστε να εκπροσωπεί έναν κανόνα. Έτσι, λοιπόν, ανάλογα με την αιτία χρήσης του, το Smart CDSS φορτώνει από την Βάση Γνώσης του όλες τις αντίστοιχες MLMs, και εξάγει πιθανές προτάσεις. Οι προτάσεις αυτές στέλνονται πίσω στον χρήστη σε μορφή HL7 vMR, ως συμβουλευτικές στην αποθεραπεία των ασθενών.

```
<vmrInput>
  <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.1.1"/>
  <patient>
    .....
    <clinicalStatements>
      <!-- current problems -->
      <problems>
        <problem>
          <id root="d7ebd80c-a28f-438f-9457-d3f92ea124ad"/>
          <!-- Diabetes -->
          <problemCode codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96"
            codeSystemName="SNOMED CT" code="73211009"/>
        </problem>
      </problems>
      <!-- current medications -->
      <substanceAdministrationEvents>
        <substanceAdministrationEvent>
          <id root="54277620-9128-4c13-8fc8-623a38532627"/>
          <substance>
            <id root="2c803900-c8d1-457d-9567-4c92d75a0e23"/>
            <!-- Morning after diabetic pill -->
            <substanceCode codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96"
              codeSystemName="SNOMED CT" code="102954005" />
          </substance>
          <documentationTime low="20110516" high="20110516"/>
        </substanceAdministrationEvent>
      </substanceAdministrationEvents>
    </clinicalStatements>
  </patient>
</vmrInput>
```

Εικόνα 4.2 MLM για προτάσεις αποθεραπείας ασθενών με διαβήτη [57]

```

maintenance:
title: Diabetes Mellitus

library:
purpose: "Finding VPGC[Venous Plasma Glucose Concentration] to identify
Diabetes Mellitus (DM)

knowledge:

logic:
If [fasting and VPGC =126 (mg/dL)] OR
[2-hour post 75 g glucose load and VPGC = 200 (mg/dL)]

then

Diabetes Mellitus (DM)

Else if [fasting and VPGC = 100 and < 126 (mg/dL)] AND
[2-hour post 75 g glucose load and VPGC < 140 (mg/dL)]

then
Impaired Glucose Tolerance (IGT)

Else if[fasting and VPGC < 126 (mg/dL)] AND
[2-hour post 75 g glucose load and VPGC = 140 and < 200 (mg/dL)]

then
Impaired Fasting Glycaemia (IFG)

```

Εικόνα 4.3 MLM για την διάγνωση του διαβήτη [57]

#### 4.3.4 Εφαρμογή του Smart CDSS και Αποτελέσματα

Το Smart CDSS σχεδιάζεται χρησιμοποιώντας υπηρεσίες ιστού (web services) με προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω. Τα συμβόλαια WSDL (Web Services Description Language) προσδιορίζονται με βάση την πρότυπη vMR είσοδο και έξοδο. Στα συμβόλαια WSDL, προσδιορίστηκε μια αμφίδρομη μέθοδος παραγωγή κατευθυντηρίων γραμμών. Οι πρότυπες είσοδοι και έξοδοι αξιολογήθηκαν σε σχέση με σχήματα αντιπροσωπευτικά της δομής vMR. Αυτά τα σχήματα συμπεριλήφθηκαν στο συμβόλαιο WSDL. Βάσει του καθορισμένου WSDL, δημιουργείται και ενεργοποιείται η αντίστοιχη υπηρεσία WCF (Window Communication Foundation).

Για κάθε MLM, δημιουργείται μια κλάση της C# και μεταγλωττίζεται στην Βάση Γνώσης του ΙΣΥΑ. Όλες οι MLM κλάσεις δεσμεύονται από το εργαλείο MLMBaseInterface, το οποίο φανερώνει την διεπαφή της εκτέλεσης της MLM με χρήση του MLMMetaData. Οι MLMs εκτελούνται σε διαφορετικό κομμάτι η καθεμία και τα αποτελέσματα συνδυάζονται μετά το τέλος της εκτέλεσης όλων των σχετικών MLMs.

Το Smart CDSS αναπτύσσεται στο Microsoft Azure, το οποίο εκτελεί τις υπηρεσίες του συστήματος και υποστηρίζει υπηρεσίες WCF. Το Smart CDSS δοκιμάστηκε σε 100 άτομα. Οι 40 έπασχαν από διαβήτη τύπου 1, οι 20 από διαβήτη

τύπου 2 και στους υπόλοιπους 40 δεν είχε διαγνωστεί σακχαρώδης διαβήτης. Εκδόθηκαν 7 διαφορετικές MLMs, οι οποίες περιείχαν θεμελιώδεις κανόνες για την διάγνωση και την διαχείριση του χρόνιου διαβήτη. Το σύστημα ήταν απόλυτα επιτυχημένο στο κομμάτι της διάγνωσης, αφού διέγνωσε σωστά την ύπαρξη διαβήτη και στους 100 ασθενείς και παράλληλα, βάσει των ενδείξεων των αισθητήρων, παρήγαγε κάποιες βασικές προτάσεις αποθεραπείας.

#### 4.3.5 Σύνοψη

Το Smart CDSS σχεδιάστηκε για την εξαγωγή διαγνώσεων, συναγερμών, ειδοποιήσεων, προτάσεων και κατευθυντηρίων γραμμών αποθεραπείας στο σπίτι ασθενών που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις. Ανήκει στην κατηγορία των knowledge-based ΙΣΥΑ. Η Βάση Γνώσης του περιλαμβάνει πληροφορίες που προέρχονται από διάφορες πηγές, όπως τα δεδομένα από αισθητήρες και βιντεοκάμερες που είναι τοποθετημένες στο σπίτι του ασθενούς, η κλινική εμπειρία, Φάκελοι Ασθενών (EMR/EHR/PHR), δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης κ.α. Οι πληροφορίες αυτές κωδικοποιούνται με βάση το πρωτόκολλο HL7 vMR με την βοήθεια της Μηχανής Προσαρμοστικότητας του συστήματος και των προσαρμογών που αυτή περιέχει. Η Μηχανή Συμπερασμού του παράγει προτάσεις, ειδοποιήσεις ή κατευθυντήριες γραμμές δομημένες σε ενότητες MLM (Medical Logic Module), ανάλογα με την περίπτωση.

Το συγκεκριμένο ΙΣΥΑ χρησιμοποιεί τεχνολογία Cloud για την επικοινωνία με τον χρήστη και την ανταλλαγή πληροφοριών, μέσω της γλώσσας WSDL. Η τεχνολογία αυτή διαθέτει χαρακτηριστικά, τα οποία είναι χρήσιμα στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης. Διαθέτει εύχρηστες και πολύ λειτουργικές εφαρμογές που δεν απαιτούν ιδιαίτερες γνώσεις από τους χρήστες. Η πρόσβαση στα δεδομένα μπορεί να γίνει από οποιοδήποτε μέρος κι αν βρίσκεται ο χρήστης. Το κόστος χρήσης της εφαρμογής είναι εντυπωσιακά μικρότερο σε σχέση με μια τοπική εφαρμογή και δεν απαιτείται η αγορά εξειδικευμένου υλικού για την χρήση των εφαρμογών. Ακόμα, με την τεχνολογία cloud είναι διαθέσιμος όσος αποθηκευτικός χώρος είναι απαραίτητος. Ωστόσο, όσον αφορά την ασφάλεια των δεδομένων οι απόψεις που εκφράζονται είναι συγκρουόμενες.

## 4.4 KINOPTIM

Το 2013 ξεκίνησε μια διεθνής προσπάθεια υπό την αιγίδα και τον συντονισμό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την ανάπτυξη μια πλατφόρμας Τηλεαποκατάστασης για την πρόληψη των πτώσεων στους ηλικιωμένους. Η πλατφόρμα αυτή ονομάζεται KINOPTIM. Η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη.

Το ποσοστό των ηλικιωμένων του παγκόσμιου πληθυσμού αυξάνεται καθώς το προσδόκιμο ζωής μεγαλώνει. Σύμφωνα με τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ), ο αριθμός των ανθρώπων με ηλικία πάνω από 50 έτη το 2050 θα είναι αυξημένο κατά 35% σε σχέση με το 2005, ενώ ο αριθμός των ατόμων άνω των 85 ετών θα έχει τριπλασιαστεί [61]. Το γεγονός αυτό θα οδηγήσει σε σημαντική αύξηση του κόστους της Ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Οι πτώσεις αποτελούν ένα σημαντικό κεφάλαιο της Γηριατρικής. Ως πτώση ορίζεται το αναπάντεχο γεγονός κατά το οποίο ο μετέχων βρίσκεται ξαπλωμένος στο έδαφος, στο πάτωμα ή σε ένα χαμηλότερο επίπεδο. Οι πτώσεις είναι μία από τις κυριότερες αιτίες νοσηρότητας, θνητότητας και απώλειας της ποιότητας της ζωής στους ηλικιωμένους ασθενείς. Είναι πάντα δύσκολο να εκτιμηθεί το σύνολο των συνεπειών των πτώσεων, αλλά περιλαμβάνουν τόσο σωματικό, όσο και ψυχολογικό τραύμα [60]. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, περίπου το 28-35% των ανθρώπων άνω των 65 ετών εμφανίζουν μια πτώση ετησίως, και το ποσοστό αυξάνεται στο 32-42% για άτομα άνω των 70 [59]. Η πρόληψη των πτώσεων συμπεριλαμβάνεται σε πολλές πολιτικές Υγείας. Ωστόσο, παρά τις επενδύσεις, η μείωση των πτώσεων στους ηλικιωμένους είναι πολύ μικρή ακόμα. Το 78% των τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί για την σκοπό αυτό δεν εφαρμόζονται καθώς έχουν κριθεί ακατάλληλες, αφού δεν λαμβάνουν υπ' όψιν τα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά των ηλικιωμένων [61].

Τα τελευταία χρόνια, εφαρμόζονται ασκήσεις με την μορφή παιχνιδιών εικονικής πραγματικότητας, μέθοδος που μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική στην πρόληψη των πτώσεων με το να δώσουν στους ηλικιωμένους νέα κίνητρα να είναι πιο δραστήριοι και να εξασκούνται περισσότερο. Με τις ασκήσεις αυτές, αυτοματοποιούνται επαναλαμβανόμενες εργασίες, προκαλούνται κινήσεις με ή χωρίς εθελοντική μυϊκή συστολή και παρέχεται εξατομικευμένη βοήθεια με αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση και την καθυστέρηση της επίδρασης της γήρανσης στα άτομα. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, σχεδιάζεται η καινοτόμος πλατφόρμα KINOPTIM, που έχει ως στόχο την πρόληψη των πτώσεων και βασίζεται στην μέθοδο των 'σοβαρών βιντεοπαιχνιδιών' (serious games) και στην Τεχνολογία Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Information and Communication Technology-ICT). Η πλατφόρμα τοποθετείται στο σπίτι του ηλικιωμένου και δίνει την δυνατότητα μη παρεμβατικής τηλεπαρακολούθησης, προσδιορισμού του κινδύνου πτώσης και Αποκατάστασης βασισμένης σε ένα ψυχαγωγικό πρόγραμμα σωματικής εξάσκησης, προσαρμοσμένο στις ικανότητες και στα χαρακτηριστικά του ηλικιωμένου. Οι ειδικοί μπορούν να παρακολουθούν τις επιδόσεις των ηλικιωμένων όταν αυτοί ασκούνται και να

προσαρμόζουν κατάλληλα το πρόγραμμα ανάλογα με την φυσική τους κατάσταση [59,61].

#### 4.4.1 Στόχοι της έρευνας

Κάθε άνθρωπος και η οικογένειά του θα πρέπει να είναι προετοιμασμένοι για τον ερχομό της Τρίτης Ηλικίας και να προσπαθήσουν να εφαρμόσουν στην καθημερινότητά τους βέλτιστες πρακτικές Υγείας. Οι στόχοι του KINOPTIM για μια ολιστική προσέγγιση στην διαχείριση της πρόληψης των πτώσεων είναι οι εξής [59]:

- Βελτίωση της ποιότητας ζωής των ηλικιωμένων
- Υποστήριξη διαρκούς ανεξαρτησίας με την παροχή Αποκατάστασης και υποστήριξης των οικογενειών τους
- Υποστήριξη τηλεπικοινωνιών, είτε μέσω του τηλεφώνου είτε μέσω του διαδικτύου, ανάμεσα στην οικογένεια και στους ειδικούς
- Μετάδοση πληροφοριών και κατευθυντηρίων γραμμών για την σωματική άσκηση των ηλικιωμένων
- Παροχή κατανοητών, ευχάριστων και οικονομικά προσιτών ευκαιριών στον ηλικιωμένο για να είναι σωματικά δραστήριοι
- Πληροφόρηση και εκπαίδευση των ηλικιωμένων και των ειδικών επαγγελματιών της Υγείας για την σημασία του να μένει κανείς δραστήριος καθώς μεγαλώνει
- Διασφάλιση ποιοτικής και οικονομικά προσιτής περίθαλψης για όλους
- Μελέτη των απόψεων και των προτιμήσεων των ηλικιωμένων
- Εκπαίδευση των οικείων των ηλικιωμένων για την σωστή περίθαλψη τους
- Μείωση των κινδύνων κοινωνικής απομόνωσης

#### 4.4.2 Δομή KINOPTIM

Η πλατφόρμα KINOPTIM αποτελείται από 3 κύρια συστήματα:

- Σύστημα τηλεπαρακολούθησης (Tele-monitoring system-TM)
- Σύστημα Αποκατάστασης και Παιχνιδιού (Rehabilitation and Gaming system – RG)
- Σύστημα Ιατρικής Επαγγελματικής Ευφυΐας (Medical Business Intelligence system – MBI)

##### *Μονάδα Τηλεπαρακολούθησης*

Το σύστημα TM διαχωρίζεται σε 3 επίπεδα [61]:

- i. Το 1<sup>ο</sup> επίπεδο αποτελείται από ένα σύστημα αναγνώρισης δραστηριότητας εγκαταστημένο στο φυσικό περιβάλλον του ηλικιωμένου, το οποίο συνδέεται με ένα μικροσύστημα υποστήριξης δικτυακών

επικοινωνιών. Σε αυτό το επίπεδο, πραγματοποιείται μια πρώτη επεξεργασία εικόνας και δεδομένων. Το σύστημα έχει δημιουργηθεί με σεβασμό στην ιδιωτικότητα των προσωπικών δεδομένων. Δεν καταγράφεται κανένα βίντεο της δραστηριότητας του ηλικιωμένου, μόνο επεξεργασμένες εικόνες. Τα βιομηχανικά δεδομένα τελικά στέλνονται στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο.

- ii. Το 2<sup>ο</sup> επίπεδο αφορά την πρόληψη και την διάγνωση του κινδύνου πτώσης του ηλικιωμένου. Το σύστημα MBI λαμβάνει τυποποιημένα δεδομένα και ανάλογα οι Φυσίατροι σχεδιάζουν το πρόγραμμα Αποκατάστασης ή συνεχίζουν με το ήδη υπάρχον
- iii. Το 3<sup>ο</sup> επίπεδο αφορά τις υπηρεσίες φροντίδας του ηλικιωμένου. Ο ίδιος, η οικογένειά του και οι παρακολουθούντες Ιατροί επικοινωνούν και μοιράζονται πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της υγείας του και το κατάλληλο πλάνο Αποκατάστασης που διαθέτει το KINOPTIM, το οποίο πρέπει να εφαρμοσθεί.

#### *Μονάδα Αποκατάστασης και Παιχνιδιού [59]*

Το σύστημα RG παρέχει εξατομικευμένο πρόγραμμα Αποκατάστασης και εξάσκησης (αντοχή, κινητικότητα, δύναμη, γνώση, ισορροπία ή βάδισμα) σύμφωνα με τις κινητικές ικανότητες των ηλικιωμένων, και βασισμένο στην εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality-VR). Τοποθετούνται ασύρματοι οπτικοί αισθητήρες και επιταχυνσιόμετρα για την ανίχνευση των στιγμιαίων στάσεων και την αξιολόγηση της κινητικότητας του ηλικιωμένου. Τα δεδομένα από τα όργανα αυτά είναι τα δεδομένα εισόδου στο παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας.

Στην συνέχεια οι επιλεγμένες ασκήσεις αναλύονται σε στατικές πόζες του σώματος. Κάθε άσκηση περιλαμβάνει μια σειρά από στάσεις σώματος που πρέπει ο χρήστης να εφαρμόσει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η απόδοση του χρήστη στο παιχνίδι εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία επιτυγχάνει τις στάσεις αυτές και ο ηλικιωμένος βαθμολογείται με τον ανάλογο αριθμό αστεριών.

Οι ηλικιωμένοι λαμβάνουν αυτόματα και σε πραγματικό χρόνο οδηγίες για την κίνησή τους, παρακολούθηση και έλεγχο της δραστηριότητάς τους από το σύστημα. Στην οθόνη του KINOPTIM εμφανίζεται μια γραφική απεικόνιση του ηλικιωμένου, η οποία παρουσιάζει την κίνηση του ηλικιωμένου και τις επιθυμητές στάσεις του σώματος τις οποίες πρέπει να πάρει. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να δει στην οθόνη τι πρέπει να κάνει και κινείται ανάλογα. Επίσης είναι διαθέσιμη και η επικοινωνία με τον παρακολουθούντα Ιατρό για περαιτέρω βοήθεια.

Το KINOPTIM χρησιμοποιεί βιντεοπαιχνίδια για την Αποκατάσταση του ασθενούς, των οποίων οι μηχανισμοί συσχετίζουν την απόδοση των χρηστών με την κίνησή τους κατά την διάρκεια των ασκήσεων, ώστε καθοριστούν οι επόμενοι στόχοι, ακριβώς όπως και στα κανονικά βιντεοπαιχνίδια. Η προσέγγιση αυτή έχει εντελώς διαφορετικά αποτελέσματα από ένα κλασσικό πρόγραμμα Αποκατάστασης, κι έτσι οι χρήστες δείχνουν μεγαλύτερη προσήλωση, και οι πιθανότητες πτώσης τους μειώνονται.



Το σύστημα MBI περιλαμβάνει ένα σύνολο υπηρεσιών που βοηθούν του ειδικού Ιατρού να αποφασίσουν για τον σχεδιασμό του προγράμματος Αποκατάστασης των ηλικιωμένων. Οι υπηρεσίες αυτές είναι οι εξής:

- Μία διαδικτυακή πύλη και μία γραφική διεπαφή χρήστη (Graphical User Interface – GUI), οι οποίες επιτρέπουν την πρόσβαση στις υπηρεσίες του KINOPTIM στους διάφορους χρήστες
- Την αποθήκη δεδομένων του KINOPTIM, όπου αποθηκεύονται τα δεδομένα σχετικά με το πρόγραμμα Αποκατάστασης, προσωπικές πληροφορίες και οι ρόλοι του κάθε χρήστη του συστήματος. Τα δεδομένα παράγονται κατά την διάρκεια των ασκήσεων.
- Ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων, το οποίο περιέχει αλγόριθμους, οι οποίοι βοηθούν τους ειδικούς Ιατρούς να σχεδιάσουν το πλάνο Αποκατάστασης. Επίσης, περιέχει κανόνες, οι οποίοι θέτουν σε λειτουργία συναγερμούς, οι οποίοι ειδοποιούν του Ιατρούς όταν παραστεί ανάγκη.
- Ένα εργαλείο σχεδίασης παιχνιδιών Αποκατάστασης σε ένα ευκολονόητο και φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον με την μέθοδο drag-and-drop.

Η διαδικτυακή πύλη του KINOPTIM παρέχει πρόσβαση στις υπηρεσίες του και στην βάση δεδομένων. Οι χρήστες του συστήματος χωρίζονται στους ηλικιωμένους, στους ειδικούς Ιατρούς (Φυσίατροι, Φυσικοθεραπευτές, Ορθοπεδικοί κλπ.), τους φροντιστές του ηλικιωμένου και τον διαχειριστή του συστήματος. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει σε ποιές υπηρεσίες έχει πρόσβαση η κάθε κατηγορία χρηστών.

	Elderly	Carer	Medical Expert	Admin
MBI database: personal record	+		+	
MBI database: Game session data (sensors,scoring)			+	
MBI database: Game schedule	+	+	+	
DSS fall risk classification			+	
Game design			+	+
Diary Communications e-learning	+	+	+	

**Πίνακας 9:** Πρόσβαση χρηστών στις υπηρεσίες της πλατφόρμας [62]

Στην βάση δεδομένων του KINOPTIM αποθηκεύονται πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα και με τον τρόπο που σχετίζονται μεταξύ τους. Αποτελείται από πίνακες, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται σε 3 κατηγορίες βάσει του περιεχομένου τους:

- Πίνακες για τους Χρήστες: αποθηκεύουν δεδομένα από τους προσωπικούς φακέλους των ηλικιωμένων, τους ρόλους του κάθε χρήστη και τις υπηρεσίες για τις οποίες ο κάθε χρήστης έχει άδεια πρόσβασης. Οι πληροφορίες για τους ηλικιωμένους αποτελούν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα και γι' αυτό πρόσβαση σε αυτά έχουν μόνο οι ειδικοί Ιατροί.
- Πίνακες Ρυθμίσεων του Παιχνιδιού: Εδώ αποθηκεύονται δεδομένα σχετικά με τον σχεδιασμό της Αποκατάστασης. Οι ειδικοί Ιατροί χρησιμοποιούν τα δεδομένα αυτά για να προγραμματίσουν και να ανανεώσουν το πλάνο της Αποκατάστασης. Πρόσβαση σε αυτούς τους πίνακες μπορούν να έχουν οι ειδικοί Ιατροί και ο διαχειριστής του συστήματος
- Πίνακες συνεδριών: Στους πίνακες αυτούς ανήκουν όλα τα δεδομένα που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των ασκήσεων, συμπεριλαμβανομένου των δεδομένων από τους αισθητήρες και της επίδοσης των ηλικιωμένων στο παιχνίδι.

Οι παραπάνω πίνακες δεδομένων σχετίζονται μεταξύ τους και όλοι μαζί αποτελούν την βάση δεδομένων του KINOPTIM.

Το ΣΥΑ του KINOPTIM θα βοηθά τους Ιατρούς στον σχεδιασμό του αποτελεσματικότερου προγράμματος Αποκατάστασης για ηλικιωμένους με μεγάλες πιθανότητες πτώσεων. Το ΣΥΑ θα δημιουργηθεί με χρήση του συνδυασμού των τεχνικών κατηγοριοποίησης των ΤΝΔ, ΔΑ, Διανυσμάτων Υποστήριξης Μηχανής, όπως και των Μπεϋζιανών Δικτύων. Ως μεταβλητές εισόδου θα λαμβάνονται οι επιδόσεις του ηλικιωμένου σε προηγούμενα παιχνίδια και ο Δείκτης Κινδύνου Πτώσης (Fall Risk Indicator – FRI), ο οποίος προκύπτει από το σύστημα Τηλεπαρακολούθησης. Το ΣΥΑ θα συμβουλεύει τον Φυσίατρο όποτε αυτός το έχει ανάγκη και επίσης, θα παρέχει αυτόματα την κατάλληλη καθοδήγηση κάθε φορά που ο Φυσίατρος θα σχεδιάζει μια καινούρια συνεδρία Αποκατάστασης [62].

Το εργαλείο σχεδίασης παιχνιδιών Αποκατάστασης θα επιτρέπει στους Ιατρούς να σχεδιάσουν εξατομικευμένα για τον κάθε ηλικιωμένο παιχνίδι Αποκατάστασης. Οι Φυσίατροι θα μπορούν να συνδυάζουν διάφορες κατηγορίες ασκήσεων και να δημιουργούν μια σειρά από παιχνίδια, ώστε να σχηματιστεί το ολικό πρόγραμμα Αποκατάστασης του ηλικιωμένου.

#### 4.4.3 Σύνοψη

Το KINOPTIM είναι, λοιπόν, ένα σύστημα Τηλεαποκατάστασης, του οποίου ο σκοπός είναι η πρόληψη της πτώσης των ηλικιωμένων, αλλά και ο σχεδιασμός προγράμματος Αποκατάστασης για να ακολουθήσει ο ηλικιωμένος από το σπίτι του. Βασίζεται στην μέθοδο των 'σοβαρών βιντεοπαιχνιδιών' (serious games), γεγονός που το καθιστά ελκυστικό στους χρήστες και δίνει με αυτόν τον τρόπο επιπλέον κίνητρο στους ηλικιωμένους να παραμείνουν δραστήριοι, παρά την ηλικία τους, και να εξασκηθούν. Επιπλέον, στηρίζει τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνίας, ώστε οι θεράποντες ιατροί να παρακολουθούν την εξέλιξη της φυσικής του κατάστασης και να παρεμβαίνουν κάνοντας μετατροπές στο πρόγραμμα Αποκατάστασης ανάλογα με τις επιδόσεις των ηλικιωμένων.

Το KINOPTIM αποτελείται από 3 υποσυστήματα: το υποσύστημα Τηλεπαρακολούθησης, το υποσύστημα Αποκατάστασης και Παιχνιδιού και το Σύστημα Ιατρικής Επαγγελματικής Ευφυΐας. Η μονάδα Τηλεπαρακολούθησης περιλαμβάνει οπτικούς αισθητήρες και επιταχυνσιόμετρα για την καταγραφή των δεδομένων κατά την εξάσκηση του ηλικιωμένου, τα οποία και μεταφέρει μέσω του διαδικτύου στη μονάδα MBI. Τα δεδομένα συλλέγονται από υπολογιστή, που είναι τοποθετημένος στο σπίτι του ηλικιωμένου. Η μονάδα RG παρέχει διασκεδαστικά, προσαρμοσμένα στις ανάγκες του κάθε ασθενούς, προγράμματα Αποκατάστασης με την μορφή Εικονικής Πραγματικότητας. Η μονάδα MBI διαθέτει μια διαδικτυακή πύλη και μία GUI για την πρόσβαση στις υπηρεσίες του KINOPTIM, την βάση δεδομένων του KINOPTIM, ένα εργαλείο για τον σχεδιασμό των προγραμμάτων Αποκατάστασης, αλλά και ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων.

Το ΣΥΑ του KINOPTIM έχει ως στόχο την ταξινόμηση των ηλικιωμένων με βάση έναν Δείκτη Κινδύνου Πτώσης, την παροχή βοήθειας στους ειδικούς Ιατρούς για τον σχεδιασμό των προγραμμάτων Αποκατάστασης. Το ΣΥΑ θα επεμβαίνει όποτε το θελήσει ο Φυσίατρος και κάθε φορά που αυτός θα σχεδιάζει ένα καινούριο πλάνο Αποκατάστασης. Για την δημιουργία του ΣΥΑ θα εφαρμοστεί ένας συνδυασμός τεχνικών κατηγοριοποίησης (ΤΝΔ, ΔΑ, Μπεϋσιανά Δίκτυα, Διανύσματα Υποστήριξης Μηχανής).

Η πλατφόρμα KINOPTIM δεν είναι ακόμα ολοκληρωμένη, καθώς η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη. Η αξιολόγηση της πλατφόρμας είναι προγραμματισμένη να πραγματοποιηθεί την άνοιξη του 2016, ενώ η ανάπτυξή της το καλοκαίρι του 2016. Τον Φλεβάρη του 2017 θα ξεκινήσει και η πιλοτική του εφαρμογή.

Οι υπεύθυνοι του πρότζεκτ KINOPTIM έχουν ως στόχο την δημιουργία μιας καινοτόμου μεθόδου υποστήριξης των ηλικιωμένων στην καθημερινότητάς τους και βελτίωσης της ποιότητας ζωής τους. Η αυτονομία τους και η βελτίωση των υπηρεσιών παροχής φροντίδας θα είναι οι μεγάλοι στόχοι του KINOPTIM. Συγκριτικά με τις παρούσες μεθοδολογίες πρόληψης της πτώσης των ηλικιωμένων, το KINOPTIM θα παρουσιάσει νέες διαδικασίες:

- Ολιστική διαχείριση της πρόληψης των πτώσεων, αφού το KINOPTIM επικεντρώνεται στα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά των ηλικιωμένων και στις επιδόσεις τους στα παιχνίδια
- Διασκεδαστική σωματική εξάσκηση με την πλατφόρμα σοβαρού βιντεοπαιχνιδιού του KINOPTIM, η οποία θα ωθήσει τους ηλικιωμένους να εξασκούνται και να προσπαθούν περισσότερο, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο μιας πτώσης
- Παροχή διακριτικής και μη ενοχλητικής φροντίδας και καλύτερα αποτελέσματα στην βελτίωση της φυσικής κατάστασης του ασθενούς και στην μείωση της πιθανότητας πτώσεων
- Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της Αποκατάστασης με την συνεργασία μεταξύ των ηλικιωμένων, του οικογενειακού περιβάλλοντός τους και των εξειδικευμένων Ιατρών
- Βελτίωση της ποιότητας ζωής και της ψυχολογίας των ηλικιωμένων και μείωση των κινδύνων κοινωνικής απομόνωσης.

## 4.5 Πλατφόρμα PREVIRNEC και εφαρμογή ενός ΙΣΥΑ για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων Γνωστικής Αποκατάστασης για ασθενείς με ABI

Το 2011 ολοκληρώθηκε η δημιουργία της πλατφόρμας PREVIRNEC [63] από τους J. Solana, C. Caceres Taladriz, E.J. Gomez Aguilera, S. Ferrer Celma, M. Ferre Bergada, P. Garcia Lopez, A. Garcia Molina, A. Gracia Rudolph, T. Roig Rovira J.M. Tormos Munoz και υπό την αιγίδα του Technical University of Madrid, του Rovira i Virgili University of Taragona και του Institute Guttmann of Badalona. Η πλατφόρμα PREVIRNEC έχει ως στόχο την παροχή υπηρεσιών Τηλεαποκατάστασης σε ασθενείς που πάσχουν από Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα (Acquired Brain Injury-ABI)

### 4.5.1 Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τα Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα ορίζονται ως εγκεφαλικές ζημιές, οι οποίες εμφανίζονται αναπάντεχα στην ζωή των ανθρώπων και δεν σχετίζονται με συγγενείς ή εκφυλιστικές ασθένειες. Οι αναπηρίες αυτές μπορεί να είναι προσωρινές ή μόνιμες και προκαλούν μερική ή λειτουργική ανικανότητα ή ψυχοκοινωνική δυσπροσαρμοστικότητα[65]. Τα εγκεφαλικά επεισόδια και οι τραυματικές εγκεφαλικές βλάβες είναι οι κύριες αιτίες επίκτητων εγκεφαλικών τραυμάτων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, το 2005 τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια ήταν η 2<sup>η</sup> παγκοσμίως αιτία θανάτου και η 8<sup>η</sup> κατά σειρά αιτία σοβαρών αναπηριών στους ηλικιωμένους. Οι συνέπειες ενός ABI μπορεί να είναι κινητικές ή διανοητικές δυσκολίες, διαταραχές στην συμπεριφορά του ασθενούς, διαταράξεις της καθημερινότητάς του σε προσωπικό, επαγγελματικό, αλλά και κοινωνικό επίπεδο. Οι πιο σημαντικές συνέπειες, πάντως, ενός ABI είναι αυτές που σχετίζονται με την συγκέντρωση, την μείωση της μνημονικής ικανότητας, της ικανότητας μάθησης και επίλυσης προβλημάτων, τα προβλήματα στην επικοινωνία και επίσης την έλλειψη συνείδησης των ορίων του ασθενούς. Η γνωστική Αποκατάσταση, ως μέρος της νευροψυχολογικής Αποκατάστασης, έχει οριστεί ως η εφαρμογή τεχνικών και διαδικασιών και η παροχή βοήθειας στους ασθενείς με νοητικές ανικανότητες ώστε να λειτουργούν στο περιβάλλον τους όσο το δυνατόν ασφαλέστερα, πιο παραγωγικά και με μεγαλύτερη ανεξαρτησία. Πρέπει να σχεδιάζεται λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά από νευρολειτουργικές ικανότητες και αδυναμίες. Βασικές ικανότητες πρέπει να ενδυναμωθούν πριν προχωρήσει ο θεραπευτής σε πιο περίπλοκες[66]

#### 4.5.2 Μοντελοποίηση του συστήματος

Για την μοντελοποίηση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η Unified Modeling Language (UML) για να περιγράψει την συμπεριφορά του συστήματος με την βοήθεια διαγραμμάτων περίπτωσης χρήσης και διαγραμμάτων ακολουθίας. Για τον καθορισμό και την επίτευξη των στόχων ακολουθήθηκε μια λεπτομερής διαδικασία, η οποία περιλάμβανε συνεντεύξεις και συναντήσεις με νευροψυχολόγους του Institute Guttmann.

Οι χρήστες του συστήματος ταξινομήθηκαν σε 4 κατηγορίες:

1. **Ασθενείς:** Άνδρες και γυναίκες οποιασδήποτε ηλικίας με προβλήματα σε μία ή περισσότερες νοητικές λειτουργίες, ως συνέπεια Επίκτητου Εγκεφαλικού Τραύματος. Εδώ εμφανίζεται ο δευτερεύων ρόλος του *φροντιστή*, ο οποίος θα βοηθά τον ασθενή να χρησιμοποιεί το σύστημα όποτε είναι απαραίτητο
2. **Θεραπευτής:** Ένας νευροψυχολόγος ειδικευμένος στη γνωστική Αποκατάσταση ασθενών με ABI, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την θεραπεία, τον σχεδιασμό της και την παρακολούθησή της
3. **Επιτηρητής:** Ένα άτομο υπεύθυνο για την διαχείριση των χρηστών σε κάθε Ιατρικό κέντρο.
4. **Διαχειριστής:** Εκτός των κλασικών εργασιών διαχείρισης για κάθε πληροφορικό σύστημα, είναι επίσης υπεύθυνος για την διαχείριση των κατηγοριών, των λειτουργιών και των εργασιών που ορίζονται από το σύστημα, το περιεχόμενο των οποίων ο Θεραπευτής χρησιμοποιεί για τον σχεδιασμό των συνεδριών Αποκατάστασης.

#### 4.5.3 Η Πλατφόρμα Γνωστικής Τηλεαποκατάστασης PREVIRNEC

Η πλατφόρμα PREVIRNEC σχεδιάστηκε με μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε τεχνολογίες ιστού. Αποτελεί ένα εργαλείο βελτίωσης της γνωστικής Αποκατάστασης, ενδυνάμωσης της σχέσης του ασθενούς με τον Νευροψυχολόγο του, εξατομίκευσης της θεραπείας και παρακολούθηση της απόδοσης των ασθενών και των αποτελεσμάτων τους. Η αρχιτεκτονική της PREVIRNEC αποτελείται από 5 κύριες ενότητες, οι οποίες ομαδοποιούν σχετικές λειτουργίες οριζόντια στην διεπαφή του χρήστη, η οποία με την σειρά της είναι διαφορετική για την κάθε κατηγορία χρηστών. Η διεπαφή είναι διαθέσιμη στα Καταλανικά, στα Ισπανικά και στα Αγγλικά, αλλά μπορεί να υποστηρίξει και άλλες γλώσσες. Το σύστημα διαθέτει και μία ενότητα βοήθειας, η οποία καθοδηγεί τον χρήστη να ολοκληρώσει μια ενέργεια. Η ενότητα ασφαλείας είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των προσβάσεων στο σύστημα, συμπεριλαμβανομένου και των σχετικών με τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας του ασθενούς. Οι διάφορες ενότητες περιγράφονται παρακάτω:

- *Ενότητα Τηλεπικοινωνίας:* Το κύριο στοιχείο της ενότητας είναι η τηλεδιάσκεψη, η οποία επιτρέπει στους χρήστες να επικοινωνούν μεταξύ τους με εικόνα, ήχο και ομιλία. Έτσι, ο ασθενής, παρόλο που βρίσκεται στο σπίτι του, αισθάνεται πιο κοντά στην ομάδα Θεραπείας του. Επίσης, η ενότητα διαθέτει και υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, αλλά και υπηρεσία υπενθυμίσεων, ώστε οι χρήστες να ειδοποιούνται όταν πρέπει να διεκπεραιώσουν μια εργασία.
- *Ενότητα Διαχείρισης Πληροφοριών:* Ομαδοποιεί τις λειτουργίες που είναι σχετικές με την παραγωγή και την έκδοση πληροφοριών από τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας του ασθενούς. Ελέγχει, ακόμα, τις αναθέσεις θεραπειών στους ασθενείς και προσδιορίζει ποιες εργασίες θα διεκπεραιώσει ο ασθενής μια συγκεκριμένη μέρα. Τα αποτελέσματα αυτών των εργασιών αποθηκεύονται στο σύστημα, ώστε οι Θεραπευτές να έχουν πρόσβαση σε αυτά και να παρακολουθούν την εξέλιξη της κατάστασης του ασθενούς.
- *Μονάδα Παρακολούθησης:* Οποιαδήποτε ενέργεια γίνεται αποθηκεύεται στην βάση δεδομένων και σε ένα αρχείο log, ώστε ο διαχειριστής να μπορεί να την εντοπίζει. Ακόμα, ο Ιατρός μπορεί να παρακολουθεί τις εργασίες και να τις αναπαράγει όποτε θελήσει και να έχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των επιδόσεων των ασθενών
- *Μονάδα Ανάλυσης Δεδομένων:* Στόχος της είναι η εξόρυξη όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών από το σύστημα. Για τον σκοπό αυτό, η ενότητα διαθέτει εργαλείο για το φιλτράρισμα, την ανάλυση και την εξόρυξη της απαραίτητης, για την λήψη της απόφασης των νευροψυχολόγων, γνώσης από τα συλλεγμένα δεδομένα. Με την ανάλυση ενός συνόλου δεδομένων, είναι δυνατή η ανάθεση του κάθε ασθενούς σε μια συγκεκριμένη κατηγορία με την εφαρμογή τεχνικών ομαδοποίησης. Κάθε κατηγορία ασθενών περιλαμβάνει ασθενείς με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.
- *Ενότητα Διεύθυνσης:* Η ενότητα αυτή διαθέτει τις λιγότερες λειτουργίες, οι οποίες, όμως, είναι πολύ σημαντικές, όπως η διαχείριση των χρηστών και των κατηγοριών των ασθενών, και η παρακολούθηση του συστήματος.

#### 4.5.4 Τεχνολογίες

Η κύρια αρχιτεκτονική της πλατφόρμας βασίζεται στην επικοινωνία client-server με χρήση του πρωτοκόλλου HTTP και του κώδικα XML-RPC. Στην φάση της ανάπτυξης ακολουθήθηκε μοτίβο model-view-controller (MVC), ώστε να διαχωρίζονται τα δεδομένα επεξεργασίας από την λογική της πρόσβασης. Η διαδικτυακή εφαρμογή απαιτεί την εγκατάσταση της Java και τρέχει μέσω του server Apache Tomcat 6.X. Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται είναι οι MySQL Server 5.X και MySQL Java Connector 5.X (JDBC). Ωστόσο, χάρη στο MVC, η πλατφόρμα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει και άλλα μοντέλα βάσεων δεδομένων.

Σχετικά με τις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν, όλο το περιβάλλον είναι μία Java 2 Platform (J2EE, Enterprise Edition) με την χρήση JavaScript και AJAX (SACK Library) για την δυναμική αλλαγή των δεδομένων που παρουσιάζονται στις σελίδες HTML, και την αποφυγή της ανανέωσης της σελίδας κάθε φορά που ένας χρήστης θέλει να παρουσιάσει ή να επεξεργαστεί το περιεχόμενό της.

Για την τηλεδιάσκεψη χρησιμοποιείται το λογισμικό OpenMeetings, το οποίο χρησιμοποιεί έναν red5 server για την μετάδοση ήχου και εικόνας. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Weka. Το Weka είναι μια συλλογή από αλγόριθμους μηχανικής εκμάθησης για την εξόρυξη δεδομένων. Χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση των ασθενών, ώστε οι Ιατροί να τους αναθέσουν τις κατάλληλες εργασίες.

## *Το ΙΣΥΑ*

Το 2012 δημιουργήθηκε από τους A. Marcano-Cedeno, Paloma Chausa, Alejandro Garcia, Cesar Caceres, Josep M. Tormos και Enrique J Gomez ένα ΙΣΥΑ [64] για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων γνωστικής Αποκατάστασης ασθενών με ΑΒΙ. Σχεδιάστηκαν 3 μοντέλα πρόβλεψης και εξόρυξης πληροφοριών για την αξιολόγηση και την βελτίωση της αποτελεσματικότητας προγραμμάτων γνωστικής Αποκατάστασης. Για τον σχεδιασμό του ΙΣΥΑ χρησιμοποιήθηκαν Δέντρα Αποφάσεων (ΔΑ), MLPs και Γενικευμένα Νευρωνικά Δίκτυα Παλινδρόμησης (GRNNs) . Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 αναδιπλώσεις για την αξιολόγηση των μοντέλων και δεδομένα από την πλατφόρμα PREVIRNEC.

### 4.5.5 Αλγόριθμος

Για τον σχεδιασμό του ΙΣΥΑ, δημιουργήθηκαν 3 μοντέλα, τα οποία αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν. Για το μοντέλο με τα ΔΑ, και ύστερα από δοκιμές, προτιμήθηκε ο αλγόριθμος J48. Ο αλγόριθμος J48, ουσιαστικά είναι η εφαρμογή του αλγορίθμου C4.5, που περιλαμβάνεται στην εργαλειοθήκη Weka. Για την ρύθμιση του αλγορίθμου, ώστε να οπτικοποιηθεί η απόδοσή του, μεταβάλλονται κάθε φορά ο συντελεστής εμπιστοσύνης, ο οποίος χρησιμοποιείται από τον αλγόριθμο για το κλάδεμα των αναπτυσσόμενων δέντρων. Για την εκπαίδευση του μοντέλου με τα MLPs, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Πίσω Διάδοσης (backpropagation), που υποστηρίζεται από τον αλγόριθμο Levenberg – Marquardt. Επίσης, δοκιμάστηκαν διαφορετικές παράμετροι του κρυφού στρώματος, με σκοπό την εύρεση της καλύτερης δομής δικτύου για το MLP. Τέλος, για το μοντέλο με τα GRNNs, δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές διασποράς (spreads), για να βρεθεί η καταλληλότερη. Για ένα GRNN δεν είναι απαραίτητη μια επαναληπτική μέθοδος εκπαίδευσης όπως στην τεχνική του Backpropagation.

#### 4.5.6 Δεδομένα εισόδου

Δεν υπάρχουν πρότυπα κατηγοριοποίησης των νοητικών λειτουργιών. Το Institute Guttmann τα ταξινομεί ως εξής: προσοχή, μνήμη και εκτελεστική λειτουργία. Αρχικά, όπως έχουμε ήδη δει, ο νευροψυχολόγος διενεργεί μια πρώτη εκτίμηση των λειτουργιών αυτών και προσδιορίζει πόσο έχουν επηρεαστεί από το ABI με την βοήθεια τυποποιημένων τεστ. Όλες οι εκτιμήσεις των νευροψυχολόγων για τα διάφορα διανοητικά χαρακτηριστικά των ασθενών κανονικοποιούνται σε μία κλίμακα από 0 ως 4:

- 0: αντιστοιχεί σε μηδενικά επίδραση του ABI στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό
- 1: ήπια επίδραση
- 2: μέτρια επίδραση
- 3: σοβαρή επίδραση
- 4: οξεία επίδραση

Η αρχική εκτίμηση της κατάστασης των ασθενών από τους νευροψυχολόγους, επιτρέπει στους ειδικούς επαγγελματίες του Institute Guttmann να σχεδιάσουν εξατομικευμένο πρόγραμμα Αποκατάστασης, διάρκεια 3 έως 5 μηνών με την πλατφόρμα PREVIRNEC. Μετά το τέλος των προγραμμάτων, οι νευροψυχολόγοι πραγματοποιούν εκ νέου εκτίμηση των διανοητικών χαρακτηριστικών των ασθενών με τα ίδια τεστ. Οι διαφορές στα αποτελέσματα των τεστ, προσδιορίζουν την αλλαγή της νοητικής κατάστασης των ασθενών μετά από την Αποκατάσταση. Οι αλλαγές αυτές ταξινομούνται ως εξής: βελτίωση, καμία βελτίωση, καμία σημαντική βελτίωση, επαναφορά στην φυσιολογικά κατάσταση.

Για τις ανάγκες της έρευνας, συμμετείχαν 250 ασθενείς (185 άνδρες, 65 γυναίκες) με μέτριο και σοβαρό επίπεδο ABI, οι οποίοι ακολούθησαν πρόγραμμα Αποκατάστασης σχεδιασμένο με την πλατφόρμα PREVIRNEC, το οποίο αποτελείται από επιμέρους εργασίες. Κάθε εργασία σχετίζεται με μία νοητική υπολειτουργία. Οι ερευνητές αναζήτησαν αποδείξεις της ικανότητας πρόβλεψης του ΙΣΥΑ στην επιλογή των εργασιών για την σύνθεση του προγράμματος Αποκατάστασης. Ασχολήθηκαν μόνο με την λειτουργία της μνήμης, και γι' αυτό από τα 27 τεστ που χρησιμοποιούν οι νευροψυχολόγοι, επιλέχθηκαν τα 6 που αφορούν την μνήμη. Ο συνολικός αριθμός των εργασιών που συμπεριλήφθηκαν στα προγράμματα Αποκατάστασης ήταν 10191. Οι ασθενείς που έλαβαν μέρος στην έρευνα ήταν από 18 έως 68 ετών με μέση ηλικία τα 36,65 έτη. Εκτός από τα δεδομένα της αξιολόγησης της νοητικής κατάστασης των ασθενών, χρησιμοποιήθηκαν και δημογραφικά δεδομένα, όπως η ηλικία και το μορφωτικό επίπεδο, που έχουν άμεσα σχέση με τη νοητική ικανότητα των ασθενών. Χρησιμοποιήθηκαν, λοιπόν, για την είσοδο του ΙΣΥΑ τα ακόλουθα δεδομένα:

#### **Δημογραφικά Δεδομένα**

Ηλικιακές ομάδες: Κάθε συμμετέχων ασθενής ταξινομήθηκε σε 1 από τις 3 ηλικιακές ομάδες: 1) Ομάδα 1 : 17 – 30, 2) Ομάδα 2: 31 – 55, 3) Ομάδα 3: πάνω από 56 ετών. Το χαρακτηριστικό αυτό στο σύστημα έχει την κωδική ονομασία 'AGE'.

Μορφωτικό επίπεδο: Κάθε συμμετέχων ταξινομήθηκε σε 1 από 3 κατηγορίες: 1) Ομάδα 1: Απόφοιτος Δημοτικού, 2) Ομάδα 2: Απόφοιτος Λυκείου, 3) Ομάδα 3:



Απόφοιτος Πανεπιστημίου. Το χαρακτηριστικό αυτό στο σύστημα έχει την κωδική ονομασία 'EDU-LEVEL'.

### **Νευροψυχολογικά Δεδομένα**

Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III): Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιείται στη νευροψυχολογική εκτίμηση για την μέτρηση της ευφυΐας των εφήβων και των ενηλίκων. Τα αποτελέσματα του τεστ κανονικοποιούνται σε κλίμακα από 0 ως 4, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

The Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT): Το τεστ αυτό χρησιμοποιείται ευρέως στη νευροψυχολογική εκτίμηση για την αξιολόγηση της ικανότητας της λεκτικής μάθησης του ασθενούς και της μνήμης του. Τα αποτελέσματα του τεστ κανονικοποιούνται σε κλίμακα από 0 ως 4, όπως περιγράφηκε παραπάνω.

### **Δεδομένα από την Εκτέλεση των Εργασιών**

Αποτελέσματα: Είναι ουσιαστικά η βαθμολόγηση των απαντήσεων των ασθενών στις εργασίες σε κλίμακα από 0 έως 100. Το χαρακτηριστικό αυτό στο σύστημα έχει την κωδική ονομασία 'RESULT'.

Βελτίωση: Είναι η διαφορά μεταξύ των εκτιμήσεων της νοητικής κατάστασης του ασθενούς κατά την αξιολόγησή τους πριν την έναρξη της Αποκατάστασης και μετά από αυτήν. Οι 4 πιθανές τιμές είναι: βελτίωση, καμία βελτίωση, καμία σημαντική βελτίωση, επαναφορά στην φυσιολογικά κατάσταση. Το χαρακτηριστικό αυτό στο σύστημα έχει την κωδική ονομασία 'IMPROVEMENT'.

Το σύνολο δεδομένων για την εκπαίδευση και τη δοκιμή του μοντέλου αποτελείται από 10191 δείγματα από τις εργασίες, που σχετίζονται με τη λειτουργία της μνήμης, από την βάση δεδομένων της πλατφόρμας PREVIRNEC, εκ των οποίων τα 5476 (53,73%) παρουσίασαν βελτίωση και 4715 (46,26%) που δεν παρουσίασαν βελτίωση.

#### **4.5.7 Αξιολόγηση Μοντέλου**

Οι μετρήσεις της ποιότητας των μοντέλων σχεδιάστηκαν από έναν Πίνακα Σύγχυσης, ο οποίος καταγράφει την ορθή και μη αναγνώριση των Αληθινών Θετικών (True Positives – TP), Ψευδών Θετικών (False Positives - FP), Αληθινών Αρνητικών (True Negatives – TN) και Ψευδών Αρνητικών (False Negatives – FN) στην δυαδική κατηγοριοποίηση. Τα TP,FP,TN,FN ορίζονται ως εξής:

- TP: Υποδηλώνει τον αριθμό των ασθενών που η κατάστασή τους βελτιώθηκε και καταχωρήθηκαν ως ασθενείς που βελτιώθηκε η κατάστασή τους
- FP: Υποδηλώνει τον αριθμό των ασθενών που η κατάστασή τους δεν βελτιώθηκε και καταχωρήθηκαν ως ασθενείς που βελτιώθηκε η κατάστασή τους
- TN: Υποδηλώνει τον αριθμό των ασθενών που η κατάστασή τους βελτιώθηκε και καταχωρήθηκαν ως ασθενείς που δεν βελτιώθηκε η κατάστασή τους

- FN: Υποδηλώνει τον αριθμό των ασθενών που η κατάστασή τους δεν βελτιώθηκε και καταχωρήθηκαν ως ασθενείς που δεν βελτιώθηκε η κατάστασή τους

Η Ευαισθησία, η Ειδικότητα και η Ακρίβεια της πρόβλεψης της κατηγοριοποίησης ορίζονται ως εξής:

- Ευαισθησία =  $\frac{TP}{TP+FN}$ (%)

- Ειδικότητα =  $\frac{TN}{FP+TN}$ (%)

- Ακρίβεια =  $\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$ (%)

Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 αναδιπλώσεις. Η μέθοδος αυτή ελαχιστοποιεί τα σφάλματα, με την τυχαία δειγματοληψία της εκπαίδευσης. Όλα τα δεδομένα χωρίζονται τυχαία σε k αυτοαποκλειόμενα και σχετικά ίσα υποσύνολα. Ο αλγόριθμος εκπαίδευσης εκπαίδευεται και ελέγχεται k φορές. Σε κάθε περίπτωση, μία από τις αναδιπλώσεις ορίζεται ως σύνολο δεδομένων ελέγχου και οι υπόλοιπες σχηματίζουν το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης. Έτσι, προκύπτουν k διαφορετικοί έλεγχοι των αποτελεσμάτων για κάθε συνδυασμό εκπαίδευσης – ελέγχου. Η ακρίβεια του αλγορίθμου ελέγχεται με τον μέσο όρο αυτών των αποτελεσμάτων. Για τον σκοπό αυτό τα 10191 δείγματα χωρίζονται σε 10 τυχαία υποσύνολα (9 υποσύνολα με 1019 δείγματα και 1 υποσύνολο με 1020 δείγματα).

Για την καλύτερη διαμόρφωση του κάθε μοντέλου δοκιμάστηκαν διαφορετικές δομές δικτύων και παράμετροι. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι 3 καλύτερες αρχιτεκτονικές για το μοντέλο με τα ΔΑ, οι 3 καλύτερες αρχιτεκτονικές για το μοντέλο με τα MLPs και τα 3 καλύτερα σχήματα των GRNNs. Για το μοντέλο με τα ΔΑ, επιλέχθηκε η αρχιτεκτονική ΔΑ1 για την υψηλότερη ακρίβειά της. Για το μοντέλο με τα MLPs επιλέχθηκε η αρχιτεκτονική MLP1 για το μικρότερο υπολογιστικό. Τέλος, για το μοντέλο με τα GRNNs, επιλέγεται το σχήμα GRNN3 για την υψηλότερη ακρίβειά του.

Model	Confidence factor	Accuracy (%)
<b>DT1</b>	0.25	91.18
<b>DT2</b>	0.4	90.63
<b>DT3</b>	0.6	90.37

**Πίνακας 10:** Δέντρα Απόφασης με διαφορετικούς συντελεστές εμπιστοσύνης [64]

Model	$I^2$	$HL^2$	$O^2$	$LR^2$	Momentum	Epoch	Accuracy (%) _
<b>MLP1</b>	9	5	1	0.1	0.1	1000	79.57
<b>MLP2</b>	9	10	1	0.9	0.2	3000	78.42
<b>MLP3</b>	9	10	1	0.5	0.2	2000	79.57

**Πίνακας 11:** Αποτελέσματα μοντέλων με MLPs με διαφορετικές δομές δικτύου και παραμέτρους [64]

Model	Spread	Accuracy (%)
<b>GRNN1</b>	1	76.55
<b>GRNN2</b>	0.5	76.98
<b>GRNN3</b>	0.06	77.19

**Πίνακας 12:** Αποτελέσματα μοντέλων με GRNNs με διαφορετικό Spread [64]

Όπως προείπαμε, τα μοντέλα αξιολογήθηκαν βάσει της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και της Ακρίβειας της κατηγοριοποίησης και με την μέθοδο της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 αναδιπλώσεις. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

A/A	Multilayer perceptron (MLP)			Decision Tree (DT)			General Regression Neural Network (GRNN)		
	Acc (%)	Sens (%)	Spec (%)	Acc (%)	Sens (%)	Spec (%)	Acc (%)	Sens (%)	Spec (%)
1	79,26	78,16	89,21	91,18	91,12	91,67	73,55	73,87	70,59
2	77,31	76,10	88,22	90,43	90,45	90,29	74,20	74,27	73,60
3	79,23	78,06	89,79	90,27	90,28	90,09	75,95	75,45	80,47
4	77,51	78,21	87,93	89,40	89,57	88,81	76,88	76,40	81,16
5	79,43	78,45	88,71	90,27	90,11	91,27	75,76	75,35	79,49
6	79,57	78,28	91,16	90,81	90,60	92,73	76,46	76,05	80,18
7	77,59	76,59	86,56	91,11	91,03	91,76	76,98	76,53	80,96
8	79,30	78,23	89,01	90,05	90,00	90,48	75,56	75,22	82,13
9	78,98	78,01	87,73	89,99	90,06	89,30	77,19	76,92	79,69
10	79,48	78,17	91,26	90,30	90,26	90,58	77,07	76,55	81,64
ΜΟ	78,77	77,83	88,26	<b>90,38</b>	<b>90,35</b>	<b>90,62</b>	75,96	75,66	78,99
ΤΥΠ. ΑΠ.	0,9288	0,7980	1,6795	<b>0,4612</b>	<b>0,4738</b>	<b>1,1853</b>	1,2467	1,0169	3,7923

**Πίνακας 13:** Αποτελέσματα μεθόδου διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη για όλα τα μοντέλα. Με bold τα καλύτερα αποτελέσματα [64]

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, το μοντέλο του ΙΣΥΑ που χρησιμοποίησε την τεχνική των ΔΑ, παρουσίασε καλύτερα αποτελέσματα από τα άλλα 2. Παρουσιάζει υψηλότερα επίπεδα Ακρίβειας, Ευαισθησίας και Ειδικότητας. Επίσης, αν συγκρίνουμε τις τυπικές αποκλίσεις, θα δούμε ότι το μοντέλο με τα ΔΑ είναι πιο σταθερό από τα άλλα. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα GRNNs, θα μπορούσε να είναι σημαντικά καλύτερα με μεγαλύτερη βάση δεδομένων, καθώς είναι γνωστό ότι τα GRNNs χρειάζονται μεγάλο όγκο εκπαιδευτικών μοτίβων για βέλτιστη απόδοση. Ένας ακόμη τρόπος για βελτίωση των αποτελεσμάτων θα ήταν η εφαρμογή αλγόριθμου επιλογής χαρακτηριστικών για να υπάρξει καλύτερη εικόνα της επιρροής του ABI στη νοητική ικανότητα των ασθενών.

#### 4.5.8 Σύνοψη

Η πλατφόρμα γνωστικής Τηλεαποκατάστασης PREVIRNEC δημιουργήθηκε για τον σχεδιασμό προγραμμάτων Αποκατάστασης ασθενών που πάσχουν από

Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα. Τα προτεινόμενα προγράμματα Αποκατάστασης από την PREVIRNEC διαιρούνται σε εξειδικευμένες εργασίες και είναι διαμορφωμένα ανάλογα με τις εξατομικευμένες ανάγκες και ιδιαιτερότητες του κάθε ασθενούς, ώστε το αποτέλεσμα της διαδικασίας της Αποκατάστασης να είναι το επιθυμητό. Το σύστημα μοντελοποιήθηκε με την χρήση της Unified Modeling Language (UML).

Η πλατφόρμα PREVIRNEC, με την εφαρμογή τεχνολογιών Επικοινωνίας και Πληροφορικής, μετατρέπεται σε χρήσιμο εργαλείο για τους ειδικούς στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης. Με τον τρόπο αυτόν, βελτιώνεται η ποιότητα των κλινικών υπηρεσιών που προσφέρει το σύστημα, καταρρίπτονται τα γεωγραφικά όρια, μειώνεται το κόστος για τις Κλινικές, και το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στον εκάστοτε ασθενή. Η κύρια αρχιτεκτονική της πλατφόρμας βασίζεται στην επικοινωνία client – server.

Από την πλατφόρμα PREVIRNEC, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για την ανάπτυξη ενός ΙΣΥΑ για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων γνωστικής Αποκατάστασης ασθενών με ΑΒΙ, που αναφέραμε στο παρόν κεφάλαιο. Το ΙΣΥΑ αυτό, με χρήση των τεχνολογιών της πλατφόρμας PREVIRNEC, προσφέρει τις υπηρεσίες του στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης.

Για τον σχεδιασμό του αλγορίθμου του ΙΣΥΑ, δημιουργήθηκαν, αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν 3 μοντέλα: ένα με Δέντρα Αποφάσεων (αλγόριθμος J48), ένα με MLPs όπου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της Πίσω Διάδοσης (backpropagation), που υποστηρίζεται από τον αλγόριθμο Levenberg – Marquardt και ένα με GRNNs, όπου και δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές διασποράς (spreads), για να βρεθεί η καταλληλότερη. Για δεδομένα εισόδου του ΙΣΥΑ χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από 250 ασθενείς (185 άνδρες, 65 γυναίκες) με μέτριο και σοβαρό επίπεδο ΑΒΙ, οι οποίοι ακολούθησαν πρόγραμμα Αποκατάστασης σχεδιασμένο με την πλατφόρμα PREVIRNEC. Το σύνολο των δεδομένων αποτελείται από δημογραφικά, νευροψυχολογικά και δεδομένα από την εκτέλεση των εργασιών. Τα μοντέλα αξιολογήθηκαν βάσει των τιμών της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και της Ακρίβειας της πρόβλεψης της κατηγοριοποίησης. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 αναδιπλώσεις, με στόχο την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων, με την τυχαία δειγματοληψία της εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν καταλληλότερο μοντέλο για τον σχεδιασμό του ΙΣΥΑ αυτό που χρησιμοποιεί την τεχνική των ΔΑ. Οι τιμές της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και της Ακρίβειας ήταν υψηλότερες με το μοντέλο αυτό, το οποίο παρουσίαζε και μεγαλύτερη σταθερότητα. Με την χρήση της τεχνικής των ΔΑ, αποδείχτηκε εφικτή η εκτίμηση της πορείας της Αποκατάστασης των ασθενών με ΑΒΙ, ως συνάρτηση του διανοητικού προφίλ του ασθενούς που έχουν διαμορφώσει οι νευροψυχολόγοι και των δεδομένων της Αποκατάστασης από την πλατφόρμα PREVIRNEC. Τα άλλα 2 μοντέλα που δοκιμάστηκαν θα μπορούσαν να έχουν καλύτερα αποτελέσματα με μεγαλύτερη βάση δεδομένων, καθώς τα GRNNs χρειάζονται μεγάλο όγκο εκπαιδευτικών μοτίβων για βέλτιστη απόδοση, ή με την εφαρμογή αλγορίθμου επιλογής χαρακτηριστικών για να υπάρξει καλύτερη εικόνα της επιρροής του ΑΒΙ στη νοητική ικανότητα των ασθενών.

## 4.6 Η πλατφόρμα GNPT και ο αλγόριθμος ΙΤΑ

Στις αρχές του 2014 ολοκληρώθηκε και δημοσιεύθηκε η έρευνα των Javier Solana, Cesar Caceres, Alberto Garcia-Molina, Paloma Chausa, Eloy Opisso, Teresa Roig-Rovira, Ernestina Menasalvas, Jose M Tormos-Munoz και Enrique J Gomez σχετικά με την ανάπτυξη του αλγορίθμου Intelligent Therapy Assistant (ITA) . Ο ΙΤΑ [67] αυτόματα επιλέγει, διαμορφώνει και σχεδιάζει τα κατάλληλα προγράμματα Αποκατάστασης για ασθενείς με διανοητικές διαταραχές, οι οποίες προέκυψαν μετά από ένα επίκτητο εγκεφαλικό τραύμα (Acquired Brain Injury –ABI). Ο αλγόριθμος αυτός ενσωματώθηκε στην πλατφόρμα γνωστικής Αποκατάστασης GNPT (Guttmann, Neuro Personal Trainer) [67], η οποία παρέχει νευροψυχολογικές υπηρεσίες.

### 4.6.1 Η πλατφόρμα GNPT

Η GNPT είναι μια πλατφόρμα Τηλεαποκατάστασης, η οποία στοχεύει στην παροχή νευροψυχολογικών υπηρεσιών και την καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου χρόνου με ένα ασύγχρονο μοντέλο και την αύξηση της εξατομίκευσης και της έντασης των θεραπειών. Οι θεραπείες παρακολουθούνται, τα αποτελέσματα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο και προσφέρονται οι κατάλληλες επιλογές θεραπείας, βάσει των χαρακτηριστικών των ασθενών και την πορεία της Υγείας του.

Η πλατφόρμα GNPT δημιουργήθηκε από μια διεπιστημονική ερευνητική ομάδα υπό την καθοδήγηση του Ινστιτούτου Guttmann της Βαρκελώνης, σε συνεργασία με το τμήμα Βιοϊατρικής Μηχανικής και Τηλεϊατρικής του Πολυτεχνείου της Μαδρίτης. Αποτελεί ουσιαστικά την δεύτερη γενιά της πλατφόρμας Τηλεαποκατάστασης PREVIRNEC. Βασίζεται σε μια τηλεϊατρική αρχιτεκτονική για να υποστηρίξει υπηρεσίες Τηλεαποκατάστασης. Λαμβάνονται υπ' όψιν θέματα ασφάλειας, και όλες οι μονάδες του συστήματος διατηρούν τις πληροφορίες και τις συνδέσεις ασφαλείς. Η μονάδα ασφάλειας είναι υπεύθυνη για να ελέγχει τις προσβάσεις στο σύστημα, συμπεριλαμβανομένου και του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας του ασθενούς.

Ακολουθείται ένα μοτίβο model-view-controller (MVC), ώστε να διαχωρίζονται τα δεδομένα επεξεργασίας από την λογική της πρόσβασης. Οι κύριες ενότητες του συστήματος είναι οι εξής:

1. *Μονάδα επικοινωνίας*: το κύριο στοιχείο της είναι η τηλεδιάσκεψη, η οποία επιτρέπει την επικοινωνία του ασθενούς από το σπίτι και του Ιατρού. Χρησιμοποιείται το λογισμικό OpenMeetings, το οποίο εφαρμόζει ένα πρωτόκολλο πολυμέσων πραγματικού χρόνου, χρησιμοποιώντας έναν red5 server για την μετάδοση ήχου και εικόνας. Επιπροσθέτως, η πλατφόρμα διαθέτει και μια εικονική κοινότητα, όπου οι ασθενείς και οι Ιατροί μοιράζονται εμπειρίες και πληροφορίες σχετικά με την ασθένεια.

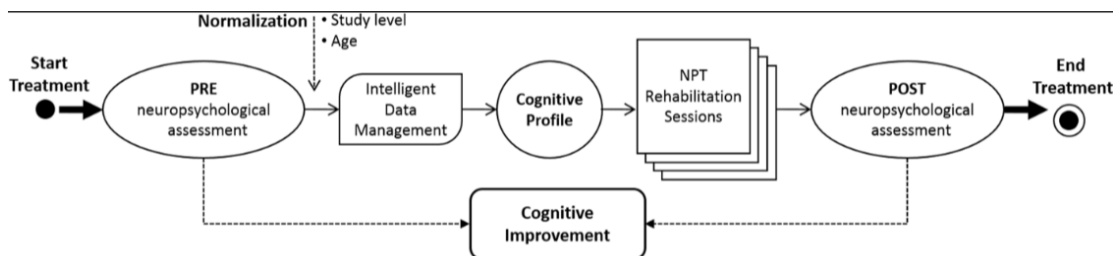
Στην μονάδα αυτή , επίσης, περιλαμβάνει υπηρεσία υπενθυμίσεων των ασκήσεων που πρέπει να εκτελέσει ο ασθενής.

2. *Μονάδα Διαχείρισης λειτουργικών πληροφοριών:* διαθέτει λειτουργίες σχετικές με την παραγωγή και έκδοση πληροφοριών από τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας του ασθενούς. Οι θεραπευτές έχουν επίσης την δυνατότητα οπτικοποίησης σε γραφήματα των στατιστικών της χρήσης του συστήματος και να συγκρίνουν διαφορετικές παραμέτρους, όπως ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση των εργασιών, το σύνολο των εργασιών που εκτελεί ένας συγκεκριμένος ασθενής, πρακτικές άλλων ιατρών κ.α. Για αυτή την εφαρμογή χρησιμοποιούνται οι βιβλιοθήκες JQuery.
3. *Μονάδα Παρακολούθησης:* Οποιαδήποτε ενέργεια γίνεται αποθηκεύεται στην βάση δεδομένων και σε ένα αρχείο log, ώστε ο διαχειριστής να μπορεί να την εντοπίζει. Ακόμα, ο Ιατρός μπορεί να παρακολουθεί τις εργασίες και να τις αναπαράγει όποτε θελήσει και να έχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των επιδόσεων των ασθενών.
4. *Μονάδα Ανάλυσης των Δεδομένων και Εξόρυξης Γνώσης:* Κύριος στόχος της μονάδας είναι η εξόρυξη των περισσότερων πληροφοριών που είναι δυνατό από το σύστημα. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε ένα εργαλείο για την εξόρυξη, την ανάλυση και το φιλτράρισμα της γνώσης, ώστε να παρέχεται βοήθεια στον Ιατρό και να πάρει την σωστή απόφαση. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόστηκε στην πλατφόρμα το ΙΣΥΑ ΙΤΑ.

Η GNPT περιλαμβάνει πολλαπλές τεχνολογικές εφαρμογές, από υπηρεσίες Τηλεϊατρικής, μέχρι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων και λοιπές εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης. Αποτελείται από 2 επιμέρους στοιχεία: 1)μία εφαρμογή Ιστού διαχείρισης των θεραπειών, όπου οι ειδικοί Ιατροί σχεδιάζουν το πρόγραμμα Αποκατάστασης, και το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο υπολογιστικών εργασιών και 2) μία εφαρμογή, την οποία χρησιμοποιούν οι ασθενείς για να εκτελέσουν το πρόγραμμα Αποκατάστασης, ενώ τα αποτελέσματα στέλνονται στον server. Όσον αφορά τον ασθενή, κάθε φορά που χρησιμοποιεί την εφαρμογή από το σπίτι του, αυτή ‘φορτώνεται’ αυτόματα στον υπολογιστή του. Αυτό επιτυγχάνεται με το πλαίσιο εργασίας Java Web Start και την χρήση του πρωτοκόλλου Java Network Launching Protocol, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες να φορτώσουν και να ‘τρέξουν’ εφαρμογές της Java από το διαδίκτυο. Επίσης, διασφαλίζεται ότι οι χρήστες πάντα θα χρησιμοποιούν την τελευταία έκδοση του λογισμικού. Η διαδικτυακή εφαρμογή της GNPT απαιτεί την εγκατάσταση της Java και τρέχει μέσω του server Apache Tomcat 6.X..Οι βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται είναι οι MySQL Server 5.X και MySQL Java Connector 5.X (JDBC). Ωστόσο, χάρη στο MVC, η πλατφόρμα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει και άλλα μοντέλα βάσεων δεδομένων.

Η διαδικασία της Αποκατάστασης με την πλατφόρμα GNPT ξεκινά με την ανάθεση του ασθενούς σε έναν υπεύθυνο Ιατρό. Αυτός κάνει την αρχική νευροψυχολογική εκτίμηση, με την βοήθεια ενός συνόλου δοκιμών για την εκτίμηση

των νοητικών λειτουργιών. Τα αποτελέσματα από αυτά τα τεστ αποθηκεύονται στο σύστημα και παρέχουν στον Ιατρό τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να αποφασίσει το τελικό πλάνο Αποκατάστασης.



Εικόνα 4.4 Διαδικασία Αποκατάστασης με την πλατφόρμα GNPT [67]

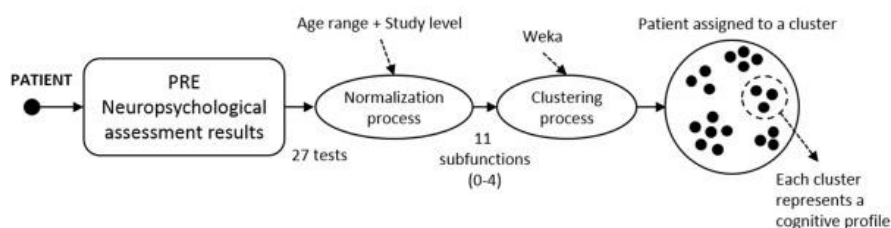
Συνήθως οι θεραπείες περιλαμβάνουν 2 ή 3 συνεδρίες την εβδομάδα και συνολικά 60 μονώρες συνεδρίες. Οι συνεδρίες απαρτίζονται από ειδικά διαμορφωμένες εργασιακές ενότητες για συγκεκριμένες μέρες, ανάλογα με τα δεδομένα εισόδου στο σύστημα. Ο ασθενής εκτελεί αυτές τις εργασίες και τα αποτελέσματα αποστέλλονται στον server, ώστε ο θεραπευτής να παρακολουθήσει την απόδοσή του και να επιλέξει το επίπεδο δυσκολίας για τις επόμενες συνεδρίες.

Κάθε εργασιακή ενότητα σχεδιάζεται ειδικά από τους νευροψυχολόγους και ασχολείται με διαφορετική νοητική λειτουργία. Οι νευροψυχολόγοι καθορίζουν ένα σύνολο από παραμέτρους εισόδου για κάθε ενότητα, ώστε να επιλέξουν το επίπεδο δυσκολίας. Επίσης, καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο θα αξιολογηθεί η απόδοση του ασθενούς σε κάθε εργασία. Έτσι, όταν ένας ασθενής εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία, βαθμολογείται με κλίμακα από το 0 έως το 100.

Η πλατφόρμα GNPT διαθέτει μια μονάδα ανάλυσης δεδομένων, η οποία έχει την ικανότητα φιλτραρίσματος, ανάλυσης και εξόρυξης της γνώσης από τις πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στην βάση δεδομένων της πλατφόρμας, για την υποστήριξη του νευροψυχολόγου στην διαδικασία λήψης της απόφασης. Η χρήση τεχνικών εξόρυξης δεδομένων για την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων της γνωστικής Αποκατάστασης ασθενών με ΑΒΙ έχει αποδειχθεί ισχυρό εργαλείο για την αξιολόγηση και την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας της Αποκατάστασης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος ομαδοποίησης για να ταξινομήσει τους ασθενείς σε κατηγορίες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Με αυτόν τον τρόπο, διευκολύνεται η σύγκριση των προγραμμάτων Αποκατάστασης και της εξέλιξης της κατάστασης ασθενών με παρόμοια χαρακτηριστικά. Οι τεχνικές εξόρυξης δεδομένων και ο αλγόριθμος ομαδοποίησης προγραμματίστηκαν με το εργαλείο Weka. Εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος ομαδοποίησης Προσδοκίας – Μεγιστοποίησης (EM).

Ο αλγόριθμος EM καθορίζει επαναληπτικά ένα αρχικό πρότυπο ομάδων για να τοποθετήσει τα στοιχεία και καθορίζει την πιθανότητα ένα σημείο να ανήκει σε μια ομάδα. Ο αλγόριθμος τερματίζει την διαδικασία όταν το πιθανολογικό πρότυπο τοποθετήσει σωστά όλα τα στοιχεία σε όλες τις ομάδες. Η συνάρτηση τακτοποίησης χρησιμοποιεί την λογαριθμική πιθανότητα. Αν κατά την διάρκεια της διαδικασίας δημιουργούνται κενές ομάδες ή τα μέλη μιας ή περισσοτέρων ομάδων πέσουν κάτω από ένα καθορισμένο όριο, οι ομάδες με τους χαμηλούς πληθυσμούς διαγράφονται και ο αλγόριθμος εκτελείται ξανά για να τα τοποθετήσει σε άλλες ομάδες. Τα αποτελέσματα της μεθόδου EM είναι πιθανολογικά. Κάθε στοιχείο ανήκει σε όλες τις ομάδες, αλλά με διαφορετική πιθανότητα στην καθεμία. Επειδή ο αλγόριθμος επιτρέπει στις ομάδες να έχουν επικαλυπτόμενα στοιχεία, ο αριθμός των στοιχείων σε όλες τις ομάδες μπορεί να υπερβεί τον αριθμό των στοιχείων του συνόλου εκπαίδευσης.

Η μονάδα ομαδοποίησης του GNPT, λοιπόν, τοποθετεί τον κάθε ασθενή σε μια κατηγορία, ανάλογα με τα νοητικά του χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά υπολογίζονται κατά την αρχική νευροψυχολογική εκτίμηση του ασθενούς, μετά από μια διαδικασία κανονικοποίησης, βάσει της ηλικίας του και του μορφωτικού του επιπέδου. Τελικά, κάθε νοητική λειτουργία αξιολογείται και βαθμολογείται σε κλίμακα από το 0 ως το 4.



Εικόνα 4.5 Διαδικασία Κατηγοριοποίησης ασθενούς με την πλατφόρμα GNPT [67]

Το σύστημα ορίζει 3 διαφορετικά επίπεδα απόδοσης του ασθενούς:

- *Θεραπευτικό εύρος*, όταν το ποσοστό των ορθών απαντήσεων είναι από 65% έως 85%
- *Υποθεραπευτικό εύρος*, όταν το σκορ του ασθενούς είναι κάτω από 65%



- *Υπερθεραπευτικό εύρος*, όταν το σκορ του ασθενούς είναι πάνω από 85%.

Τα παραπάνω επίπεδα απόδοσης των ασθενών χρησιμοποιούνται από τους θεραπευτές για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας της Αποκατάστασης. Ο στόχος είναι ο ασθενής να εκτελεί τις εργασίες που του ανατίθενται με ποσοστό επιτυχίας μέσα στο Θεραπευτικό εύρος. Μετά το πέρας του προγράμματος Αποκατάστασης, ο θεράπων Ιατρός κάνει την τελική νευροψυχολογική εκτίμηση του ασθενούς, η οποία συγκρίνεται με την αρχική.

#### 4.6.2 Ο αλγόριθμος ΙΤΑ

Ο αλγόριθμος ΙΤΑ σχεδιάζει συνεδρίες Αποκατάστασης των ασθενών, βάσει του νοητικού τους προφίλ και προσδιορίζει ποιές εργασίες είναι κατάλληλες για την κατάστασή του. Οι προτάσεις του ΙΤΑ μπορούν, φυσικά, να τροποποιηθούν από τους Ιατρούς, σύμφωνα με την εμπειρία τους και το κλινικό τους κριτήριο.

Για τον προσδιορισμό του βαθμού καταλληλότητας των 95 διαφορετικών εργασιακών ενοτήτων που διαθέτει το σύστημα, ο ΙΤΑ κατατάσσει καθεμία από αυτές με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

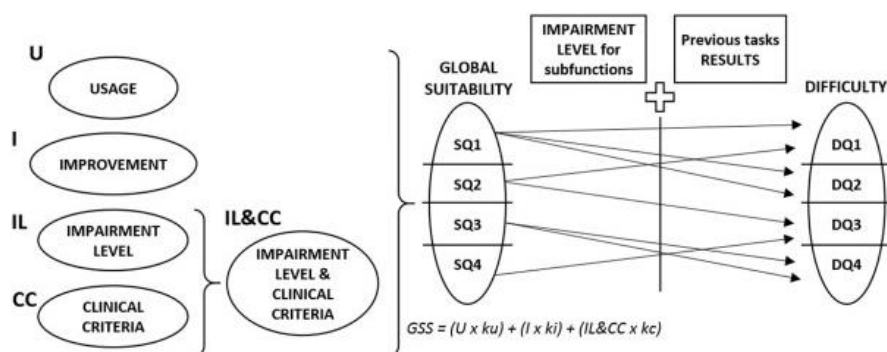
- *Βαθμολόγηση χρήσης (usage score – U)*: Σχετίζεται με το πόσες φορές η συγκεκριμένη εργασία έχει εφαρμοστεί σε άλλες θεραπείες
- *Βαθμολόγηση βελτίωσης (improvement score – I)*: Σχετίζεται με τα αποτελέσματα που σημείωσαν ασθενείς με παρόμοια χαρακτηριστικά, στην εκτέλεση της συγκεκριμένης εργασίας
- *Κλινική βαθμολόγηση (clinical score – IL&CC)*: Είναι συνδυασμός 2 διαφορετικών κριτηρίων, που είναι το επίπεδο ανικανότητας (IL) και ενός κλινικού κριτηρίου (CC), που σχετίζονται με την εμπειρία και την ικανότητα του νευροψυχολόγου να καθορίσει την χρησιμότητα μιας συγκεκριμένης εργασίας.

Η διαδικασία αυτή βαθμολόγησης καθορίζεται με ένα σύνολο μεταβλητών και συντελεστών, που επιτρέπουν στο νευροψυχολόγο να προσαρμόσει τα αποτελέσματα από τον ΙΤΑ για να κάνει ρεαλιστικότερες ρυθμίσεις. Μετά το τέλος της διαδικασίας, το σύστημα κατατάσσει τις εργασίες σύμφωνα με το σταθμισμένο άθροισμα Global Suitability Score (GSS). Με την βοήθεια των διαφορετικών συντελεστών ( $k_x$ ), το αποτέλεσμα του αλγόριθμου μπορεί να προσαρμοστεί και να δώσει μεγαλύτερη ή μικρότερη βαρύτητα στο κάθε κριτήριο.

$$GSS = (U \times k_u) + (I \times k_i) + (IL\&CC \times k_c)$$

Τέλος, το σύστημα ταξινομεί όλες τις εργασίες σε τεταρτημόρια καταλληλότητας (suitability quartiles): SQ1, SQ2, SQ3, SQ4. Ο ΙΤΑ, πλέον, είναι έτοιμος να δημιουργήσει συνεδρίες Αποκατάστασης, με εργασίες από διαφορετικά

τεταρτημόρια μέχρι να συμπληρωθεί η μέγιστη διάρκεια της συνεδρίας(1 ώρα). Επιλέγονται 3 εργασίες από το SQ1, 2 εργασίες από το SQ2, 2 εργασίες από το SQ3, 1 εργασία από το SQ4 και αν χρειαστεί η επιλογή ξεκινά πάλι από το SQ1.



Εικόνα 4.6 Διάγραμμα αλγορίθμου ITA [67]

Εφόσον κάθε εργασιακή ενότητα στο GNPT διαθέτει ένα σύνολο παραμέτρων εισόδου για την ρύθμιση του επιπέδου δυσκολίας, το σύστημα αναθέτει σε κάθε τιμή παραμέτρου ένα βάρος, με τιμή από το 0 έως n, όπου το 0 αντιστοιχεί στην μικρότερη δυσκολία. Έτσι, κάθε πιθανή ρύθμιση των τιμών των παραμέτρων κατηγοριοποιείται σε τεταρτημόρια δυσκολίας (Difficulty Quartiles – DQ). Ο στόχος είναι η δημιουργία συνδυασμών, ώστε να σχεδιαστούν εύκολες ή δύσκολες εργασίες, προσαρμοσμένες στις ατομικές ανάγκες των ασθενών. Ο ITA επιλέγει το DQ για κάθε εργασία που ενσωματώνεται σε μια συνεδρία Αποκατάστασης, με κριτήριο την αρχική νευροψυχολογική εκτίμηση.

Ο ITA προγραμματίζει τις συνεδρίες Αποκατάστασης σε 10αδες, ώστε για τις επόμενες 10 συνεδρίες να εκτιμηθεί η αρχική νευροψυχολογική αξιολόγηση και τα αποτελέσματα των ασθενών στις εργασίες που έχει ήδη πραγματοποιήσει. Αυτό το δεύτερο κριτήριο ρύθμισης των παραμέτρων βασίζεται στον συντελεστή Mean Execution Result of a certain Subfunction (MERS), ο οποίος υπολογίζει το μέσο αποτέλεσμα των προγραμματισμένων εργασιών ως εξής:

- $MERS < 65\%$  (Υποθεραπευτικό Εύρος): Ο ITA μειώνει κατά μία μονάδα την κανονικοποιημένη τιμή του DQ για αυτή την υπολειτουργία, αφού ο ασθενής πρέπει να εξασκηθεί σε ευκολότερες εργασίες
- $65\% < MERS < 85\%$  (Θεραπευτικό Εύρος): Ο ITA αυξάνει κατά μία μονάδα την τιμή του DQ, αφού η φυσική κατάσταση του ασθενούς πιθανώς αυξάνεται και μπορεί να εξασκηθεί σε δυσκολότερες εργασίες

- MERS>85% (Υπερθεραπευτικό Εύρος): Ο ΙΤΑ αυξάνει κατά 2 την τιμή του DQ, αφού ο ασθενής είναι ικανός για ακόμη δυσκολότερες εργασίες

Αυτές οι τροποποιήσεις πραγματοποιήθηκαν μετά την αξιολόγηση της 1<sup>ης</sup> έκδοσης του ΙΤΑ, στην οποία δεν λαμβάνονταν υπ' όψιν τα αποτελέσματα από τις εργασίες των ασθενών. Στην πρώτη του έκδοση ο ΙΤΑ σχεδίαζε αυτούσιο ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα Αποκατάστασης και όχι σε μπλοκ των 10 συνεδριών. Οι Ιατροί παρατήρησαν ότι η προηγούμενη έκδοση του ΙΤΑ δεν είχε την ικανότητα προσαρμογής ανάλογα με την εξέλιξη του ασθενούς κατά την διάρκεια της θεραπείας και γι' αυτόν τον λόγο έγιναν βελτιώσεις του αλγορίθμου με την ενσωμάτωση του συντελεστή MERS.

#### 4.6.3 Αξιολόγηση

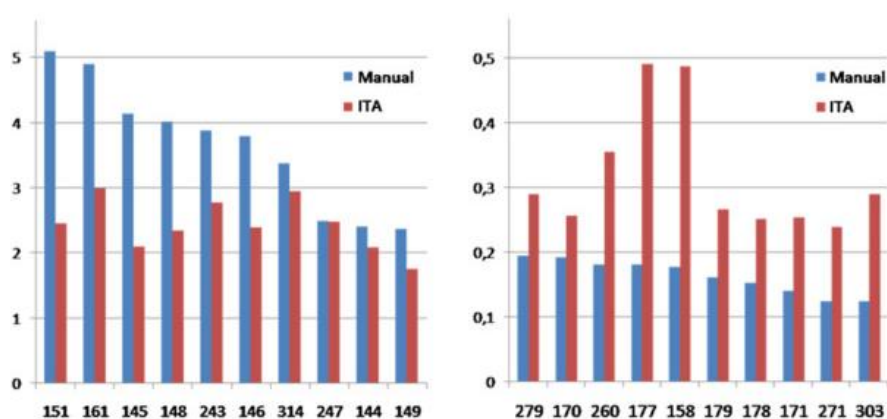
Το σύστημα GNPT εφαρμόζεται στο Institute Guttmann Hospital. Ο στόχος της διαδικασίας αξιολόγησης του ΙΤΑ ήταν η εκτίμηση της τεχνικής του βιωσιμότητας και ο υπολογισμός της επίδρασής του στην αποτελεσματικότητά του συστήματος και στα κλινικά αποτελέσματα. Συγκρίθηκαν αποτελέσματα προγραμμάτων Αποκατάστασης που είχαν σχεδιαστεί από τους ίδιους τους ειδικούς Ιατρούς με τα αποτελέσματα αντίστοιχων προγραμμάτων που σχεδιάστηκαν από το σύστημα GNPT με ενσωματωμένο τον αλγόριθμο ΙΤΑ. Ο ΙΤΑ εφαρμόστηκε στο σύστημα για 18 μήνες και χρησιμοποιήθηκε από 28 διαφορετικούς θεραπευτές (12 από το δυναμικό του Institute Guttmann Hospital και 16 από άλλα ιατρικά κέντρα). Συνολικά στις δοκιμές αξιολόγησης έλαβαν μέρος 582 ασθενείς που ακολούθησαν προγράμματα που σχεδιάστηκαν από τον ΙΤΑ (126 ασθενείς που ακολούθησαν αποθεραπεία σχεδιασμένη από την πρώτη έκδοση του ΙΤΑ και 456 με την δεύτερη έκδοσή του). Σχεδιάστηκαν 20127 συνεδρίες Αποκατάστασης με 92813 διαφορετικές εργασίες. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από 44989 συνεδρίες Αποκατάστασης και 286870 εργασίες σχεδιασμένες από τους ίδιους τους θεραπευτές, τις οποίες ακολούθησαν 1210 ασθενείς. Η αξιολόγηση του ΙΤΑ επικεντρώθηκε στις παρακάτω 3 παραμέτρους:

##### 1) Επιλεγμένες εργασίες για συνεδρίες Αποκατάστασης

Υπολογίστηκε ο αριθμός των φορών που χρησιμοποιήθηκε καθεμία εργασία από τις 95 διαφορετικές που είναι διαθέσιμες στην πλατφόρμα GNPT, με σκοπό την σύγκριση μεταξύ των εργασιών που επιλέγονται από τον ΙΤΑ και αυτών που επιλέγονται από τους θεραπευτές. Αναμενόταν μεγαλύτερη ποικιλία εργασιών επιλεγμένη από τον ΙΤΑ, αφού οι θεραπευτές συνήθως χρησιμοποιούν αυτές που γνωρίζουν καλύτερα.

## Αποτελέσματα

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τον αριθμό των φορών που χρησιμοποιήθηκε κάθε εργασία που συμπεριλήφθηκε στις συνεδρίες Αποκατάστασης σχεδιασμένες από τον ΙΤΑ, συγκριτικά με την συχνότητα εμφάνισής τους στις συνεδρίες Αποκατάστασης σχεδιασμένες από τους Ιατρούς. Τα αποτελέσματα αφορούν τον συνολικό αριθμό των σχεδιασμένων εργασιών που συμπεριλήφθησαν στα προγράμματα Αποκατάστασης (399409 εργασίες επιλεγμένες από τους ιατρούς και 190197 σχεδιασμένες από τον ΙΤΑ) και όχι μόνο αυτές που εκτέλεσαν οι ασθενείς. Το πρώτο διάγραμμα περιλαμβάνει τις πιο κοινά χρησιμοποιημένες από τους Ιατρούς εργασίες, ενώ το δεύτερο τις πιο σπάνια χρησιμοποιημένες. Ο άξονας των y αντιστοιχεί στον αριθμό των φορών που χρησιμοποιήθηκαν και ο άξονας των x στον αριθμό ταυτοποίησης της εργασίας στην βάση δεδομένων.



Εικόνα 4.7 Εργασίες Αποκατάστασης επιλεγμένες με τον παραδοσιακό τρόπο (μπλε ράβδοι) και με την χρήση του ΙΤΑ (κόκκινες ράβδοι) [67]

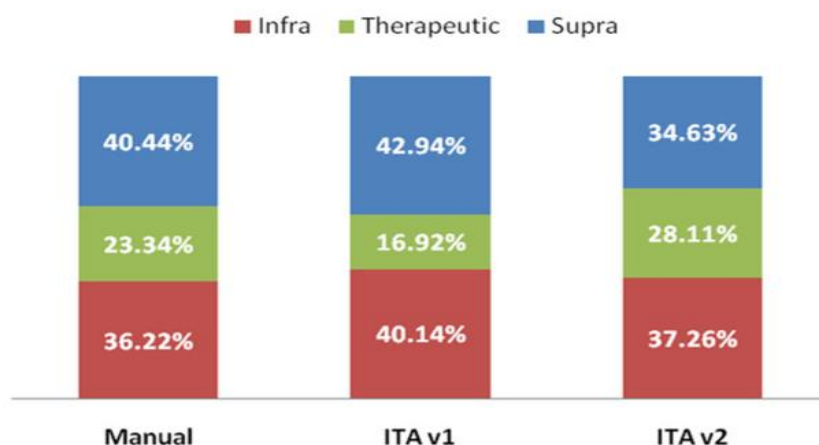
## Επιλεγμένο επίπεδο δυσκολίας

Το κριτήριο αξιολόγησης για την εκτίμηση του επιπέδου δυσκολίας που χαρακτήριζε τις συνεδρίες που σχεδιάστηκαν από τον ΙΤΑ, ήταν ο αριθμός των εργασιών, των οποίων τα αποτελέσματα βρίσκονταν μέσα στο Θεραπευτικό Εύρος. Για την παράμετρο αυτή, οι δύο εκδόσεις του ΙΤΑ αναλύθηκαν ξεχωριστά, για να προσδιοριστούν τα οφέλη των βελτιώσεων που έγιναν στην 2<sup>η</sup> έκδοση.

## Αποτελέσματα

Το παρακάτω γράφημα συγκρίνει τα αποτελέσματα των ασθενών στις συνεδρίες που σχεδιάστηκαν από τις 2 εκδόσεις του ΙΤΑ και από τους Ιατρούς. Τα δεδομένα αναλύθηκαν στατιστικά με βάση το κριτήριο  $\chi^2$  και η τιμή του p βρέθηκε μικρότερη του 0,001. Έτσι, επιβεβαιώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3

μεθόδων.



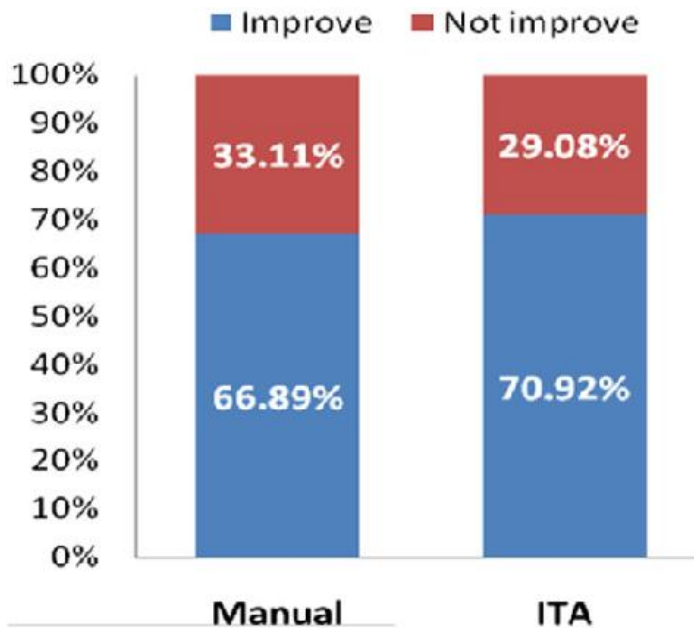
Εικόνα 4.8 Σύγκριση αποτελεσμάτων εκτέλεσης εργασιών μεταξύ των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τους Ιατρούς και προγραμμάτων που σχεδιάζουν οι 2 εκδόσεις του ΙΤΑ. Με κόκκινο χρώμα το ποσοστό των ασθενών που βρίσκονται στο Υποθεραπευτικό εύρος και αντίστοιχα πράσινο και μπλε χρώμα για το Θεραπευτικό και το Υπερθεραπευτικό εύρος [67]

## 2) Βελτίωση των νοητικών ικανοτήτων

Διενεργήθηκε έρευνα για να συγκριθούν οι βελτιώσεις που παρουσίαζε η κατάσταση του ασθενούς στο τέλος της θεραπείας τους. Ο στόχος της έρευνας ήταν να εντοπιστούν τυχόν σημαντικές διαφορές στην ανάρρωση των ασθενών, όταν ακολουθούσαν προγράμματα Αποκατάστασης σχεδιασμένα από τον ΙΤΑ. Για τον σκοπό αυτόν έγιναν νευροψυχολογικές εκτιμήσεις των ασθενών πριν την θεραπεία. Για της ανάγκης της συγκεκριμένης έρευνας, χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα από 746 ασθενείς με εγκεφαλικά τραύματα για Αποκατάσταση σχεδιασμένη από τους θεραπευτές (64% άνδρες) και 141 ασθενείς για Αποκατάσταση σχεδιασμένη από τον ΙΤΑ (55% άνδρες).

### **Αποτελέσματα**

Τα αποτελέσματα της έρευνας φαίνονται στο παρακάτω γράφημα. Μετά από στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με το κριτήριο  $\chi^2$ , η τιμή του p βρέθηκε 0,3484, πράγμα που σημαίνει ότι δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις βελτιώσεις της κατάστασης των ασθενών με τις 3 μεθόδους.



Εικόνα 4.9 Σύγκριση βελτίωσης κατάστασης ασθενών μεταξύ προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τους Ιατρούς (αριστερή στήλη) και τον ITA (δεξιά στήλη) [67]

#### 4.6.4 Σύνοψη

Το ΙΣΥΑ ITA σχεδιάστηκε και αξιολογήθηκε ως μία λειτουργική ενότητα της πλατφόρμας Τηλεαποκατάστασης GNPT, η οποία αποτελεί την εξέλιξη της πλατφόρμας PREVIRNEC. Ο αλγόριθμος της μηχανής συμπερασμού του είναι πολύ απλός και βασίζεται σε μεταβλητές, συντελεστές και μαθηματικές εξισώσεις. Χρησιμοποιήθηκε για 18 μήνες σαν ένα εργαλείο για την επιλογή και τον σχεδιασμό προγράμματος Αποκατάστασης για ασθενείς που υποφέρουν από Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τις επιλεγμένες εργασίες, φαίνεται ότι οι ειδικοί Ιατροί δείχνουν την προτίμησή τους σε συγκεκριμένες εργασίες, τι οποίες γνωρίζουν καλά. Ο ITA, από την άλλη δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις προτιμήσεις αυτές και σχεδιάζει την Αποκατάσταση των ασθενών με κριτήριο τα ατομικά τους χαρακτηριστικά. Αυτή η πιο δίκαιη διανομή, οφείλεται στον συντελεστή Βελτίωσης(I) και στον Κλινικό συντελεστή(IL&CC), οι οποίοι αντισταθμίζουν τον συντελεστή Χρήσης (U). Επίσης, ο ITA περιλαμβάνει και τις προτιμήσεις της πλειοψηφίας των Ιατρών σχετικά με την καταλληλότητα της κάθε άσκησης στην Αποκατάσταση των επιμέρους νοητικών ιδιοτήτων. Θεωρητικά, αυτό θα οδηγούσε σε μία γενίκευση του συστήματος και σε μια ποικιλία θεραπειών Αποκατάστασης. Ο στόχος του ITA ήταν η εφαρμογή προγραμμάτων Αποκατάστασης, με ποικίλες ασκήσεις, η διατήρηση – τουλάχιστον – της του επιπέδου της αποτελεσματικότητας της αποθεραπείας, η μείωση του κόστους και η ελάττωση της εξάρτησης της θεραπείας από τον κάθε Ιατρό.

Παρατηρώντας το ποσοστό των ασκήσεων που εκτελέστηκαν από τους ασθενείς μέσα στο Θεραπευτικό Εύρος (23,34% για τις σχεδιασμένες εργασίες από

τους θεραπευτές και 28,11% για σχεδιασμένες εργασίες από την 2<sup>η</sup> έκδοση του ΙΤΑ), συμπεραίνουμε ότι η επιλογή του επιπέδου δυσκολίας της διαδικασίας από τον ΙΤΑ ήταν τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η επιλογή των θεραπειών. Επίσης, βλέπουμε ότι οι τροποποιήσεις στην πρώτη έκδοση του ΙΣΥΑ βελτίωσαν τον αλγόριθμο, αφού τα προγράμματα που σχεδιάζονται με την 2<sup>η</sup> έκδοση είναι περισσότερο εξατομικευμένα και προσαρμοσμένα στις ανάγκες του εκάστοτε ασθενούς. Ωστόσο, το ποσοστό που αφορά τον ΙΤΑ, όσο και το ποσοστό που αφορά τους Ιατρούς είναι χαμηλά. Αυτό καθιστά απαραίτητη περαιτέρω έρευνα στον τρόπο με τον οποίο η πλατφόρμα GNPT ρυθμίζει το επίπεδο δυσκολίας, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται το Θεραπευτικό εύρος. Στο τελευταίο στάδιο της έρευνας, που αφορούσε την ανάλυση των διαφορών μεταξύ των βελτιώσεων της κατάστασης των ασθενών, με την χρήση ή μη του ΙΤΑ, αποδείχθηκε ότι ο ΙΤΑ ήταν περισσότερο αποτελεσματικός με τους θεραπευτές, άρα και κατάλληλος για πρακτική εφαρμογή.

Η εφαρμογή του ΙΤΑ είχε, επίσης, σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου για τους Ιατρούς. Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με μετρήσεις, ο Ιατρός εξοικονομεί 25 λεπτά ανά 10 συνεδρίες. Έτσι, αυξάνεται και η αποτελεσματικότητα του σχεδιασμού της Αποκατάστασης.

Όσον αφορά, την διαδικασία της ομαδοποίησης, κάθε φορά που ένας καινούριος ασθενής πρόκειται να ακολουθήσει πρόγραμμα Τηλεαποκατάστασης υπολογίζονται από την αρχή όλες οι συστάδες, αντί να συμπεριληφθεί σε μία ήδη υπάρχουσα και υπολογισμένη συστάδα. Χρησιμοποιείται ο επαναληπτικός αλγόριθμος Προσδοκίας – Μεγιστοποίησης. Προτιμάται έναντι άλλων τεχνικών γιατί είναι ένας ευκολονόητος και εύκολος στην εφαρμογή αλγόριθμος, ο οποίος κάθε φορά που εκτελείται βελτιώνεται. Λειτουργεί καλύτερα όταν τα δεδομένα εισόδου δεν είναι ελλιπή και όταν δεν είναι πολλών διαστάσεων.

Όσον αφορά την επικοινωνία του θεραπευτή και του ασθενούς, το σύστημα παρέχει την δυνατότητα τηλεδιάσκεψης. Επίσης, για να είναι διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή κάθε είδους βοήθεια στον ασθενή, η πλατφόρμα GNPT διαθέτει εικονική κοινότητα, ώστε ο ασθενής να έρχεται σε επαφή με τον Ιατρό και να ανταλλάσσουν πληροφορίες και εμπειρίες. Ο Ιατρός μπορεί να παρακολουθεί σε βίντεο την διεξαγωγή των ασκήσεων, ώστε να έχει ολοκληρωμένη άποψη για την πορεία της αποθεραπείας του ασθενούς.

## 4.7 Σύγκριση των ΙΣΥΑ

Το Smart CDSS ασχολείται με την Τηλεαποκατάσταση ηλικιωμένων ασθενών που πάσχουν από χρόνιες ασθένειες (διαβήτη), η πλατφόρμα KINOPTIM με την πρόληψη των πτώσεων των ηλικιωμένων, ενώ τα 2 τελευταία ΙΣΥΑ που εφαρμόζονται στις πλατφόρμες γνωστικής Αποκατάστασης PREVIRNEC και GNPT, με την Τηλεαποκατάσταση ασθενών με Επίκτητα Εγκεφαλικά Τραύματα. Ο στόχος και των 4 ΙΣΥΑ είναι παρόμοιος, δηλαδή η πρόταση των καταλληλότερων προγραμμάτων Αποκατάστασης με βάση τα ατομικά στοιχεία του κάθε ασθενούς. Διαφέρουν, βέβαια, στον τρόπο με τον οποίο φτάνουν στο αποτέλεσμα αυτό.

### 4.7.1 Είσοδος δεδομένων

Στα 4 αυτά συστήματα τα δεδομένα των ασθενών λαμβάνονται από τις δραστηριότητες των ασθενών στο σπίτι τους με την βοήθεια διαφόρων τεχνολογιών. Τα δεδομένα εισόδου στο Smart CDSS είναι οι πληροφορίες που εισέρχονται στο σύστημα από τους ανιχνευτές που είναι τοποθετημένοι στο σπίτι του ασθενούς και από Ιατρικούς Φακέλους και μέσα κοινωνικής δικτύωσης, με την βοήθεια τεχνολογίας Cloud. Όσον αφορά την πλατφόρμα KINOPTIM, τα δεδομένα εισόδου είναι οι επιδόσεις των ασθενών στις ασκήσεις, οι οποίες καταγράφονται από ένα σύστημα αναγνώρισης δραστηριότητας εγκαταστημένο στο φυσικό περιβάλλον του ηλικιωμένου, το οποίο συνδέεται με ένα μικροσύστημα υποστήριξης δικτυακών επικοινωνιών, μέσω του οποίου οι πληροφορίες μεταδίδονται στο ΙΣΥΑ. Στο 3<sup>ο</sup> ΙΣΥΑ που μελετήθηκε, για να μας προτείνει κάποιο πρόγραμμα Αποκατάστασης πρέπει να εισάγουμε σε αυτό δημογραφικά δεδομένα των ασθενών καθώς και δεδομένα από την εκτέλεση των εργασιών που έχουν διεκπαιρώσει. Τα δεδομένα αυτά είναι αποθηκευμένα στην πλατφόρμα PREVIRNEC, οι χρήστες της οποίας με την βοήθεια του λογισμικού OpenMeeting και του server red5 έρχονται σε επαφή με τον ασθενή και καταγράφουν τις επιδόσεις του μέσω τηλεδιάσκεψης. Την ίδια τεχνολογία χρησιμοποιεί και η πλατφόρμα GNPT, η οποία όπως και ο αλγόριθμος ITA χρησιμοποιεί ως δεδομένα εισόδου την αρχική νευροψυχολογική εκτίμηση του ασθενούς από τους Ιατρούς και τα αποτελέσματα των εργασιών που διεκπαιρώνουν οι ασθενείς(σταθμισμένο άθροισμα GSS). Έτσι, λοιπόν, τα συστήματα αυτά, όσον αφορά την λήψη των δεδομένων, είναι βασισμένα στην ίδια λογική, αλλά διαφέρουν τόσο ως προς τις τεχνολογίες τηλεπικοινωνίας που χρησιμοποιούν, όσο και προς το είδος των δεδομένων εισόδου, αν εξαιρέσουμε τα ΙΣΥΑ που εφαρμόζονται στις πλατφόρμες PREVIRNEC και GNPT.



#### 4.7.2 Αλγόριθμοι επεξεργασίας δεδομένων

Βασική διαφορά των 4 συστημάτων είναι ο τρόπος με τον οποίο επεξεργάζονται τα δεδομένα ώστε να καταλήξουν στα προτεινόμενα προγράμματα Αποκατάστασης. Το Smart CDSS σε αντίθεση με τα υπόλοιπα, ανήκει στην κατηγορία των knowledge-based ΙΣΥΑ. Η Βάση Γνώσης του αποτελείται από κανόνες δημοσιοποιημένους από ειδικούς Ιατρούς στη μορφή του προτύπου HL7 Arden Syntax. Σύμφωνα με τους κανόνες αυτούς, η Μηχανή Συμπερασμού του συστήματος παράγει προτάσεις ή κατευθυντήριες γραμμές δομημένες σε ενότητες (MLMs). Η πλατφόρμα KINOPTIM δεν έχει ολοκληρωθεί και δεν έχει γίνει ακόμα η τελική επιλογή της τεχνικής κατηγοριοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί, ώστε το σύστημα να προτείνει πρόγραμμα Αποκατάστασης. Πάντως, η επιλογή θα γίνει ανάμεσα στα ΤΝΔ, στα ΔΑ, στα Μπεύσιανά Δίκτυα και στα Διανύσματα Υποστήριξης Μηχανής, ή έναν συνδυασμό αυτών. Στο ΙΣΥΑ που εφαρμόζεται στην πλατφόρμα PREVIRNEC, δημιουργήθηκαν και δοκιμάστηκαν ένα μοντέλο με Δέντρα Απόφασης (αλγόριθμος J48), ένα με MLPs και ένα με GRNNs. Ύστερα από την αξιολόγησή τους, προτιμήθηκαν τα Δέντρα Απόφασης, αφού το μοντέλο αυτό κατέγραψε την μεγαλύτερη ακρίβεια κατηγοριοποίησης. Η πλατφόρμα GNPT χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Προσδοκίας – Μεγιστοποίησης, ενώ ο αλγόριθμος ΙΤΑ που ενσωματώνεται στην GNPT χρησιμοποιεί την μαθηματική εξίσωση  $GSS = (U \times ku) + (I \times ki) + (IL\&CC \times kc)$  με την βοήθεια του συντελεστή MERS.

#### 4.7.3 Αξιολόγηση των μοντέλων

Το Smart CDSS δοκιμάστηκε σε 100 ασθενείς που έπασχαν από διαβήτη και είχε 100% επιτυχία στην διάγνωσή του. Από την στιγμή, όμως, που δεν δοκιμάστηκε σε ένα σύνολο ασθενών που πάσχουν από διαφορετικές νόσους δεν μπορεί να κριθεί αντικειμενικά. Όσον αφορά, τις προτάσεις του για την αποθεραπεία των ασθενών, περιορίστηκε σε κάποιες βασικές προτάσεις. Περαιτέρω αξιολόγηση είναι απαραίτητη και θα διενεργηθεί. Η πλατφόρμα KINOPTIM δεν μπορεί να αξιολογηθεί αφού δεν έχει ολοκληρωθεί. Επομένως, απομένουν τα 2 τελευταία ΙΣΥΑ, ώστε να αξιολογηθεί η απόδοσή τους.

Στο 3<sup>ο</sup> ΙΣΥΑ, όπως προείπαμε, δοκιμάστηκαν 3 μοντέλα, τα οποία αξιολογήθηκαν βάσει των μεγεθών της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και της Ακρίβειας κατηγοριοποίησης, με την μέθοδο της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη. Βάσει των αποτελεσμάτων, λοιπόν, ικανότερο μοντέλο αποδείχθηκε αυτό με τα Δέντρα Απόφασης, όπου η μέση Ακρίβεια υπολογίστηκε 90,38%, η μέση Ευαισθησία 90,35% και η μέση Ειδικότητα 90,62%. Και οι 3 τιμές είναι πολύ υψηλές, άρα και η αξιοπιστία του συστήματος πολύ μεγάλη. Για την αξιολόγηση του ΙΤΑ, συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα προγραμμάτων Αποκατάστασης που είχαν σχεδιαστεί από τους ειδικούς Ιατρούς με τα αποτελέσματα προγραμμάτων Αποκατάστασης που

σχεδιάστηκαν από την πλατφόρμα GNPT με ενσωματωμένο τον αλγόριθμο ΙΤΑ. Η αξιολόγηση αφορούσε 3 παραμέτρους: 1) τις επιλεγμένες εργασίες για τα προγράμματα Αποκατάστασης, 2) το επιλεγμένο επίπεδο δυσκολίας, 3) τη βελτίωση των νοητικών ικανοτήτων του ασθενούς. Αποδείχθηκε ότι, παρόλο που η επιλογή των εργασιών για την κατάρτιση του προγράμματος Αποκατάστασης από το σύστημα είχε διαφορές από αυτή των Ιατρών, η επιλογή του επιπέδου δυσκολίας από τον ΙΤΑ ήταν τουλάχιστον τόσο καλή όσο και η επιλογή των ειδικών. Επίσης, όσον αφορά στην βελτίωση της κατάστασης του ασθενούς, που είναι και ο τελικός στόχος της Αποκατάστασης, ο ΙΤΑ ήταν αποτελεσματικότερος από τους θεραπευτές, αφού το ποσοστό των ατόμων που παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στο τέλος του προγράμματος αυξήθηκε από 66,89 σε 70,92%.

	SMART CDSS	KINOPTIM	PREVIRNEC + ΙΣΥΑ	GNPT + ΙΤΑ
ΤΥΠΟΣ ΙΣΥΑ	KNOWLEDGE BASED	NONKNOWLEDGE BASED	NONKNOWLEDGE BASED	NONKNOWLEDGE BASED
ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΧΡΟΝΙΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ ΣΕ ΗΛΙΚΙΩΜΕΝΟΥΣ	ΠΤΩΣΕΙΣ ΗΛΙΚΙΩΜΕΝΩΝ	ΕΠΙΚΤΗΤΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΑ ΤΡΑΥΜΑΤΑ (ΑΒΙ)	ΕΠΙΚΤΗΤΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΑ ΤΡΑΥΜΑΤΑ (ΑΒΙ)
ΣΤΟΧΟΣ	ΔΙΑΓΝΩΣΗ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	ΠΡΟΤΑΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΛΗΨΗΣ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΝΙΧΝΕΥΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΠΟ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΠΟ ΙΑΤΡΙΚΟ ΦΑΚΕΛΟ, ΜΕΣΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΤΗ	ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ Η ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΣΤΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΔΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΔΙΕΓΕΡΤΕΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ – ΜΟΝΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ	ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΙΚΟΝΑΣ, ΗΧΟΥ, ΟΜΙΛΙΑΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ	ΤΗΛΕΔΙΑΣΚΕΨΗ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΙΚΟΝΑΣ, ΗΧΟΥ, ΟΜΙΛΙΑΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CLOUD – ZIGBEE, WI-FI, BLUETOOTH		ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ CLIENT – SERVER ΜΕΣΩ HTTP ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ CLIENT – SERVER ΜΕΣΩ HTTP ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΟ

**Πίνακας 14:** Σύγκριση ΙΣΥΑ κεφαλαίου

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Οι μελέτες που περιγράφονται στην παρούσα εργασία αποτελούν μερικά μόνο παραδείγματα εφαρμογών των Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων στον τομέα της Ιατρικής Αποκατάστασης και Τηλεαποκατάστασης. Τα συστήματα αυτά εξοικονομούν χρόνο και κόστος για τους Ιατρούς και τα Νοσοκομεία, και συμβάλλουν στην ακριβέστερη κατάρτιση των προγραμμάτων Αποκατάστασης.

Στόχος των μελετών αυτών ήταν κυρίως η πρόταση ενός προγράμματος Αποκατάστασης, το οποίο θα ήταν εξατομικευμένο για τον κάθε ασθενή. Ως επί το πλείστον, δημιουργήθηκαν nonknowledge – based CDSS, και η τεχνική ταξινόμησης που εφαρμόστηκε συχνότερα ήταν τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα. Εφαρμόστηκαν διαφορετικές μέθοδοι αξιολόγησης, οι οποίες απέδειξαν την υψηλή ακρίβεια των συστημάτων και την καταλληλότητά τους για πρακτική εφαρμογή.

Ένα πρώτο ζήτημα σε μία τέτοια έρευνα είναι η επιλογή της τεχνικής ταξινόμησης. Σε περιπτώσεις, όπου τον κύριο λόγο στην διαμόρφωση της τελικής απόφασης τον έχει η κλινική εμπειρία του Ιατρού, προτιμάται η μέθοδος των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων η οποία βασίζεται στην εμπειρία από προηγούμενα περιστατικά. Όταν η ιατρική απόφαση βασίζεται σε κανόνες και κατευθυντήριες γραμμές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ΔΑ, είτε ο αλγόριθμος RIPPER (όπως το ΙΣΥΑ των Douglas P. Gross, Jing Zhang , Ivan Steenstra, Susan Barnsley, Calvin Haws, Tyler Amell, Greg McIntosh, Juliette Cooper και Osmar Zaiane για την Αποκατάσταση ασθενών με ΜΣΠ), ή να σχεδιαστούν Knowledge-based ΙΣΥΑ, όπως το Smart CDSS.

Αν και τα ΤΝΔ θεωρούνται προηγμένες μέθοδοι μηχανικής μάθησης, δεν χρησιμοποιούνται πάντα. Μερικές φορές, πιο απλές μέθοδοι όπως είναι τα Δέντρα Απόφασης μπορούν να αποδώσουν εξαιρετικά. Έτσι, λοιπόν, αρχικά δοκιμάζονται διάφορα μοντέλα με διαφορετικούς ταξινομητές, ώστε να αξιολογηθούν και επιλεγεί το καταλληλότερο (όπως για παράδειγμα το ΙΣΥΑ που από τους A. Marcano-Cedeno, Paloma Chausa, Alejandro Garcia, Cesar Caceres, Josep M. Tormos και Enrique J Gomez και εφαρμόζεται στην πλατφόρμα PREVIRNEC).

Ένα ακόμα πρόβλημα των ερευνητών είναι το μέγεθος του συνόλου δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουν, καθώς αυτό έχει επιπτώσεις στην γενίκευση του μοντέλου, στην αξιοπιστία και στην ακρίβειά του. Για παράδειγμα, τα 2 ΙΣΥΑ που εφαρμόζονται για την Αποκατάσταση ασθενών με ΟΑ γόνατος και τα οποία έχουν παρόμοια δομή, αν και αξιολογούνται με διαφορετικές μεθόδους, το 1<sup>ο</sup> επιδεικνύει υψηλότερη ακρίβεια από το 2<sup>ο</sup>. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έπαιξε η διαφορά στα μεγέθη των σύνολων δεδομένων εκπαίδευσης που χρησιμοποίησαν. Φυσικά, εκτός από το μέγεθος του συνόλου των δεδομένων, σημαντικό ρόλο παίζει και η σωστή επιλογή των χαρακτηριστικών. Στι έρευνες που μελετήθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως δημογραφικά και κλινικά χαρακτηριστικά των ασθενών. Όταν τα σύνολα των δεδομένων και των χαρακτηριστικών είναι πολύ μεγάλα σε όγκο, τότε συνίσταται η χρήση τεχνικών φίλτραρίσματος όπως έκαναν οι ερευνητές του ΙΣΥΑ για την Αποκατάσταση ασθενών με ΜΣΠ, οι οποίοι για τον σκοπό αυτόν εφάρμοσαν τους

αλγόριθμους αλγόριθμοι Correlation-based Feature Subset Evaluation και Γραμμικής Αναζήτησης.

Οι μέθοδοι που αξιολογήθηκαν τα συστήματα ποικίλλουν. Η απόδοση των περισσότερων κρίθηκε με βάση την σύγκλιση που παρουσίαζαν τα προγράμματα Αποκατάστασης που σχεδίαζαν με αυτά των ειδικών Ιατρών, με εφαρμογή της μεθόδου της διασταυρωμένης επικύρωσης σε 10 μέρη. Η μέθοδος αυτή προτιμάται σε περιπτώσεις όπου το σύνολο των δεδομένων είναι περιορισμένο, καθώς παρουσιάζει χαμηλή μεταβλητότητα. Με τον τρόπο αυτόν, λοιπόν, υπολογίστηκαν οι τιμές της Ακρίβειας, της Ευαισθησίας, της Ειδικότητας και της καμπύλης ROC. Το ΙΣΥΑ των Sing – Fai Tam, Gladys L.Y. Cheing και Christina W.Y. Hui-Chan, βέβαια, στην έξοδό του προβλέπει και την βελτίωση της κατάστασης του ασθενούς με την εφαρμογή του προτεινόμενου προγράμματος Αποκατάστασης, και χρησιμοποιείται ο συντελεστής συσχέτισης Spearman, ώστε να συγκριθεί η πραγματική με την προβλεπόμενη βελτίωση του ασθενούς και κατ'επέκταση να αξιολογηθεί το μοντέλο.

Στον τομέα της Τηλεαποκατάστασης χρησιμοποιούνται διάφορες συσκευές για την καταγραφή της δραστηριότητας του ασθενούς (βιντεοκάμερες, ανιχνευτές, βιοδιεγέρτες κλπ.) καθώς και τεχνολογίες ιστού, για να έχει πρόσβαση ο ιατρός στις πληροφορίες αυτές. Η επικοινωνία τύπου client – server μέσω πρωτοκόλλου HTTP χρησιμοποιείται κατά κόρον, ενώ η τεχνολογία Cloud έχει έρθει τα τελευταία χρόνια να προσφέρει νέες δυνατότητες και εφαρμογές.

Συμπερασματικά, αν η ποιότητα των μελετών που δημοσιεύονται και η αξιοπιτία των Ιατρικών Συστημάτων Υποστήριξης Αποφάσεων συνεχίζει να βελτιώνεται, τότε αυξάνονται οι πιθανότητες τα συστήματα αυτά να μπουν για τα καλά στην καθημερινότητα των Φυσιάτρων. Για τον σκοπό λοιπόν αυτόν, αλλά και επειδή η έρευνα για τα ΙΣΥΑ στον τομέα της Ιατρικής Αποκατάστασης και κυρίως Τηλεαποκατάστασης, δεν έχει εξελιχθεί όσο είναι δυνατόν, είναι επιβεβλημένη η δημοσίευση τέτοιου είδους μελετών, αλλά και η ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητας για όλες τις λεπτομέρειες της δομής των συστημάτων, των συνόλων των δεδομένων εκπαίδευσης και επικύρωσης, των αλγορίθμων, των εφαρμογών τους και για όποιες άλλες τεχνικές χρησιμοποιούν οι ερευνητές.

## Βιβλιογραφία

- [1] D. J. Power, “A Brief History of Decision Support Systems”, <http://dssresources.com>
- [2] Efraim Turban, “DECISION SUPPORT SYSTEMS AND EXPERT SYSTEMS – MANAGEMENT SUPPORT SYSTEMS”, 4<sup>th</sup> edition (1995), Prentice Hall
- [3] Ευριπίδης Ν. Λουκής, “ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ – ΤΕΥΧΟΣ Γ’”, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- [4] Randall E. Louw, “Decision Support Systems”, University of Missouri St. Louis
- [5] <http://www.openclinical.org/dss.html>
- [6] Md. Arman Hossain, “Clinical Decision Support System (CDSS), Jahangirnagar University
- [7] Θάνος Παπαδόπουλος, Φυσικός Ιατρικής – Ακτινοφυσικός, “Συστήματα λήψης αποφάσεων στην Ιατρική – Η Εξέλιξη”, <http://slideplayer.gr/slide/2322770/>
- [8] [http://clinfowiki.org/wiki/index.php/Timeline\\_of\\_the\\_Development\\_of\\_Clinical\\_Decision\\_Support](http://clinfowiki.org/wiki/index.php/Timeline_of_the_Development_of_Clinical_Decision_Support)
- [9] Eta S. Berner, “Clinical Decision Support Systems – Theory and Practice”, 2<sup>nd</sup> Edition (2007), Health Informatic Series
- [10] Κολοστούμπης Γ. , Μακρυγιαννάκη Κ. , “Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων: Ένα Χρήσιμο Εργαλείο στην Κλινική Πράξη”, Διεπιστημονική Φροντίδα Υγείας(2012), Τόμος 4, Τεύχος 1
- [11] <http://www.openclinical.org/dssSuccessFactors.html>
- [12] Βλαχάβας Ιωάννης, Κεφαλάς Πέτρος, Βασιλειάδης Νικόλαος, Κόκκορας Φώτης, Σακελλαρίου Ηλίας, “Τεχνητή Νοημοσύνη”, 3<sup>η</sup> Έκδοση (2006), Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας
- [13] Δρ. Ρίζος Γιώργος, “Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα – Θεωρία και Εφαρμογές”, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- [14] Sholom M. Weiss, Casimir A. Kulikowski, “Computer Systems That Learn – Classification and Prediction Methods from Statistics, Neural Nets, Machine Learning, and Expert Systems”, Morgan Kaufmann Publishers
- [15] Σταύρος Ν. Δημητρακόπουλος, Ιατρός Αποκατάστασης – Φυσίατρος, “Η Ειδικότητα ΦΙΑπ”, <http://www.iatriki-apokatastasi.gr/index.php/?arthra/fysikh-iatrikh-apokatastash.php>
- [16] Ευδοκία Ξεκαλάκη, “Μη Παραμετρική Στατιστική”, <http://www.stat-athens.aueb.gr/~exek/NPar-Statistics/index.html>
- [17] [http://androulakis.bma.upatras.gr/mediawiki/index.php/%CE%A3%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CF%82\\_%CE%AD%CE%BD%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%B5%CF%82\\_%CF%84%CE%B7%CE](http://androulakis.bma.upatras.gr/mediawiki/index.php/%CE%A3%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CF%82_%CE%AD%CE%BD%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%B5%CF%82_%CF%84%CE%B7%CE)

[F%20%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82#.CE.A4.CE.B9\\_.CE.B5.CE.AF.CE.BD.CE.B1.CE.B9\\_.CE.B7\\_p-value](#)

[18] <http://www.samos.aegean.gr/actuar/dlekkas/environmental%20stats/environmental%20statistics%203.pdf>

[19] Π.Α. Ρούσσοι, Γ. Τσαούσης, “Στατιστική στις επιστήμες της συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS”, Εκδόσεις ΤΟΠΟΣ

[20] Χρήστος Κατσάνος και Νικόλαος Αβούρης, “Στατιστικές Μέθοδοι Ανάλυσης Πειραματικών Δεδομένων Συνεργασίας”, Πανεπιστήμιο Πατρών

[21] <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=232>

[22] Χρήστος Θ. Νάκας, Διδακτορική Διατριβή “Προσαρμογή Καμπύλης, Στατιστική Συμπερασματολογία, Επεκτάσεις και Εφαρμογές στην Ανάλυση των Καμπυλών Λειτουργικού Χαρακτηριστικού Δείκτη (ROC)”, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Μαθηματικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[23] Α. Μαρίνης, Ε. Ευσταθίου, Τάμμου – Ρόζεν Μαρίνου, Σ. Ρίζος, “Ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος: η σύγχρονη μέθοδος αρχειοθέτησης και διαχείρισης των δεδομένων του ασθενή”, Επιστημονικά Χρονικά (2012), 17(1):32-35

[24] Π. Γαλάνης, “Μελέτες κούρτης”, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής (2011), 28(1):111-126

[25] [http://www.pdhealth.mil/guidelines/downloads/SF-36\\_Primer.pdf](http://www.pdhealth.mil/guidelines/downloads/SF-36_Primer.pdf)

[26] Qiong Gu , Zihua Cai, Li Zhu, Bo Huang, “Data Mining on Imbalanced Data Sets”, School of Computer, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei

[27] Mark A. Hall, “Correlation – based Feature Selection for Machine Learning”, Department of Computer Science, University of Waikato, Hamilton, New Zealand

[28] Ziad M. Hawamdeh, Mohammed A. Alshraideh, Jidah M. Al – Ajlouni, Imad K. Salah, Margo B. Holm, Ali H. Otom, “Development of a decision support system to predict physicians’ rehabilitation protocols for patients with knee osteoarthritis”, International Journal of Rehabilitation Research (2012), Vol 35 No 3

[29] Γεώργιος Τερζής, Χειρουργός Ορθοπαιδικός, “ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ ΓΟΝΑΤΟΣ”, <http://www.orthogate.gr/>

[30] Dr Henry Knipe, Dr Vivek Pai et al., “Kellgren and Lawrence system for classification of osteoarthritis of knee”, <http://radiopaedia.org/>

[31] Δημοτική Επιχείρηση Παροχής Κοινωνικών Υπηρεσιών, Δημοτικό Πολυιατρείο, Κέντρο Ψυχοκοινωνικής Υποστήριξης, “Οστεοαρθρίτιδα – Καταπολεμή τη φθορά! Δεν ανεχομαι... άλλο πόνο !!”, Δήμος Αμαρουσίου

[32] Sing – Fai Tam, Gladys L.Y. Cheing, Christina W.Y. Hui-Chan, “Predicting osteoarthritic knee rehabilitation outcome by using a prediction model developed by data mining techniques”, International Journal of Rehabilitation Research (2004), 27(1):65-9

[33] Niels Peek, Rick Goud, Nicolette de Keizer, Mariëtte van Engen-Verheul, Hareld Kemps, Arie Hasman, “Artificial Intelligence in Medicine”, Chapter: “CARDSS: Development and Evaluation of a Guideline Based Decision Support System for Cardiac Rehabilitation”, Springer Berlin Heidelberg

[34] R Goud, N Peek, AM Strijbis, PA de Clercq, A Hasman, “A Computer-Based Guideline Implementation System for Cardiac Rehabilitation Screening ”, Conference Publications, Computers in Cardiology (2005)

[35] Καρδιακή Αποκατάσταση στην Ελλάδα, <http://cardiacrehab-greece.blogspot.gr/>

[36] Ελευθέριος Πλωμαρίτης, Κλινικός Ψυχολόγος, “Καρδιακή αποκατάσταση και ομάδα καρδιακής αποκατάστασης”, <http://e-cardio.gr/>

[37] Douglas P. Gross, Jing Zhang , Ivan Steenstra, Susan Barnsley, Calvin Haws, Tyler Amell, Greg McIntosh, Juliette Cooper, Osmar Zaiane, “Development of a computer-based clinical decision support tool for selecting appropriate rehabilitation interventions for injured workers”, Journal of Occupational Rehabilitation (2013), 23(4): 597-609

[38] “Τα μυοσκελετικά προβλήματα που σχετίζονται με την εργασία”, Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Γενική Διεύθυνση Συνθηκών και Υγιεινής της Εργασίας (2000)

[39] <http://csd.wp.uncg.edu/shc/telerehabilitation/>

[40] Betty Nyika, Degree Thesis, “Telerehabilitation as means to improve elderly’s independence while living at home”, Arcada University of Applied Sciences

[41] Manolis I. A. Lourakis, “A Brief Description of the Levenberg-Marquardt Algorithm Implemented by levmar”, Institute of Computer Science, Foundation for Research and Technology – Hellas, Heraklion, Crete

[42] [www.hl7.org](http://www.hl7.org)

[43] Michael Q. Stearns, Colin Price, Kent A. Spackman, Amy Y. Wang, “SNOMED Clinical Terms: Overview of the Development Process and Project Status”, Proceedings of the AMIA Symposium 2001: 662-666

[44] “The National Alliance for Health Information Technology Report to the Office of the National Coordinator for Health Information Technology on Defining Key Health Information Technology Terms April 28, 2008”, Department of Health and Human Services, Office of the National Coordinator for Health Information Technology, USA

[45] Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su, Chung-Chou Shen, “A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi”, The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON) Nov. 5-8, 2007, Taipei, Taiwan

[46] Δημήτριος Σάμψων, “Πανεπιστημιακές Σημειώσεις: Η Γλώσσα Σήμανσης XML”, Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

[47] [http://www.it.uom.gr/teaching/c\\_sys/node33.html#SECTION00331000000000000000](http://www.it.uom.gr/teaching/c_sys/node33.html#SECTION00331000000000000000)

[48] <http://tldp.org/HOWTO/XML-RPC-HOWTO/xmlrpc-howto-intro.html>



- [49] Διομήδης Σπινέλλης, “Ανάλυση και σχεδίαση με UML”, Τμήμα Διοικητικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- [50] “Simple Example of MVC (Model View Controller) Design Pattern for Abstraction”, <http://www.codeproject.com/>
- [51] <http://www.w3.org/>
- [52] <http://openmeetings.apache.org/>
- [53] Vangie Beal, “J2EE – Java 2 Platform Enterprise Edition”, <http://www.webopedia.com/>
- [54] [http://www.dos.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=147&Itemid=130](http://www.dos.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=147&Itemid=130)
- [55] <http://webapptester.com/ajax-tutorial-gia-arxariou/>
- [56] Selahattin Nesil, Filiz Gunes, Ufuk Ozkaya, Bahattin Turetken, “Generalized Regression Neural Networks based Phase Characterization of a Reflectarray Employing Minkowski Element of Variable Size”, URSI 2011, Turkey, 2011
- [57] Maqbool Hussain, Muhammad Afzal, Wajahat Ali Khan, Sungyoung Lee, “Clinical Decision Support Service for Elderly People in Smart Home Environment”, 2012 12th International Conference on Control, Automation, Robotics & Vision Guangzhou, China, 5-7th December 2012 (ICARCV 2012)
- [58] M. Hussain, A. M. Khattak, W. A. Khan, I. Fatima, M. B. Amin, Z. Pervez, R. Batool, M. A. Saleem, M. Afzal, M. Faheem, M. H. Saddiqi, S. Y. Lee, K. Latif, “Cloud-based Smart CDSS for chronic diseases”, Health and Technology, June 2013, Volume 3, Issue 2, pp 153-175
- [59] C. Barelle, Ch. Tsirbas, F. Ibanez, E. Vellidou, T. Tagaris, G. Koutsouri, D. Koutsouris, “KINOPTIM: A Tele-rehabilitation gaming Platform for Fall Prevention in the Elderly Community”, International Journal of Health Research and Innovation, vol. 2, no. 1, 2014, 37-49
- [60] Γεώργιος Θεοχάρης, Παθολόγος, “Πτώσεις στους ηλικιωμένους”, <http://www.sosiatroi.gr/>
- [61] C. Barelle, E. Courtial, E. Vellidou, H. Tsirbas, T. Tagaris, F. Ibanez, E. Sanchez, D. Koutsouris, “Tele-monitoring and diagnostic for fall prevention: The KINOPTIM concept”, Biomedical and Health Informatics (BHI), 2014 IEEE – EMBS International Conference on
- [62] P. Vartholomeos, S. Rizou, T. Tagaris, C. Barelle, J. Montesa, C. Tsirmpas, S. Pantelopoulou, E. Vellidou, D. Koutsouris, “KINOPTIM System Architecture: Modules and Services for Fall Prevention through telerehabilitation”, Proceedings of the 19th IEEE International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD’14), December 1-3, Athens, Greece, 2014
- [63] J. Solana, C. Caceres, E.J. Gomez, S. Ferrer – Celma, M. Ferre – Bergada, P. Garcia – Lopez, A. Garcia – Molina, A. Garcia – Rudolph, T. Roig, JM. Tormos, “PREVIRNEC – A new platform for cognitive tele-rehabilitation”, COGNITIVE 2011: The Third International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications

[64] A. Marcano – Cedeno, Paloma Chausa, Alejandro Garcia, Cesar Caceres, Josep M. Tormos, “Data mining applied to the cognitive rehabilitation of patients with acquired brain injury”, Expert Systems with Applications, Volume 40 Issue 4, March 2013, Pages 1054-1060

[65] <http://braininjuriesociety.com/information/acquired-brain-injury/what-is-abi/>

[66] Τέσσα Χριστοδούλου, Κωνσταντίνος Πετσάνης, “Γνωστική αποκατάσταση μετά από εγκεφαλικά επεισόδια”, <http://www.iatronet.gr/>

[67] Javier Solana, Cesar Caceres, Alberto Garcia – Molina, Paloma Chausa, Eloy Opisso, Teresa Roig – Rovira, Ernestina Menasalvas, Jose M Tormos – Munoz, Enrique J Gomez, “Intelligent Therapy Assistant (ITA) for cognitive rehabilitation in patients with acquired brain injury”, <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/14/58>

[68] <http://www.slideshare.net/vini89/mycin>

[69] Ciumac Sergiu, “Financial Predictor via Neural Network”, 25-05-2011, [www.codeproject.com](http://www.codeproject.com)

[70] Rex L. Diveley, Mather Cleveland, “Surgery in World War II, Chapter VI: Orthopedic Surgery and Rehabilitation”, MEDICAL DEPARTMENT, UNITED STATES ARMY

[71] Ju Hee Ryu, Aeju Lee, Myung Sook Huh, Junuk Chu, Kwangmeyung Kim, Byung – Soo Kim, Kuiwon Choi, Ick Chan Kwon, Jong Woong Park, Inchan Youn, “Measurement of MMP Activity in Synovial Fluid in Cases of Osteoarthritis and Acute Inflammatory Conditions of the Knee Joints Using a Fluorogenic Peptide Probe – Immobilized Diagnostic Kit”, Theranostics 2012; 2(2):198-206

[72] <http://www.cardss.nl/>