



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

Σχεδιασμός/Ανάλυση έξυπνων πρωτοκόλλων για την αξιοποίηση
εφαρμογών προσωπικού φακέλου υγείας στη διαχείριση μη-
μεταδιδόμενων νόσων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καννής-Ρεμπούλης Ιάκωβος

Επιβλέπων καθηγητής : Διονύσιος Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα : Δρ. Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Α' Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2020



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

Σχεδιασμός/Ανάλυση έξυπνων πρωτοκόλλων για την αξιοποίηση
εφαρμογών προσωπικού φακέλου υγείας στη διαχείριση μη-
μεταδιδόμενων νόσων

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καννής-Ρεμπούλης Ιάκωβος

Επιβλέπων καθηγητής : Διονύσιος Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα : Δρ. Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Α' Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 14η Σεπτεμβρίου 2020

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Δ.Δ. Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Γ.Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Π.Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2020

(Υπογραφή)

.....

ΚΑΝΝΗΣ-ΡΕΜΠΟΥΛΗΣ ΙΑΚΩΒΟΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

© 2020 - Με την 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.

Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολούν τους ανθρώπους οι οποίοι εμπλέκονται στον τομέα της υγείας είναι οι μη-μεταδιδόμενες ασθένειες, οι οποίες αποτελούν τη βασική αιτία των θανάτων παγκοσμίως και συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με την έλλειψη σωματικής άσκησης, την κακή διατροφή, το υπερβολικό αλκοόλ και το κάπνισμα. Μια λύση σε αυτό το ζήτημα είναι η παρακολούθηση της υγείας των ανθρώπων, ώστε να εκτιμάται αν βρίσκονται σε κίνδυνο. Σε αυτή την προσπάθεια, σημαντικό ρόλο παίζουν οι Προσωπικοί Ηλεκτρονικοί Φάκελοι Υγείας, στους οποίους μπορούν να καταχωρούνται και να αποθηκεύονται προσωπικά στοιχεία ασθενών, στοιχεία που αφορούν την καθημερινή τους ζωή και μετρήσεις ιατρικών μεγεθών από καταμετρικές συσκευές. Αυτό είναι και το βασικό αντικείμενο αυτής της εργασίας, δηλαδή η ανάλυση και η σχεδίαση ενός συστήματος που θα είναι σε θέση να αποθηκεύει και να επεξεργάζεται δεδομένα Προσωπικών Φακέλων Υγείας σε μία βάση δεδομένων, ώστε μέσω κατάλληλης εφαρμογής να ενημερώνει το χρήστη σχετικά με την πορεία της υγείας του και να τον προειδοποιεί σε περίπτωση που τα δεδομένα αναδεικνύουν ότι υπάρχει κίνδυνος. Στόχος, λοιπόν, είναι να σχεδιαστεί μια κατάλληλη αρχιτεκτονική με τα κατάλληλα δεδομένα διαλειτουργικότητας, πρωτόκολλα παρακολούθησης δικτύων, εξυπηρετητές, διεργασίες και αλγορίθμους, ώστε να υλοποιεί την επεξεργασία των δεδομένων και την αποστολή notifications/alerts στην προσωπική συσκευή του χρήστη. Αφού ολοκληρωθεί η περιγραφή και η σχεδίαση των βασικών τμημάτων της αρχιτεκτονικής, θα ακολουθήσει η περιγραφή των αποτελεσμάτων του συστήματος σε σχέση με τα αρχικά δεδομένα του χρήστη. Θα γίνει, ακόμη, εκτενής αναφορά σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας και σε παραδείγματα εφαρμογών Ηλεκτρονικών Ιατρικών Φακέλων, με χρήση διαφόρων state-of-the-art τεχνικών.

Λέξεις-Κλειδιά

Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας, Προσωπικός Φάκελος Υγείας, Μη-μεταδιδόμενες Ασθένειες, Αρχιτεκτονική Δικτύων, Βάση Δεδομένων, Εξυπηρετητές, Επεξεργασία Δεδομένων, Πρωτόκολλα, Αλγόριθμοι

Abstract

One of the major concerns of people involved in healthcare is non-communicable diseases, which are the leading cause of deaths worldwide and are largely associated with lack of exercise, poor diet, excessive alcohol consumption and smoking. One solution to this problem is to monitor people's health to assess whether they are at risk. In this endeavor, the Personal Electronic Health Records play an important role, in which personal data of patients, data related to their daily life and measurements of medical quantities from metering devices can be entered and stored. This is the main object of this work, i.e. the analysis and design of a system that will be able to store and process data of Personal Health Records in a database, so that through a suitable application the user can be informed about its health progress and be warned if the data indicate that there is a risk. Therefore, the aim is to design an appropriate architecture with the appropriate interoperability data, network monitoring protocols, servers, processes and algorithms, in order to implement data processing and send notifications/alerts to the user's personal device. After the description and design of the basic parts of the architecture is completed, the description of the system results in relation to the initial data of the user will follow. Also, extensive reference will be made to internationally recognized Electronic Health Records standards and to examples of Electronic Medical Records applications, using a variety of state-of-the-art techniques.

Keywords

Electronic Health Record, Personal Health Record, Non-communicable Diseases, Networks Architecture, Database, Servers, Data Processing, Protocols, Algorithms

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Abstract	5
Περιεχόμενα	6
Λίστα Εικόνων	9
1. Εισαγωγή	11
1.1. Γνωριμία με τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας	11
1.1.1. Ηλεκτρονική Υγεία (e-Health)	11
1.1.2. Ιατρική Πληροφορία και Πληροφορική Υγείας	13
1.1.3. Ιατρικός Φάκελος	15
1.1.4. Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος	16
1.1.5. Προσωπικός Φάκελος Υγείας (ΠΦΥ)	19
1.1.6. Πρότυπα και Κωδικοποίηση της Ιατρικής Πληροφορίας	21
1.1.7. Πλεονεκτήματα και Ζητήματα του ΗΦΥ	25
1.1.8. Το Ζήτημα της Προστασίας των Δεδομένων ΗΦΥ	26
1.2. Βιοϊατρικά Σήματα	27
1.2.1. Ορισμός Βιοϊατρικού Σήματος	27
1.2.2. Τεχνολογικά Μέσα για Εξαγωγή Βιοϊατρικών Σημάτων	28
1.3. Μη μεταδιδόμενες ασθένειες (Non-Communicable Diseases)	30
1.3.1. Γενικές πληροφορίες για NCDs	30
1.3.2. Παράγοντες κινδύνου	31
2. Διεθνώς Αναγνωρισμένα Πρότυπα (Standards) ΗΦΥ	33
2.1. Health Level 7 (HL7)	33
2.1.1. Εκδόσεις v2 και v3	34

2.1.2. Πρότυπο FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)	36
2.1.3. Πρότυπα CDA, CCD και CCR	38
2.2. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)	39
2.2.1. Μοντελοποίηση πληροφοριών στο DICOM	40
2.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου DICOM	43
2.3. Πρότυπο ICD (International Classification of Diseases)	46
2.3.1 Το πρότυπο ICD-10	47
2.3.2. Βελτιωμένη έκδοση ICD-11	49
2.4. PACS (Picture Archiving and Communication System)	50
2.4.1. Περιγραφή της αρχιτεκτονικής	51
2.4.2. Αρχειοθέτηση εικόνων και δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας	52
2.4.3. Ενσωμάτωση της εικόνας	53
2.4.4. Μειονεκτήματα	54
3. Παραδείγματα Ανάλυσης Δεδομένων ΗΦΥ	56
3.1. Χρήση Μηχανικής Εκμάθησης (Machine Learning)	56
3.1.1. Εισαγωγικά Στοιχεία	56
3.1.2. Χρήση ΗΦΥ και ML για ιατρικές προβλέψεις από μη-ιατρικά data	56
3.1.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από Semi-Supervised Machine Learning	62
3.2. Χρήση Big Data	68
3.2.1. Γενικές Πληροφορίες	68
3.2.2. Χρήση Big Data για την παρακολούθηση (surveillance) των NCDs	70
3.3. Εγκυρότητα (Validity) μιας Διάγνωσης από Δεδομένα ΗΦΥ	72
3.3.1. Μέτρα Δοκιμών	72
3.3.2. Τεχνικές Επικύρωσης Δειγμάτων	73
4. Ανάλυση και Σχεδίαση Αρχιτεκτονικής Εφαρμογής ΠΦΥ	76
4.1. Γενικά Χαρακτηριστικά	76

4.2. Βάση Δεδομένων (Database)	77
4.2.1. Πεδία Δεδομένων (Data Fields)	77
4.2.2. Provider Data από Interoperability Engine	79
4.3. Διασύνδεση Δικτύου (Network)	83
4.3.1. Εξυπηρετητές Δικτύου (Network Servers)	83
4.3.2. Πρωτόκολλα Παρακολούθησης (Monitoring) Δικτύου	94
4.3.3. Ανίχνευση Λαθών και Εσφαλμένης Λειτουργίας των Εξυπηρετητών	99
4.4. Επεξεργασία (Processing) και Μετα-επεξεργασία Δεδομένων	106
4.4.1. Περιγραφή Λειτουργιών του Cardio-FBBPS	108
4.4.2. Περιγραφή Λειτουργιών του Glucose-FBBPS	110
4.4.3. Περιγραφή Λειτουργικών του Oxygen-FBBPS	111
4.4.4. Περιγραφή Λειτουργιών του Meta-FBBPS	112
4.5. Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Συστήματος με χρήση UML	114
4.5.1. Χρήση Διαγραμμάτων στη UML	114
4.5.2. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή UMDAS με χρήση UML	116
4.5.3. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή DBRS με χρήση UML	119
4.5.5. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή FBBPS με χρήση UML	121
4.5.6. Συμπεράσματα από τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής με χρήση UML	123
5. Αποτελέσματα Αρχιτεκτονικής και Συμπεράσματα	125
5.1. Αποτελέσματα Εφαρμογής ΠΦΥ	125
5.2. Τελικά Συμπεράσματα σχετικά με την Αρχιτεκτονική	128
6. Βιβλιογραφία - References	130

Λίστα εικόνων

1 : Βασικά στοιχεία της Ηλεκτρονικής Υγείας (e-Health)	11
2 : Ηλεκτρονική Εφαρμογή Παθολογικού Ιατρικού Φακέλου	17
3 : Τυπική μορφή ΗΚΓ για ένα κύκλο ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς	29
4 : Καταγραφή των παραγόντων κινδύνου NCDs και θανάτων το 2002	31
5 : Χρονοδιάγραμμα των εκδόσεων του προτύπου HL7	34
6 : Δομή του μοντέλου RIM για την έκδοση HL7 v3	35
7 : Διάγραμμα με Πόρους που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο FHIR	37
8 : Μοντέλο επικοινωνίας προτύπου DICOM	40
9 : Μοντέλο Εφαρμογής DICOM	41
10 : Μια αναλογία ανάμεσα στην κατασκευή μιας φράσης και των εννοιών του DICOM	42
11 : Παράδειγμα ενός dictionary entry	43
12 : Μηνύματα 2 τμημάτων του προτύπου της έκδοσης 2.0	44
13 : Σαφής ομαδοποίηση στοιχείων δεδομένων, σύμφωνα με τη λειτουργία	44
14 : Βασική τοπολογία προτύπου DICOM	45
15 : Ανασκόπηση της οργανωτικής δομής του ICD	46
16 : Δομή του κώδικα ICD-10	48
17 : Διαφορές ανάμεσα σε ICD-9 και ICD-10	48
18 : Βάση Δεδομένων για το Πείραμα Πρόβλεψης Επανεισδοχής	58
19 : Γραφικές αναπαραστάσεις των κύριων χαρακτηριστικών του συνόλου δεδομένων	59
20 : Αποτελέσματα μεθόδων Ταξινόμησης για τον υπολογισμό της Πρόβλεψης Επανεισδοχής	61
21 : Χρήση S3CM για τον εντοπισμό αποτελέσματα σχετικά με «στεφανιαίο αγγειογράφημα»	64
22 : Χρήση S3CM για τον εντοπισμό αποτελέσματα σχετικά με «καρκίνος ωοθηκών»	65
23 : Επιλογή καταχωρίσεων ελεύθερου κειμένου για την κατάρτιση του αλγορίθμου S3CM	66
24 : Αποτελέσματα δοκιμών, ταξινόμηση με-επισημασμένων κειμένων	67
25 : Συνδυασμοί κορμών λέξεων που εξάγονται από εγγραφές ελεύθερου κειμένου	67
26 : Αποτελέσματα δοκιμών, ρυθμός ανίχνευσης ανά ασθενή σχετικά με 1 εκ των 2 ασθενειών	67
27 : Χαρακτηριστικά πηγών Big Data στην επιτήρηση μη-μεταδιδόμενων ασθενειών	70
28 : Μέτρα Δοκιμών με χρήση Προγνωστικών Τιμών	73
29 : Υπολογισμός ή Εκτίμηση των Μέτρων Δοκιμών για κάθε Τεχνική Επικύρωσης	74
30 : Διάγραμμα δομής της αρχιτεκτονικής για αξιοποίηση εφαρμογής ΠΦΥ	76
31 : Παράδειγμα αρχείου δεδομένων Καθημερινών Συνηθειών ενός χρήστη για μία εβδομάδα	78
32 : Στοιχεία υγειονομικής περίθαλψης που απαιτούν διαλειτουργικότητα	81
33 : Αρχιτεκτονική τοπολογίας δικτύου με χρήση Server	83
34 : Αρχιτεκτονική αποδόμηση μέσω του OSI με χρήση επιπέδων (layers)	84
35 : Κυκλικός buffer για την προσωρινή αποθήκευση αιτήσεων στο σύστημα	86
36 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση των 4 διεργασιών	88
37 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση των 4 διεργασιών	90
38 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση της διεργασίας SYNC	91
39 : Διασύνδεση των εξυπηρετητών και διαλειτουργικότητα με χρήση τοπικών ουρών	92
40 : Δικτυακή Διασύνδεση των εξυπηρετητών	93
41 : Τυπική Μορφή μηνύματος GET_USER_DATA	102
42 : Τυπική Μορφή μηνύματος INSERT_NEW_USER	103
43 : Τυπική Μορφή μηνύματος NEW_USER_ADDED	103
44 : Τυπική Μορφή μηνύματος USER_MED_STATUS	104
45 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για υλοποίηση της διεργασίας USER_CONNECTED	105

46 : Τυπική Μορφή αρχείου καταγραφής ιατρικών μετρήσεων χρήστη	107
47 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων καρδιακών παλμών από το αρχείο του χρήστη	109
48 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων συστολικής πίεσης από το αρχείο του χρήστη	109
49 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων διαστολικής πίεσης από το αρχείο του χρήστη	109
50 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων επιπέδου σακχάρου από το αρχείο του χρήστη	110
51 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων επιπέδου οξυγόνου από το αρχείο του χρήστη	111
52 : Διάγραμμα component του UMDAS Server	116
53 : Διάγραμμα statechart του component UMDAS_proc	118
54 : Διάγραμμα component του DBRS Server	119
55 : Διάγραμμα statechart του component DBRS_proc	120
56 : Διάγραμμα component ενός FBBPS Server	122
57 : Διάγραμμα statechart του component FBPPS_proc	123
58 : Γράφημα μετρήσεων καρδιακών παλμών για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα	125
59 : Γράφημα μετρήσεων διαστολικής πίεσης για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα	126
60 : Γράφημα μετρήσεων συστολικής πίεσης για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα	126
61 : Γράφημα μετρήσεων σακχάρου στο αίμα για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα	127
62 : Γράφημα μετρήσεων οξυγόνωσης του αίματος για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα	127
63 : Σύγκριση δικτύων με (a) πολύ χαμηλό και (b) πολύ υψηλό modularity	128

1. Εισαγωγή

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ανάλυση και ο σχεδιασμός κατάλληλης αρχιτεκτονικής με σκοπό τη διαχείριση δεδομένων ασθενών και χρηστών σε σχέση με τις μη-μεταδιδόμενες ασθένειες, γίνεται αρχικά μια εισαγωγή στην έννοια του Ηλεκτρονικού και Προσωπικού Φακέλου Υγείας, μέσω ανάλυσης όρων, όπως Ηλεκτρονική Υγεία, Πληροφορία Υγείας και Ιατρικός Φάκελος, αναλύεται η έννοια του βιοϊατρικού σήματος και εξηγούνται τα σοβαρά ζητήματα που δημιουργούν οι μη-μεταδιδόμενες ασθένειες σε παγκόσμια κλίμακα.

1.1. Γνωριμία με τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας

1.1.1. Ηλεκτρονική Υγεία (e-Health)

Ο όρος «Ηλεκτρονική Υγεία» καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εργαλείων και φιλοσοφίας βασισμένων στις τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών οι οποίες στοχεύουν στην καλύτερη πρόληψη, διάγνωση, θεραπεία, παρακολούθηση και διαχείριση της υγείας και του τρόπου ζωής των πολιτών. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει οτιδήποτε έχει σχέση με υπολογιστές, επικοινωνίες και ιατρική και, ουσιαστικά, πρόκειται για την απόρροια μιας προσπάθειας να επεκταθούν οι αρχές και οι «υποσχέσεις» της Κοινωνίας της Πληροφορίας στο χώρο της υγείας και να τονιστούν οι νέες δυνατότητες που παρέχει το διαδίκτυο στον τομέα της ιατρικής περίθαλψης. Η Ηλεκτρονική Υγεία περιλαμβάνει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των ασθενών, των παρόχων υπηρεσιών υγείας των νοσοκομείων, των επαγγελματιών του τομέα της υγείας και των δικτύων πληροφοριών υγείας με προοπτική τη βελτίωση της πρόσβασης στην περίθαλψη και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών και την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του τομέα της υγείας [1].



ΕΙΚΟΝΑ 1 : Βασικά στοιχεία της Ηλεκτρονικής Υγείας (e-Health) [2]

Τα κύρια χαρακτηριστικά της Ηλεκτρονικής Υγείας είναι :

- a) Αποδοτικότητα : Αυξάνει την αποδοτικότητα της ιατρικής περίθαλψης, μειώνοντας το κόστος με την αποφυγή διπλών ή μη απαραίτητων διαγνωστικών ή θεραπευτικών διαδικασιών μέσω της επικοινωνίας ανάμεσα στους φορείς υγείας και τον πολίτη.
- b) Βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης : Η αύξηση της αποδοτικότητας όχι μόνο μειώνει το κόστος, αλλά και βελτιώνει ταυτόχρονα και την ποιότητα, επιτρέποντας συγκρίσεις ανάμεσα στους παρόχους υγείας.
- c) Επιστημονική τεκμηρίωση : Η αποδοτικότητα της Ηλεκτρονικής Υγείας πρέπει να αποδεικνύεται με επιστημονικές μεθόδους.
- d) Ενδυνάμωση πολιτών και ασθενών : Οι βάσεις δεδομένων υγείας και ο προσωπικός ηλεκτρονικός φάκελος υγείας ανοίγουν νέους ορίζοντες για ανθρωποκεντρικά συστήματα υγείας και διευκόλυνση του ασθενούς στις επιλογές του.
- e) Ενίσχυση της αλληλεπίδρασης : Ενθαρρύνεται η ανάπτυξη νέας σχέσης ανάμεσα στον ασθενή και τον επαγγελματία υγείας, με σκοπό να λαμβάνονται από κοινού οι αποφάσεις.
- f) Συνεχής εκπαίδευση : Επιτρέπεται η εκπαίδευση και κατάρτιση των ιατρών και του παραϊατρικού προσωπικού από πηγές στο διαδίκτυο (online).
- g) Διευκόλυνση της ανταλλαγής πληροφορίας : Αναβαθμίζονται τα μέσα διακίνησης της ιατρικής πληροφορίας, και κατά συνέπεια της επικοινωνίας, με έναν προτυποποιημένο τρόπο ανάμεσα στους διάφορους φορείς υγείας.
- h) Επέκταση της εμβέλειας της ιατρικής περίθαλψης : Η παροχή υπηρεσιών υγείας μεταφέρεται πέρα από τα συμβατικά όρια. Οι πολίτες έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν online ιατρικές υπηρεσίες που παρέχονται από διεθνείς παροχές. Αυτές οι υπηρεσίες μπορεί να είναι απλά συμβουλευτικές ή πιο ουσιαστικές, όπως η προμήθεια φαρμακευτικών προϊόντων.
- i) Ασφάλεια : Η ηλεκτρονική υγεία περιλαμβάνει νέες μορφές αλληλεπίδρασης ασθενή-γιατρού και εμπεριέχει νέες προκλήσεις σε θέματα ασφάλειας, όπως είναι το ιατρικό απόρρητο.
- j) Ισότητα : Η ενίσχυση της ισοτιμίας στην παροχή υπηρεσιών ιατρικής περίθαλψης είναι μια από τις υποσχέσεις της ηλεκτρονικής υγείας.

Η Ηλεκτρονική Υγεία έχει σαφή ρόλο στη νέα στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) [3] για την Ηλεκτρονική Ευρώπη, ενώ αποτελεί επίσης κλειδί για την επίτευξη ισχυρότερης οικονομικής ανάπτυξης και τη δημιουργία θέσεων εργασίας υψηλής ειδίκευσης μέσα σε μια δημιουργία υψηλής γνώσης. Τα συστήματα Ηλεκτρονικής Υγείας μπορούν να διαδραματίσουν μείζονα ρόλο καθιστώντας τον τομέας της υγείας παραγωγικότερο και αποδίδοντας καλύτερα αποτελέσματα με χρήση μικρότερων πόρων. Στα πλαίσια, λοιπόν, της ΕΕ και κατά το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Πρότυπο, ορίζονται κοινές αξίες για τα Ευρωπαϊκά συστήματα υγείας, όπως :

- Καθολικότητα, οπότε πρέπει να είναι για όλους προσβάσιμα
- Καλή ποιότητα σε όλους τους τομείς και σε όλες τις χώρες-μέλη
- Δίκαια συστήματα, ανάλογα με τις ανάγκες και χωρίς διακρίσεις
- Αλληλεγγύη, μέσω φόρων και αμοιβών, και παροχή ασφάλειας ανάλογα με τις οικονομικές δυνατότητες του κάθε ασθενή.

Μέσω αυτών των αξιών, στόχος είναι να βελτιωθεί η υγεία των πολιτών της ΕΕ παρέχοντας πληροφορίες ικανές να σώσουν ζωές και διαδίδοντας τις στις διάφορες χώρες μέσω εργαλείων ηλεκτρονικής υγείας, να ενισχυθεί η ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης και η πρόσβαση σε αυτή με την ενσωμάτωση της ηλεκτρονικής υγείας στην πολιτική για την υγεία και το συντονισμό των πολιτικών, χρηματοδοτικών και τεχνικών στρατηγικών των κρατών-μελών και να γίνουν τα εργαλεία ηλεκτρονικής υγείας αποτελεσματικότερα, φιλικότερα προς τον χρήστη και ευρύτερα αποδεκτά με την ενεργό συμμετοχή των επαγγελματιών και των ασθενών στη χάραξη και την υλοποίηση των σχετικών στρατηγικών.

Ένας σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας για την επιτυχή υλοποίηση της ηλεκτρονικής υγείας αποτελεί όχι μόνο η τεχνολογική πολυπλοκότητα και οι προκλήσεις που παρουσιάζονται σε ένα συνεχώς εναλλασσόμενο τεχνολογικό περιβάλλον, αλλά και η έλλειψη ενός επαρκούς και απαραίτητου νομοθετικού πλαισίου για την κάλυψη αυτής της προσπάθειας. Γι' αυτό και είναι απαραίτητο ως νομοθετικό υπόβαθρο να υπάρχει ένας ευρωπαϊκός κανονισμός, ο οποίος θα αποτελεί

ένα νομοθετικό μέτρο της ΕΕ που θα τίθεται άμεσα σε ισχύ ως νόμος σε όλα τα κράτη-μέλη ταυτόχρονα και θα αναιρεί όλους τους σχετικούς νόμους που ασχολούνται με το ίδιο θέμα.

1.1.2. Ιατρική Πληροφορία και Πληροφορική Υγείας

Η ιατρική πληροφορία συνιστά ένα από τους σημαντικότερους πόρους των νοσοκομείων, αποτελώντας όμως και τον λιγότερο από πόρο. Γενικά οι πληροφορίες μπορούν να καθοριστούν μόνο δια μέσου από των λειτουργιών τους, αφού αποτελούν οργανωμένα στοιχεία ή γνώσεις που παρέχουν μια βάση για τη λήψη αποφάσεων, για το πώς να επιτευχθεί ένας στόχος. Όταν ένας γιατρός αποφασίζει για τον ασθενή του, τα δεδομένα που πρέπει να επεξεργασθεί είναι τα ευρήματα, όπως το ιατρικό ιστορικό του ασθενή και παλαιότερες εξετάσεις του, οι υποθέσεις και οι προηγούμενες νοσηλείες.

Ωστόσο, όταν λαμβάνεται μια απόφαση για την δημιουργία ενός νέου τμήματος ή για μια νέα κλινική υπηρεσία ή για μια νέα σύμβαση ιατρικών ειδών, θα πρέπει να ομαδοποιηθούν τα στοιχεία για τους μεμονωμένους ασθενείς και να συνδυαστούν με τα στοιχεία που απαιτούνται για την επάνδρωση, τις εγκαταστάσεις και άλλους υλικούς πόρους. Δεδομένου ότι οι ιατρικές πληροφορίες είναι απαραίτητες για όλες τις αποφάσεις, τα οφέλη της καλής διαχείρισης πληροφοριών είναι πανταχού παρόντα, έχοντας επιπτώσεις στους νοσοκομειακούς γιατρούς, τους ασθενείς και την διοίκηση του εκάστοτε νοσοκομείου ή ιατρικού κέντρου. Η καλή διαχείριση των πληροφοριών μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα, την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα των υπηρεσιών υγείας, και το σπουδαιότερο μπορεί να επιτρέψει στο ιατρικό και νοσηλευτικό προσωπικό για να δαπανήσει περισσότερο χρόνο με τους ασθενείς.

Η εισαγωγή των σύγχρονων τεχνολογιών της επιστήμης της Πληροφορικής στο χώρο της υγείας συμβάλλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση ανοιχτών κέντρων παροχής υγειονομικής φροντίδας. Η εφαρμογή αυτή της Πληροφορικής είναι σε θέση να καλύψει αρκετές δραστηριότητες, όπως η αποθήκευση, ανάκτηση και μετάδοση ιατρονοσηλευτικών πληροφοριών πάσης φύσεως, η διοίκηση και διαχείριση των υγειονομικών υπηρεσιών, η επεξεργασία, διαχείριση και μεταφορά ιατρικής εικόνας και άλλων σημάτων βιολογικής φύσεως, τα διαγνωστικά συστήματα και η έρευνα στον τομέα της υγείας.

Η εισαγωγή της τεχνολογίας των υπολογιστών και της δικτύωσής τους στο χώρο της υγείας έχει ως αποτέλεσμα να διατίθεται σήμερα στην υγειονομική κοινότητα ένας τεράστιος όγκος πληροφοριών. Η διαχείριση των πληροφοριών αυτών όχι μόνον με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ), αλλά και με νέες μεθόδους κωδικοποίησης και ανάλυσης, συνιστούν τη βάση της επιστήμης της Ιατρικής Πληροφορικής.

Το πεδίο της Ιατρικής Πληροφορικής αφορά τη διαχείριση και τη χρήση της πληροφορίας στην υγειονομική φροντίδα. Η Πληροφορική Υγείας (Health Informatics) ή Βιοϊατρική Πληροφορική (Biomedical Informatics) ή Ιατρική Πληροφορική (Medical Informatics) είναι ένας επιστημονικός κλάδος, που προκύπτει από συνεργαζόμενες εφαρμογές των επιστημών των υπολογιστών, της πληροφορικής, των γνωστικών επιστημών, της διοίκησης επιχειρήσεων - και άλλων επιστημών - που αποσκοπούν κυρίως στην απόκτηση, αποθήκευση και χρήση της πληροφορίας στο χώρο της Υγείας. Αν και η Πληροφορική Υγείας είναι βασικά η εφαρμογή της Πληροφορικής στο χώρο της υγείας, παρουσιάζει σοβαρές διαφορές σε σχέση με τις εφαρμογές της Πληροφορικής στις βασικές επιστήμες (όπως φυσικής, χημείας μηχανολογίας κ.τ.λ.). Πράγματι, στις επιστήμες της Υγείας υπάρχουν - πέραν των διαδικασιών των βασικών επιστημών - και άλλες διαδικασίες υψηλής πολυπλοκότητας, όπου αναλύονται, περιγράφονται ή καταγράφονται ιδιότητες ή λειτουργίες ανθρώπινων οργανισμών (συμπεριλαμβανομένων και των στοιχείων της αντιλήψεως, της αυτοσυνειδήσεως και της συμπεριφοράς). Αυτές οι περιγραφές αναδεικνύουν πολλά και σύνθετα

προβλήματα, για τα οποία είναι δύσκολο να εφαρμοσθούν η συμβατική λογική, οι μαθηματικοί αλγόριθμοι και τα λογισμικά πακέτα, που εφαρμόζονται στις βασικές επιστήμες.

Ο αυτοματισμός και οι υπολογιστές προσφέρουν πολλές λύσεις σε προβλήματα υγείας και υγειονομικής φροντίδας ώστε οι θεράποντες της υγείας (ιατροί, νοσηλευτές κλπ.) να εργάζονται περισσότερο αποτελεσματικά, να προμηθεύονται γρήγορα τις απαραίτητες πληροφορίες και τα δεδομένα υγείας. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνουν την προσφορά τους στον ασθενή. Η Πληροφορική Υγείας έχει εφαρμογές σε όλους τους κλάδους της υγείας, συμπεριλαμβάνοντας την διοίκηση, την πρακτική άσκηση, την εκπαίδευση και την έρευνα. Ειδικότερα, οι βασικές από αυτές τις εφαρμογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής :

- 1) Εφαρμογές Ιατρικού Φακέλου : Ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος ασθενούς παρέχει τη δυνατότητα διαχείρισης και διατήρησης των στοιχείων ασθενών, ήτοι δεδομένων υγείας, εργαστηριακών αποτελεσμάτων, ιατρικών εντολών, δεδομένων φροντίδας, αρχεία εικόνων, δημογραφικών και διαχειριστικών δεδομένων. Επιπλέον, παρέχει την δυνατότητα διασύνδεσης με εφαρμογές μετάδοσης δεδομένων.
- 2) Εφαρμογές στη διαχείριση ασθενών και υλικών : Οι εφαρμογές αυτού του είδους θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν σε ένα λογισμικό όλες τις λειτουργικές προδιαγραφές ενός περιβάλλοντος ιατρείου, ενός διαγνωστικού κέντρου ή νοσοκομείου. Οι βασικές ενότητες του λογισμικού για τις προδιαγραφές αυτές είναι η διαχείριση στοιχείων ασθενών και παρακολούθηση του ιστορικού της υγείας ενός εκάστου ασθενούς (όπως εξετάσεις, διαγνώσεις, θεραπευτικές αγωγές, χειρουργικές επεμβάσεις, εισαγωγή ιστορικού και ακτινογραφιών κλπ.), η διαχείριση ραντεβού ασθενών, η παραγωγή στατιστικών στοιχείων, που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για στατιστικές μελέτες, ο αυτοματισμός γραφείου, που θα παρέχει οπωσδήποτε τη δυνατότητα επεξεργασίας κειμένων, πινάκων και εικόνων και λογισμικών χρήσεων Διαδικτύου, και η διαχείριση υλικών, ώστε να γίνεται ταξινόμηση υλικών κατά αποθήκες και κατηγορίες, να υπάρχουν καρτέλες ειδών, τμημάτων και προμηθευτών, να ελέγχεται το όριο ασφάλειας υλικών στις αποθήκες και να γίνονται αυτόματες παραγγελίες σε προμηθευτές.
- 3) Οικονομικές και λογιστικές εφαρμογές : Οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως για την παραγωγή παραστατικών, τα οποία αφορούν το κόστος παροχής υπηρεσιών υγείας και την αποπληρωμή του. Μέσω των εφαρμογών αυτών, υπάρχει οικονομική παρακολούθηση των μονάδων παροχής υπηρεσιών υγείας.
- 4) Υποστήριξη ιατρικών και βιολογικών εργαστηρίων : Η υποστήριξη αυτή πραγματοποιείται από υπολογιστικά συστήματα, που είναι συνήθως συνδεδεμένα με τις ιατρικές συσκευές και έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν σε αρχεία τις μετρήσεις των συσκευών μέσω του κατάλληλου λογισμικού.
- 5) Υποστήριξη στην επεξεργασία ιατρικών εικόνων : Η υποστήριξη αυτή πραγματοποιείται από υπολογιστικά συστήματα, που έχουν υλικό υψηλών προδιαγραφών κατάλληλο για πολυμέσα και είναι συνδεδεμένα με τις συσκευές ιατρικής απεικόνισης. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά είναι εφοδιασμένα με διάφορα προγράμματα φίλτρων, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η βελτίωση της ποιότητας της ιατρικής εικόνας.
- 6) Υποστήριξη φαρμακείων και διακίνησης φαρμάκου : Τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες μίας εφαρμογής λογισμικού φαρμακείου αφορούν τη διαχείριση φαρμάκων (δηλαδή, την αγορά, αποθήκευση, χορήγηση ή πώληση φαρμάκων), ενώ οι εφαρμογές διακίνησης φαρμάκου αφορούν τη δημιουργία ηλεκτρονικού καταλόγου φαρμάκων.
- 7) Υποστήριξη οδοντοτεχνίας : Η σύγχρονη οδοντοτεχνία χρησιμοποιεί με πολλούς τρόπους τα υπολογιστικά συστήματα, όχι μόνο για την υποστήριξη λειτουργιών διαχείρισης του εξοπλισμού, της αποθήκης, των πελατών και των προμηθευτών, αλλά και για την ορθοδοντική αποκατάσταση, καθώς επίσης και για τη δημιουργία προπλάσμάτων με εμφυτεύματα.
- 8) Υποστήριξη φυσιοθεραπευτηρίων : Το λογισμικό υποστήριξης φυσιοθεραπευτηρίου αφορά τη διαχείριση των στοιχείων των ασθενών, των ραντεβού τους και το ιστορικό τους. Τα στοιχεία αυτά είναι χρήσιμα για στατιστικές εφαρμογές.

- 9) Εφαρμογές στη Νοσηλευτική : Το λογισμικό των εφαρμογών αυτών υποστηρίζουν το έργο του νοσηλευτικού προσωπικού και αποτελούν ένα υποσύνολο πληροφοριακού συστήματος ενός νοσοκομείου. Έργο του λογισμικού αυτού είναι βασικά, η δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου νοσηλευτικού πλάνου για κάθε ασθενή για την παροχή νοσηλευτικής φροντίδας, η οποία ικανοποιείται σε συνδυασμό με τους νοσηλευτικούς στόχους και τις γενικές αναγκαίες νοσηλευτικές παρεμβάσεις που πρέπει να πραγματοποιηθούν. Γενικότερα, η εφαρμογή της Πληροφορικής Υγείας στην Νοσηλευτική περιλαμβάνει την ανάλυση, μοντελοποίηση και τυποποίηση του τρόπου με τον οποίο το νοσηλευτικό προσωπικό συλλέγει και διαχειρίζεται δεδομένα που αναφέρονται στην υγεία, χρησιμοποιεί τα δεδομένα αυτά για να εξαγάγει πληροφορίες και γνώσεις και λαμβάνει ευφυείς νοσηλευτικές αποφάσεις για την ποιοτική φροντίδα του ασθενή.
- 10) Εφαρμογές αναζήτησης δεδομένων υγείας στο Διαδίκτυο : Το Διαδίκτυο θεωρητικά μπορεί και συνδέει όλους τους συμμετέχοντες στην κοινότητα υγειονομικής περίθαλψης (τους ασθενείς, όλους τους επαγγελματίες παροχής υγειονομικής περίθαλψης και τα ασφαλιστικά ταμεία που πληρώνουν) με τις σχετικές του τεχνολογίες όπως το παγκόσμιο και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Γι αυτό οι δυνατότητες που παρέχει το Διαδίκτυο στον τομέα της υγείας και πρόνοιας είναι πάρα πολλές. Μερικά παραδείγματα εφαρμογών των δυνατοτήτων του Διαδικτύου είναι η εύκολη πρόσβαση των ασθενών σε πληροφορίες (που είναι δημοσιευμένες στον παγκόσμιο ιστό) για την πρόληψη ασθενειών, η παροχή ιατρικών συμβουλών μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail) και η παροχή πληροφόρησης σχετικά με τις δραστηριότητες των νοσοκομείων, διαγνωστικών κέντρων και ασφαλιστικών ταμείων για την παροχή υπηρεσιών υγείας.
- 11) Εφαρμογές τηλευγείας : Τα οφέλη για την υγεία των πολιτών μιας χώρας θα είναι πάρα πολλά, αν αναπτυχθούν οι εξελιγμένες εφαρμογές της τηλευγείας. Οι πιο σημαντικές από τις εφαρμογές αυτές είναι η τηλεδιάγνωση και η τηλεσυμβουλευτική (όπως τηλεακτινολογία, τηλεκαρδιολογία, τηλεπαθολογία και τηλεδερματολογία), η τηλεχειρουργική, η πρόληψη (διατροφή, ασθένειες, εμβόλια, συνθήκες διαβίωσης), η τηλεδιάσκεψη-τηλεκπαίδευση και η τηλεϊατρική για υποστήριξη διακομιστικών σταθμών.

Η καλή διαχείριση της ιατρικής πληροφορίας δεν είναι ένα εύκολο και απλό θέμα, αφού απαιτείται πρόσβαση όλων των νοσοκομειακών γιατρών στο κλινικό ιστορικό χρησιμοποιώντας κοινά αρχεία, συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων και μεγαλύτερη αυτοδιαχείριση. Παράλληλα η διάχυση της ιατρικής πληροφορίας είναι αρκετά πολύπλοκη σε σχέση με την εμπιστευτικότητα των στοιχείων των ασθενών, αλλά και σε σχέση με το γεγονός ότι οι περισσότερες δαπάνες στα νοσοκομεία αφορούν τα διαχειριστικά πληροφοριακά συστήματα και όχι τα ιατρικά. Το σημαντικότερο ίσως στοιχείο στην απόκτηση και διάχυση της ιατρικής πληροφορίας είναι ότι η κακή διαχείριση της μπορεί να κοστίζει ανθρώπινες ζωές, ενώ η αξία της είναι δυναμική και μεταβαλλόμενη αφού αλλάζει εξαρτώμενη τόσο από το σε ποιους απευθύνεται, όσο και από ποιους παράγεται.

1.1.3. Ιατρικός Φάκελος

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία, το οποίο αποτελεί τη βάση της ιατρικής πληροφορίας, είναι ο ιατρικός φάκελος. Πρόκειται για την συστηματοποιημένη συλλογή του ιστορικού και της κατάστασης υγείας ενός ασθενούς, ο οποίος δημιουργείται, διατηρείται και συντηρείται από έναν ιατρό ή μια Μονάδα υγείας ή άλλον επαγγελματία φροντίδας υγείας. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης, Ιατρικός Φάκελος είναι η αποθήκη όλων των πληροφοριών που αφορούν στο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς, έτσι ώστε να αποτελεί τη βάση της διάγνωσης και της θεραπευτικής αντιμετώπισης του ασθενούς αλλά και τη βάση επιδημιολογικών ερευνών. Επιπλέον,

παρέχει πληροφορίες διοικητικής, οικονομικής και στατιστικής φύσεως, καθώς και ποιοτικού ελέγχου [4]. Οι ιατρικοί φάκελοι ταξινομούνται σε σχέση με :

- Το περιεχόμενο: Φάκελος ενδο-νοσοκομειακών ασθενών, Φάκελος εξω-νοσοκομειακών ασθενών, Φάκελος Φροντίδας Υγείας.
- Τη δομή: Φάκελος προσανατολισμένος στο πρόβλημα, Φάκελος προσανατολισμένος στο χρόνο, Φάκελος προσανατολισμένος στην εργασία, Φάκελος προσανατολισμένος στην αντιμετώπιση του ασθενή.
- Το σκοπό: Νοσηλευτικός φάκελος, Ακτινολογικός φάκελος, Φαρμακευτικός φάκελος.
- Το μέσο που χρησιμοποιείται για την καταγραφή: Χειρόγραφο φάκελος, Ηλεκτρονικός φάκελος, Φάκελος Πολυμέσων, Φάκελος ασθενή σε μικροφίλμ.

Πάντως ανεξάρτητα από την μορφή που έχει, κάθε ιατρικός φάκελος θα πρέπει να περιέχει όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες που σχετίζονται με την κατάσταση υγείας του ασθενή. Η πληροφορία αυτή αναλυτικότερα αφορά το ιστορικό, τη κλινική εξέταση, τη διάγνωση, τα αποτελέσματα εργαστηριακών και παρακλινικών εξετάσεων, τις απεικονιστικές εξετάσεις, δηλαδή ακτινογραφίες, αξονικές, τομογραφίες, μαγνητικές, υπέρηχοι, τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα και τις ενδοσκοπικές εξετάσεις, δηλαδή γαστροσκόπηση, κολonosκόπηση κ.α.

Συνήθως οι αντίστοιχες εξετάσεις συνοδεύουν τον φάκελο του ασθενούς υπό την μορφή με την οποία δημιουργούνται στα αντίστοιχα εργαστήρια, δηλαδή προτυπωμένα έντυπα για μικροβιολογικές και βιοχημικές εξετάσεις, ακτινογραφικά φιλμ, χαρτιά ηλεκτροκαρδιογραφημάτων, συνοδευόμενα με χειρόγραφα δυσανάγνωστα ιστορικά με σύνθετες, αποδιοργανωμένες σημειώσεις και περιγραφές ελεύθερων κειμένων που περιλαμβάνουν συνώνυμα ή συντμήσεις, που ανατρέπουν την σωστή οργάνωση. Αποτέλεσμα των μορφών αυτών είναι η παραγωγή ενός μεγάλου όγκου ιατρικού φακέλου, με μεγάλη πιθανότητα απώλειας δεδομένων, με μεγάλη δυσκολία ανάκτησης πληροφορίας, με ασύγχρονο συσχετισμό του ιστορικού με τις εξετάσεις και την κλινική εξέταση.

1.1.4. Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος

Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών στις μονάδες υγείας στοχεύουν στην αναβάθμιση των παρεχόμενων προς τον πολίτη υπηρεσιών, στην ορθολογικότερη διαχείριση πόρων και στην ανάπτυξη νέων καινοτόμων προϊόντων και υπηρεσιών. Ειδικότερα με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών, βελτιώνεται το περιβάλλον εργασίας των επαγγελματιών υγείας και δημιουργούνται νέες θέσεις απασχόλησης. Το σημαντικό χαρακτηριστικό στην εισαγωγή των νέων τεχνολογιών δεν είναι μόνο η προμήθεια «προϊόντων» πληροφορικής, αλλά και η αξιοποίησή τους για την παροχή υπηρεσιών σε πλήρη και παραγωγική λειτουργία. Απαιτείται, επομένως, στήριξη της απόφασης εισαγωγής νέων τεχνολογιών από την εκάστοτε διοίκηση της μονάδας υγείας, επαρκής τεχνική στελέχωση, στενή συνεργασία κατά την ανάπτυξη των πληροφοριακών συστημάτων και κινητοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού και χρηστών των συστημάτων αυτών.

Λόγω, λοιπόν, της αυξανόμενης ανάγκης για την παροχή καλύτερων υπηρεσιών υγείας με μικρότερο κόστος, οι σύγχρονοι οργανισμοί παροχής υπηρεσιών υγείας έχουν αναγνωρίσει την ανάγκη για αποτελεσματικότερη διαχείριση ιατρικών πληροφοριών. Γι' αυτό εισήγαγαν την έννοια του «Ηλεκτρονικού Φακέλου Ασθενή», ο οποίος εν συνεχεία μετονομάστηκε σε «Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας» (ΗΦΥ) και άρχισε να χρησιμοποιείται όχι αποσπασματικά κατά τη νοσηλεία του ασθενή, αλλά για τη συνεχή παρακολούθηση της υγείας του. Ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας ορίζεται ως η συστηματοποιημένη συλλογή πληροφοριών υγείας ενός ασθενούς και, κατ' επέκταση, ενός πληθυσμού ανθρώπων, οι οποίες αποθηκεύονται ηλεκτρονικά σε ψηφιακή μορφή και μπορούν να διανέμονται μέσω συνδεδεμένων σε δίκτυα πληροφοριακών συστημάτων μεταξύ των διαφόρων ιατρικών μονάδων. Τα συστήματα ΗΦΥ έχουν σχεδιαστεί για να αποθηκεύουν δεδομένα με ακρίβεια και να καταγράφουν την κατάσταση ενός ασθενούς με την πάροδο του χρόνου και εξαλείφουν την

ανάγκη εντοπισμού προηγούμενων ιατρικών αρχείων του ασθενούς, βοηθώντας έτσι στην εξασφάλιση της ακρίβειας και της ανάγνωσης των δεδομένων.



ΕΙΚΟΝΑ 2 : Ηλεκτρονική Εφαρμογή Παθολογικού Ιατρικού Φακέλου [5]

Ο ΗΦΥ αποτελεί πλέον όχι απλώς τον κεντρικό άξονα στη διαχείριση ιατρικής πληροφορίας, αλλά είναι και το κοινό σημείο αναφοράς για χρήση από ομάδες επαγγελματιών υγείας. Επιπρόσθετα, η κωδικοποίηση των διαγνώσεων, των παρεμβάσεων και των αποτελεσμάτων διευκολύνει την εφαρμογή της νοσηλευτικής διεργασίας και την αναβάθμιση της ποιότητας των νοσηλευτικών υπηρεσιών, οπότε και συμβάλλουν στη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας και υγειονομικής περίθαλψης.

Ο ΗΦΥ μπορεί να είναι «κλασσικός», περιέχοντας στοιχειώδη κλινική πληροφορία, και «μοντέρνος» περιέχοντας επιπλέον κατανεμημένη πληροφορία για ιατρικές απεικονίσεις, ηχογραφήσεις, video, παραγωγή μηνυμάτων και με τη δυνατότητα διασύνδεσης με άλλες μονάδες υγείας. Ένας ιδανικός ΗΦΥ παρέχει τη δυνατότητα σχεδιασμού ιατρικών συμπερασμάτων από τα δεδομένα του, με τη χρήση αλγόριθμων εξόρυξης δεδομένων μεταφράζοντας δεδομένα με επεξεργασία της φυσικής γλώσσας ενός κειμένου, αποτελώντας τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Πολυμέσων (Multimedia Electronic Medical Record, MEMR). Γενικά, ένας κλασσικός ΗΦΥ πρέπει να περιέχει τουλάχιστον σε κάθε χρονική στιγμή την επίσκεψη/επαφή του ασθενούς, το ιατρικό ιστορικό του, τη διάγνωση, τη νοσηλεία (συνταγογράφηση, αποτελέσματα εργαστηριακών εξετάσεων) και τα δημογραφικά στοιχεία του ασθενούς (ονοματεπώνυμο, ΑΦΜ, ασφαλιστικός φορέας, ομάδα αίματος κ.τ.λ.). Πάντως είτε ο φάκελος είναι κλασσικός είτε πολυμεσικός, θα πρέπει να επιτρέπει σε κάθε χρονική στιγμή την ανάκτηση των δεδομένων που αφορούν τον ασθενή είτε ανά μονάδα υγείας, είτε ανά υγειονομική περιφέρεια, είτε σε Εθνικό δίκτυο.

1.1.4.1. Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα του Ηλεκτρονικού φακέλου ξεκίνησε το 1969 από τον Dr. William Edward Hammond II ως το μέρος όπου αποθηκεύονται για πάντα όλες οι πληροφορίες για έναν ασθενή, προσφέροντας του έτσι τις καλύτερες υπηρεσίες, παρέχοντας δηλαδή τη δυνατότητα της γνώσης κάθε λεπτομέρειας του ιστορικού του ασθενή (εξετάσεις, διαγνώσεις, φάρμακα κτλ) και συνεπώς τη συνολική αντίληψη των προβλημάτων υγείας [6]. Το μέρος αυτό είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αντί των χάρτινων

χειρόγραφων φακέλων, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η συλλογή και η χρονική παρουσίαση των δεδομένων της κατάστασης υγείας των ασθενών ανά πάσα χρονική στιγμή.

Η υλοποίηση του Ιατρικού φακέλου πραγματοποιήθηκε με την κατασκευή μιας διασύνδεσης ανάμεσα σε ένα σκάνερ και έναν προσωπικό υπολογιστή (τύπου PDP 12), με ένα πρόγραμμα σε γλώσσα προγραμματισμού assembly που εκτύπωνε το ιατρικό ιστορικό άμεσα από τον ασθενή στο Health Department at Duke University. Από το 1973 το κλείσιμο ραντεβού και οι πληρωμές των εξωτερικών ασθενών λειτουργούσαν βάσει του πρώτου Ηλεκτρονικού Ιατρικού φακέλου (CPR). Αργότερα ομάδα από πέντε γιατρούς και φοιτητές κατασκεύασε το GEMISCH, δηλαδή μια command line γλώσσα που έτρεχε στα λειτουργικά συστήματα εκείνης της εποχής (RSX and VMS Operating Systems), βάσει του οποίου ειδικές εφαρμογές αντικαταστάθηκαν από γενικότερες εφαρμογές. Έτσι δημιουργήθηκε ένα λεξικό από μετα-δεδομένα, παράγοντας τον Ιατρικό Φάκελο που εφαρμόστηκε σε ένα καρκινικό νοσοκομείο 60 κρεβατιών [6].

1.1.4.2. Ο Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα άργησε κατά πολύ η εφαρμογή της Πληροφορικής στο δημόσιο τομέα, ενώ στα δημόσια νοσοκομεία των μεγάλων αστικών κέντρων ξεκίνησε περίπου κατά το τέλος της δεκαετίας του 1980, με την χρήση προσωπικών υπολογιστών σε κάποια τμήματα κυρίως οικονομικά. Παράλληλα το τμήμα Πληροφορικής δεν είχε θεσμοθετηθεί στους περισσότερους οργανισμούς των νοσοκομείων, ενώ σε όποια υπήρχε, είχε ελάχιστο εξειδικευμένο προσωπικό. Ωστόσο δεν υπήρχε εμφανές αποτέλεσμα στην παραγωγικότητα, αφού οι βασικές αλλαγές στην κατανομή και την οργάνωση της δουλειάς, που οφείλονται στην νέα τεχνολογία, καταλήγουν αρχικά σε δυσλειτουργίες.

Κατά την δεκαετία 1990-2000 μέσω της σταδιακής προσαρμογής αναπτύχθηκαν τα τοπικά δίκτυα, που επιτρέπουν την διασύνδεση, την επικοινωνία και την ανταλλαγή πληροφορίας ανάμεσα σε απομακρυσμένους υπολογιστές, ενώ παράλληλα αναπτύσσονται οι βάσεις δεδομένων που ισχυροποιούν και αξιοποιούν την παραγόμενη πληροφορία σε περισσότερα τμήματα, κυρίως διοικητικά και καθόλου νοσηλευτικά/ιατρικά. Αρχικά οι βάσεις δεδομένων χρησίμευαν απλά στην αυτοματοποίηση μιας υπάρχουσας εργασίας, ενώ οι εργαζόμενοι εκπαιδεύονταν στην εισαγωγή δεδομένων στο νέο σύστημα, χωρίς να γνωρίζουν τον τρόπο λειτουργίας, αφού οι χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι θεωρούνταν πολύ δύσκολοι. Επιπλέον, δεν υπήρχαν ενιαίες βάσεις διαχειριστικών δεδομένων, με συνέπεια κάθε νοσοκομείο να επιλέγει εφαρμογές χωρίς σχεδιασμό αποφεύγοντας τον άμεσο ανασχεδιασμό ζητημάτων οργάνωσης, κατευθύνοντας την νοσοκομειακή διαχείριση σε μια οργανωτική «μαύρη τρύπα», ενώ ελάχιστη σημασία δόθηκε στην συλλογή και ηλεκτρονική καταγραφή των κλινικών δεδομένων ή στην έρευνα για τη δομή του ιατρικού φακέλου.

Οι ιατρικοί φάκελοι στα περισσότερα δημόσια νοσοκομεία ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να είναι χειρόγραφοι, ογκώδεις, ασαφείς, δυσεύρετοι, δυσανάγνωστοι ενώ πολλές φορές χάνονται, φθείρονται και αλλοιώνονται. Η αναζήτηση ιστορικών και κλινικών δεδομένων είναι πολύ δύσκολη, ενώ η εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων εντελώς αβέβαιη και πολύπλοκη. Ακόμα και στις ελάχιστες περιπτώσεις που υπάρχει ατομικός ηλεκτρονικός φάκελος, τα περιεχόμενα δεδομένα δεν μπορούν να επικοινωνήσουν ακόμα και με το εσωτερικό δίκτυο του ίδιου νοσοκομείου, με κυριότερη αιτία το ότι ο ηλεκτρονικός φάκελος και το πληροφοριακό διαχειριστικό σύστημα δεν έχουν ούτε την κατάλληλη διασύνδεση ούτε την απαραίτητη διαλειτουργικότητα.

Πιο αναλυτικά, η κλινική πληροφορία για τους εξωτερικούς ασθενείς καταγράφεται χειρόγραφα από τους εφημερεύοντες γιατρούς σε πράσινες καρτέλες, και όταν ο ασθενής επαναεπισκεφθεί το νοσοκομείο αποκτά νέα κάρτα είτε γιατί η προηγούμενη χάθηκε σε κάποια ράφια, είτε γιατί καταχωρήθηκε με διαφορετικό όνομα αποκτώντας άλλο αριθμό μητρώου. Ακόμα κι αν ο ασθενής έχει καταχωρηθεί στο Διαχειριστικό Πληροφοριακό σύστημα αποκτώντας αυτόματα έναν μοναδικό

Αριθμό Μητρώου από το Γραφείο Κίνησης ή τη Γραμματεία Εξωτερικών ιατρείων, οι γιατροί συνεχίζουν να αναζητούν την χειρόγραφη καρτέλα για να καταγράψουν τη διάγνωση και το θεραπευτικό σχήμα, αρνούμενοι την καταγραφή όχι μόνο στο τερματικό τους, αλλά ακόμα και στο εκτυπωμένο έντυπο νοσηλείας. Απλές προγραμματισμένες επεμβάσεις ενώ είναι ήδη καταχωρημένες στο Διαχειριστικό Πληροφοριακό σύστημα και απαιτούν την χωρίς πολυπλοκότητα χειρισμού ηλεκτρονική επιβεβαίωση από το αντίστοιχο ιατρικό/νοσηλευτικό προσωπικό, εξακολουθούν να καταγράφονται στις πράσινες καρτέλες.

Στην περίπτωση των νοσηλευόμενων ασθενών η διαδικασία συμπλήρωσης του ιατρικού φακέλου είναι το ίδιο ασαφές κυρίως ως προς τη διάγνωση και την πορεία της νόσου και λιγότερο ως προς την συνταγογράφηση, αφού στα περισσότερα νοσοκομεία εφαρμόζεται το ηλεκτρονικό ατομικό συνταγολόγιο φαρμάκων. Η ασάφεια αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής στις περιπτώσεις της διάγνωσης στο ηλεκτρονικό εξιτήριο, στο οποίο οι διοικητικοί υπάλληλοι αντιγράφοντας στον ΗΥ την χειρόγραφη διάγνωση εξόδου, αναγκάζονται να «μαντέψουν» το χειρόγραφο κείμενο ή το κείμενο αυτό είναι πολύ γενικό, μη χαρακτηρίζοντας με ευκρίνεια και αξιοπιστία την διάγνωση. Η ίδια ασάφεια εμφανίζεται και στην εγγραφή χρεώσιμου υλικού, αφού πολλά νοσοκομεία δεν χρησιμοποιούν την ηλεκτρονική ατομική χρέωση υγειονομικού υλικού, με αποτέλεσμα λάθη κατά τον υπολογισμό του κόστους και κακή οικονομική διαχείριση.

Μεγάλο πρόβλημα αποτελεί, επίσης, η ηλεκτρονική καταγραφή χειρουργικών επεμβάσεων και η μετεγχειρητική κατάσταση, που μάλλον απαιτούν μορφή ελεύθερου κειμένου, με συνέπεια την απομόνωση της κλινικής κατάστασης του ασθενή σε κάποιον φθαρμένο ογκώδη φάκελο, στοιχείο του αρχείου κάθε νοσοκομείου [7]. Είναι συνεπώς αντιληπτό ότι οι γενικεύσεις στις διαγνώσεις εισόδου ή εξόδου ενός ασθενούς όχι μόνο εμποδίζουν την στοιχειώδη πληροφορία για την κατάσταση υγείας αλλά και δεν παρέχουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης και διάχυσης αυτής της πληροφορίας. Για παράδειγμα, λόγω του είναι δύσκολο να βρεθεί ο χειρόγραφος ιατρικός φάκελος ενός ασθενή, ο οποίος αρχικά νοσηλευόταν σε διαφορετική ιατρική μονάδα, υπάρχει σοβαρό ενδεχόμενο να επαναληφθούν άσκοπες εξετάσεις, ενώ αυξάνονται και οι κίνδυνοι για την υγεία του, όπως χορήγηση φαρμάκου στο οποίο ο ασθενής παρουσιάζει αλλεργία. Χρειάζεται, επομένως, να καθοριστεί ο τρόπος και τα πρότυπα στα οποία πρέπει να καταγράφονται οι ιατρικές αποφάσεις.

1.1.5. Προσωπικός Φάκελος Υγείας (ΠΦΥ)

Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, ένας ασθενής ενδέχεται να λάβει ιατρική φροντίδα από πολλούς παρόχους υπηρεσιών υγείας και επομένως τα ιατρικά του δεδομένα είναι διασκορπισμένα σε πολλά συστήματα χειρόγραφων και ηλεκτρονικών ιατρικών φακέλων. Ένα τέτοιο κατακερματισμένο σύστημα αποθήκευσης και ανάκτησης ιατρικών δεδομένων παρακωλύει την παροχή βέλτιστης ιατρικής φροντίδας στους ασθενείς. Επίσης, ενώ έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες που αφορούν την υιοθέτηση των ΗΦΥ/ΗΙΦ, οι ΠΦΥ δεν έχουν τύχει της ίδιας προσοχής. Οι Προσωπικοί Φάκελοι Υγείας έχουν σαν στόχο να βοηθήσουν τους ασθενείς να είναι περισσότερο ενεργοί στη διαχείριση της υγείας τους [8,9,10,11,12]. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα ΠΦΥ διαθέτουν τη δυνατότητα για αποθήκευση ιατρικών δεδομένων από τα ίδια τα άτομα, ενώ μπορούν να περιλαμβάνουν εργαλεία τα οποία παρέχουν, μεταξύ άλλων, δυνατότητες υποστήριξης αποφάσεων που στόχο έχουν να βοηθήσουν τους ασθενείς στη διαχείριση χρόνιων ασθενειών [12]. Σε κάποιες περιπτώσεις, τα συστήματα ΠΦΥ παρέχουν στον ασθενή δυνατότητες πρόσβασης στα δεδομένα του ιατρικού του φακέλου, ο οποίος φιλοξενείται σε έναν ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών υγείας. Στις περιπτώσεις αυτές, οι ΠΦΥ αποτελούν όψεις των ΗΙΦ/ΗΦΥ αντίστοιχα.

Το Connecting for Health του Ιδρύματος Markle, μια σύμπραξη δημόσιου-ιδιωτικού τομέα της οποίας οι δράσεις εστιάζονται στην δημιουργία διαλειτουργικών πληροφοριακών υποδομών στην Υγεία, όρισε τον ΠΦΥ ως εξής [13,14]: «μια ηλεκτρονική εφαρμογή μέσω της οποίας τα άτομα

μπορούν να προσπελάζουν, να διαχειρίζονται και να μοιράζονται τα ιατρικά δεδομένα και τα δεδομένα ατόμων που τους έχουν εξουσιοδοτήσει, σε ένα περιβάλλον όπου διασφαλίζεται η ιδιωτικότητα, η ασφάλεια και η εμπιστευτικότητα». Αν και ο ορισμός αυτός αποτελεί ένα καλό σημείο αναφοράς, δεν είναι αρκετός για να αποσαφηνιστεί ο τρόπος με τον οποίο οι ΠΦΥ μπορούν να ωφελήσουν τα άτομα και τους παρόχους υπηρεσιών υγείας.

Οι ΠΦΥ θεωρούνται ως ένα σημαντικό μέσο για την συλλογή και αποθήκευση των προσωπικών ιατρικών δεδομένων των πολιτών, τα οποία στη συνέχεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως για τη διαχείριση της υγείας τους. Ένας ΠΦΥ περιλαμβάνει πληροφορίες των οποίων την ευθύνη διαχείρισης έχει το ίδιο το άτομο. Αυτό μπορεί να έρθει σε αντίθεση με τον Ηλεκτρονικό Ιατρικό Φάκελο, ο οποίος δημιουργείται από τον ιατρό και περιέχει πληροφορίες από τις συνεδρίες του με τον ασθενή. Η διαχείριση του ΗΙΦ είναι ευθύνη του ίδιου του ιατρού ή του οργανισμού παροχής υπηρεσιών υγείας στον οποίο αυτός εργάζεται. Το όραμα που υπάρχει είναι, με την πάροδο του χρόνου, ο ΠΦΥ να εξελιχθεί σε ένα περιβάλλον όπου η ιατρική πληροφορία θα ρέει με τρόπο τελειώς διαφανή μεταξύ των συστημάτων που χρησιμοποιούνται από εξουσιοδοτημένους επαγγελματίες υγείας, τους φροντιστές ασθενών, τους παρόχους υπηρεσιών υγείας και τον ασθενή, όταν ο ασθενής επιτρέπει αυτό τον διαμοιρασμό [8]. Πολύ συχνά, όταν γίνεται αναφορά στους συμμετόχους ενός ΠΦΥ, χρησιμοποιείται ο όρος «άτομο» αντί του όρου «ασθενής». Ο λόγος είναι πως με τη χρήση του όρου άτομο δίδεται έμφαση στο γεγονός ότι ο ΠΦΥ, εκτός από εργαλείο που βοηθάει στην καλύτερη αντιμετώπιση των ασθενειών (όπως υπονοείται από τον όρο ασθενής), αποτελεί επίσης σημαντικό εργαλείο, το οποίο που βοηθάει τα άτομα να διατηρήσουν την καλή τους υγεία και φυσική κατάσταση [8].

Η λέξη «φάκελος» στον όρο ΠΦΥ μπορεί να είναι περιοριστικός καθώς υπονοεί ένα μοναδικό στατικό αποθετήριο δεδομένων. Με βάση την αναφορά της National Committee on Vital and Health Statistics (NCVHS), ένας κρίσιμος παράγοντας επιτυχίας των ΠΦΥ είναι η παροχή εργαλείων λογισμικού, τα οποία θα βοηθήσουν τους πολίτες και τους ασθενείς να συμμετέχουν στην διαχείριση των ασθενειών τους. Ένα σύστημα ΠΦΥ παρέχει αυτά τα πρόσθετα εργαλεία. Κατά συνέπεια, ο όρος ΠΦΥ αναφέρεται συνήθως στο σύνολο των δεδομένων τα οποία αποθηκεύονται σε ηλεκτρονική μορφή και σχετίζονται με την υγεία του ατόμου και τη φροντίδα της [9]. Ο όρος «σύστημα ΠΦΥ» αναφέρεται και στα υπολογιστικά εργαλεία που επιτρέπουν σε ένα άτομο να κατανοήσει και να διαχειριστεί τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε έναν ΠΦΥ [9]. Αυτοί οι όροι είναι ανάλογοι με τους όρους ΗΙΦ και σύστημα ΗΙΦ, οι οποίοι υιοθετήθηκαν από τον οργανισμό τυποποίησης Health Level 7, ο οποίος ηγείται των δράσεων προτυποποίησης που αφορούν αυτόν τον τομέα [9]. Οι ΠΦΥ και τα συστήματα ΠΦΥ προορίζονται για χρήση από τους πολίτες, ασθενείς ή τα άτομα που φροντίζουν τους ασθενείς ανεπίσημα. Σε αντίθεση με τους ΠΦΥ, οι ΗΙΦ προορίζονται για χρήση από τους παρόχους υπηρεσιών υγείας.

Σύμφωνα με την NCVHS, αυτή τη στιγμή δεν είναι δυνατή η απόδοση ενιαίου ορισμού στους ΠΦΥ και στα συστήματα ΠΦΥ [9]. Παρόλα αυτά είναι δυνατός αλλά και χρήσιμος ο προσδιορισμός των διαφόρων τύπων ΠΦΥ και συστημάτων ΠΦΥ με βάση τα χαρακτηριστικά τους, δηλαδή το εύρος και τη φύση των πληροφοριών/περιεχομένων τους, τις πηγές των πληροφοριών από τις οποίες αντλούν τα δεδομένα τους, τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες τους, τους διαχειριστές των φακέλων, την τοποθεσία αποθήκευσης του περιεχομένου, την τεχνολογική προσέγγιση για την ασφάλεια και το άτομο που καθορίζει τα δικαιώματα πρόσβασης στα δεδομένα.

Η NCVHS, σε μια προσπάθεια για την καλύτερη κατανόηση και χρήση των συστημάτων ΠΦΥ, διαμόρφωσε ένα αρχικό πλαίσιο χαρακτηριστικών συστημάτων ΠΦΥ, το οποίο αποτελεί σημείο αναφοράς [9] και στο οποίο παρουσιάζονται κάποιες προσεγγίσεις για τα χαρακτηριστικά αυτά :

- a. Εύρος και φύση των πληροφοριών/περιεχομένων : Κάποια συστήματα ΠΦΥ δεν περιλαμβάνουν κλινικά δεδομένα του ατόμου, αλλά πληροφορίες που παρέχονται από το ίδιο το άτομο, άρθρα σε περιοδικά για την προσωπική υγεία ή πληροφορίες για τους παρόχους υπηρεσιών υγείας, ενώ κάποια άλλα συστήματα περιέχουν κλινικά δεδομένα. Ορισμένα από τα συστήματα αυτά περιορίζονται στην καταχώρηση ασθενειών, ενώ άλλα περιλαμβάνουν υποσύνολα πληροφοριών, όπως εργαστηριακές αναφορές και κάποια άλλα περιλαμβάνουν μεγαλύτερο εύρος πληροφοριών.

- b. Πηγές πληροφοριών : Τα δεδομένα στα συστήματα ΠΦΥ μπορούν να προέλθουν από τα άτομα/ασθενείς, τα άτομα που φροντίζουν τους ασθενείς (π.χ. συγγενείς) και τους παρόχους υπηρεσιών υγείας. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις, συστήματα ΠΦΥ τροφοδοτούνται με δεδομένα από συστήματα ΗΦΥ.
- c. Χαρακτηριστικά και λειτουργίες : Τα συστήματα ΠΦΥ προσφέρουν ένα μεγάλο πλήθος λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας ανάγνωσης και εισαγωγής προσωπικών ιατρικών δεδομένων, της ανταλλαγής ασφαλών μηνυμάτων με τους παρόχους υπηρεσιών υγείας, του προγραμματισμού ραντεβού και της ανανέωσης συνταγών. Επιπλέον, παρέχεται η δυνατότητα υποστήριξης αποφάσεων, όπως ειδοποιήσεις για αλληλεπιδράσεις φαρμάκων και υπενθυμίσεις για απαραίτητες υπηρεσίες, η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων από και προς ένα σύστημα ΗΦΥ και η δυνατότητα παρακολούθησης και διαχείρισης των οφελών ενός σχεδίου υγείας και των υπηρεσιών που παρέχονται στο πλαίσιο αυτού του σχεδίου.
- d. Διαχειριστές του φακέλου : Η διαχείριση ενός ΠΦΥ μπορεί να είναι ευθύνη ενός αριθμού ατόμων/φορέων, συμπεριλαμβανομένου του ατόμου/ασθενή, ενός ανεξάρτητου φορέα, ενός παρόχου υπηρεσιών υγείας, μιας ασφαλιστικής εταιρίας ή ενός εργοδότη.
- e. Αποθήκευση περιεχομένου : Τα δεδομένα των συστημάτων ΠΦΥ μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα μεγάλο πλήθος μέσων. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται μια διαδικτυακή βάση δεδομένων, το σύστημα ΗΦΥ ενός παρόχου υπηρεσιών υγείας, ο προσωπικός υπολογιστής ενός ατόμου/ασθενή και μια φορητή συσκευή (π.χ. έξυπνη κάρτα).
- f. Τεχνολογικές προσεγγίσεις : Οι ΠΦΥ και τα συστήματα ΠΦΥ που έχουν αναπτυχθεί μέχρι σήμερα σε γενικές γραμμές δεν είναι διαλειτουργικά (με εξαίρεση τους ΠΦΥ που αποτελούν όψεις των ΗΦΥ) και διαφέρουν ως προς τον τρόπο που χειρίζονται την ασφάλεια, την ταυτοποίηση, καθώς και άλλα θέματα τεχνικής φύσεως.
- g. Δικαιώματα πρόσβασης : Ενώ οι πολίτες/ασθενείς έχουν πάντα πρόσβαση στα δεδομένα τους, δεν καθορίζουν πάντοτε ποιος άλλος έχει δικαιώματα πρόσβασης σε αυτά. Για παράδειγμα, οι ΠΦΥ που αποτελούν όψεις των ΗΦΥ των παρόχων υπηρεσιών υγείας ακολουθούν τους κανόνες ελέγχου πρόσβασης που έχουν τεθεί από τον πάροχο, ενώ σε άλλες περιπτώσεις ΠΦΥ οι ασθενείς έχουν τον αποκλειστικό έλεγχο των φακέλων τους.

1.1.6. Πρότυπα και Κωδικοποίηση της Ιατρικής Πληροφορίας

Η δημιουργία υποδομής ενός πληροφοριακού συστήματος, που θα ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες του χώρου της υγείας, απαιτεί την αρμονική συνύπαρξη και συνεργασία μεθόδων παροχής υπηρεσιών του παρελθόντος και τεχνολογιών του σήμερα. Τα παραπάνω προϋποθέτουν τη θέσπιση και εφαρμογή κωδικών και προτύπων, τα οποία θα καθορίζουν τον τρόπο συλλογής, συνεργασίας και παρουσίασης των δεδομένων από διαφορετικά πληροφοριακά συστήματα. Απαραίτητη λοιπόν θεωρείται η ύπαρξη ενός δικτύου, το οποίο με την χρήση hardware και πολλών ίσως επιπέδων και λειτουργικών μονάδων λογισμικού, θα καταφέρνει να συνδέει όλα αυτά τα συστήματα.

Τα πρότυπα για την κωδικοποίηση μιας πληροφορίας μπορεί να είναι είτε «τεχνικά» για να εξασφαλίζουν την ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ των υπολογιστών (πρότυπα επικοινωνίας), είτε «σηματολογικά» (πρότυπα κωδικοποίησης και αναγνώρισης) που πρέπει να εξασφαλίζουν, για παράδειγμα, ότι το «άσθμα» σε ένα πληροφοριακό σύστημα δεν μεταφράζεται σε «βρογχίτιδα» σε ένα άλλο. Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο βαθμός τελειότητας και ακρίβειας της κωδικοποίησης της ιατρικής πληροφορίας, αφού η διαφοροποίηση μπορεί να αντανακλά σε πραγματικές διαφορές ποιότητας. Μέτριας ποιότητας κωδικοποιήσεις μπορεί να μην ανταποκρίνονται στην εγκυρότητα, αφού περιορίζουν την ικανότητα ορθών εκτιμήσεων από τα διαχειριστικά δεδομένα. Ο τρόπος κωδικοποίησης δεν θα πρέπει απλά να κάνει τα δεδομένα χρήσιμα για περιγραφικούς σκοπούς, αλλά θα πρέπει να διερευνάται σε μεγαλύτερο βάθος με στόχο την αξιοποίηση κλινικών και οικονομικών

πληροφοριών. Για παράδειγμα, είναι πιθανό ότι οι νοσοκομειακοί γιατροί μπορεί να χρησιμοποιούν ίδιες λέξεις για διαφορετικές έννοιες, ακόμη και αν έχουν την ίδια ειδικότητα. Απαιτείται, συνεπώς, περαιτέρω έρευνα που θα καθορίσει τις περιοχές στις οποίες οι περισσότεροι γιατροί συμφωνούν σχετικά με την έννοια των όρων για τις διαγνώσεις. Απαιτείται μια κοινή γλώσσα ιατρικής ορολογίας τόσο σε επίπεδο κωδικοποίησης όσο και σε επίπεδο ονοματολογίας, έτσι ώστε να αποδίδεται αξιοπιστία και ποιότητα στην παραγόμενη ιατρική πληροφορία.

Με τον όρο “Πρωτόκολλα Επικοινωνίας” ονομάζονται τα σύνολα καλά ορισμένων μεθόδων και κανόνων, που πρέπει να ακολουθούνται, ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων. Ένα σύνολο από πρωτόκολλα καθορίζει αυτό που ονομάζεται “Πρότυπο Επικοινωνίας (standards)”. Τα πρότυπα αυτά αναφέρονται στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να γίνεται η μεταφορά πληροφορίας από ένα σύστημα σε κάποιο άλλο, αλλά και στο είδος της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρεται. Ακριβώς παρακάτω, παρουσιάζονται τα σημαντικότερα από τα υπάρχοντα, αλλά και τα εξελισσόμενα, πρότυπα στο χώρο της υγείας.

1.1.6.1. Διεθνή Πρότυπα για την Επικοινωνία μεταξύ των Συστημάτων

CEN/TC 251

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (European Standards Committee – CEN) έχει δημοσιεύσει ένα PreStandard για την αρχιτεκτονική ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου (Electronic HealthCare Record) με την ονομασία ENV 13606. Αυτό ορίζει γενικές δομές πληροφορίας και χαρακτηριστικά κοινά σε κάθε ηλεκτρονικό ιατρικό φάκελο, δηλαδή ένα λογικό μοντέλο, χωρίς να καθορίζει ακριβώς τι ιατρική πληροφορία θα περιέχει ή πως θα υλοποιηθεί. Το ENV 13606 είναι το μόνο πρότυπο ειδικά για ηλεκτρονικό ιατρικό φάκελο στον κόσμο και δεν έχει υλοποιηθεί σε κάποιο σύστημα, αποτελεί όμως αναφορά και υπάρχουν προσπάθειες συνεργασίας και εναρμονισμού της CEN/TC 251 και άλλων προτύπων.

ISO/TC 215

Ο οργανισμός τυποποίησης ISO έχει ιδρύσει την Τεχνική Επιτροπή 215 (TC 215) με στόχο την προτυποποίηση στον τομέα της ιατρικής πληροφορικής (Health Informatics). Ειδικότερα, η ομάδα εργασίας στοχεύει στην ανάπτυξη προτύπων για τη διαχείριση της ιατρικής πληροφορίας και των ιατρικών διαδικασιών. Η επιδίωξη είναι ένα πρότυπο ιατρικού φακέλου, όπου η κατάλληλη πληροφορία θα είναι διαθέσιμη όταν και όπου απαιτείται η υποστήριξη αποφάσεων.

HL7 [15] [16]

Το HL7 (Health Level 7) είναι σήμερα το πλέον ευρέως χρησιμοποιημένο πρότυπο ανταλλαγής πληροφοριών μέσω ηλεκτρονικών μηνυμάτων στο χώρο της υγείας. Σχεδόν όλα τα ευφυή διαγνωστικά μηχανήματα (ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός) υποστηρίζουν το HL7 και σχεδόν όλα τα ιατρικά πληροφοριακά συστήματα υψηλού επιπέδου είναι σε θέση να στείλουν και να λάβουν τα κατάλληλα HL7 μηνύματα, χρησιμοποιώντας τους κανόνες ανταλλαγής μηνυμάτων του πρωτοκόλλου του HL7. Το HL7 είναι ξεκάθαρα το πιο ώριμο πρότυπο ανταλλαγής πληροφοριών μέσω μηνυμάτων. Η έρευνα από την ακαδημαϊκή κοινότητα και την βιομηχανία και τις εταιρίες συμβούλων οδήγησε σ' αυτό το πρότυπο, την κυριότητα του οποίου την κατέχει ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός Health Level Seven ο οποίος έχει τοπικά υποκαταστήματα σε όλες σχεδόν τις χώρες της Ευρώπης, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, στην Αυστραλία / Νέα Ζηλανδία, την Ασία και στη ζώνη του Ειρηνικού.

Ο οργανισμός HL7 δημιουργήθηκε προκειμένου να λειτουργεί ως αξιόπιστο μέσο επικοινωνίας μεταξύ των ενδιαφερομένων φορέων στον τομέα της ιατρικής περίθαλψης, γεγονός που αποτυπώνεται στην ποικιλία που παρουσιάζουν τα μέλη του όπως εταιρίες ιατρικής πληροφορικής,

ιδιωτικοί και δημόσιοι φορείς υγείας - πρόνοιας, ειδικοί σύμβουλοι, εμπειρογνώμονες, εταιρίες ολοκλήρωσης πληροφοριακών συστημάτων (system integrators), ασφαλιστικοί φορείς, εταιρίες ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού, κτλ. Αναγνωρίζοντας λοιπόν την ανάγκη υποστήριξης των τοπικών ομάδων που δραστηριοποιούνται στην προώθηση των προτύπων, ο HL7 στηρίζει τις προσπάθειες αυτές με την δημιουργία τοπικών παραρτημάτων (HL7 affiliates).

Το HL7 είναι ένα σύνολο από ανοιχτά πρότυπα, που επιτρέπει σε ετερογενή ιατρικά πληροφοριακά συστήματα να επικοινωνούν μεταξύ τους, ενώ έχουν θεμελιωθεί 2 βασικές εκδόσεις του, το HL7 v2 και HL7 v3. Η έκδοση v2, παρά την ευρύτερη αποδοχή και τις πολλές υλοποιήσεις, παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα, όπως το ότι δεν υπάρχει ένα λογικό μοντέλο αναφοράς της πληροφορίας που ανταλλάσσεται στα μηνύματα, ούτε τρόπος αναπαράστασης της σχέσης μεταξύ των δεδομένων, και χρησιμοποιεί πολύ ειδική σύνταξη στα μηνύματα, καθιστώντας δύσκολη την εκμάθηση και την υλοποίηση του προτύπου. Επίσης, διαθέτει πολλά προαιρετικά χαρακτηριστικά, κάτι που του παρέχει ευελιξία και συνεισέφερε αποφασιστικά στη διάδοσή του, αλλά που καθιστά σχεδόν αδύνατο τον έλεγχο της συμμόρφωσης προς το πρότυπο των διαφόρων υλοποιήσεων. Έτσι, απαιτείται μεγάλη προσπάθεια για να εξασφαλιστεί ότι δυο εφαρμογές, που θα «μιλήσουν» μεταξύ τους, χρησιμοποιούν τα ίδια χαρακτηριστικά. Η έκδοση v3 αποτελεί το πιο οριστικό πρότυπο HL7, αφήνοντας λίγα περιθώρια για προαιρετικά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιεί αντικειμενοστραφή μεθοδολογία και ορίζει ένα κατανοητό και κοινό για όλους μοντέλο πληροφορίας (Reference Information Model - RIM) που εκφράζεται σε UML και είναι η σαφής αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα στα δεδομένα που ανταλλάσσουν τα μηνύματα. Ακόμη, παρέχει μεθόδους για τη χρήση, μέσα σε μηνύματα κωδικών και ιατρικών λεξικών, από διάφορες εξωτερικές πηγές, παρέχει έναν αξιόπιστο τρόπο αξιολόγησης της συμμόρφωσης μιας συγκεκριμένης υλοποίησης με το πρότυπο HL7 και χρησιμοποιεί τη γλώσσα σήμανσης XML (eXtensible Markup Language) για τη σύνταξη μηνυμάτων.

Στην Ελλάδα ιδρύθηκε και λειτουργεί από το 2003 το παράρτημα (μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα) του διεθνούς οργανισμού Health Level Seven (HL7) με την επωνυμία "HL7 Hellas". Ο ιδρυτικός πυρήνας περιλαμβάνει δεκαπέντε (15) διακεκριμένα ονόματα φορέων τόσο από τον Πανεπιστημιακό όσο και από τον χώρο των εταιριών Ιατρικής Πληροφορικής και Τεχνολογίας. Η συμβολή του προτύπου HL7 στην διατηρησιμότητα και διαλειτουργικότητα των πληροφορικών συστημάτων υγείας είναι τεράστια. Σε διεθνές επίπεδο υπάρχουν πολλά παραδείγματα, όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής αλλά και στην Ευρώπη.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Το DICOM είναι το πρότυπο για την επικοινωνία και τη διαχείριση ιατρικών πληροφοριών απεικόνισης και συναφών δεδομένων [17] και χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση και τη μετάδοση ιατρικών εικόνων που επιτρέπουν την ενσωμάτωση συσκευών ιατρικής απεικόνισης, όπως σαρωτές, διακομιστές, σταθμούς εργασίας, εκτυπωτές, υλικό (hardware) δικτύου και συστήματα αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνίας (Picture Archiving and Communication Systems, PACS) [18]. Έχει υιοθετηθεί ευρέως από τα νοσοκομεία, αλλά και από μικρότερες ιατρικές μονάδες, όπως γραφεία γιατρών και οδοντιάτρων.

Τα αρχεία DICOM μπορούν να ανταλλάγουν μεταξύ δύο οντοτήτων που είναι σε θέση να λαμβάνουν δεδομένα εικόνας και ασθενούς σε μορφή DICOM. Οι διαφορετικές συσκευές συνοδεύονται από «δηλώσεις συμμόρφωσης» DICOM (DICOM Conformance Statements), οι οποίες υποδεικνύουν ποιες κατηγορίες DICOM υποστηρίζουν. Το πρότυπο περιλαμβάνει έναν ορισμό μορφής αρχείου και ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας δικτύου που χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα TCP / IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) [19] [20] για επικοινωνία μεταξύ συστημάτων.

Μια από τις κυριότερες εφαρμογές του προτύπου DICOM βρίσκεται στην ανάπτυξη της σύγχρονης ακτινολογικής απεικόνισης, καθώς ενσωματώνει πρότυπα για μορφές απεικόνισης, όπως ακτινογραφία, υπερηχογραφία, υπολογιστική τομογραφία (Computed Tomography, CT), απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (Magnetic Resonance Imaging, MRI) και ακτινοθεραπεία. Επίσης, περιλαμβάνει πρωτόκολλα για την ανταλλαγή εικόνων (για παράδειγμα, φορητές συσκευές, όπως

DVD), συμπίεση εικόνας, τρισδιάστατη (3-D) απεικόνιση, παρουσίαση εικόνας και αναφορά αποτελεσμάτων [21].

1.1.6.2. Πρότυπα για Κλινικά Δεδομένα

Για την παρουσίαση των κλινικών δεδομένων έχουν δημιουργηθεί πολλά πρότυπα ειδικά για να εκφράσουν με συστηματικό τρόπο διαγνώσεις και διαδικασίες. Σήμερα υπάρχουν παραπάνω από 150 γνωστά συστήματα κωδικοποίησης αλλά αυτά με την ευρύτερη αποδοχή είναι τα ακόλουθα :

ICD (International Classification of Diseases)

Η κωδικοποίηση ICD (έκδοση 9 ή 10) έχει μεταφραστεί σε πολλές γλώσσες, χρησιμοποιούμενη επισήμως για διαγνώσεις εισόδου-εξόδου σε εθνικά συστήματα υγείας πολλών κρατών. Αυτοί οι κωδικοί συντηρούνται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (World Health Organization) [22] και είναι αποδεκτοί παγκοσμίως. Στις Η.Π.Α. το Εθνικό Κέντρο Στατιστικής για την Υγεία (National Center for Health Statistics-NCHS) και το Κέντρο Οικονομικής Διαχείρισης των Οργανισμών Υγείας (Health Care Financing Administration-HCFA) στις ΗΠΑ έχουν υποστηρίξει την ανάπτυξη κάποιων αλλαγών για τους κωδικούς του ICD-9 και έχουν έτσι δημιουργήσει το ICD-9-CM. Η WHO έχει αναπτύξει το ICD-10 και το HCFA έχει δημιουργήσει μια εθελοντική ομάδα για να βοηθήσει στην ανάπτυξη του συστήματος κωδικοποίησης διαδικασιών (Procedure Coding System ICD-10-PCS).

SNOMED (Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine)

Η πολυαξονική κωδικοποίηση SNOMED χρησιμοποιείται κυρίως για την αποτύπωση της κλινικής πληροφορίας, υποστηρίζοντας πολυγλωσσικές εκφράσεις του ιατρικού φακέλου, χρησιμοποιούμενη ευρέως στην Μεγάλη Βρετανία σε συνδυασμό με τους Read Codes. Συντηρείται από το College of American Pathologists (CAP) [23] και είναι ευρέως αποδεκτή για την περιγραφή αποτελεσμάτων παθολογικών εξετάσεων. Έχει πολυαξονική δομή κωδικοποίησης (έντεκα πεδία) η οποία επιτρέπει μεγαλύτερη σαφήνεια σε σχέση με την κωδικοποίηση ICD και έχει σημαντική αξία όσον αφορά το κλινικό κομμάτι. Το CAP έχει αρχίσει να εναρμονίζει το SNOMED με τα πρότυπα HL7 και ACR-NEMA. Το SNOMED αποτελεί ένα από τους πρώτους υποψήφιους για να γίνει το πρότυπο για τον ιατρικό φάκελο βασισμένο σε υπολογιστή.

Read Codes

Οι Read Codes αναπτύχθηκαν στη Μεγάλη Βρετανία και είναι ουσιαστικά μια εκτενής λίστα όρων που χρησιμοποιούνται στο χώρο της υγείας. Ο στόχος είναι να χρησιμοποιηθεί από όλους όσους ασχολούνται με την υγεία και θέλουν να περιγράψουν την θεραπευτική αγωγή και την περίθαλψη των ασθενών τους. Έχει γίνει ιδιαίτερη προσπάθεια ώστε με τη χρήση των Read Codes να μπορεί κανείς να περιγράψει όσο το δυνατόν περισσότερων ειδών πληροφορία έχει να κάνει με την κατάσταση κάποιου ασθενή, σχεδόν σε φυσική γλώσσα, αλλά με κωδικοποιημένο τρόπο ώστε να μπορεί να καταχωρηθεί και να αναζητηθεί από ένα σύστημα πληροφορικής. Καλύπτουν λοιπόν θέματα όπως επαγγέλματα, σημάδια και συμπτώματα, εξετάσεις, διαγνώσεις, θεραπευτικές αγωγές και θεραπείες, φάρμακα και με τις εφαρμογές τους και αρκετές ακόμα περιπτώσεις. Αυτό μπορεί να κάνει δυνατή την αποθήκευση σε έναν υπολογιστή σχεδόν οποιουδήποτε σχετικού με την υγεία κειμένου, από την συνοπτική περιγραφή κάποιου επεισοδίου μέχρι έναν πλήρη ηλεκτρονικό φάκελο ασθενή, εάν αυτό είναι επιθυμητό.

Ο κάθε όρος έχει ένα μοναδικό κωδικό ο οποίος βρίσκεται αποθηκευμένος στον υπολογιστή. Έτσι επιτρέπεται η αποθήκευση, η αναζήτηση και η ανάλυση των δεδομένων. Όταν η πληροφορία επιστρέφεται στην οθόνη, ο γιατρός βλέπει μπροστά του, όχι τον κωδικό αλλά τον οικείο ιατρικό όρο που περιγράφει την κατάσταση. Οι Read Codes θα μπορούσαν ίσως να κάνουν τον Ιατρικό Φάκελο

εύκολα επανακτήσιμο. Είναι γεγονός ότι οι κωδικοί μπορούν να κάνουν τα αρχεία των ασθενών εύκολα αναζητήσιμα και ανακτήσιμα. Η δομημένη μορφή του ιατρικού φακέλου στον υπολογιστή μπορεί να προσπελαστεί και να χρησιμοποιηθεί για να λύσει πολλά προβλήματα που έχουν να κάνουν με την περίθαλψη του ασθενή.

DRG (Diagnosis Related Group)

Ένα DRG είναι η κατηγοριοποίηση μιας επίσκεψης σε κάποιο νοσοκομείο από την άποψη του ποιο ήταν το πρόβλημα και πως αντιμετωπίστηκε σε κάποιον ασθενή. Η κατηγοριοποίηση DRG (μια από τις περίπου 500) προσδιορίζεται από ένα πρόγραμμα ομαδοποίησης (grouper) το οποίο βασίζεται σε διαγνώσεις και διαδικασίες κωδικοποιημένες με το ICD-9-CM καθώς και σε στοιχεία του ασθενή όπως ηλικία, φύλο, διάρκεια παραμονής στο νοσοκομείο και άλλους παράγοντες. Συνήθως το DRG προσδιορίζει το ποσό που θα κοστίζει μια επίσκεψη (με την ευρεία έννοια) ανεξάρτητα από τις χρεώσεις που έχουν προκύψει. Οι κωδικοί DRG έχουν αξία κυρίως για να διευκολύνουν τέτοιου είδους οικονομικές αναλύσεις και όχι για κλινικές έρευνες ή θεραπευτική αγωγή στους ασθενείς, καθώς δεν έχουν την απαραίτητη κλινική σαφήνεια.

ICP-2 (International Classification in Primary Care)

Η κωδικοποίηση ICP-2 έχει αναπτυχθεί από τη WONCA (World Organization of Family Doctors) [24] και έχει μεταφραστεί σε 35 γλώσσες, χρησιμοποιούμενη σε συνδυασμό με την ICD-10 κυρίως στην Πρωτοβάθμια Φροντίδα Υγείας.

Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή των ανωτέρω κωδικοποιήσεων, θα πρέπει να αποτυπώνει επαρκώς και πλήρως την ιατρική πληροφορία, δηλαδή να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά [25] :

- ❖ Να έχει δυνατότητες επέκτασης
- ❖ Να είναι αναγνώσιμη και απλή ώστε να παράγεται εύκολα από λογισμικό
- ❖ Να υποστηρίζει επαρκώς μεγάλου μήκους εκφράσεις
- ❖ Να επιτρέπει την επικοινωνία με άλλες εφαρμογές

1.1.7. Πλεονεκτήματα και Ζητήματα του ΗΦΥ

Ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας προσφέρει πολλά οφέλη. Είναι προσπελάσιμος από περισσότερες θέσεις και από περισσότερα άτομα, ενώ οι πληροφορίες που παρέχει αναζητούνται και διαβάζονται εύκολα. Αποτελεί καλή βάση για ανάλυση των δεδομένων και λήψη αποφάσεων, αφού ενημερώνεται διαρκώς, διευκολύνει τη διεξαγωγή μελετών και ερευνών και αναλύει τα δεδομένα, παράγοντας και στατιστικά αποτελέσματα. Παρακολουθεί συνεχώς την πορεία της υγείας του ασθενή, αξιολογεί ενδεχόμενους κινδύνους, παρέχει έτοιμη λίστα φαρμάκων και παθήσεων και διευκολύνει την παροχή ιατρικής και νοσηλευτικής φροντίδας σύμφωνα με τις ιατρικές οδηγίες. Τέλος, συμβάλλει στη χάραξη πολιτικών δημόσιας υγείας και οικονομικής διαχείρισης και συμβάλλει στη μείωση της χρήσης έντυπων ιατρικών φακέλων, στη μείωση του κόστους λειτουργίας των νοσηλευτικών ιδρυμάτων, στον έλεγχο για τυχόν λανθασμένη συνταγογράφηση και στη μείωση επανάληψης ιατρικών εξετάσεων.

Ωστόσο, ο ΗΦΥ «συνοδεύεται» και με ορισμένα προβλήματα. Καταρχάς, η νοοτροπία του ιατρικού προσωπικού, που είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος αρνητικό στη χρήση Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, θεωρώντας ότι η ηλεκτρονική καταχώρηση δεν αποτελεί ιατρικό έργο αλλά πάρεργο, μη αποδεχόμενο την αλλαγή των κανόνων της λειτουργίας και των διαδικασιών που απαιτούνται κατά την εφαρμογή της Πληροφορικής. Πάντως, ακόμα και στην ιδανική περίπτωση που όλο το ιατρικό προσωπικό αποδεχόταν την ένταξη των σύγχρονων ηλεκτρονικών μέσων στην εργασία τους,

θα έπρεπε πρώτα να εκπαιδευτεί και να εξοικειωθεί με τις νέες τεχνολογίες και τα υπολογιστικά περιβάλλοντα. Ιδιαίτερα, στην Ελλάδα παρατηρούνται :

- Απαξιωμένα συστήματα επαγγελματικής εκπαίδευσης
- Απογοήτευση - πτώση ηθικών αξιών
- Απουσία αφοσίωσης – επαγγελματισμού
- Η εργασία με την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας, γίνεται περισσότερο διατημημένη, συνεπώς απαιτείται εξειδίκευση.
- Η ανταπόκριση σε κάθε νεωτερισμό είναι υπόθεση των νεώτερων, ενώ η αποδοτικότητα φθίνει με την ηλικία.
- Όσο πιο μεγαλύτεροι είναι οι άνθρωποι τόσο περισσότερο άκαμπτοι - λιγότερο επιδεκτικοί εμφανίζονται απέναντι στις καινοτομίες.

Επίσης, η έλλειψη ταυτοποίησης ασθενών με ενιαίους αριθμούς μητρώων, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι πολύ-εγγραφές σε εθνικό επίπεδο, ως πρώτο βήμα δόμησης ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου, η απουσία στενής επικοινωνίας – συνεργασίας ανάμεσα σε νοσοκομεία ακόμα της ίδιας περιφέρειας, με αποτέλεσμα να χάνεται πολύτιμος χρόνος για σχεδιασμό δομών που ήδη έχουν εφαρμοστεί επιτυχώς σε άλλα νοσοκομεία, η έλλειψη ιατρικών πληροφοριακών συστημάτων στα δημόσια νοσοκομεία, αφού στη χώρα μας η πληροφοριακή υποδομή των δημόσιων νοσοκομείων σε αντίθεση με τα ιδιωτικά, έχει επικεντρωθεί κυρίως στη διαχείριση λογιστικών εφαρμογών και όχι σε ιατρικές, και η έλλειψη ποιότητας και ανταγωνισμού των Δημόσιων νοσοκομείων έναντι του ιδιωτικού τομέα, που οδηγεί στην αποτυχία εφαρμογής της νέας τεχνολογίας, αφού δεν είναι δυνατό να σχεδιάζονται δομές και λειτουργίες, χωρίς την παροχή κινήτρων. Τέλος, η τεχνολογική πρόοδος που λόγω της ταχύτητας με την οποία εξελίσσεται επιβάλλει δομικά και λειτουργικά σχήματα ευέλικτα και προσαρμόσιμα σ' αυτήν, έτσι ώστε να μην αποτυγχάνει μία προσπάθεια πριν ακόμα εφαρμοστεί και δοκιμαστεί, η ελλιπής χρηματοδότηση των δημόσιων νοσοκομείων για την εφαρμογή της νέας τεχνολογίας, τα σχετικά ελλιπή δημοσιευμένα στοιχεία για την μελέτη αξιολόγησης των αυτοματοποιημένων πληροφοριακών συστημάτων στην υγειονομική περίθαλψη, αφού ίσως η αξιολόγηση των επενδύσεων ιατρικής πληροφορικής είναι πολυσύνθετη και προβληματική, και η έλλειψη σαφών και συγκεκριμένων στόχων, οι οποίοι πρέπει να προσδιοριστούν στην έναρξη ενός προγράμματος ιατρικής πληροφορίας, σε σχέση με τους οποίους μπορεί να αξιολογηθεί η πραγματική απόδοση του.

1.1.8. Το Ζήτημα της Προστασίας των Δεδομένων ΗΦΥ

Ένα τελευταίο ζήτημα, που αξίζει ιδιαίτερης αναφοράς, είναι το ζήτημα της προστασίας των δεδομένων. Κατά κανόνα, οι βασικότεροι κίνδυνοι κατά την μετάδοση ενός ηλεκτρονικού μηνύματος είναι η υποκλοπή πληροφορίας κατά την μετάδοση του μηνύματος, η αλλοίωση της πληροφορίας και η παραποίηση της ταυτότητας του παραλήπτη ή/και του αποστολέα. Ακόμα και σήμερα εξακολουθούν να υφίστανται κάποιες αδυναμίες στα θέματα ασφάλειας κάτι που οδηγεί σε νέα θεσμικά πλαίσια και πιέσεις στην αγορά για επανασχεδιασμό των ιατρικών πληροφοριακών συστημάτων, δίνοντας έμφαση στην ασφάλεια. Οι κυριότερες πτυχές της ασφάλειας είναι :

- Πιστοποίηση : Έλεγχος της αυθεντικότητας της ταυτότητας των μερών μιας ανταλλαγής δεδομένων (αποστολέας και παραλήπτης)
- Εξουσιοδότηση : Η πρόσβαση του χρήστη πρέπει να είναι εξουσιοδοτημένη και να βασίζεται στα δικαιώματα πρόσβασης του χρήστη. Η πρόσβαση πρέπει να απαγορεύεται σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα
- Εμπιστευτικότητα : Η τήρηση του απορρήτου των δεδομένων – η πληροφορία διατίθεται μόνο σε εκείνους τους χρήστες που είναι εξουσιοδοτημένοι

- Ακεραιότητα : Τα δεδομένα πρέπει να παραμείνουν ακέραια και να μην υποστούν αλλοίωση
- Αδυναμία άρνησης συμμετοχής : Ο χρήστης δεν πρέπει να μπορεί να αρνηθεί την συμμετοχή του στην ανταλλαγή δεδομένων
- Δυνατότητα ελέγχου: Κάθε τροποποίηση ή επεξεργασία των δεδομένων πρέπει να μπορεί να ελεγχθεί, δηλαδή από ποιον έγινε και πότε
- Ευθύνη : Καθορισμός της ευθύνης για την εισαγωγή, αποθήκευση, πρόσβαση ή τροποποίηση κάθε δεδομένου
- Διαφάνεια : Τεκμηρίωση των διαδικασιών της επεξεργασίας για να μπορούν να ελεγχθούν
- Διαθεσιμότητα : Τα δεδομένα και οι υπηρεσίες πρέπει να είναι διαθέσιμα όταν χρειάζεται

Γίνεται, επομένως, εύκολα αντιληπτό ότι η ανάπτυξη συστημάτων ιατρικού φακέλου βασισμένων σε υπολογιστή καθώς και δικτύων υπολογιστών ανάμεσα σε οργανισμούς υγείας, δημιούργησαν την ανάγκη για ανάπτυξη προτύπων και μεθόδων που θα εξασφαλίσουν το ιατρικό απόρρητο και την ασφάλεια των δεδομένων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Εθνικό Σύστημα Υγείας στη Μεγάλη Βρετανία (NHS - National Health System) [26], το οποίο έχει θέσει έναν αριθμό από κατευθυντήριες γραμμές για την εθνική ασφάλεια και την πρόσβαση στα δεδομένα ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες σε υπολογιστές προστατεύονται από παραβιάσεις του απόρρητου, αλλοίωση ή παραφθορά καθώς και απώλεια. Υπάρχουν συγκεκριμένες υποχρεώσεις νομικά κατοχυρωμένες για να διαφυλάξουν την πληροφορία η οποία φυλάγεται σε υπολογιστές του NHS όπως το Data Protection Act [27] και το Computer Misuse Act [28].

1.2. Βιοϊατρικά Σήματα

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένα από τα θεμελιώδη συστατικά του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας ενός ασθενή είναι η διάγνωση της ασθένειας, η οποία βασίζεται σε ιατρικές εξετάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί προηγουμένως. Ένα σημαντικό στοιχείο που «μεταφέρει» κατάλληλη πληροφορία γι' αυτές τις εξετάσεις, την οποία το ιατρικό προσωπικό «παραλαμβάνει» με χρήση κατάλληλων τεχνολογικών οργάνων και συσκευών, είναι τα βιοϊατρικά σήματα.

1.2.1. Ορισμός Βιοϊατρικού Σήματος

Τα βιοϊατρικά σήματα και η ανάλυσή τους έχουν εισχωρήσει τις τελευταίες δεκαετίες στην επιστήμη της ιατρικής, ως απόρροια της τεχνολογικής ανάπτυξης. Αποτελούν ένα βασικό εργαλείο εκτίμησης της παρούσας κατάστασης του ασθενούς, στους περισσότερους τομείς της ιατρικής, μπορούν δε να παράσχουν πληροφορίες για την εξέλιξη μιας νόσου. Με τον όρο βιοϊατρικό σήμα ορίζουμε τις διακυμάνσεις φυσικών μεγεθών στον χρόνο, οι οποίες συμβαίνουν στα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Οι διακυμάνσεις αυτές δύναται να ανιχνευθούν και να καταγραφούν με κατάλληλους αισθητήρες ανάλογα με τη φύση του μεγέθους που μεταβάλλεται. Χάριν κατανόησης μπορούμε να αναφέρουμε ενδεικτικά το ηλεκτροκαρδιογράφημα και του ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, δύο σήματα των οποίων η ανάλυση θα περιγραφεί με μεγάλη λεπτομέρεια. Τα δύο αυτά σήματα καταγράφουν τις μεταβολές των ηλεκτρικών σημάτων που δημιουργούνται από τη λειτουργία των δύο ζωτικών μας οργάνων, της καρδιάς και του εγκεφάλου. Κάθε βιοϊατρικό σήμα παρουσιάζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία από την ιατρική γνώση και εμπειρία μπορούν να χαρακτηριστούν φυσιολογικά, εφόσον παρουσιάζονται στην πλειοψηφία των ανθρώπων που δεν

έχουν διαγνωστεί με κάποια παθολογία σχετιζόμενη με το εν λόγω σήμα. Παρεκκλίσεις από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά ενός βιοϊατρικού σήματος ενδέχεται να σχετίζονται με παθολογικές καταστάσεις και σε συνδυασμό με άλλα ευρήματα και ενδείξεις να οδηγήσουν σε μια ασφαλή διάγνωση και πρόγνωση.

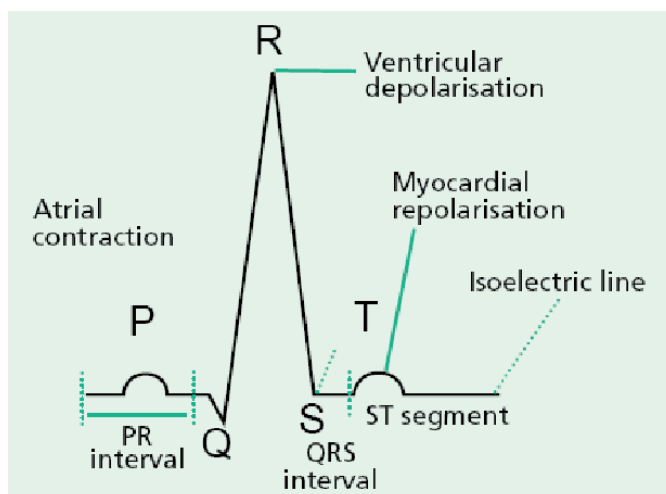
Η ανάγκη της απεικόνισης των εσωτερικών οργάνων του ανθρώπου για διαγνωστικούς σκοπούς, έδωσε το έναυσμα για την καταγραφή των πρώτων βιοϊατρικών σημάτων. Στην αξιοποίηση των πρώτων σημάτων συνέβαλε η πρόοδος των φυσικών επιστημών, που παρείχε τα μέσα για την απεικόνιση των οργάνων με μη επεμβατικό τρόπο. Έτσι ως πρώτη προσπάθεια καταγραφής βιοϊατρικού σήματος μπορεί να λογιστεί η απεικόνιση οργάνων με τη χρήση της τεχνολογίας των ακτινών Χ, η γνωστή μας δηλαδή ακτινογραφία. Η πρώτη ακτινογραφία καταγράφεται στα τέλη του 19ου αιώνα [29]. Τα πρώτα βήματα για την αξιοποίηση μονοδιάστατων βιοϊατρικών σημάτων έγιναν με την καταγραφή και τις πρώτες προσπάθειες ανάλυσης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος [30], και είναι εύλογο, διότι το σήμα της καρδιάς είναι το πιο αισθητό σε έναν οργανισμό, ενώ η καρδιά το πιο ζωτικό του όργανο. Τα πρώτα αποτελέσματα της ανάλυσης του καρδιογραφήματος ώθησαν στην περαιτέρω ανίχνευση και αποκρυπτογράφηση σημάτων που παράγουν οι ζώντες οργανισμοί. Έτσι στα τέλη της δεκαετίας του 1920 με αρχές της δεκαετίας του 1930 παρουσιάστηκαν οι πρώτες ερευνητικές εργασίες καταγραφής και ανάλυσης ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος [31], καθώς επίσης και του ηλεκτρομυογραφήματος [32]. Τα μέσα τα οποία απλόχερα προσέφερε η πρόοδος της τεχνολογίας στην ιατρική, έδωσαν το πλεονέκτημα αρχικά της καταγραφής εικόνας αλλά και βίντεο των ανθρώπινων οργάνων σε πολλές περιπτώσεις, χωρίς να απαιτούνται επεμβατικές μέθοδοι. Τέλος, η εξέλιξη των ασύρματων τηλεπικοινωνιών και το διαδίκτυο έδωσαν τη δυνατότητα της εξ αποστάσεως παρακολούθησης ασθενών σε πραγματικό χρόνο. Μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι είναι αξιοθαύμαστο πως σε λιγότερο από έναν αιώνα ερευνητικών προσπαθειών, η ανθρωπότητα έφτασε από την πρώτη καταγραφή βιοσήματος στη συνεχή παρακολούθηση ασθενών με φορητές συσκευές και συστήματα τηλεϊατρικής.

1.2.2. Τεχνολογικά Μέσα για Εξαγωγή Βιοϊατρικών Σημάτων

Στην εποχή μας υπάρχει πληθώρα οργάνων και αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και καταγραφή των βιοϊατρικών σημάτων. Συνοπτικά θα αναφερθούμε στα σημαντικότερα τεχνολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα ιατρική στάθμιση με σκοπό την εξαγωγή βιοϊατρικών σημάτων :

- ✓ Ηλεκτρόδια : Τα ηλεκτρόδια είναι ηλεκτρικοί δυναμικοί αισθητήρες (electrical potential sensor). Υπάρχουν ποικίλα μεγέθη και σχήματα ηλεκτροδίων ανάλογα με το βιοϊατρικό σήμα που στοχεύουν να καταγράψουν ή τις πειραματικές συνθήκες, οι οποίες χρησιμοποιούνται κάθε φορά. Τα ηλεκτρόδια μπορούν να διακριθούν σε επιφανειακά ηλεκτρόδια, βελονοειδή ηλεκτρόδια, σφηνοειδή ηλεκτρόδια, υποσκληρίδια ηλεκτρόδια λωρίδας (subdural strip electrodes) και εν τω βάθει ηλεκτρόδια (depth electrodes). Τα πλέον χρησιμοποιούμενα στην κλινική πράξη είναι τα επιφανειακά, τα οποία προσκολλώνται στο δέρμα με ζελέ, καταγράφοντας το σήμα με μη επεμβατικό τρόπο. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) και το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ) εμπίπτουν στις βασικές εφαρμογές ηλεκτροδίων.
- ✓ Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες : Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι κατασκευασμένοι από πολυκρυσταλικά υλικά και έχουν την ιδιότητα να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα όταν τους ασκηθεί μηχανική πίεση. Στον τομέα της υγείας πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες συναντάμε στις συσκευές μέτρησης του αναπνευστικού ρυθμού αλλά και σε συστήματα ανάλυσης κίνησης, όπως για παράδειγμα σε συστήματα ανάλυσης της βάδισης.
- ✓ Επιταχυνσιόμετρα : Τα επιταχυνσιόμετρα είναι αισθητήρες που ανιχνεύουν δυνάμεις από επιτάχυνση του αντικειμένου. Δύναται να εντοπίσουν είτε τις δυνάμεις που ασκούνται

στατικά, όπως για παράδειγμα η δύναμη που ασκείται από την επιτάχυνση της βαρύτητας, είτε δυνάμεις που ασκούνται από τις μεταβολές της ταχύτητας ενός κινητού αντικειμένου. Τα επιταχυνσιόμετρα είναι ευρέως διαδεδομένα σε εφαρμογές μελέτης της κίνησης ασθενών.



ΕΙΚΟΝΑ 3 : Τυπική μορφή ΗΚΓ για ένα κύκλο ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς [33]

- ✓ **Γυροσκόπια :** Το γυροσκόπιο είναι το όργανο που μετρά μεταβολές της διεύθυνσης ενός αντικειμένου και είναι βασισμένο στην αρχή της γωνιώδους ορμής. Το όργανο περιέχει ένα σώμα που συνήθως είναι σε σχήμα δίσκου και το οποίο είναι ελεύθερο να περιστραφεί προς μία ή περισσότερες κατευθύνσεις κάθε φορά που το σύστημα αλλάζει τη διεύθυνσή του. Πλέον υπάρχει μεγάλη εξοικείωση με τέτοιου είδους όργανα, διότι αποτελούν μέρος συσκευών που χρησιμοποιούμε ευρέως στην καθημερινότητά μας, όπως για παράδειγμα τα έξυπνα τηλέφωνα (smart phones).
- ✓ **Γωνιόμετρα :** Τα γωνιόμετρα είναι όργανα, τα οποία έχουν την ιδιότητα να μετρούν την γωνία μιας κίνησης. Η χρησιμότητά τους εντοπίζεται στην παρακολούθηση της κίνησης ασθενών και συγκεκριμένα στο εύρος της κίνησής τους. Τα γωνιόμετρα σε συνδυασμό με τα επιταχυνσιόμετρα και τα γυροσκόπια μπορούν να αποτυπώσουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τις κινήσεις ενός ασθενούς και με την ανάλυση των σημάτων που παράγουν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.
- ✓ **Όργανο ελέγχου οξυγόνου αίματος :** Το όργανο ελέγχου οξυγόνου αίματος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου στο αίμα με μη επεμβατικό τρόπο. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι η απορρόφηση φωτός διαφορετικού μήκους κύματος από την αιμοσφαιρίνη του αίματος διαφοροποιείται και εξαρτάται από το ποσοστό της οξυγόνωσης της. Για την μέτρηση του ποσοστού της οξυγόνωσης λαμβάνεται υπόψη ότι το φως που εκπέμπεται μέσα από τους ιστούς έχει μια παλμική συνιστώσα, λόγω της διαφορετικής ροής αίματος που αλλάζει κατά τη διάρκεια ενός παλμού.
- ✓ **Μαγνητικός τομογράφος :** Είναι εύκολα κατανοητό ότι ο εξοπλισμός που απαιτείται για την δισδιάστατη ή τρισδιάστατη απεικόνιση εσωτερικών ανθρώπινων οργάνων και μάλιστα χωρίς επέμβαση είναι πολύ περισσότερο περίπλοκος από τους απλούς αισθητήρες για την καταγραφή των μονοδιάστατων βιοσημάτων. Στους εξοπλισμούς αυτούς συγκαταλέγεται ο Μαγνητικός τομογράφος, ο οποίος αποτελεί μια από τις πιο ακριβείς διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε επίπεδο διαγνωστικών μέσων. Σκοπός του είναι η απεικόνιση οργάνων σε τομές με τη μέθοδο του μαγνητικού συντονισμού και αποτελείται από διαφορετικών ειδών πηνία με σκοπό τη δημιουργία μαγνητικών πεδίων για τη διέγερση των ιστών.
- ✓ **Υπερηχογράφος :** Η συσκευή αυτή εκμεταλλεύεται τις ιδιότητες που έχουν κάποια κρυσταλλικά υλικά να μετατρέπουν τη μηχανική πίεση που τους ασκείται σε ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό είναι το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, το οποίο χρησιμοποιείται και για την παραγωγή των υπερήχων αλλά και για την ανίχνευσή τους. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελούν τα ηχητικά κύματα που δεν είναι τίποτε άλλο από πυκνώματα και αραιώματα

αέρα. Όταν ένας κρύσταλλος αντιλαμβάνεται αυτές τις διακυμάνσεις της πίεσης, παράγει ηλεκτρικά σήματα αντίστοιχα. Επίσης, όταν ασκείται ηλεκτρική ενέργεια στον κρύσταλλο, αυτός υπόκειται σε παραμορφώσεις και δονείται παράγοντας ηχητικά σήματα. Στα παραπάνω φαινόμενα βασίζεται η αρχή λειτουργίας του υπερηχογράφου με τον οποίο διεξάγονται μια σειρά εξετάσεων για την απεικόνιση ανθρώπινων οργάνων.

- ✓ **Οπτικό Μικροσκόπιο :** Τα οπτικά μικροσκόπια είναι τα μικροσκόπια εκείνα, τα οποία αξιοποιούν το ορατό παράθυρο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Με μία διάταξη φακών επιτυγχάνεται η μεγέθυνση του αντικειμένου (δείγματα ιστού, κυττάρου κ.ο.κ), ώστε να καθίστανται περισσότερο ευδιάκριτα τα ιατρικά ευρήματα. Τα προς εξέταση δείγματα είναι συνήθως τοποθετημένα σε γυάλινο υπόστρωμα το οποίο τοποθετείται σε θέση κάτω από την διάταξη των φακών. Πολλά σύγχρονα μικροσκόπια παρέχουν λογισμικό για εύκολη απεικόνιση και αποθήκευση εικόνων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς επίσης και ρομποτικές διατάξεις για λεπτομερή κίνηση των δειγμάτων.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι ο όρος βιοϊατρικό σήμα δεν περιορίζεται σε μονοδιάστατα σήματα, αλλά αντιπροσωπεύει ένα ευρύ φάσμα σημάτων, μονοδιάστατων και πολυδιάστατων, ανάλογα με τη φύση και τις ανάγκες της ιατρικής επιστήμης. Όσο πιο πολυδιάστατο είναι ένα σήμα τόσο καλύτερα αποδίδει την τρέχουσα ιατρική κατάσταση ενός ασθενούς και η αναφορά αυτή δε θα απείχε πολύ από την πραγματικότητα. Στον αντίποδα, πολυδιάστατα σήματα συνήθως απαιτούν και πιο ακριβό ιατρικό εξοπλισμό, αλλά και χρονοβόρες και υψηλού κόστους διαδικασίες. Έτσι, ανάλογα με την κρισιμότητα της κατάστασης, ο ιατρός έχει στα χέρια του τα κατάλληλα εργαλεία, ώστε να κρίνει ποια θα χρησιμοποιήσει κατά περίπτωση.

1.3. Μη μεταδιδόμενες ασθένειες (Non-Communicable Diseases)

Έχοντας πλέον κατανοήσει τη λειτουργία ενός συστήματος ΗΦΥ και το βασικό στοιχείο μετάδοσης ιατρικής πληροφορίας από τον ασθενή στο σύστημα, μπορούμε να επικεντρωθούμε στην ανάλυση των μη-μεταδιδόμενων ασθενειών και να εξηγήσουμε το λόγο που ασχολούμαστε αποκλειστικά με αυτές, ως προς την επεξεργασία τους από ανάπτυξη εφαρμογών ΗΦΥ, μέσω των ζητημάτων που προκαλούν παγκοσμίως. Με άλλα λόγια, ποιοι είναι οι λόγοι που μας κάνουν να ξεχωρίζουμε τις μη-μεταδιδόμενες ασθένειες από άλλες;

1.3.1. Γενικές πληροφορίες για NCDs

Μη-μεταδιδόμενες ασθένειες (NCDs) ορίζονται ως οι ασθένειες που δεν μπορούν να μεταδοθούν απευθείας από έναν άνθρωπο σε έναν άλλο και μπορούν να είναι είτε χρόνιες είτε οξείες. Οι περισσότερες είναι μη-μολυσματικές, αν και υπάρχουν κάποιες μη-μεταδοτικές μολυσματικές ασθένειες, όπως παρασιτικές ασθένειες στις οποίες ο κύκλος ζωής του παράσιτου δεν περιλαμβάνει άμεση μετάδοση από ξενιστή σε ξενιστή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μη-μεταδιδόμενων ασθενειών είναι η νόσος Πάρκινσον, αυτοάνοσες ασθένειες, εγκεφαλικά επεισόδια, καρδιακές παθήσεις, τα περισσότερα είδη καρκίνου, διαβήτης, χρόνια νεφρική νόσο, οστεοαρθρίτιδα, οστεοπόρωση, η νόσος Αλτσχάιμερ και ο καταρράκτης.

Οι μη-μεταδιδόμενες ασθένειες αποτελούν την κύρια αιτία των θανάτων παγκοσμίως. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας [34], τα τελευταία χρόνια αποτελούν περίπου το 71% όλων

των θανάτων ετησίως (41 εκατομμύρια). Κάθε χρόνο, 15 εκατομμύρια άνθρωποι ηλικίας από 30 έως 69 πεθαίνουν από κάποια NCD, ενώ το 85% από αυτούς τους πρόωρους θανάτους προέρχονται από αναπτυσσόμενες χώρες. Οι καρδιαγγειακές παθήσεις αντιπροσωπεύουν τους περισσότερους θανάτους (περίπου 17.9 εκατομμύρια άτομα ετησίως), ακολουθούμενες από καρκίνους (9 εκατομμύρια), αναπνευστικές ασθένειες (3.9 εκατομμύρια) και διαβήτη (1.6 εκατομμύρια). Αυτές οι 4 ομάδες ασθενειών αποτελούν το 80% όλων των πρόωρων θανάτων από NCDs.

1.3.2. Παράγοντες κινδύνου

Όλες οι κατηγορίες μη-μεταδιδόμενων ασθενειών έχουν έναν κοινό παρονομαστή, τους παράγοντες κινδύνου (risk factors). Πράγματι, ο Καπνός (Tobacco), το αλκοόλ, η υψηλή αρτηριακή πίεση, η κακή διατροφή και η σωματική αδράνεια υποδείχθηκαν, με διαφορετική βαρύτητα το καθένα, ως παράγοντες που αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης μιας εκ των 4 παραπάνω κατηγοριών NCD. Μάλιστα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, αυτοί οι παράγοντες εμφανίζονται να επηρεάζουν τους ανθρώπους παγκοσμίως με αυξανόμενη τάση.

Risk factor	Deaths ($\times 10^3$)	% of total death	DALYs ($\times 10^3$)	% of total DALY
Hypertension	7141	12.8	64270	04.5
Tobacco	4907	08.8	59081	04.1
High cholesterol	4415	07.9	40437	02.8
Low fruit & veg	2726	04.9	26662	01.9
Overweight	2591	04.6	33415	02.3
Alcohol	1804	03.2	58323	04.0
Phys. inactivity	1922	03.4	19092	01.3

ΕΙΚΟΝΑ 4 : Καταγραφή των παραγόντων κινδύνου NCDs και θανάτων το 2002 [35]

Σε παγκόσμιο επίπεδο, πολλοί από τους παράγοντες κινδύνου για καρδιακές παθήσεις, διαβήτη, καρκίνο και πνευμονικές ασθένειες οφείλονται στον τρόπο ζωής των ανθρώπων, άρα μπορούν να προληφθούν. Η σωματική αδράνεια, η κακή διατροφή και το κάπνισμα αποτελούν σοβαρές αιτίες [36]. Ο Καπνός αποτελεί τον σημαντικότερο κίνδυνο και ενώ είναι αποδεδειγμένα η κυριότερη αιτία καρκίνου, μπορεί να είναι υπεύθυνος και για καρδιαγγειακές παθήσεις και για χρόνιες αναπνευστικές ασθένειες. Ο Καπνός και η κακή διατροφή συνδυαστικά είναι υπεύθυνοι για το 40% των θανάτων ανθρώπων που διαγνώστηκαν με κάποια μορφή καρκίνου. Τέλος, η παχυσαρκία, ως συχνό αποτέλεσμα κακής διατροφής, είναι ο κύριος παράγοντας για εμφάνιση διαβήτη τύπου 2.

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα περίπου 100 εκατομμύρια άνθρωποι απεβίωσαν παγκοσμίως από ασθένειες που σχετίζονται με κατανάλωση Καπνού, όπως καρκίνος, χρόνια πνευμονοπάθεια, διαβήτη και καρδιοαγγειακές παθήσεις [37]. Αξίζει να αναφερθεί ότι ενώ παρατηρείται μείωση στη χρήση Καπνού στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, δεν ισχύει το ίδιο με τις αναπτυσσόμενες όπου υπάρχει αύξηση κατά 3.4% ετησίως. Σήμερα, το 80% των 1.2 δισεκατομμυρίων καπνιστών στον κόσμο ζουν σε φτωχότερες χώρες, ενώ το 2000 καταγράφηκαν σε αναπτυσσόμενες χώρες 2.5 εκατομμύρια θάνατοι που οφείλονταν στο κάπνισμα [38].

Το υπερβολικό βάρος και η παχυσαρκία οδηγούν σε ανεπιθύμητες μεταβολικές αλλαγές, όπως η αντίσταση στην ινσουλίνη και στην αύξηση της αρτηριακής πίεσης και της χοληστερόλης. Αποτέλεσμα αυτών των αλλαγών είναι η ευκολότερη εμφάνιση καρδιοαγγειακών παθήσεων, διαβήτη και πολλών τύπων καρκίνων [39]. Σε παγκόσμια κλίμακα, το υπερβολικό βάρος επηρεάζει 1.2 δισεκατομμύρια ανθρώπους εκ των οποίων οι 300 εκατομμύρια θεωρούνται κλινικά παχύσαρκοι. Ειδικά στις ΗΠΑ το ποσοστό των ανθρώπων με υπερβολικό βάρος φτάνει το 60%, ωστόσο μεγάλα ποσοστά παρατηρούνται και σε ορισμένες αναπτυσσόμενες χώρες, όπως το Κουβέιτ, ενώ πλέον

υπάρχουν περισσότερα ανήλικα παιδιά που θεωρούνται υπέρβαρα σε σχέση με παλαιότερα χρόνια. Μάλιστα, σύμφωνα με τη Διεθνή Ομάδα Παχυσαρκίας (International Obesity Task Force - IOTF) και έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας το 2002, περίπου το 60% των κρουσμάτων διαβήτη μπορεί να αποδοθεί στο υπερβολικό βάρος και την παχυσαρκία [37]. Επίσης, εκτιμάται ότι σχεδόν 6 στους 10 ανθρώπους στον κόσμο δεν αθλείται αρκετά.

Η κατανάλωση αλκοόλ έχει επίσης αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, με το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης να παρατηρείται σε αναπτυσσόμενες χώρες. Το 2000, το αλκοόλ ήταν υπεύθυνο για σχεδόν 2 εκατομμύρια θανάτους στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας το 4% των παγκοσμίων θανάτων, ενώ επιπρόσθετα, εκτιμήθηκε ότι προκάλεσε στο 20 έως 30% των περιπτώσεων καρκίνου του οισοφάγου, ηπατική νόσο, επιληψία καθώς και τροχαία ατυχήματα [37].

Συμπερασματικά, οι μη-μεταδιδόμενες ασθένειες δεν αφορούν μόνο τις αναπτυγμένες χώρες και γίνονται όλο και πιο συχνές ακόμα και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι ασθένειες αυτές συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό σε παράγοντες κινδύνου, όπως το κάπνισμα, το αλκοόλ, η παχυσαρκία, η κακή διατροφή και η σωματική αδράνεια. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας και πολλοί άλλοι οργανισμοί και ενώσεις παροτρύνουν τους υπευθύνους λήψης αποφάσεων για την υγεία να αναπτύξουν αποτελεσματικές, προληπτικές στρατηγικές για να σταματήσουν την αυξανόμενη τάση των NCDs μέσω του ελέγχου των παραγόντων κινδύνου. Παρ' όλα αυτά, αν και οι περισσότερες αναπτυγμένες χώρες αντέδρασαν με ρεαλιστικά μέτρα, η γενικότερη στάση παραμένει παθητική, κυρίως επειδή οι αναπτυσσόμενες χώρες αρκούνται στην υιοθέτηση εθνικών συμβάσεων και την τήρηση διεθνών συστάσεων, όπως απαγόρευση του καπνίσματος σε δημόσιους χώρους, ο έλεγχος σε οδηγούς για το αν οδηγούν υπό την επήρεια αλκοόλ, η ενθάρρυνση της σωματικής άσκησης, η προώθηση της υγιεινής διατροφής και η βελτίωση της πρωτοβάθμιας υγειονομικής περίθαλψης για έλεγχο και έγκαιρη ανίχνευση χρόνιων ασθενειών. Σε αυτές τις χώρες συνολικά 1.3 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε εύθραυστα (από οικονομική άποψη), απομακρυσμένα και αγροτικά οικοσυστήματα [40]. Έτσι, η στάση αυτή μπορεί εν μέρει να εξηγηθεί από την έλλειψη οικονομικών πόρων και τον κακό προϋπολογισμό, που επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης, όμως η κακή διαχείριση και η απουσία καλής θέλησης αναλαμβάνουν μεγάλο μέρος της ευθύνης. Είναι, πάντως, δεδομένο ότι για να προληφθεί η περαιτέρω αύξηση των κρουσμάτων μη-μεταδιδόμενων ασθενειών, απαιτούνται επείγουσες, προληπτικές ενέργειες και αποτελεσματικές στρατηγικές που θα αντιμετωπίζουν τους παράγοντες κινδύνου.

2. Διεθνώς Αναγνωρισμένα Πρότυπα (Standards) ΗΦΥ

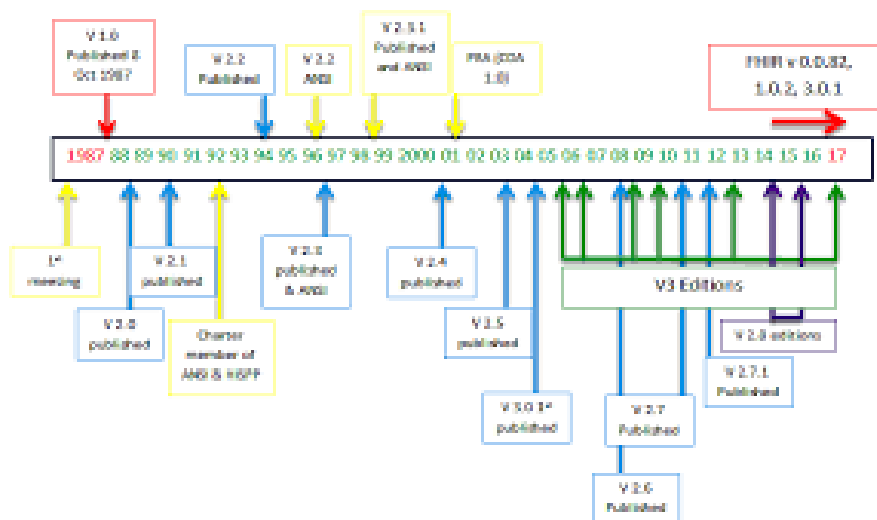
Ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας (ΗΦΥ) αποτελεί ένα σύστημα υγείας που έχει ως στόχο να παρέχει έγκαιρες και ακριβείς κλινικές πληροφορίες, οι οποίες αποσκοπούν στη βέλτιστη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον ασθενή. Ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητας και των διαφορετικών απαιτήσεων ενός τέτοιου συστήματος μεταξύ διαφορετικών χωρών, εφαρμογών και μορφών πληροφοριών, δεν έχει αναπτυχθεί κάποιο γενικό πρότυπο ώστε να μπορεί να ενσωματώσει όλα τα δεδομένα από διαφορετικά συστήματα και εφαρμογές. Ως μια κατεύθυνση προς αυτό το στόχο, ήδη έχουν αναπτυχθεί αρκετά πρότυπα (ή standards) ΗΦΥ τα οποία έχουν ως στόχο να μεταδίδονται και να αποθηκεύονται ιατρικές πληροφορίες, όπως μηνύματα (messaging) και εικόνες, μεταξύ νοσοκομείων και ιατρικών κέντρων που χρησιμοποιούν διαφορετικά τεχνολογικά συστήματα και συσκευές. Στην προηγούμενη εισαγωγική ενότητα έγινε μια πρώτη σύντομη αναφορά στα πιο διαδεδομένα σε διεθνές επίπεδο πρότυπα, οπότε σε αυτή την ενότητα θα αναφέρουμε τα είδη ιατρικής πληροφορίας που εξυπηρετούν, θα εξετάσουμε την εξέλιξη τους, μέσω των διαφόρων εκδόσεων τους που έχουν κυκλοφορήσει, και θα μελετήσουμε τυχόν αρχιτεκτονικές, μοντέλα, αρχές και διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη αυτών των προτύπων.

2.1. Health Level 7 (HL7)

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, η διαθεσιμότητα των ιατρικών πληροφοριών των ασθενών αποτελεί σημαντικό ζήτημα. Αυτή η ανταλλαγή πληροφοριών σε όλο το φάσμα της ιατρικής φροντίδας θεωρείται σήμερα πολύ κρίσιμη μαζί με το γενικό πλαίσιο που αφορά τους ασθενείς που βρίσκονται σε ένα ιατρικό περιβάλλον. Μάλιστα, το θέμα της διαθεσιμότητας των ιατρικών πληροφοριών τόσο ενδονοσοκομειακά όσο και μεταξύ των νοσηλευτικών ιδρυμάτων είναι μία από τις κυριότερες υποθέσεις για τους υπεύθυνους του management των νοσοκομείων. Έτσι, έχουν καταβληθεί προσπάθειες τις τελευταίες δεκαετίες για την ανάπτυξη ιατρικών προτύπων για την επίτευξη της διαλειτουργικότητας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Το πρότυπο HL7 είναι πολύ σημαντικό ακριβώς γι' αυτό το σκοπό και χρησιμοποιείται ευρέως για την επικοινωνία των ιατρικών πληροφοριών μεταξύ των διαφόρων πληροφοριακών συστημάτων [41] και αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο για την εφαρμογή του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας.

Ο ΗΦΥ βελτιώνει τις αποφάσεις σχετικά με την υγειονομική περίθαλψη, διότι επιτρέπει την πρόσβαση στις σχετικές κλινικές πληροφορίες του ασθενούς στο σημείο λήψης αποφάσεων. Πρόκειται για ένα καταναμημένο σύστημα που προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις και τη συνεργασία διαφόρων ανεξάρτητων πληροφοριακών συστημάτων για την επίτευξη μια συγκεκριμένης διαδικασίας υγειονομικής περίθαλψης. Ως εκ τούτου, η ανάπτυξη του ΗΦΥ απαιτεί την επιτυχή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφόρων συστημάτων. Επομένως, χωρίς το HL7, δεν θα υπήρχε αυτή η διαλειτουργικότητα. Ένα μεγάλο ζήτημα στη μεταφορά αυτών των ιατρικών πληροφοριών ήταν η έλλειψη ενός σαφώς καθορισμένου πλαισίου. Προκειμένου, λοιπόν, να μεγιστοποιηθεί το όφελος από την ιδέα της ανταλλαγής πληροφοριών, το πρότυπο HL7 εισήγαγε ένα σαφώς καθορισμένο πλαίσιο για την υποστήριξη της ενσωμάτωσης των συστημάτων, την ανταλλαγή πληροφοριών, τη διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων και την ανάκτηση πληροφοριών για την υγεία μεταξύ διαφορετικών ιατρικών συστημάτων και προμηθευτών υγειονομικής περίθαλψης [42]. Επίσης, έχει καθορίσει τον τρόπο επικοινωνίας και «συσκευασίας» (packaging) των πληροφοριών από το ένα σύστημα στο άλλο, τη ρύθμιση γλώσσας, τους τύπους δεδομένων και τη δομή που απαιτείται για την ομαλή ενσωμάτωση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.

Το πρότυπο HL7 έχει αναπτυχθεί από τον συνονόματο οργανισμό (Health Level 7), ο οποίος κατέχει ηγετικό ρόλο στο πεδίο της υγειονομικής φροντίδας και έχει εισάγει πολλές τυποποιημένες εκδόσεις στον κλάδο της υγειονομικής περιθάλψης. Παρακάτω παρουσιάζεται η ανάπτυξη του προτύπου με τις διάφορες εκδόσεις του από το 1987 έως και το 2017. Η πρώτη έκδοση v1.0 (version 1.0) αναπτύχθηκε το 1987, στη συνέχεια οι σημαντικότερες εκδόσεις που ακολούθησαν ήταν οι v2 και v3 και τέλος έχουμε την έκδοση FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) που βασίζεται σε αναδυόμενες προσεγγίσεις και εμπειρίες από τις εκδόσεις 2 και 3 και, μάλιστα, έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί τόσο ως αυτόνομο πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων, όσο και σε συνδυασμό με υπάρχοντα πρότυπα.



ΕΙΚΟΝΑ 5 : Χρονοδιάγραμμα των εκδόσεων του προτύπου HL7 [43]

Γενικά, η έκδοση v2 είναι και η πιο χρησιμοποιούμενη στον κόσμο για λόγους συμβατότητας.

2.1.1. Εκδόσεις v2 και v3

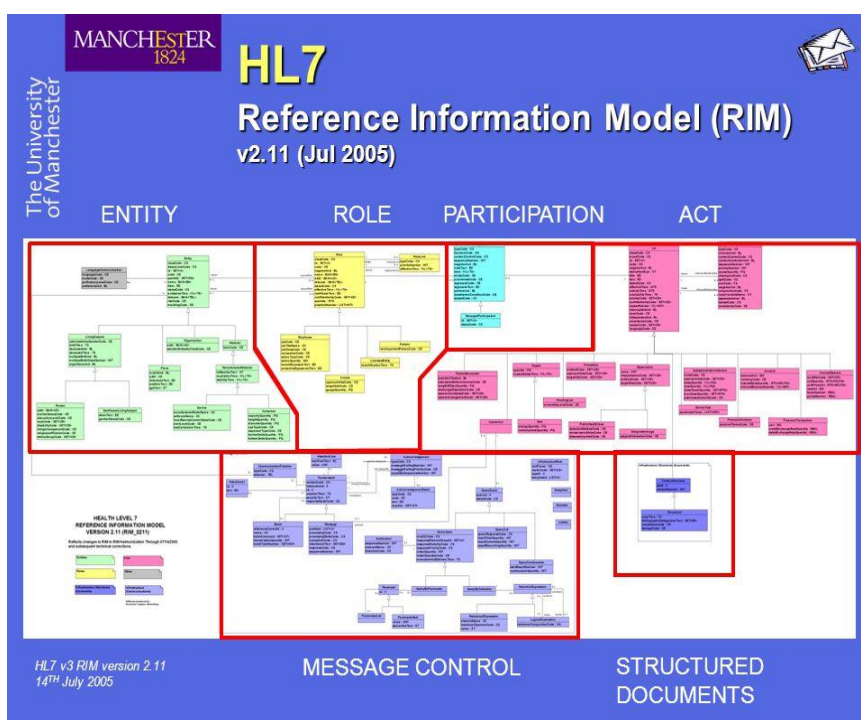
Η έκδοση HL7 v2 αναπτύχθηκε αρχικά το 1989 με ένα πολύ συγκεκριμένο τρόπο, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί για την ενσωμάτωση διαφόρων νοσοκομειακών συστημάτων, όπως χειριστικά και κλινικά συστήματα. Για παράδειγμα, τα νοσοκομεία συχνά αγοράζουν ξεχωριστά εργαστηριακά συστήματα και συστήματα τιμολόγησης, τα οποία δεν μπορούν να επικοινωνήσουν αυτομάτως κατά την εγκατάστασή τους. Πρόκειται για ένα πολύ καλά υιοθετημένο πρότυπο τόσο σε νοσοκομεία όσο και σε τοπικές κοινότητες και υποστηρίζεται από τους περισσότερους προμηθευτές πληροφοριακών συστημάτων υγείας στην Βόρεια Αμερική.

Ωστόσο, αυτός ο πολύ συγκεκριμένος τρόπος ανάπτυξης του προτύπου σήμαινε ότι δεν μπορούσε να κλιμακωθεί καλά σε μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα περιβάλλοντα, όπως πληροφοριακά συστήματα σχετικά με τη δικαιοδοσία. Για παράδειγμα, η έκδοση HL7 v2 στερείται εγγενούς υποστήριξης αναγνωριστικών παγκοσμίων επιχειρήσεων. Επίσης, χαρακτηρίζεται από μεγάλη εξάρτηση από την τοπική προσαρμογή, καθώς οι διασυνδέσεις των συστημάτων σχεδιάζονται έτσι ώστε να καθορίζονται κατά 80% μέσω των προδιαγραφών του προτύπου HL7 και κατά 20% από την τοπική υλοποίηση. Ένα άλλο μειονέκτημα της έκδοσης v2 είναι η έλλειψη μιας τυπικής οντολογίας που θα ενοποιεί τις έννοιες που ανταλλάσσονται σε διάφορα μηνύματα και διασυνδέσεις.

Η έκδοση v3 ορίζει τα μηνύματα που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών σε πολλούς τομείς, όπως διαχείριση ασθενών, φαρμακευτική, εργαστηριακές μελέτες και έρευνες,

ανοσοποίηση, μετάδοση και προγραμματισμός. Η ανάπτυξη της έκδοσης HL7 v3 ξεκίνησε το 1995 με σκοπό να αντιμετωπίσει τις ελλείψεις της έκδοσης v2. Αυτή η νέα έκδοση, για τότε, εισήγαγε μια νέα διαδικασία ανάπτυξης ονόματι HDF (HL7 Development Framework) και ένα κεντρικό πληροφοριακό μοντέλο που ονομάζεται RIM (Reference Information Model). Το RIM όρισε τη δομή πάνω σε όλα τα σημασιολογικά και λεξικά στοιχεία της έκδοσης v3. Η διαδικασία HDF χρησιμοποιεί τεχνικές Αρχιτεκτονικής με Καθοδηγούμενη Υλοποίηση για την ανάπτυξη μοντέλων κλινικών πληροφοριών και επιχειρεί να δημιουργήσει αυτόματα τα αντικείμενα ανταλλαγής μηνυμάτων.

Τα δημοσιευμένα πρότυπα HL7 v3 δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμα και απαιτούν ουσιαστικά εργαλεία για την παραγωγή των εκτελέσιμων συστημάτων λογισμικού. Η εφαρμογή κλινικών μοντέλων, που είναι βασισμένες στην έκδοση v3, απαιτεί πολύπλοκες μετατροπές μοντέλων σε μοντέλα ειδικά για την εκάστοτε πλατφόρμα, μια εργασία παρόμοια με εκείνη ενός προσαρμοσμένου μεταγλωττιστή. Επειδή, όμως, τέτοιου είδους εργαλείο δεν υπάρχει στο πρότυπο HL7, η ανάπτυξη του χρειάστηκε περίπου 18000 ανθρωπόωρες [44].



ΕΙΚΟΝΑ 6 : Δομή του μοντέλου RIM για την έκδοση HL7 v3 [45]

Η εφαρμογή της έκδοσης v3 απαιτεί λεπτομερή κατανόηση του μοντέλου RIM, το οποίο επιδιώκει να διαρθρώσει όλες τις πληροφορίες ως εξής : «οντότητες» σε «ρόλους» που «συμμετέχουν» σε «πράξεις». Η ανάπτυξη ενός μοντέλου στην έκδοση v3 αποτελεί μια διαδικασία «σχεδιασμού από τον περιορισμό του RIM», κάτι το οποίο είναι αρκετά ασυνήθιστο στην ενεργεία βιομηχανία λογισμικού. Αυτός ο «σχεδιασμός από περιορισμό» δεν μεταφράζεται ορθά σε γλώσσες υλοποίησης, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε πλατφόρμες προσανατολισμένες σε αντικείμενα τα οποία είναι συνήθως παραδείγματα «σχεδιασμού βάσει σύνθεσης» (ή προσθήκης). Οι αρχιτέκτονες του προτύπου HL7 σχολίασαν ότι η έκδοση v3 ορίζεται από μεγαλύτερη «αυστηρότητα» ως προς το σχεδιασμό, ωστόσο αυτό το χαρακτηριστικό αναλώνεται στο επίπεδο μεταφοράς που έχει να κάνει με τις περίπλοκες αποστολές μηνυμάτων για πληροφορίες μοντέλων. Μάλιστα, έτσι γίνονται δυνατές οι σύνθετες και ενσύρματες μεταδόσεις.

Η «καθολική» έκδοση του προτύπου HL7 v3 δεν έχει σχεδιαστεί για άμεση εφαρμογή. Η φιλοσοφία είναι ότι τα μοντέλα είναι αρχικά πρότυπα που στη συνέχεια θα περιοριστούν σε χρήση από την περιοχή εφαρμογής ή το συμβαλλόμενο μέρος, κάτι το οποίο αποτελεί σημαντικό βάρος για τη διαδικασία υλοποίησης. Επίσης, εγγυάται ουσιαστικά ότι δε θα είναι συμβατές μεταξύ τους 2 πραγματικές υλοποιήσεις και εμποδίζει τους διεθνείς προμηθευτές να προσφέρουν συνεπείς λύσεις

που να καλύπτουν το φάσμα διαφορετικών περιοχών και γλωσσών. Η συμπραζόμενη ροή της έκδοσης v3 μέσω της σχεδιαστικής προσέγγισης υπό μορφή top-down (από την κορυφή έως κάτω) συνεπάγεται το πλαίσιο αλληλεπίδρασης και, επομένως, είναι απόλυτα ταιριαστό στις υψηλού επιπέδου περιγραφές των ρόλων και των ευθυνών των συνεργατών που είναι υπεύθυνοι για τις συναλλαγές. Ωστόσο, αυτή η καθαρή προσέγγιση υπό μορφή top-down απέτυχε στο στάδιο της υλοποίησης, εξ' αιτίας της μεγάλης πολυπλοκότητας που προέκυψε καθώς το μοντέλο μετασχηματιζόταν από το ασαφές στάδιο σε συγκεκριμένα αντικείμενα υλοποίησης.

Επιπρόσθετα στο θέμα της πολυπλοκότητας υλοποίησης, οι εκδόσεις v2 και v3 δεν είναι άμεσα διαλειτουργικές μεταξύ τους, καθώς η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ αυτών των 2 εκδόσεων απαιτεί τη χρήση εξελιγμένου λογισμικού μετάφρασης. Παρά τον ισχυρισμό ότι είναι ανεξάρτητη από την πλατφόρμα, η έκδοση v3 μοντελοποιείται με τη χρήση μιας αντικειμενοστραφούς προσέγγισης και η διεργασία εξόδου δημιουργεί μορφές κλινικών πληροφοριών, οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιηθούν ως τρόπος μεσολάβησης με γνώμονα το ίδιο το μήνυμα. Αυτές οι επιλογές σχεδιασμού πρακτικά προκαθορίζουν ένα μεγάλο μέρος του τρόπου με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κλινικά μοντέλα.

2.1.2. Πρότυπο FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)

Η διαλειτουργικότητα συνδέεται στενά με τα πρότυπα κλινικών δεδομένων υγείας (για στοιχεία δεδομένων, έγγραφα και μηνύματα). Από το 1987, αυτά τα πρότυπα αναπτύχθηκαν κυρίως από το Health Level Seven International (HL7), έναν μη-κερδοσκοπικό οργανισμό ανάπτυξης παγκοσμίων προτύπων υγείας. Ένα σοβαρό πρόβλημα αποτελούσε το γεγονός ότι τα πρότυπα HL7 είχαν γίνει αρκετά περίπλοκα. Σε μια αναμφισβήτητα σημαντική δημοσίευση το 2011 με τίτλο “The Rise and Fall of HL7”, ο Eliot Muir, με καταγωγή από το Toronto, έγραψε : «Τα περίπλοκα πρότυπα μπορούν να προωθηθούν για κάποιο καιρό, αλλά στο τέλος οι αγορές τα απορρίπτουν» [46] και πρότεινε τις διαδικτυακές υπηρεσίες ως μια πιο εύκολη εναλλακτική λύση στα πρωτόκολλα ανταλλαγής μηνυμάτων του HL7.

Με βάση τις πιέσεις που υπήρχαν από τις ελλείψεις υλοποιήσεων της έκδοσης v3, συμπεριλαμβανομένης και της έλλειψης επιλεξιμότητας για χρηματοδότηση από την Αμερικάνικη HITECH (Health Information Technology for Economic and Clinical Health), τον Ιανουάριο του 2011 το Διοικητικό Συμβούλιο του οργανισμού HL7 ξεκίνησε μια «ομάδα εργασίας» για να εξετάσει τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να βελτιωθούν τα πρότυπα μηνυμάτων HL7. Αυτό ενέπνευσε μια ανεξάρτητη ομάδα αρχιτεκτόνων του HL7 να αρχίσει να συζητά για μια νέα προσέγγιση στην ανταλλαγή πληροφοριών για την υγειονομική περίθαλψη, την οποία αρχικά ονόμασαν RFH (Resources For Health) και στη συνέχεια έλαβε την τελική ονομασία FHIR [47] .

Αυτή η νέα προσέγγιση βασιζόταν στις θεμελιώδεις αρχές REST-ful (Representational State Transfer), οι οποίες περιγράφονται από τον Fielding [48] . Αυτές οι αρχές έχουν υιοθετηθεί ευρέως ως η κυρίαρχη συλλογή πληροφοριών του WWW (World Wide Web). Ο προσανατολισμός των πόρων και η ανιθαγένεια που παρουσιάζει το πρωτόκολλο HTTP (Hypertext Transfer Protocol) είναι υπεύθυνες για την αποκεντρωμένη και εξαιρετικά κλιμακούμενη φύση του διαδικτυακού ιστού. Τα πρακτικά πλεονεκτήματα των αρχιτεκτονικών REST-ful περιλαμβάνουν ελαφρές διασυνδέσεις που επιτρέπουν ταχύτερη μετάδοση και επεξεργασία δομών δεδομένων, οι οποίες είναι πιο κατάλληλες για κινητά τηλέφωνα και συσκευές tablet. Οι διασυνδέσεις αυτές διευκολύνουν, επίσης, την ύπαρξη ταχύτερων κύκλων ανάπτυξης μέσω των απλούστερων δομών τους.

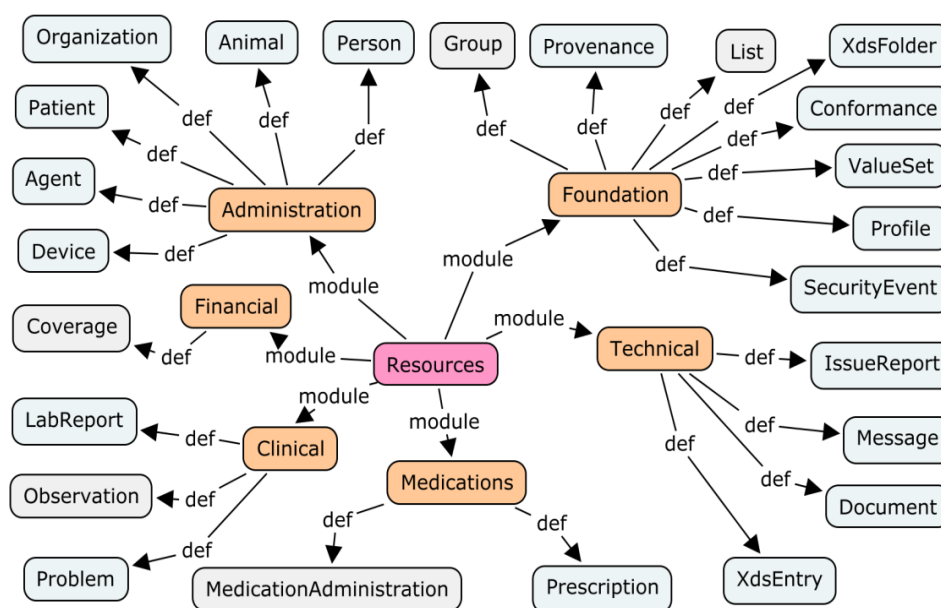
Το πρότυπο FHIR στοχεύει στην απλούστευση και την επιτάχυνση της υιοθέτησης του HL7, αφού είναι εύκολα αναλώσιμο και αξιόπιστο και χρησιμοποιεί ανοιχτά πρότυπα του Διαδικτύου οπουδήποτε είναι δυνατό. Χρησιμοποιώντας, λοιπόν, μια εύκολα αναλώσιμη μορφή για το πρότυπο αποφεύγεται η ανάγκη για πολύπλοκα προσαρμοσμένα εργαλεία. Το FHIR περιέχει παραδείγματα

υλοποίησης για όλες τις εφαρμογές τεχνητού κώδικα και αναφοράς για διάφορες πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων servers για «ζωντανές» δοκιμές, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι μέσω του Διαδικτύου. Ενώ η έκδοση v2 ακολουθούσε μια πολύ συγκεκριμένη αναπτυξιακή διαδικασία και η έκδοση v3 ακολουθούσε μια αυστηρή καθοριζόμενη διαδικασία υπό μορφή top-down, η οποία αναφέρεται ως HDF, το FHIR χρησιμοποιεί μια σταδιακά αυξανόμενη και επαναλαμβανόμενη προσέγγιση στην ανάπτυξη του προτύπου. Αυτή η σταδιακή αύξηση επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη μικρών στοιχειωδών κομματιών ανά τη φορά, τα οποία υλοποιούνται και δοκιμάζονται. Η γνώση που αποκομίζεται διοχετεύεται ως ανάδραση (feedback) στην διαδικασία σχεδιασμού αρκετά γρήγορα και αυτό γίνεται ξανά και ξανά, εξ ου και το επαναληπτικό μέρος της διαδικασίας.

Το πρότυπο FHIR στοχεύει να ορίσει τους βασικούς φορείς που εμπλέκονται στην ανταλλαγή πληροφοριών για την υγειονομική περίθαλψη ως πόρους. Κάθε πόρος αποτελεί μια ξεχωριστή οντότητα και τα χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του FHIR, είναι τα ακόλουθα :

- Οι πόροι πρέπει να έχουν ένα σαφές όριο το οποίο να ταιριάζει με ένα ή περισσότερα λογικά πεδία συναλλαγών.
- Οι πόροι πρέπει να διαφέρουν ο ένας από τον άλλο κατά την έννοια, όχι μόνο στη χρήση (π.χ. διαφορετικοί τρόποι χρήσης μια εργαστηριακής αναφοράς δεν πρέπει να έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικούς πόρους).
- Οι πόροι πρέπει να έχουν μια φυσική ταυτότητα.
- Οι πόροι πρέπει να είναι «συνηθισμένοι» στη χρήση τους σε πολλές διαφορετικές επιχειρηματικές συναλλαγές.
- Οι πόροι δεν πρέπει να είναι τόσο συγκεκριμένοι ή λεπτομερείς ώστε να αποκλείουν την υποστήριξη ενός ευρέος φάσματος επιχειρηματικών συναλλαγών.
- Οι πόροι πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλεισμένοι.
- Οι πόροι πρέπει να χρησιμοποιούν άλλους πόρους, ωστόσο δεν αρκεί απλά μια σύνθεση πόρων, καθώς θα πρέπει ο καθένας να εισάγει νέο περιεχόμενο.
- Οι πόροι πρέπει να είναι οργανωμένοι σε ένα λογικό πλαίσιο βασισμένο στους συνδέσμους (links) των πόρων αυτών.
- Οι πόροι πρέπει να είναι αρκετά μεγάλοι ώστε να παρέχουν ουσιαστικό περιεχόμενο, διότι αλλιώς δε θα έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν σημαντική επιχειρηματική αξία.

Μερικά παραδείγματα πόρων είναι : Patient (Ασθενής), Device (Συσκευή) και Document (Αρχείο), ενώ παρακάτω παρουσιάζονται κι άλλοι πόροι.



ΕΙΚΟΝΑ 7 : Διάγραμμα με Πόρους που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο FHIR [49]

Η ομάδα που είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του FHIR στοχεύει στον ορισμό περίπου 150 πόρων συνολικά. Οι σχεδιαστές της διαδικασίας κατά το FHIR δήλωσαν ότι γίνεται προσπάθεια να

διατηρηθεί η αυστηρότητα του σχεδιασμού του προτύπου HL7 v3, αλλά θα πρέπει η μεταφορά και η παρουσίαση των πόρων να είναι απλή. Στην έκδοση v3 οι κοινές δομές επαναχρησιμοποιήσιμων κατηγοριών ορίστηκαν ως CMETs (Common Message Element Types), τα οποία είναι σχετικά συγκρίσιμα με τους πόρους του προτύπου FHIR. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι ο αριθμός των CMETs στην προδιαγραφική έκδοση του 2010 για το πρότυπο HL7 v3 ήταν 194, ενώ ο αριθμός των πόρων που καθορίστηκαν στο FHIR μέχρι και το Φεβρουάριο του 2013 (μετά από περίπου 18 μήνες ανάπτυξης) ήταν 32 [44]. Αυτό αντιπροσωπεύει μια δραστική μείωση του αριθμού των εννοιών (concepts) που απαιτούν υλοποίηση.

Ως ένα περιβάλλον με κεντρικό σημείο τους πόρους, το πρότυπο FHIR επιτρέπει την πολύ απλή υλοποίηση βασικών αντικειμένων, τη μετάδοση τους και την «ανθεκτικότητά» τους. Ωστόσο, υπάρχουν ελάχιστες οδηγίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι βασικοί πόροι θα κατασκευαστούν σε μεγαλύτερες συλλογές και συσχετισμούς. Επίσης, δεν υπάρχει υποστήριξη για τη ροή εργασιών και τη δυναμική συμπεριφορά, εκτός από τις βασικές λειτουργίες συνεχούς αποθήκευσης δεδομένων CRUD (Create Read Update and Delete) [50] και αυτό είναι κάτι που μπορεί να γίνει ένα πεδίο απόκλισης που θα οδηγήσει σε έλλειψη διαλειτουργικότητας. Οι συλλογές και οι ροές δεδομένων των πόρων προσδιορίζονται στο βασικό πρότυπο, αλλά δεν ισχύει το ίδιο σε σύνθετα σύνολα πόρων, όπως τα τιμολόγια, και για τον τρόπο με τον οποίο πρόκειται να συμπεριφερθούν.

Υπάρχει ένα ασαφές πεδίο μεταξύ των συνόλων των πόρων και των αρχείων που δεν έχει οριστεί ακόμη. Παρ' όλα αυτά, το πρότυπο FHIR έχει προσελκύσει μεγάλη προσοχή, λόγω της απλότητάς του, ακολουθώντας την αρχιτεκτονική REST-ful, και ένα αναπτυξιακό μοντέλο με βάση τους καταναλωτές. Υπάρχουν ακόμα αμφιβολίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο το πρότυπο FHIR θα μπορέσει να αξιοποιήσει τα δυνατά σημεία των προκατόχων του (v2 και v3), αλλά σίγουρα οι υπεύθυνοι για την ανάπτυξη του προτύπου θα επωφεληθούν από τις πολλές εμπειρίες που αποκτήθηκαν από την υλοποίηση των προγενέστερων εκδόσεων. Αυτό το γεγονός αναμένεται να συμβάλλει στη δραστική βελτίωση της επικοινωνίας πληροφοριών μεταξύ των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

2.1.3. Πρότυπα CDA, CCD και CCR

Το πρότυπο HL7 CDA (Clinical Document Architecture) είναι ένα πρότυπο σήμανσης εγγράφου (markup), βασισμένο στη γλώσσα XML (eXtensive Markup Language), που προορίζεται να καθορίσει την κωδικοποίηση, τη δομή και τη σημασιολογία των κλινικών εγγράφων για ανταλλαγή. Ο οργανισμός HL7 δημοσίευσε την έκδοση 1.0 το Νοέμβριο του 2000 και την έκδοση 2.0 το 2005 [70]. Το CDA καθορίζει τη σύνταξη και παρέχει ένα πλαίσιο για τον προσδιορισμό της πλήρους σημασίας ενός κλινικού εγγράφου, το οποίο καθορίζεται από τα εξής χαρακτηριστικά [71]:

1. Ανθεκτικότητα (Persistence)
2. Εποπτεία (Stewardship)
3. Δυνατότητα Ελέγχου Ταυτότητας (Potential for Authentication)
4. Συμφραζόμενα (Context)
5. Ολότητα (Wholeness)
6. Ανθρώπινη Αναγνωσιμότητα (Human Readability)

Το CDA μπορεί να διαχειριστεί κάθε είδους κλινικών πληροφοριών που περιλαμβάνονται στο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς [70]. Μερικά παραδείγματα είναι η σύνοψη της υγειονομικής φροντίδας του ασθενούς κατά την έξοδο του από το νοσοκομείο, σωματικά και ιατρικά ιστορικά στοιχεία και ειδικές αναφορές, όπως αυτές για ιατρική απεικόνιση ή παθολογία. Ένα στοιχείο XML στο CDA έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει μη δομημένο κείμενο, συνδέσμους σε σύνθετα έγγραφα που κωδικοποιούνται σε pdf, docx ή rtf και μορφές εικόνας, όπως το jpg και το png [72]. Αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας τη διαδικασία ανάπτυξης HDF (HL7 Development Framework) και

βασίζεται στο μοντέλο πληροφοριών RIM (Reference Information Model) και στους τύπους δεδομένων της έκδοσης v3 του προτύπου HL7.

Ένα άλλο πρότυπο που είναι επίσης βασισμένο στη γλώσσα XML και έχει τους ίδιους προορισμούς με το CDA είναι το CCD (Continuity of Care Document). Η προδιαγραφή του CCD αποτελεί έναν περιορισμό στο CDA, διότι περιέχει ειδικές απαιτήσεις για τις Ηνωμένες Πολιτείες και, επομένως, η χρήση του περιορίζεται εκεί. Μάλιστα, η επιτροπή HITSP (Healthcare Information Technology Standards Panel), που εδρεύει στις Η.Π.Α., έχει επιλέξει το CCD ως ένα από τα πρότυπά της προς χρήση. Το πρότυπο αυτό γίνεται γρήγορα ένα από τα πιο ευρέως διαδομένα και λεπτομερή μέσα μεταφοράς δεδομένων υγείας για τους ασθενείς, καθώς μπορεί να περιέχει τεράστιες ποσότητες δεδομένων με βάση μια τυποποιημένη μορφή και ένα φορητό αρχείο εύκολο στη χρήση [73].

Το πρότυπο CCR (Continuity of Care Record) είναι μια προδιαγραφή για την ηλεκτρονική καταγραφή των δεδομένων υγείας που αναπτύχθηκε από κοινού από τους εξής οργανισμούς : ASTM International (American Society for Testing and Materials), MMS (Massachusetts Medical Society), HIMSS (Healthcare Information and Management System Society), AAFP (American Academy of Family Physicians), AAP (American Academy of Pediatrics) και άλλους [74]. Το σύνολο δεδομένων του CCR περιέχει μια περίληψη της κατάστασης της υγείας του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένων των προβλημάτων, των φαρμάκων, των αλλεργιών και των βασικών πληροφοριών σχετικά με την ασφάλιση υγείας, την τεκμηρίωση περίθαλψης και το σχέδιο περίθαλψης του ασθενούς [75]. Αυτά τα δεδομένα αντιπροσωπεύουν ένα "στιγμιότυπο" των δεδομένων υγείας ενός ασθενούς που μπορεί να είναι χρήσιμα ή πιθανόν να διασώσουν τη ζωή του ασθενούς, εάν είναι διαθέσιμα κατά τη στιγμή της κλινικής συνάντησης [76]. Ειδικότερα στο πλαίσιο του CCR, υπάρχουν βασικά στοιχεία χωρισμένα σε 6 ενότητες. Αυτές οι ενότητες είναι :

- a) Επικεφαλίδα
- b) Στοιχεία Ταυτοποίησης ασθενούς
- c) Οικονομικές και Ασφαλιστικές πληροφορίες ασθενών
- d) Κατάσταση Υγείας του ασθενούς
- e) Αρχαιοθέτηση (documentation) φροντίδας
- f) Σχέδιο Προγράμματος Περίθαλψης

Το πρότυπο CCD αποτελεί μια εφαρμογή του προτύπου CCR. Ένα έγγραφο CCR μπορεί να μετατραπεί σε CCD χρησιμοποιώντας το XSLT (eXtensible Stylesheet Language Transformations), αλλά δεν είναι πάντοτε δυνατό να εκτελεστεί ο αντίστροφος μετασχηματισμός, αφού κάποιες λειτουργίες CCD δεν υποστηρίζονται στο CCR [77]. Αν και αυτά τα 2 πρότυπα θα μπορούσα να συνεχίσουν να συνυπάρχουν, επειδή το CCR παρέχει βασικές αιτήσεις πληροφοριών, ενώ το CCD έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί και πιο λεπτομερή αιτήματα, αναμένεται στο μέλλον το πρότυπο CCD να αντικαταστήσει εντελώς το CCR [78].

2.2. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)

Κατά την ετήσια συνάντηση του 1992 της Ακτινολογικής Εταιρείας της Βόρειας Αμερικής (RSNA – Radiological Society of North America), τα τμήματα :

- 1 - Εισαγωγή και επισκόπηση
- 8 - Υποστήριξη δικτύων επικοινωνιών για την ανταλλαγή μηνυμάτων

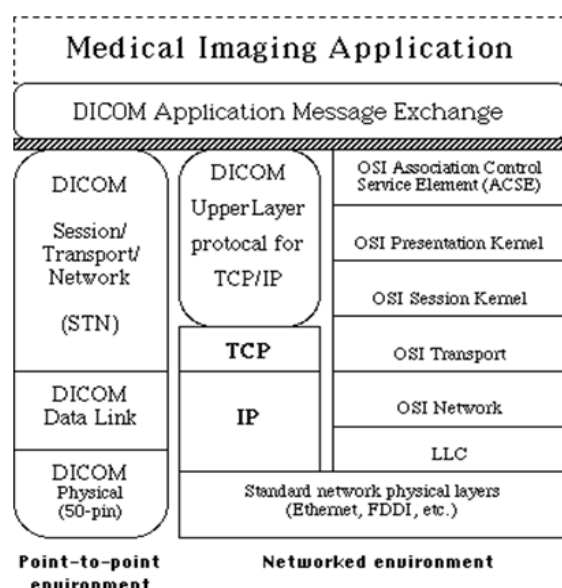
του προτύπου ACR-NEMA DICOM ψηφίστηκε και εγκρίθηκε ενώ κυκλοφόρησαν τα τελικά σχέδια. Τα υπόλοιπα μέρη (2 έως 7 και 9) διατέθηκαν για σχολιασμό. Στο infoRAD έγινε μια επίδειξη του μέρους 8 για το DICOM – Version 3.0, χρησιμοποιώντας προηγούμενα μηνύματα ACR-NEMA Version 2.0. Αν και αυτές δεν ήταν εφαρμογές που περιελάμβαναν όλη τη δομή δεδομένων DICOM, έδειξαν ότι η υποστήριξη δικτύου ήταν λειτουργική και θα μπορούσε να υλοποιηθεί με επιτυχία.

Μετά από τη συνάντηση του 1992, οι ομάδες εργασίας ACR-NEMA (WGs), που ήταν υπεύθυνες για τα υπόλοιπα τμήματα του DICOM, συμφώνησαν σε μηνιαίες συναντήσεις για να ολοκληρώσουν το πρότυπο. Αυτό ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 1993, αφού σχεδόν τελικές εκδόσεις πολλών από τα μέρη είχαν υποβληθεί σε υλοποίηση της πραγματικής εφαρμογής καθ' όλη τη διάρκεια του 1993 για να διασφαλιστεί ότι ένα πρότυπο ποιότητας θα δοκιμαστεί από τα πραγματικά προϊόντα κατά τη συνεδρίαση του RSNA του 1993.

Τώρα που οριστικοποιήθηκε το DICOM Version 3.0, οι χρήστες και οι κατασκευαστές μπορούν να αποκτήσουν κάποια ιδέα για το εύρος των εργασιών που εμπλέκονται. Λόγω των πολλών μερών και των πολύπλοκων διαγραμμάτων και ορολογιών, η κατανόηση της χρήσης και της αξίας αυτών των εγγράφων είναι μια αποθαρρυντική διαδικασία. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο γίνεται η ανάλυση για τι είναι το DICOM, ποιες είναι οι συνιστώσες του, ποιες έννοιες αποτελούν τη βάση του και πώς αυτό το πρότυπο μπορεί να επεκτείνει την ηλεκτρονική επανάσταση στην ιατρική απεικόνιση.

2.2.1. Μοντελοποίηση πληροφοριών στο DICOM

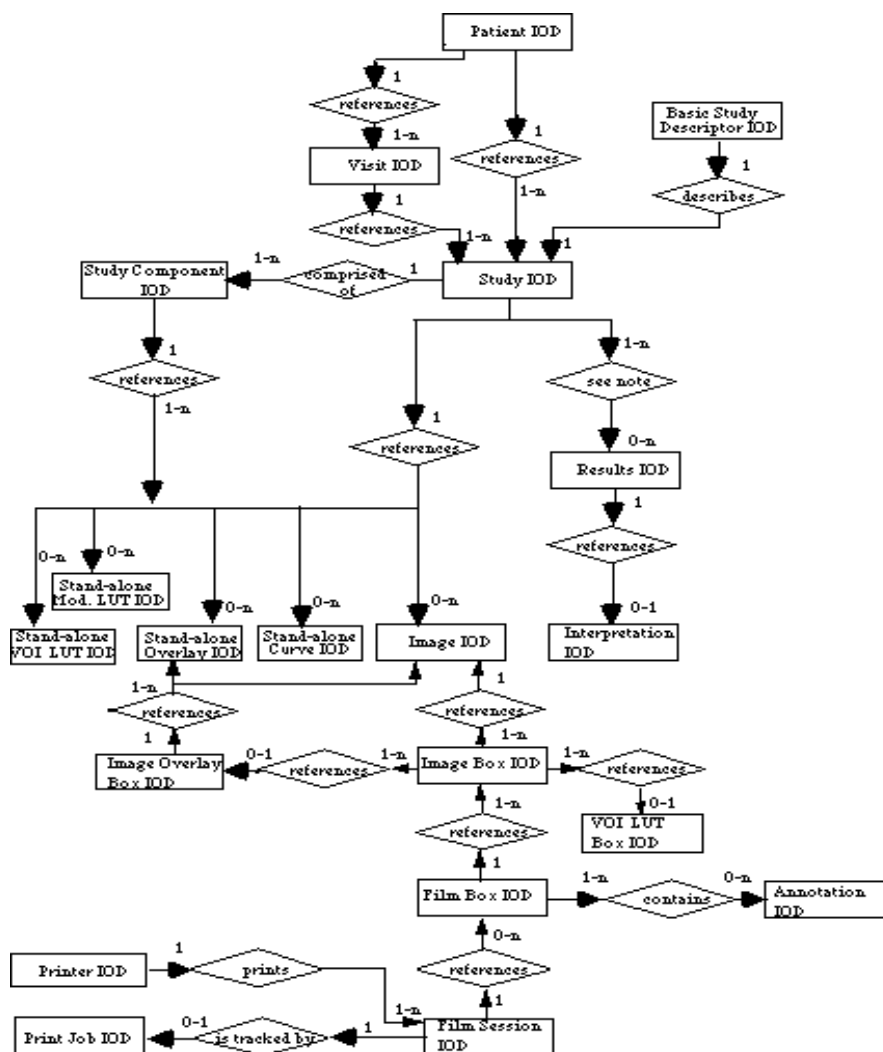
Το DICOM είναι ένα πρότυπο για την μετάδοση ιατρικών εικόνων και σχετικών πληροφοριών. Διαφέρει από τις ACR-NEMA Versions 1.0 και 2.0 σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Το πιο σημαντικό είναι ότι ο βασικός σχεδιασμός του προτύπου άλλαξε. Οι εκδόσεις 1.0 και 2.0 βασίστηκαν σε ένα μοντέλο πληροφοριών που χρησιμοποιείται στα τμήματα ακτινολογίας. Τα στοιχεία δεδομένων ομαδοποιούνταν με βάση την εμπειρία των σχεδιαστών και παρόλο που η χαρτογράφηση (mapping) ήταν ατελής, η δομή του μηνύματος επέτρεψε τη διαβίβαση των απαραίτητων πληροφοριών. Αντίθετα, το DICOM στηρίζεται σε ρητά και λεπτομερή μοντέλα για τον τρόπο με τον οποίο περιγράφονται τα "αντικείμενα" (ασθενείς, εικόνες, αναφορές, κλπ.) που σχετίζονται με τις εργασίες ακτινολογίας, καθώς και τις σχέσεις ανάμεσα τους. Αυτά τα μοντέλα ονομάζονται μοντέλα οντοτήτων-συσχετίσεων (ή E-R διαγράμματα) και είναι ένας τρόπος να βεβαιωθούμε ότι οι κατασκευαστές και οι χρήστες κατανοούν τη βάση για την ανάπτυξη των δομών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στο DICOM. Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα παράδειγμα ενός διαγράμματος E-R (DICOM application model – μοντέλο εφαρμογής DICOM).



ΕΙΚΟΝΑ 8 : Μοντέλο επικοινωνίας προτύπου DICOM [51]

Αυτή η διαδικασία μοντελοποίησης ξεκίνησε σε μια από τις ομάδες εργασίας που δημιουργήθηκαν ενώ το DICOM αναπτυσσόταν (VIII). Αυτή η ομάδα ξεκίνησε με σκοπό να καθορίσει τις απαιτήσεις διασύνδεσης μεταξύ ενός συστήματος αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνιών (PACS – Picture Archiving and Communications System) και ενός συστήματος πληροφοριών νοσοκομείων ή ακτινολογιών (HIS ή RIS – Hospital Information System ή Radiology Information System). Αυτή η διαδικασία καθορισμού απαιτούσε οι λειτουργίες στην ακτινολογία να ήταν κατάλληλα διαμορφωμένες - μοντελοποιημένες έτσι ώστε να ήταν δυνατό να προσδιοριστούν τα ζητούμενα από ένα HIS ή RIS, μαζί με το τι θα γινόταν με αυτές τις πληροφορίες στο PACS.

Το βασικό διάγραμμα E-R για τη λειτουργία της υπηρεσίας ακτινολογίας χρησίμευσε ως βάση για το μεγαλύτερο μέρος της πρόσθετης μοντελοποίησης που πραγματοποίησε η ομάδα εργασίας VI στην ανάπτυξη του DICOM. Το πλεονέκτημα αυτών των μοντέλων είναι ότι δείχνουν με σαφή τρόπο τόσο τα στοιχεία δεδομένων που απαιτούνται σε ένα δεδομένο σενάριο που μοντελοποιείται όσο και τον τρόπο με τον οποίο αυτά τα στοιχεία αλληλεπιδρούν και σχετίζονται. Κατά την εξέταση ενός διαγράμματος E-R είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν πρόκειται για ένα διάγραμμα ροής που περιγράφει τα βήματα της κίνησης πληροφοριών, αλλά δείχνει τις σχέσεις και τις ιεραρχίες των στοιχείων πληροφοριών. Τα βέλη προστίθενται στα διαγράμματα έτσι ώστε να μην παρερμηνεύεται η κατεύθυνση των σχέσεων. Αυτά τα διαγράμματα χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλο το πρότυπο DICOM, καθώς δείχνουν σαφώς τις υποθέσεις που έγιναν κατά την ανάπτυξη των συνιστωσών του προτύπου.

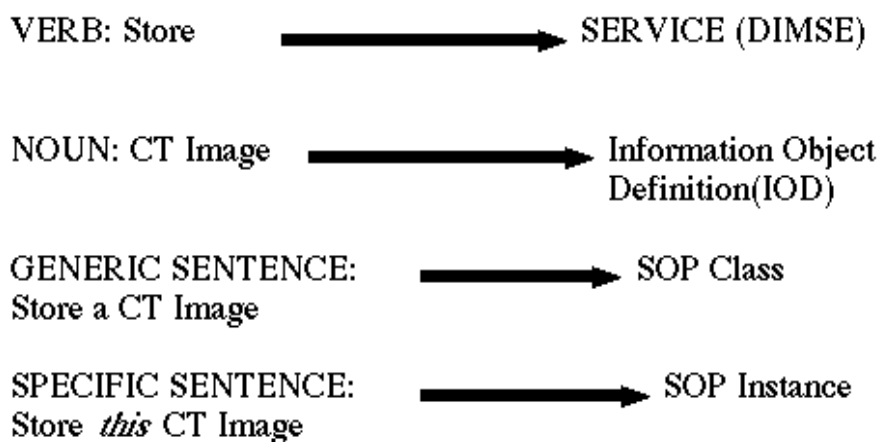


ΕΙΚΟΝΑ 9 : Μοντέλο Εφαρμογής DICOM [51]

Η μοντελοποίηση είναι σημαντική επειδή υπάρχει η ανάγκη να γνωρίζουμε το πλαίσιο των πληροφοριών όταν εξετάζουμε τις επικοινωνίες δικτύου. Σε ένα περιβάλλον από σημείο σε σημείο, ο

χρήστης θα γνωρίζει ακριβώς ποιες συσκευές είναι συνδεδεμένες και ποιες είναι οι δυνατότητές τους. Εκατοντάδες συσκευές μπορεί να συνδέονται σε δίκτυα και ορισμένες συσκευές μπορεί να αναπροσαρμόζονται δυναμικά για να χειρίζονται διαφορετικά φορτία δεδομένων ή εργασίες. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μην είναι πάντοτε δυνατό να γνωρίζουμε τι μπορούν να κάνουν οι συσκευές που επικοινωνούν. Οι συσκευές ενδέχεται να χρειαστεί να «διαπραγματευτούν» για να δημιουργήσουν ένα κοινό έδαφος για την κατασκευή των επικοινωνιών που είναι απαραίτητες για την εκτέλεση της εργασίας που έχει ζητήσει ο χρήστης. Αυτή η προσέγγιση για την ανάπτυξη δομών δεδομένων βασισμένων σε μοντέλα και ανάλυση των αφηρημένων (abstract) εκδόσεων πραγματικών οντοτήτων που χρησιμοποιούνται στα μοντέλα είναι αντικειμενοστραφής σχεδίαση. Τα αντικείμενα είναι οι οντότητες (ή η συλλογή οντοτήτων) που ορίζονται από το μοντέλο και η περιγραφή κάθε οντότητας βασίζεται σε χαρακτηριστικά (attributes). Για παράδειγμα, η οντότητα "ασθενής" έχει χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν "όνομα ασθενούς" και "αριθμό ασθενούς" (για απλοποίηση του διαγράμματος, τα χαρακτηριστικά για τις οντότητες δεν εμφανίζονται, αλλά το πρότυπο περιλαμβάνει πίνακες που τα ορίζουν). Το DICOM καλεί τα αντικείμενα με βάση τα μοντέλα "αντικείμενα πληροφοριών – information objects", όπως και τα μοντέλα και τους πίνακες των χαρακτηριστικών που τα ορίζουν ως "ορισμούς αντικειμένων πληροφοριών – information object definitions" (IODs). Εάν οι πραγματικές τιμές αντικαθιστούν τα χαρακτηριστικά, η οντότητα ονομάζεται "στιγμιότυπο".

Ο αντικειμενοστραφής σχεδιασμός παρέχει επίσης έναν τρόπο περιγραφής όχι μόνο των πληροφοριών αλλά του τι πρέπει να γίνει με τις πληροφορίες ή του τρόπου με τον οποίο τα προγράμματα υπολογιστών θα έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες σχετικά με μια συλλογή αντικειμένων. Σε αντικειμενοστραφή σχεδιασμό, οι μέθοδοι συνδέονται με τα καθορισμένα αντικείμενα. Το DICOM κάνει χρήση αυτής της έννοιας καθορίζοντας υπηρεσίες όπως "αποθήκευση εικόνας – store image" ή "λήψη πληροφοριών ασθενή – get patient information". Αυτές οι υπηρεσίες υλοποιούνται στο DICOM χρησιμοποιώντας υλοποιήσεις γνωστές ως λειτουργίες ή ειδοποιήσεις. Το DICOM ορίζει ένα σύνολο γενικών λειτουργιών και ειδοποιήσεων και το καλεί ως στοιχεία υπηρεσίας μηνυμάτων DICOM (DICOM message service elements - DIMSE). Ο συνδυασμός ενός αντικειμένου πληροφοριών και τέτοιων υπηρεσιών καλείται ζεύγος υπηρεσίας-αντικειμένου (service – object pair) ή SOP. Ένα αντικείμενο πληροφοριών μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ένα σύνολο υπηρεσιών και το αποτέλεσμα είναι μια κλάση SOP. Η παρακάτω εικόνα δείχνει μια αναλογία της κατασκευής μιας πρότασης και των αντίστοιχων στοιχείων στο DICOM.



EIKONA 10 : Μια αναλογία ανάμεσα στην κατασκευή μιας φράσης και των εννοιών του DICOM [51]

Η κλάση SOP αντιπροσωπεύει τη στοιχειώδη μονάδα λειτουργικότητας που ορίζεται από το DICOM. Καθορίζοντας μια κλάση SOP στην οποία πρέπει να συμμορφώνεται μια υλοποίηση και ο ρόλος που πρέπει να υποστηρίζει μια συμμορφούμενη συσκευή, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί σαφώς ένα ακριβές υποσύνολο λειτουργιών του DICOM, συμπεριλαμβανομένων των τύπων μηνυμάτων προς ανταλλαγή, των δεδομένων που μεταφέρονται στα μηνύματα αυτά και το σημασιολογικό πλαίσιο εντός του οποίου πρέπει να γίνουν κατανοητά αυτά τα δεδομένα. Για μια

συγκεκριμένη κλάση SOP, μια συσκευή μπορεί να εξυπηρετήσει έναν από τους δύο ρόλους. Στον ρόλο του φορέα παροχής κλάσης υπηρεσιών (SCP – service class provider), η συσκευή παρέχει τις υπηρεσίες της κλάσης SOP και στον ρόλο του χρήστη κλάσης υπηρεσιών (SCU – service class user), η συσκευή χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες. Επιπλέον, για κάθε συνδυασμό κλάσης και ρόλου SOP, το πρότυπο καθορίζει ένα βασικό σύνολο προεπιλεγμένων συμπεριφορών που διέπουν την επικοινωνία, όπως η συσκευή που μπορεί να ξεκινήσει μια συνομιλία [52].

2.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου DICOM

Η αρχική έκδοση (Version 1.0) καθορίζει μια διασύνδεση υλικού – hardware interface, ένα λεξικό δεδομένων – data dictionary και ένα σύνολο εντολών – set of commands. Η διασύνδεση της έκδοσης 1.0 υποστηρίζει μόνο μετάδοση P2P και η σύνδεση σε ένα δίκτυο απαιτεί πρόσθετο υλικό και λογισμικό. Μεταξύ δύο καρτών διασύνδεσης έκδοσης 1.0, τα bytes δεδομένων που αποτελούνται από 16 bits αποστέλλονται μέσω καλωδίου 50 αγωγών, ταχύτητας έως και 8 εκατομμυρίων bits ανά δευτερόλεπτο [53]. Μια ρουτίνα διόρθωσης σφαλμάτων εξασφαλίζει την ακρίβεια απαιτώντας αναγνώριση κάθε byte πριν από τη μετάδοση του επόμενου.

Το λεξικό δεδομένων είναι ένας περιεκτικός πίνακας κανόνων για την κωδικοποίηση πληροφοριών που σχετίζονται με εικόνες. Αυτές οι πληροφορίες συνοδεύουν τα δεδομένα εικονοστοιχείων (pixels) εικόνας στην περιοχή αρχείου που ονομάζεται επικεφαλίδα (header). Μια απλή επικεφαλίδα μπορεί να περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες: όνομα ασθενούς (κωδικοποιημένο ως συμβολοσειρά χαρακτήρων κειμένου ASCII), αριθμός αναγνώρισης ασθενούς (μια συμβολοσειρά ASCII κειμένου ή αριθμών) και ημερομηνία μελέτης (μια συμβολοσειρά κειμένου που έχει ορισμένη μορφή, για παράδειγμα, yyyy.mm.dd). Παρέχεται, επίσης, ένα ελάχιστο σύνολο εντολών για την έναρξη συναλλαγών (transactions) μέσω της διασύνδεσης.

GROUP	ELEMENT	NAME	VALUE REPRESENTATION
0028H	0100H	Bits Allocated	BI

VALUE TYPES	VALUE MULTIPLICITY	ELEMENT TYPE	DEFAULT VALUE
HX	S	1D	0016

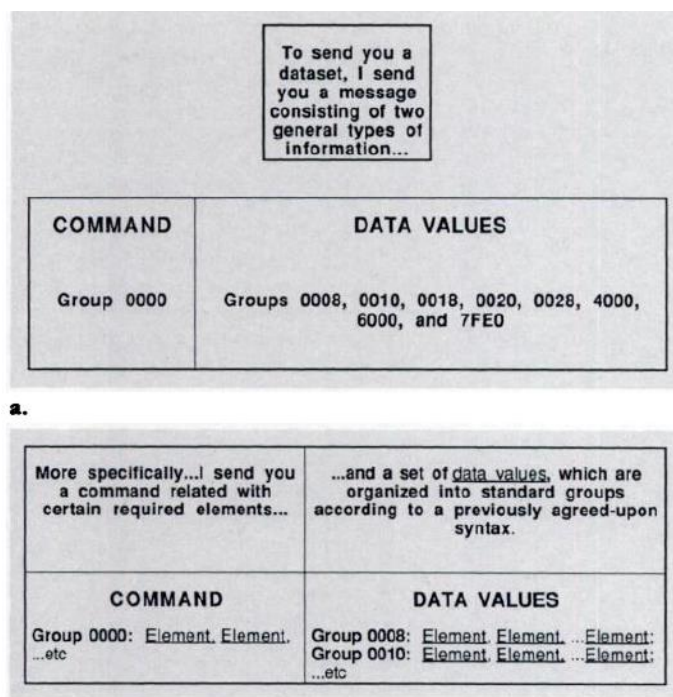
DEFINITION
Maximum number of bits allocated for any pixel.

ΕΙΚΟΝΑ 11 : Παράδειγμα ενός dictionary entry [54]

Οι λειτουργίες των εντολών αποκαλύπτονται γενικά με τα ονόματά τους: SEND, GET, MOVE, FIND, DIALOG, ECHO και CANCEL. Κάθε εντολή έχει μια φόρμα αίτησης (request form) και μια φόρμα απάντησης (response form). Καταρτίζεται, επομένως, ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής μηνυμάτων. Η επιτυχία ή η αποτυχία ενός μηνύματος αίτησης εντολής υποδεικνύεται από την τιμή ενός στοιχείου κατάστασης (status element) μέσα στο μήνυμα απάντησης εντολής.

Στο πλαίσιο των επικοινωνιών ηλεκτρονικών υπολογιστών, ένα μήνυμα είναι μια ροή των δυαδικών ψηφίων που αντιπροσωπεύει τις πληροφορίες που διακινούνται από τη μια συσκευή στην

άλλη. Τα μηνύματα που συμμορφώνονται με τους σημασιολογικούς κανόνες του προτύπου ACR – NEMA Version 2.0 αποτελούνται από δύο μέρη : ένα τμήμα εντολών – command segment και ένα τμήμα δεδομένων – data segment. Οι μεμονωμένες μονάδες πληροφοριών, που ονομάζονται στοιχεία δεδομένων – data elements, οργανώνονται μέσα στο λεξικό δεδομένων σε συναφείς ομάδες. Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες για τη μορφή των μηνυμάτων καθώς και για τα groups.



ΕΙΚΟΝΑ 12 : Μηνύματα 2 τμημάτων του προτύπου της έκδοσης 2.0 [54]

GROUP NAME	TYPICAL DATA ELEMENTS	
0000H	Command	Command type, Message ID, Dataset type...
0008H	Identifying	Date and time of study, Radiologist's name...
0010H	Patient	Patient's name, ID numbers, birthdate...
0018H	Acquisition	Contrast agent, slice thickness, radionuclide...
0020H	Relationship	Slice location, study #, series #, image # ...
0028H	Image Presentation	Rows, columns, pixel size, grey scale...
4000H	Text	Free-format ASCII text characters...
6000H	Overlay	Region of interest (ROI), overlay format...
7FE0H	Pixel Data	The actual image, pixel by pixel...

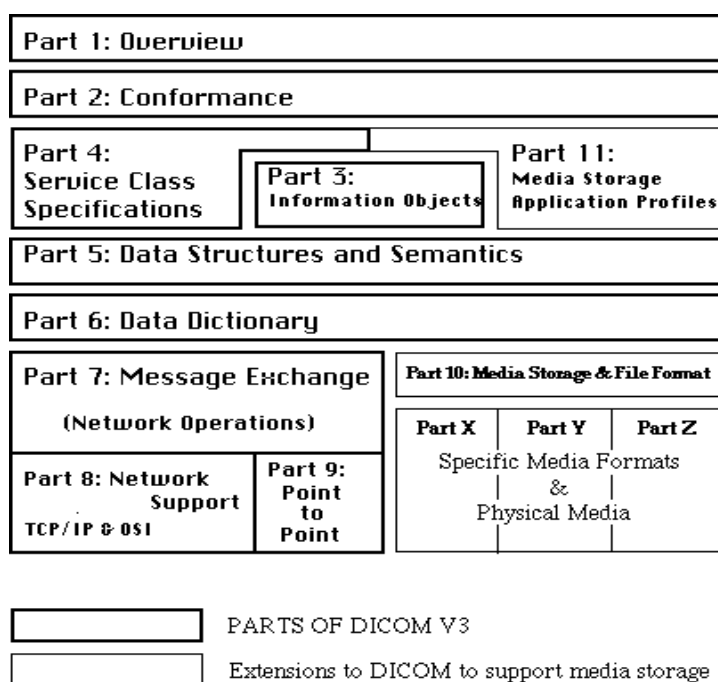
ΕΙΚΟΝΑ 13 : Σαφής ομαδοποίηση στοιχείων δεδομένων, σύμφωνα με τη λειτουργία [54]

Οι ομάδες και τα στοιχεία αριθμούνται. Το ζεύγος δεκαεξαδικών αριθμών (π.χ. 0010H, 0020H) που προσδιορίζει ένα μοναδικό συνδυασμό ομάδων-στοιχείων (unique group – element combination) είναι μια μοναδική ετικέτα αναγνώρισης (unique identification tag) για αυτό το τμήμα πληροφοριών. Η έκδοση 2.0 του προτύπου ACR-NEMA ορίζει ότι οι ομάδες θα μεταδίδονται σε αύξουσα σειρά, από τον χαμηλότερο στον υψηλότερο αριθμό ομάδας. Στοιχεία εντός κάθε ομάδας στέλνονται επίσης με αύξουσα σειρά. Ένα στοιχείο μπορεί να μεταδίδεται μόνο μία φορά μέσα σε μία ομάδα. Οι ομάδες αποστέλλονται μόνο μία φορά ανά μήνυμα.

Το πρότυπο DICOM αποτελείται από 16 τμήματα, από τα οποία παρατηρούμε ότι τα τμήματα 9 και 13 δεν εμφανίζονται, αφού αποφασίστηκε η απόσυρσή τους [55] :

- PS 3.1: Introduction and Overview
- PS 3.2: Conformance

- PS 3.3: Information Object Definitions
- PS 3.4: Service Class Specifications
- PS 3.5: Data Structure and Encoding
- PS 3.6: Data Dictionary
- PS 3.7: Message Exchange
- PS 3.8: Network Communication Support for Message Exchange
- PS 3.10: Media Storage and File Format for Data Interchange
- PS 3.11: Media Storage Application Profiles
- PS 3.12: Media Formats and Physical Media for Data Interchange
- PS 3.14: Grayscale Standard Display Function
- PS 3.15: Security and System Management Profiles
- PS 3.16: Content Mapping Resource
- PS 3.17: Explanatory Information
- PS 3.18: Web Access to DICOM Persistent Objects (WADO)



EIKONA 14 : Βασική τοπολογία προτύπου DICOM [56]

Η γενική ιδέα πίσω από το DICOM ήταν να παραχθεί ένα πρότυπο για την αποδοτική διασύνδεση διαφορετικών ιατρικών συστημάτων με σκοπό την παροχή διαφανούς και εύχρηστου περιβάλλοντος. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει ένα πρότυπο το οποίο χρησιμοποιείται σε όλα τα νοσοκομεία για τις ίδιες ή παρόμοιες διαδικασίες εξέτασης. Ένα πρότυπο που είναι μοναδικό βοηθά στην αποφυγή προβλημάτων όταν ο ασθενής μετακινείται από το ένα νοσοκομείο στο άλλο. Το DICOM παρέχει επίσης διασύνδεση μεταξύ διαφορετικών ιατρικών συστημάτων. Αυτό έδωσε στο DICOM ένα ιδιαίτερο βάρος σε σχέση με άλλα πρότυπα που αναπτύσσονται από τους κατασκευαστές ιατρικού εξοπλισμού. Το μεγάλο πλεονέκτημα του DICOM έγκειται επίσης στην υποστήριξη όλων ιατρικών κλάδων, και αυτό το κάνει τόσο περιεκτικό (comprehensive). Διαφορετικές ομάδες εργασίας εργάζονται για την ανάπτυξη του προτύπου DICOM, αναπτύσσοντας μόνο ένα μικρό μέρος του προτύπου που είναι συγκεκριμένα το καθήκον τους. Το DICOM έχει επίσης ένα πλεονέκτημα σε σχέση με την αποθήκευση των αναλογικών εικόνων και δεδομένων, διότι καταλαμβάνει λιγότερο χώρο για η ψηφιακή αποθήκευση καθώς και τα ψηφιακά δεδομένα είναι εύκολο να μεταδοθούν σε μεγάλη γεωγραφική περιοχή.

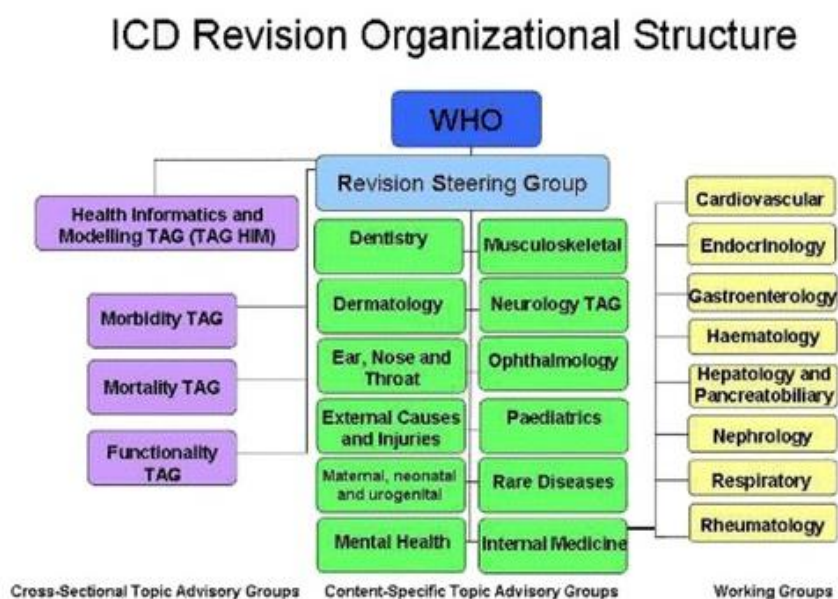
Ωστόσο, υπάρχουν ακόμα ορισμένα ζητήματα. Αρχικά, ένα σημαντικό μειονέκτημα του προτύπου DICOM είναι η πιθανότητα εισαγωγής πιθανώς πάρα πολλών προαιρετικών πεδίων. Αυτό το μειονέκτημα εμφανίζεται ως επί το πλείστον σε ασυνέπεια της πλήρωσης όλων των πεδίων με τα

δεδομένα [57]. Κάποιες εικόνες – αντικείμενα (image objects) είναι συχνά ελλιπή επειδή ορισμένα πεδία παραμένουν κενά και μερικά είναι γεμάτα με λανθασμένα δεδομένα. Ένα άλλο πρόβλημα προκύπτει όταν προβάλλεται μια εικόνα σε μια συσκευή που έχει κατασκευαστεί από διαφορετικό κατασκευαστή, επειδή διαφορετικός εξοπλισμός απεικόνισης χρησιμοποιεί διαφορετικά εύρη πλάτους (amplitude ranges) και τον ίδιο αριθμό κατανεμημένων bits. Σε αυτή την περίπτωση, η εικόνα μπορεί να εμφανίζεται πολύ μικρή ή υπερβολικά εκτεταμένη με κακή αντίθεση, με αποτέλεσμα αυτές οι παράμετροι να πρέπει να ρυθμίζονται χειροκίνητα.

2.3. Πρότυπο ICD (International Classification of Diseases)

Το ICD αποτελεί μία διεθνή, πρότυπη, διαγνωστική ταξινόμηση για όλη τη γενική επιδημιολογία, για πολλούς υγειονομικούς σκοπούς και κλινική χρήση. Περιλαμβάνει την ανάλυση της γενικής υγειονομικής κατάστασης των πληθυσμιακών ομάδων και δίνει τη δυνατότητα παρακολούθησης της διάδοσης των ασθενειών και άλλων υγειονομικών προβλημάτων που καταγράφονται, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνει κρίσιμα αρχεία όπως πιστοποιητικά θανάτου και ιατρικά έγγραφα. Ακόμα, καθιστά εφικτή την αποθήκευση και την ανάκτηση διαγνωστικών πληροφοριών για κλινικούς, επιδημιολογικούς και ποιοτικούς σκοπούς, αφού αυτές επιτρέπουν τη δημιουργία μίας βάσης δεδομένων, η οποία περιέχει στοιχεία για τη νοσηρότητα και θνησιμότητα για κάθε κράτος μέλος του Π.Ο.Υ (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας).

Το ICD χρησιμοποιείται σε παγκόσμια κλίμακα ως πηγή στατιστικών στοιχείων νοσηρότητας και θνησιμότητας, ενώ παράλληλα διαθέτει διεθνή συμβατότητα για την συλλογή, επεξεργασία, ταξινόμηση και παρουσίαση αυτών των στατιστικών στοιχείων. Αποτελεί ταξινόμηση μεταβλητού άξονα, στην οποία τα στατιστικά δεδομένα των νοσημάτων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για πρακτικούς και επιδημιολογικούς στόχους, ταξινομούνται σε επιδημικά νοσήματα, γενικά νοσήματα, τοπικά νοσήματα ανάλογα με την ανατομική εντόπιση και εξελκτικά νοσήματα και κακώσεις.



EΙΚΟΝΑ 15 : Ανασκόπηση της οργανωτικής δομής του ICD [58]

Το ICD, που αποτελεί πρότυπο διαγνωστικής ταξινόμησης για όλους τους κλινικούς και ερευνητικούς σκοπούς, ορίζει το σύνολο ασθενειών, διαταραχών, τραυματισμών και άλλων σχετικών

συνθηκών υγείας κατατάσσοντας τα προαναφερθέντα με ολοκληρωμένο ιεραρχικό τρόπο που επιτρέπει τα εξής :

- ❖ Εύκολη αποθήκευση, ανάκτηση και ανάλυση πληροφοριών σχετικών με την υγεία για την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων.
- ❖ Ανταλλαγή και σύγκριση ιατρικών πληροφοριών μεταξύ νοσοκομείων και αρμοδίων φορέων.
- ❖ Σύγκριση πληροφοριών διαφορετικών χρονικών περιόδων.

2.3.1 Το πρότυπο ICD-10

Το ICD- 10 εισήχθη πρώτη φορά το 1992. Λαμβάνει υπόψη νέες εμπειρίες και γνώσεις, καλύπτει ορισμένα κενά και παρουσιάζει καινούρια δομή, ενώ συνίσταται όπου δεν υπάρχει προηγούμενη συστηματική εφαρμογή άλλου συστήματος. Κύριος στόχος του συγκεκριμένου προτύπου είναι η βελτίωση της ακρίβειας και της αποδοτικότητας της κωδικοποίησης, καθώς και η επέκταση της ικανότητας του συστήματος να περιλάβει νέους κώδικες, κάτι που επιτυγχάνεται με την συστηματική καταγραφή, ανάλυση, ερμηνεία και σύγκριση των δεδομένων θνησιμότητας και νοσηρότητας που έχουν συγκεντρωθεί από διάφορες περιοχές και εποχές. Πιο συγκεκριμένα το ICD-10 χρησιμοποιείται για να μετατρέψει τη διάγνωση των νοσημάτων και των συναφών προβλημάτων υγείας από λέξεις σε αλφαριθμητικό κώδικα, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα εύκολης και γρήγορης αποθήκευσης, ανάκτησης και ανάλυσης δεδομένων. Τα προαναφερθέντα έχουν καταστήσει το ICD-10 ένα διεθνές πρότυπο ταξινόμησης των διαγνώσεων για όλους τους γενικούς επιδημιολογικούς σκοπούς και σε πολλές περιπτώσεις για την αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας. Εξυπηρετεί μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων, παθολογικών ευρημάτων, αιτιάσεων και κοινωνικών συνθηκών και μπορεί να αντικαταστήσει τη διάγνωση σε καταγραφές σχετικές με την υγεία, δηλαδή για την ταξινόμηση δεδομένων που έχουν καταχωρηθεί κάτω από επικεφαλίδες, όπως "διάγνωση" ή "λόγος εισαγωγής", "λόγοι επισκέψεων στο γιατρό" [59] .

Κύρια πλεονεκτήματα του είναι:

- Πληρότητα : όλες οι διαδικασίες έχουν ένα μοναδικό κώδικα.
- Επεκτασιμότητα : Το ICD-10 επεκτείνεται εύκολα για να επιτρέψει ετήσιες προσθήκες κώδικα, όπως νέες ιατρικές διαδικασίες.
- Πολυαξιοκτικότητα : Το ICD-10 αποτελείται από επτά στρώματα (χαρακτήρες), με αποτέλεσμα έναν υψηλότερο βαθμό ακρίβειας, αφού κάθε χαρακτήρας έχει ιδιαίτερη σημασία και μπορεί να αντιμετωπισθεί χωριστά.
- Τυποποιημένη ορολογία : Υπάρχει μία τυποποιημένη έννοια για κάθε χαρακτήρα. Έτσι αποφεύγεται η σύγχυση και οι πολλαπλές ερμηνείες για το ίδιο πράγμα. Ταυτόχρονα η κοινή ορολογία συμβάλει και αυτή με τη σειρά της στην ακρίβεια.

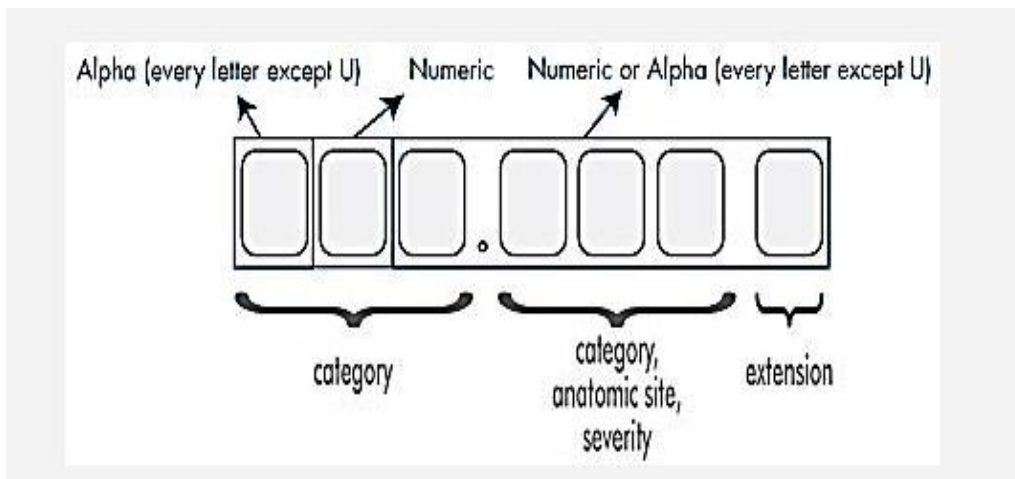
2.3.1.1. Δομή του προτύπου ICD-10

Η ταξινόμηση του προτύπου ICD- 10 έχει οργανωθεί κατά τρόπο τέτοιο, ώστε να αποτελείται από τρεις τόμους [60] :

- a) Τόμος 1: Αποτελεί συνοπτικό κατάλογο που περιέχει την αναφορά της διεθνούς συνέλευσης για την δέκατη αναθεώρηση, τη ταξινόμηση σε επίπεδο τριών και τεσσάρων χαρακτήρων,

ειδικούς συνοπτικούς πίνακες για τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα και διευκρινίσεις για την ονοματολογία.

- b) Τόμος 2: Περιλαμβάνει τις οδηγίες χρήσεως και συγκεντρώνει σημειώσεις και πληροφορίες για την χρήση του πρώτου τόμου, των συνοπτικών πινάκων και το γενικό σχεδιασμό του ICD. Επιπλέον περιέχει και το ιστορικό υλικό που παλαιότερα περιλαμβανόταν στον τόμο 1.
- c) Τόμος 3: Αλφαβητικό ευρετήριο.



EIKONA 16 : Δομή του κώδικα ICD-10 [61]

Το ICD-10 είναι ένα σύνολο επτά χαρακτήρων με αλφαριθμητική δομή από 0 έως 9 και Α μέχρι Η, από το J μέχρι Ν, ή από Ρ έως Ζ. Κάθε χαρακτήρας έχει 34 τιμές. Τα γράμματα Ο και Ι δεν χρησιμοποιούνται ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε είδους σύγχυση, ενώ ο χαρακτήρας Ζ δηλώνει τον όρο "κανένα". Η δομή του διευρύνει το πλαίσιο κωδικοποίησης επιτυγχάνοντας καλύτερη ισορροπία ενώ ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα για μελλοντικές προσθήκες και αλλαγές. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερα ψηφία του ICD-10 για την αποφυγή του κινδύνου να είναι ανεπαρκής η καταγεγραμμένη πληροφορία.

Comparison of the Diagnosis Code Sets

ICD-9	ICD-10
3-5 characters in length	3-7 characters in length
Approximately 13,000 codes	Approximately 68,000 available codes
First digit may be alpha (E or V) or numeric; digits 2-5 are numeric	Digit 1 is alpha; digits 2 and 3 are numeric; digits 4-7 are alpha or numeric (alpha digits are not case sensitive)
Limited space for adding new codes	Flexible for adding new codes
Lacks detail	Very specific
Lacks laterality	Has laterality (i.e., codes identifying right vs. left side of the body)
Use same code for every visit	Has possibility of identifying initial encounter, subsequent encounter; or sequela
Only 4 codes were reported on a claim form	Up to 12 codes can be reported on a claim form

EIKONA 17 : Διαφορές ανάμεσα σε ICD-9 και ICD-10 [61]

Σημαντική καινοτομία στους κωδικούς του ICD-10 αποτελεί η δημιουργία κεφαλαίων και κατηγοριών που αναφέρονται σε διαταραχές μετά από ιατρικές πράξεις. Αυτές αποτελούν από μόνες τους ιατρικό πρόβλημα και περιλαμβάνουν παραδείγματα όπως τις ενδοκρινολογικές ή μεταβολικές διαταραχές μετά την αφαίρεση κάποιου οργάνου και ορισμένες άλλες καταστάσεις όπως το σύνδρομο dumping μετά τη γαστρεκτομή. Οι καταστάσεις μετά από ιατρικές παρεμβάσεις που δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένο σύστημα του οργανισμού, μεταξύ των οποίων άμεσες επιπλοκές όπως η εμβολή από αέρα και το μετεγχειρητικό σοκ, εξακολουθούν να ταξινομούνται στο κεφάλαιο “Τραυματισμοί, δηλητηριάσεις και ορισμένες άλλες επιπτώσεις επίδρασης εξωτερικών παραγόντων”.

Μία ακόμα αλλαγή αποτελεί το γεγονός ότι σε παλαιότερες εκδόσεις, πιο συγκεκριμένα στην 9η, οι τετραψήφιοι τίτλοι έπρεπε να διαβαστούν μαζί με τους τριψήφιους, προκειμένου να εξασφαλισθεί η πλήρης έννοια και ο στόχος της υποκατηγορίας, ενώ στη 10η οι πληροφορίες με αστερίσκο περιελήφθησαν σε 82 ομογενείς κατηγορίες τριών χαρακτήρων για προαιρετική χρήση. Με αυτό το τρόπο οι διαγνωστικές αυτές καταστάσεις που περιέχουν στοιχεία τόσο για την γενικευμένη νοσηρή διεργασία όσο και για τις εκδηλώσεις ή τις επιπλοκές από ένα όργανο ή περιοχή του σώματος μπορούν να έχουν δύο κωδικούς, επιτρέποντας τη τροποποίηση ή την ταξινόμησή τους σύμφωνα με τον ένα ή τον άλλον άξονα.

2.3.1.2. Απλοποιημένη έκδοση ICD-10

Παρά το γεγονός ότι το ICD-10 αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την συλλογή στατιστικών που σχετίζονται με την νοσηρότητα και την θνησιμότητα, η τεχνική υλοποίησή του θεωρείται μία περίπλοκη διαδικασία, αφού ο υπεύθυνος προγραμματιστής (κλινικός προγραμματιστής – Clinical Coder* CC), οφείλει να ακολουθήσει αυστηρά μια πολύπλευρη διαδικασία πολλών βημάτων, που απαιτεί πληθώρα γνώσεων στο συγκεκριμένο και όχι μόνο αντικείμενο. Έτσι για να πιστοποιηθεί ότι οι κώδικες υλοποιούνται σωστά, κάθε νοσοκομείο χρειάζεται ικανούς και ανταγωνιστικούς CCs, ώστε να επιτυγχάνεται η καταγραφή των δεδομένων κάθε ασθενούς. Αν και στις ανεπτυγμένες χώρες κάτι τέτοιο είναι εφικτό, εντούτοις σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες ο αριθμός των καταρτισμένων CC δεν επαρκεί, με αποτέλεσμα να έχει καθυστερήσει η εδραίωση του ICD-10. Αυτό οδήγησε στη εισαγωγή ενός απλοποιημένου μοντέλου του ICD-10 [62] που έχει ως στόχους :

- Την αναδόμηση του περιεχομένου του ICD και την απλοποίηση της διαδικασίας κλινικού προγραμματισμού για το ICD-10 για να είναι πιο εύκολη η χρήση του.
- Την τροποποίηση των υπάρχων όρων για την γρηγορότερη και αποτελεσματικότερη αναζήτηση αυτών από το λογισμικό των υπολογιστών.
- Την χρήση του από σε κέντρα πρώτων βοηθειών.

2.3.2. Βελτιωμένη έκδοση ICD-11

Η υπάρχουσα ταξινόμηση που χρησιμοποιείται στο ICD-10 είναι μονό-ιεραρχική, δηλαδή κάθε οντότητα αντιστοιχίζεται μόνο σε μία θέση της ταξινόμησης, κάτι που συμβαίνει για να αποφευχθεί διπλή καταμέτρηση μιας και το ICD χρησιμοποιείται πρωταρχικά ως στατιστικό εργαλείο. Αυτό ωστόσο αποτελεί πρόβλημα για πολλές ασθένειες που σχετίζονται με παραπάνω από μια ομάδα παθήσεων. Σε μία τέτοια περίπτωση δίνεται προτεραιότητα σε μία μόνο ομάδα, και παραπομπές καθοδηγούν το χρήστη και στις άλλες σχετικές ομάδες.

Αντίθετα στο βελτιωμένο πρότυπο ICD-11 [63] η ταξινόμηση είναι πολύ-ιεραρχική, εφόσον σε κάθε οντότητα προσδίδεται μοναδική ταυτότητα, ενώ οι ασθένειες μπορούν να αντιστοιχηθούν σε οποιαδήποτε σχετική με αυτές ομάδα. Όμως και πάλι πρέπει να διατηρηθεί η δυνατότητα χρήσης ενός μονό-ιεραρχικού μοντέλου σε έντυπες εκδόσεις, για διαχείριση δεδομένων σε συγκεκριμένα επίπεδα ανάλυσης και φυσικά την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων. Το ICD-11 εστιάζει επίσης στην γραμμική λειτουργία με απλοποιημένες εκδόσεις υποσυνόλων, οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα μίας μονο-ιεραρχικής όψης του προτύπου στην οποία όλα τα επιλεγμένα αντικείμενα χρησιμοποιούνται για στατιστικούς σκοπούς.

Κάθε οντότητα που ανήκει στο ICD-11 προσδιορίζεται από στοιχεία σχετικά με το περιεχόμενο της, συμπεριλαμβανομένου του τίτλου, ιδιότητες της κλάσης στη οποία ανήκει, ένα σύνολο συνώνυμων, επεξηγήσεις σε μορφή κειμένου και διάφορες άλλες σχετικές ιδιότητες. Η συγκεκριμένη δομή δεδομένων σχεδιάστηκε με σκοπό να επιτρέπει μία οντολογική προσέγγιση στις οντότητες του προτύπου. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι ενώ στο πρότυπο ICD-11 έχουν ενσωματωθεί και κατηγοριοποιηθεί πολλές σπάνιες ασθένειες που έλλειπαν από προηγούμενες εκδόσεις, εντούτοις η ενσωμάτωση όλων των υπάρχων οντοτήτων μοιάζει αδύνατη, τουλάχιστον στο κοντινό μέλλον λόγω της έλλειψης βιβλιογραφικού υλικού και οικονομικών πόρων.

Το πρότυπο ICD-11, ακολουθώντας μια περίοδο περίπου 6 ετών που βρισκόταν σε έκδοση beta, κυκλοφόρησε αρχικά τον Ιούνιο του 2018 [64] σε μια προχωρημένη και σταθερότερη μορφή, ενώ τον Μάιο του 2019 αναγνωρίστηκε επίσημα από τα μέλη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) κατά τη διάρκεια της 72ης Συνέλευσης για την Παγκόσμια Υγεία (World Health Assembly) [65]. Εκτιμάται ότι το ICD-11 θα αρχίσει να εφαρμόζεται επίσημα στις αρχές του 2022, αν και ο Π.Ο.Υ. παραδέχθηκε ότι θα είναι λίγες οι χώρες που θα προσαρμοστούν γρήγορα σε αυτή τη νέα έκδοση [66].

2.4. PACS (Picture Archiving and Communication System)

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μία ραγδαία αύξηση στον όγκο των ιατρικών απεικονιστικών εξετάσεων και πληροφοριών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την τάση για μείωση των προϋπολογισμών, την ανάγκη για βελτίωση της φροντίδας ασθενών, την ανάγκη για εξυπηρέτηση μεγαλύτερου όγκου ασθενών, τη χρησιμοποίηση οικολογικών συστημάτων αποτύπωσης εικόνων και τη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας, είχαν κάνει επιτακτική την ανάγκη δημιουργίας ενός νέου μοντέλου εξυπηρέτησης ασθενών το οποίο θα βασίζεται στη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας και τη μετάβαση από την αναλογική εικόνα και το ακτινογραφικό φιλμ στην ψηφιακή εποχή. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε το PACS (Picture Archiving and Communication System [67], δηλαδή Σύστημα Αρχαιοθήκης και Επικοινωνίας Απεικονιστικών Εξετάσεων), ένα σύστημα διαχείρισης ιατρικής εικόνας με σκοπό την καταγραφή, αποτύπωση, αρχειοθέτηση, επικοινωνία και ανάκτηση εικόνων και σχετικών στοιχείων. Τα συστήματα PACS απευθύνονται σε κλινικές, νοσοκομεία, ιατρικά και διαγνωστικά κέντρα του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, που επιθυμούν τη διασύνδεση μεταξύ διαφόρων ιατρικών απεικονιστικών συστημάτων να γίνεται με τη βοήθεια ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου ευρείας συχνότητας. Αποτελείται από υπολογιστές και δίκτυα που χρησιμοποιούνται για αποθήκευση, ανάκτηση, διανομή και παρουσίαση ψηφιακών ιατρικών εικόνων και ολοκληρωμένων απεικονιστικών εξετάσεων.

Με τον όρο «ιατρικές απεικονιστικές εξετάσεις» εννοούμε τις ψηφιακές εικόνες και τις σχετιζόμενες με αυτές πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από συστήματα υπολογιστικής ακτινογραφίας (computed radiography - CR), υπολογιστικής τομογραφίας (computed tomography - CT), μαγνητικής τομογραφίας (magnetic resonance imaging - MRI), υπερηχοτομογραφίας (ultrasound - US), πυρηνικής ιατρικής (nuclear medicine - NM), ψηφιακής αγγειογραφίας (digital

angiography) και άλλων ακτινολογικών απεικονιστικών συστημάτων [68] που ενδεχομένως να υπάρχουν εντός ενός νοσοκομείου. Το PACS διαχειρίζεται επίσης τις αναφορές της διάγνωσης που προκύπτουν ως αποτέλεσμα κάθε εξέτασης και τις συνδέει μαζί της.

Το σύστημα PACS εμπεριέχει ένα εξειδικευμένο λογισμικό διαχείρισης βάσεων δεδομένων, ώστε να υπάρχει δυνατότητα καταχώρησης και εντοπισμού των ιατρικών εικόνων και ένα εξειδικευμένο λογισμικό που να δίνει τη δυνατότητα στον ακτινολόγο ή στον πυρηνικό ιατρό, ο οποίος θα κάνει τη διάγνωση να διαλέγει και να επεξεργάζεται τις εικόνες αυτές. Συνήθως στο σύστημα PACS για σκοπούς αποφυγής μεγάλου φόρτου στο δίκτυο, «κυκλοφορεί» μια «περίληψη» των εξετάσεων του κάθε ασθενή. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα να δοθεί στον ενδιαφερόμενο (π.χ. υπεύθυνο παθολόγο) αναλυτικότερη αναφορά, εφόσον αυτή ζητηθεί. Τα συστήματα PACS χαρακτηρίζονται από εξοικονόμηση χρόνου αφού τα πάντα γίνονται ηλεκτρονικά, τόσο η πρόσβαση στις ακτινολογικές εξετάσεις και στις ακτινολογικές γνωματεύσεις όσο και η αποθήκευσή τους. Ηλεκτρονικά γίνεται η συζήτηση μεταξύ παθολόγου και ακτινολόγου, όπως επίσης και η αποστολή απεικονίσεων και σχετικών πληροφοριών ασθενών από άλλα τμήματα του νοσοκομείου ή από άλλες απομακρυσμένες θέσεις εκτός νοσοκομείου στο ακτινολογικό τμήμα για εκτίμηση και διάγνωση από ακτινολόγους.

2.4.1. Περιγραφή της αρχιτεκτονικής

Συνήθως ένα PACS αποτελείται από ένα πλήθος συσκευών. Το πρώτο βήμα στα τυπικά συστήματα PACS είναι η μέθοδος. Οι μέθοδοι είναι τυπικά υπολογισμένη τομογραφία (CT), υπερηχογράφημα, πυρηνική ιατρική, τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (MRI). Ανάλογα με τη ροή εργασίας της εγκατάστασης, οι περισσότερες διαδικασίες αποστέλλονται σε ένα σταθμό εργασίας διασφάλισης ποιότητας (QA) ή μερικές φορές ονομάζεται πύλη PACS. Ο σταθμός εργασίας QA είναι ένα σημείο ελέγχου για να βεβαιωθείτε ότι τα δημογραφικά στοιχεία των ασθενών είναι σωστά καθώς και άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά μιας μελέτης. Εάν οι πληροφορίες της μελέτης είναι σωστές, οι εικόνες μεταφέρονται στο αρχείο για αποθήκευση. Η κεντρική συσκευή αποθήκευσης (αρχείο) αποθηκεύει εικόνες και σε ορισμένες περιπτώσεις αναφορές, μετρήσεις και άλλες πληροφορίες που βρίσκονται στις εικόνες. Το επόμενο βήμα στη ροή εργασιών του PACS είναι οι σταθμοί εργασίας ανάγνωσης. Ο σταθμός εργασίας ανάγνωσης είναι εκεί όπου ο ακτινολόγος εξετάζει τη μελέτη του ασθενούς και διατυπώνει τη διάγνωσή του. Συνήθως δεμένο με τον σταθμό εργασίας ανάγνωσης είναι ένα πακέτο αναφοράς που βοηθάει τον ακτινολόγο να υπαγορεύει την τελική έκθεση. Το λογισμικό αναφοράς είναι προαιρετικό και υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους οι γιατροί προτιμούν να υπαγορεύουν την αναφορά τους. Επικουρικά με τη ροή εργασίας που αναφέρεται, υπάρχει κανονικά λογισμικό δημιουργίας CD/DVD που χρησιμοποιείται για την κάψιμο μελετών ασθενών για διανομή σε ασθενείς ή σε αναφερόμενους γιατρούς.

Όλο και περισσότερα συστήματα PACS περιλαμβάνουν διαδικτυακές διασυνδέσεις για τη χρήση του διαδικτύου ή ενός δικτύου ευρείας περιοχής ως μέσο επικοινωνίας τους, συνήθως μέσω VPN (Virtual Private Network) ή SSL (Secure Sockets Layer). Το λογισμικό πλευράς πελατών μπορεί να χρησιμοποιεί ActiveX, JavaScript ή / και Java Applet. Οι πιο ισχυροί πελάτες PACS είναι πλήρεις εφαρμογές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους πλήρεις πόρους του υπολογιστή στον οποίο εκτελούν και δεν επηρεάζονται από τις συχνές ανεπιτήρητες περιήγησης στο Web και τις ενημερώσεις Java. Καθώς η ανάγκη διανομής εικόνων και αναφορών γίνεται πιο διαδεδομένη, υπάρχει ώθηση για συστήματα PACS που υποστηρίζουν το τμήμα DICOM 18 του προτύπου DICOM. Η πρόσβαση στο Web στα αντικείμενα DICOM (WADO - Web Access to DICOM persistent Objects) δημιουργεί τα απαραίτητα πρότυπα για την έκθεση εικόνων και αναφορών στον ιστό μέσω πραγματικά φορητών μέσων. Χωρίς να βγαίνει έξω από το επίκεντρο της αρχιτεκτονικής

PACS, το WADO γίνεται η λύση για τη δυνατότητα πολλαπλής πλατφόρμας και μπορεί να αυξήσει την κατανομή των εικόνων και των αναφορών στους ιατρούς και τους ασθενείς.

Το αντίγραφο ασφαλείας PACS είναι ένα κρίσιμο, αλλά μερικές φορές παραβλέπεται, μέρος της αρχιτεκτονικής PACS. Ο νόμος HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) απαιτεί να δημιουργούνται αντίγραφα ασφαλείας των εικόνων ασθενούς σε περίπτωση απώλειας εικόνας από το PACS. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας των εικόνων, αλλά συνήθως περιλαμβάνουν την αυτόματη αποστολή αντιγράφων των εικόνων σε έναν ξεχωριστό υπολογιστή για αποθήκευση, κατά προτίμηση εκτός του ίδιου φυσικού χώρου.

2.4.2. Αρχαιοθέτηση εικόνων και δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας

Οι ψηφιακές ιατρικές εικόνες τυπικά αποθηκεύονται τοπικά σε ένα PACS για ανάκτηση. Είναι σημαντικό (και απαιτείται στις Ηνωμένες Πολιτείες από το Τμήμα Ασφαλείας Διαχείρισης του Κώδικα Ασφαλείας της HIPAA) ότι οι εγκαταστάσεις έχουν ένα μέσο ανάκτησης εικόνων σε περίπτωση σφάλματος ή καταστροφής. Παρόλο που κάθε εγκατάσταση είναι διαφορετική, ο στόχος στην εφεδρική εικόνα είναι να γίνει αυτόματη και όσο το δυνατόν πιο εύκολη στη διαχείριση. Η ελπίδα είναι ότι τα αντίγραφα δεν θα χρειαστούν. Ωστόσο, η ανάκαμψη από καταστροφή και ο προγραμματισμός της συνέχειας των επιχειρήσεων υπαγορεύουν ότι τα σχέδια πρέπει να περιλαμβάνουν τη διατήρηση αντιγράφων δεδομένων ακόμη και όταν ολόκληρος ο ιστότοπος έχει προσωρινά ή οριστικά χάσει. Στην ιδανική περίπτωση, τα αντίγραφα των εικόνων θα πρέπει να διατηρούνται σε διάφορες τοποθεσίες, συμπεριλαμβανομένων των εκτός χώρου για την παροχή δυνατοτήτων αποκατάστασης καταστροφών. Σε γενικές γραμμές, τα δεδομένα PACS δεν διαφέρουν από άλλα κρίσιμα δεδομένα επιχείρησης και θα πρέπει να προστατεύονται με πολλαπλά αντίγραφα σε πολλαπλές τοποθεσίες. Με γνώμονα ότι τα δεδομένα PACS μπορούν να θεωρηθούν προστατευμένες πληροφορίες για την υγεία, μπορεί να ισχύουν κανονισμοί, κυρίως οι απαιτήσεις HIPAA και HIPAA Hi-Tech.

Οι εικόνες μπορούν να αποθηκευτούν τόσο τοπικά όσο και εξ αποστάσεως σε μέσα εκτός γραμμής, όπως δίσκο, ταινία ή οπτικά μέσα. Η χρήση συστημάτων αποθήκευσης, με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών προστασίας δεδομένων, γίνεται ολοένα και πιο συνηθισμένη, ιδίως για μεγαλύτερους οργανισμούς με μεγαλύτερες απαιτήσεις ικανοτήτων και επιδόσεων. Τα συστήματα αποθήκευσης μπορούν να διαμορφωθούν και να συνδεθούν στον εξυπηρετητή PACS με διάφορους τρόπους, είτε ως DAS (Direct-Attached Storage), είτε ως δίκτυο αποθήκευσης (NAS) είτε μέσω δικτύου αποθήκευσης (SAN). Ωστόσο, η αποθήκευση είναι προσαρτημένη, τα συστήματα αποθήκευσης της επιχείρησης χρησιμοποιούν συνήθως RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks or Drives, or Redundant Array of Independent Disks) και άλλες τεχνολογίες για να παρέχουν υψηλή διαθεσιμότητα και ανοχή σφάλματος για προστασία από αποτυχίες. Σε περίπτωση που είναι απαραίτητο να ανακατασκευαστεί ένα PACS εν μέρει ή πλήρως, απαιτούνται ορισμένα μέσα για την ταχεία μεταφορά δεδομένων προς τα PACS, κατά προτίμηση ενώ το PACS συνεχίζει να λειτουργεί.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες αναπαραγωγής αποθήκευσης δεδομένων μπορούν να εφαρμοστούν στις πληροφορίες του PACS, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας τοπικών αντιγράφων μέσω αντιγράφου σημείου προς στιγμή για τοπικά προστατευμένα αντίγραφα, καθώς και πλήρων αντιγράφων δεδομένων σε ξεχωριστά αποθετήρια, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων δίσκων και ταινιών. Τα απομακρυσμένα αντίγραφα των δεδομένων θα πρέπει να δημιουργούνται, είτε με φυσικές κινούμενες ταινίες εκτός τόπου, είτε με αντιγραφή δεδομένων σε απομακρυσμένα συστήματα αποθήκευσης. Κάθε φορά που μετακινούνται τα προστατευμένα δεδομένα HIPAA, πρέπει να κρυπτογραφούνται, πράγμα που περιλαμβάνει την αποστολή μέσω φυσικής ταινίας ή τεχνολογιών αναπαραγωγής σε δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) σε δευτερεύουσα τοποθεσία.

Άλλες επιλογές δημιουργίας αντιγράφων των δεδομένων PACS περιλαμβάνουν αφαιρούμενα μέσα (σκληρούς δίσκους, DVD ή άλλα μέσα που μπορούν να συκρατήσουν πολλές εικόνες των ασθενών) που μεταφέρονται σωματικά εκτός τόπου. Η HIPAA HITECH υποχρεώνει την κρυπτογράφηση των αποθηκευμένων δεδομένων σε πολλές περιπτώσεις ή άλλους μηχανισμούς ασφαλείας, προκειμένου να αποφεύγονται κυρώσεις για μη συμμόρφωση. Η υποδομή δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας μπορεί επίσης να υποστηρίξει τη μετακίνηση εικόνων σε ένα νέο PACS. Λόγω του μεγάλου όγκου των εικόνων που πρέπει να αρχειοθετηθούν, πολλά κέντρα ραδιοσυχνοτήτων μεταφέρουν τα συστήματά τους σε PACS με βάση το «σύννεφο» (cloud).

2.4.3. Ενσωμάτωση της εικόνας

Ένα πλήρες PACS θα πρέπει να παρέχει ένα ενιαίο σημείο πρόσβασης για τις εικόνες και τα σχετικά δεδομένα τους. Δηλαδή, θα πρέπει να υποστηρίζει όλες τις ψηφιακές μεθόδους, σε όλα τα τμήματα, σε όλη την επιχείρηση. Ωστόσο, έως ότου ολοκληρωθεί η διεύθυνση του PACS, ενδέχεται να υπάρχουν μεμονωμένα νησιδία ψηφιακής απεικόνισης που δεν έχουν συνδεθεί ακόμη με ένα κεντρικό PACS. Αυτά μπορεί να έχουν τη μορφή ενός τοπικού δικτύου ειδικών για συγκεκριμένες μεταβολές, σταθμών εργασίας και αποθήκευσης (αποκαλούμενου "mini-PACS") ή μπορεί να συνίστανται σε ένα μικρό σύνολο διαδικασιών που συνδέονται άμεσα με τις θέσεις εργασίας ανάγνωσης χωρίς μακροπρόθεσμη αποθήκευση ή διαχείριση. Τέτοια συστήματα συχνά δεν συνδέονται με το σύστημα πληροφοριών των τμημάτων. Ιστορικά, τα εργαστήρια υπερήχων, πυρηνικής ιατρικής και καρδιολογίας Cath Labs είναι συχνά τμήματα που υιοθετούν μια τέτοια προσέγγιση.

Πιο πρόσφατα, η ψηφιακή μαστογραφία Full Field (FFDM) υιοθέτησε μια παρόμοια προσέγγιση, κυρίως λόγω του μεγάλου μεγέθους της εικόνας, των εξειδικευμένων διαδικασιών ανάγνωσης ροής εργασίας και εμφάνισης και της παρέμβασης των ρυθμιστικών αρχών. Η ταχεία ανάπτυξη του FFDM στις ΗΠΑ μετά τη μελέτη του DMIST οδήγησε στην ενσωμάτωση της Ψηφιακής Μαστογραφίας και του PACS να γίνει πιο συνηθισμένη. Όλα τα PACS, ανεξάρτητα από το αν καλύπτουν ολόκληρη την επιχείρηση ή εντοπίζονται εντός ενός τμήματος, θα πρέπει επίσης να διασυνδέονται με υπάρχοντα νοσοκομειακά πληροφοριακά συστήματα: Σύστημα Πληροφοριών Νοσοκομείου (HIS) και Σύστημα Πληροφοριών Ακτινοπροστασίας (RIS). Υπάρχουν διάφορα δεδομένα που ρέουν σε PACS ως εισροές για τις επόμενες διαδικασίες και πίσω στο HIS ως αποτέλεσμα αντίστοιχων εισροών. Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται από το HIS σε RIS μέσω διασύνδεσης ενοποίησης, στο μεγαλύτερο μέρος του νοσοκομείου, μέσω πρωτοκόλλου HL7. Τα αναγνωριστικά και οι παραγγελίες ασθενών θα αποστέλλονται στο Modality (CT, MR, κ.λπ.) μέσω του πρωτοκόλλου DICOM (Worklist). Οι εικόνες θα δημιουργηθούν μετά από σάρωση εικόνων και στη συνέχεια προώθηση στο PACS Server. Η αναφορά διάγνωσης δημιουργείται με βάση τις εικόνες που ανακτήθηκαν για παρουσίαση από το PACS Server από γιατρό/ακτινολόγο και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στο σύστημα RIS.

Η αναφορά διάγνωσης και οι εικόνες δημιουργήθηκαν ανάλογα. Η αναφορά διάγνωσης αποστέλλεται πίσω στο HIS μέσω HL7 συνήθως και οι εικόνες αποστέλλονται πίσω στο HIS μέσω DICOM συνήθως εάν υπάρχει ένα DICOM Viewer ενσωματωμένο με HIS στα νοσοκομεία (Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο κλινικός γιατρός λαμβάνει υπενθύμιση του Report Diagnosis και έρχεται σε επαφή με εικόνες από PACS Server).

Η διασύνδεση μεταξύ πολλών συστημάτων παρέχει ένα πιο συνεκτικό και πιο αξιόπιστο σύνολο δεδομένων:

- ✓ Ο μικρότερος κίνδυνος εισαγωγής ενός λανθασμένου αναγνωριστικού ασθενούς για μια μελέτη καθώς και οι τρόποι με τους οποίους υποστηρίζονται οι πίνακες εργασίας της DICOM μπορούν να ανακτήσουν τις πληροφορίες ασθενούς (όνομα ασθενούς, αριθμός ασθενούς, αριθμός προσχώρησης) για επερχόμενες περιπτώσεις και να το παρουσιάσουν στον

τεχνολόγο. Μόλις ολοκληρωθεί η ανάκτηση, το PACS έχει τη δυνατότητα να συγκρίνει τα δεδομένα ενσωματωμένης εικόνας με μια λίστα προγραμματισμένων μελετών από το RIS και μπορεί να επισημάνει μια προειδοποίηση αν τα δεδομένα εικόνας δεν ταιριάζουν με προγραμματισμένη μελέτη.

- ✓ Τα δεδομένα που αποθηκεύονται στο PACS μπορούν να επισημαίνονται με μοναδικά αναγνωριστικά ασθενούς (όπως αριθμός κοινωνικής ασφάλισης ή αριθμός NHS) που λαμβάνεται από το HIS. Παροχή ισχυρής μεθόδου συγχώνευσης συνόλων δεδομένων από πολλά νοσοκομεία, ακόμη και όταν τα διαφορετικά κέντρα χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα ID εσωτερικά.

Μια διασύνδεση μπορεί επίσης να βελτιώσει τα πρότυπα ροής εργασίας. Όταν μια μελέτη έχει αναφερθεί από ακτινολόγο, το PACS μπορεί να το επισημάνει ως αναγνωσμένο. Αυτό αποφεύγει την περιττή διπλή ανάγνωση. Η αναφορά μπορεί να επισυναφθεί στις εικόνες και να μπορεί να προβληθεί μέσω μιας ενιαίας διασύνδεσης. Επίσης, έχουμε βελτιωμένη χρήση του αποθηκευτικού χώρου στο διαδίκτυο και του πλησίον γραμμής αποθήκευσης στο αρχείο εικόνων. Το PACS μπορεί να λάβει εκ των προτέρων τους καταλόγους των ραντεβού και των εισόδων, επιτρέποντας την εκ των προτέρων λήψη εικόνων από την αποθήκευση off-line ή την αποθήκευση σε κοντινή γραμμή στην ηλεκτρονική αποθήκευση δίσκων. Η αναγνώριση της σημασίας της ολοκλήρωσης οδήγησε ορισμένους προμηθευτές στην ανάπτυξη πλήρως ολοκληρωμένων συστημάτων RIS / PACS. Αυτά μπορεί να προσφέρουν μια σειρά από προηγμένες λειτουργίες. Καταρχήν, η υπαγόρευση των αναφορών μπορεί να ενσωματωθεί σε ένα ενιαίο σύστημα. Το ενσωματωμένο λογισμικό φωνητικής αναγνώρισης ομιλίας σε κείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει και να μεταφορτώσει μια αναφορά στο γράφημα του ασθενούς μέσα σε λίγα λεπτά από τη σάρωση του ασθενούς ή ο ιατρός που το αναφέρει μπορεί να υπαγορεύσει τα ευρήματά του σε τηλεφωνικό σύστημα ή καταγραφέα φωνής. Η καταγραφή αυτή μπορεί να αποστέλλεται αυτόματα σε σταθμό εργασίας για την εγγραφή του πληκτρολογίου, αλλά μπορεί επίσης να διατίθεται για πρόσβαση από τους γιατρούς, αποφεύγοντας την καθυστέρηση γραφής για επείγοντα αποτελέσματα ή διατηρώντας σε περίπτωση σφάλματος πληκτρολόγησης. Τέλος, παρέχει ένα ενιαίο εργαλείο για τον ποιοτικό έλεγχο και τον έλεγχο. Οι απορριφθείσες εικόνες μπορούν να επισημανθούν, επιτρέποντας αργότερα ανάλυση (όπως μπορεί να απαιτείται από τη νομοθεσία περί ακτινοπροστασίας). Οι φόρτοι εργασίας και ο χρόνος περιστροφής μπορούν να αναφερθούν αυτόματα για λόγους διαχείρισης.

2.4.4. Μειονεκτήματα

Τα συμβατικά PACS υποφέρουν από αρκετά μειονεκτήματα, ιδιαίτερα στους τομείς της δρομολόγησης, της ανάκτησης και της απεικόνισης εικόνων [69]. Όσον αφορά τη δρομολόγηση εικόνας, σε συμβατικές στα PACS, ένας τρόπος απεικόνισης είναι να πάρει μια εικόνα ενός ασθενούς και τότε η εικόνα να μεταφερθεί σε ένα αρχείο όπου και αποθηκεύεται. Στη συνέχεια, ένας χρήστης σε σταθμό αναθεώρησης πρέπει να ανακτήσει την εικόνα από το αρχείο και να την προβάλει. Αυτό το σύστημα είναι αναποτελεσματικό για διάφορους λόγους. Για παράδειγμα, απαιτεί από τον χρήστη να ανακτήσει τις εικόνες με μη αυτόματο τρόπο και έτσι να αφιερώσει επιπλέον χρόνο και προσπάθεια για να ολοκληρώσει τη διαδικασία αναθεώρησης. Από αυτή την άποψη, όταν το δίκτυο PACS είναι απασχολημένο, οι χρήστες ανταγωνίζονται συχνά για πόρους του συστήματος, με αποτέλεσμα να είναι αργός Η απόκριση του συστήματος και συνεπώς η περαιτέρω αύξηση του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας επανεξέτασης.

Όσον αφορά την ανάκτηση εικόνων, όπως σημειώθηκε παραπάνω, τα PACS απαιτούν από τον χρήστη να ανακτήσει μια εικόνα από ένα κεντρικό αρχείο. Αυτό μπορεί να είναι αναποτελεσματικό, ειδικά αν ένα αντίγραφο της εικόνας βρίσκεται σε μια περιοχή του PACS που είναι περισσότερο δύσκολο προσβάσιμο από το χρήστη. Επιπλέον, όταν ασχολείται με "Μελέτες" (δηλαδή, μία ή

περισσότερες εικόνες, όπως ένα τμήμα σώματος ενός ασθενούς), τα συμβατικά PACS ανακτούν ολόκληρη τη μελέτη πριν από οποιαδήποτε εικόνα και αυτή είναι στην πραγματικότητα δύσκολο να αναπαραχθεί στον χρήστη. Και πάλι, αυτό είναι αναποτελεσματικό, δεδομένου ότι παρατείνει τη διαδικασία αναθεώρησης. Όσον αφορά την εμφάνιση εικόνων, συμβατικά PACS συνήθως παρέχουν ένα σταθερό σύνολο ελέγχων από το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας χρήστης «Ταξινόμηση», «Επιλογή» και «Εμφάνιση» ορισμένων μελετών ή/και εικόνων. Ενώ αυτοί οι έλεγχοι μπορεί να είναι επαρκείς σε ορισμένες περιπτώσεις, πολλές φορές οι χρήστες θα τα βρουν ανεπαρκή για ορισμένες ιδιαίτερες ανάγκες. Από την άλλη πλευρά, αυτό το σταθερό σύνολο ελέγχων μπορεί επίσης να είναι κάτι περισσότερο από αυτό που επιθυμεί ο χρήστης και μπορεί να έχει εμπεριέχει περιττά χαρακτηριστικά, όπως μια ανεπιθύμητη τοποθεσία οθόνης.

Συνεπώς, υπάρχει ανάγκη για ένα εξελιγμένο PACS το οποίο αντιμετωπίζει τα προαναφερθέντα και άλλα μειονεκτήματα του συμβατικού PACS. Συγκεκριμένα, υπάρχει ανάγκη για ένα PACS με βελτιωμένες δυνατότητες δρομολόγησης, ανάκτησης και προβολής, που θα ενισχύει τη συνολική αποτελεσματικότητα του συστήματος και θα καθιστά το σύστημα πιο φιλικό προς το χρήστη.

3. Παραδείγματα Ανάλυσης Δεδομένων ΗΦΥ

Έχοντας αναφερθεί αναλυτικά στα σημαντικότερα πρότυπα που χρησιμοποιούνται διεθνώς για την ανάπτυξη συστημάτων ΗΦΥ και για την επικοινωνία μεταξύ των οργανισμών υγείας, συνεχίζουμε με την περιγραφή διαφόρων τρόπων ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων ΗΦΥ. Πιο συγκεκριμένα, θα δούμε διάφορα παραδείγματα αλγορίθμων, πρωτοκόλλων και πρακτικών που έχουν χρησιμοποιηθεί τα τελευταία χρόνια με σκοπό την καταχώριση, αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων που διαμορφώνουν έναν ηλεκτρονικό ιατρικό φάκελο.

3.1. Χρήση Μηχανικής Εκμάθησης (Machine Learning)

3.1.1. Εισαγωγικά Στοιχεία

Το Machine Learning (ML) είναι η μελέτη αλγορίθμων υπολογιστών, οι οποίοι βελτιώνονται αυτομάτως μέσω εμπειρίας [79], και θεωρείται ως ένα υποσύνολο τεχνητής νοημοσύνης (AI - Artificial Intelligence). Οι αλγόριθμοι ML δημιουργούν ένα μαθηματικό μοντέλο βασισμένο σε δείγματα δεδομένων, γνωστά ως "δεδομένα εκπαίδευσης" (training data), προκειμένου να λαμβάνουν αποφάσεις και να πραγματοποιούν προβλέψεις, χωρίς να έχει προηγηθεί κάποιος συγκεκριμένος προγραμματισμός [80]. Επίσης, χρησιμοποιούνται σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, όπως το φιλτράρισμα e-mails και η μηχανική όραση (computer vision), όπου είναι δύσκολο ή ανέφικτο να αναπτυχθούν συμβατικοί αλγόριθμοι για την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών.

Το Machine Learning περιλαμβάνει υπολογιστές που "ανακαλύπτουν" πώς μπορούν να εκτελέσουν εργασίες χωρίς να έχουν προγραμματιστεί ρητά να το κάνουν, ενώ μαθαίνουν από δεδομένα που παρέχονται έτσι ώστε να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες. Για απλές εργασίες που έχουν ανατεθεί σε υπολογιστές, είναι δυνατό να προγραμματιστούν αλγόριθμοι που να καθοδηγούν τον υπολογιστή στο τρόπο με τον οποίο πρέπει να εκτελέσει όλα τα απαιτούμενα βήματα για την επίλυση ενός ζητήματος, ενώ από την πλευρά του υπολογιστή δεν απαιτείται κάποιου είδους εκμάθηση. Για πιο προηγμένες εργασίες, μπορεί να είναι δύσκολο για έναν άνθρωπο να δημιουργήσει χειροκίνητα τους απαραίτητους αλγόριθμους. Στην πράξη, αποδεικνύεται ότι είναι πιο αποτελεσματικό να βοηθηθεί ο υπολογιστικός μηχανισμός ώστε να αναπτύξει τον δικό του αλγόριθμο, αντί να είναι απαραίτητο για τους προγραμματιστές να καθορίζουν κάθε απαιτούμενο βήμα [81] [82].

3.1.2. Χρήση ΗΦΥ και ML για ιατρικές προβλέψεις από μη-ιατρικά data

Η διοίκηση του HIS (Hospital Information System – Νοσοκομειακό Σύστημα Πληροφοριών) και τα δεδομένα ΗΦΥ σχετικά με έναν ασθενή νοσηλείας, όπως διάρκεια παραμονής, επανειλημμένα συμβάντα που οδήγησαν σε εισαγωγή σε νοσοκομείο, μεταφορά σε μονάδα εντατικής θεραπείας

(ΜΕΘ) και ταξινόμηση αποτελεσμάτων, ενσωματώνουν με πολύ προσεγμένο τρόπο πληροφορίες σχετικά με τη σοβαρότητα της κατάστασης του ασθενούς και την ποιότητα της παρεχόμενης φροντίδας του. Αυτά τα δεδομένα τείνουν να είναι υψηλής ποιότητας, όσον αφορά την πληρότητα και την ακρίβεια που έχουν, για πολλούς λόγους, όπως το ότι ο χειρισμός τους πραγματοποιείται από καταρτισμένο και έμπειρο προσωπικό στη χρήση υπολογιστικών συστημάτων και ότι χρειάζεται ο επανέλεγχος των δεδομένων αυτών λόγω δευτερογενών εργασιών (για παράδειγμα, διαχείριση αξιώσεων – claim management).

Υπό αυτό το πρίσμα, μια έγκυρη υπόθεση θα μπορούσε να είναι ότι υπάρχει μια κατηγορία πρόβλεψης/πρόγνωσης προβλημάτων που μπορούν να αντιμετωπιστούν επαρκώς μέσω εφαρμογής του Machine Learning σε επιλεγμένα υποσύνολα δεδομένων, κυρίως διαχειριστικού χαρακτήρα. Η εφαρμογή αυτή θα πρέπει να είναι προσεκτικά σχεδιασμένη και με σκοπό τη βελτίωση των περιγραφικών (επομένως, και προγνωστικών) χαρακτηριστικών των δεδομένων, κάτι που αυξάνει και τη γενικότερη προοπτική τους για ορθή χρήση. Ως πειραματικό πρόβλημα επιλέγεται η πρόβλεψη της πιθανότητας πρόωρης επανεισδοχής ενός ασθενούς από τη στιγμή που του επιτρέπεται να πάρει εξιτήριο από το νοσοκομείο που νοσηλεύόταν. Πρόωρη επανεισδοχή θεωρείται η είσοδος σε νοσοκομείο αφού έχει προηγηθεί μικρό χρονικό διάστημα από την τελευταία φορά που πήρε ο ασθενής εξιτήριο, συνήθως εντός 30 ημερών. Αυτός ο ορισμός αποτέλεσε πηγή διαμάχης μεταξύ οργανισμών που εντάσσονται στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Η μείωση των ποσοστών επανεισδοχής θεωρείται ότι θα έχει άμεσο και σημαντικό αντίκτυπο στην αποδοτικότητα του κόστους των συστημάτων υγείας, καθώς κάθε νέα επανεισδοχή σημαίνει νέα ιατρικά έξοδα που σχετίζονται με την υψηλή πιθανότητα για επιδείνωση της υγείας του ασθενούς, η οποία οδηγεί σε ανάγκη για επανεισδοχή τις περισσότερες φορές.

Παρά το γεγονός ότι στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποιο επίσημο ισχύον κανονιστικό πλαίσιο για την επιβολή κυρώσεων ή την αντιμετώπιση των υψηλών ποσοστών επανεισδοχής, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι, εν τέλη, θα αναζητηθούν μέτρα προς την κατεύθυνση για ευθυγράμμιση με τα εθνικά συστήματα υγείας που ήδη έχουν αντιμετωπίσει το συγκεκριμένο ζήτημα, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής [83]. Ορισμένα εξατομικευμένα αντίμετρα για την ελάττωση της πρόωρης επανεισδοχής περιλαμβάνουν επισκέψεις παρακολούθησης και τηλεφωνικές κλήσεις στο σπίτι του ασθενούς, διαδικασίες φροντίδας κατ' οίκων σε περίπτωση ανάγκης, καθιέρωση ενεργών καναλιών επικοινωνίας με γιατρούς πρωτοβάθμιας φροντίδας και κατάρτιση άμεσων συγγενών στη φροντίδα του ασθενούς [84]. Το ζήτημα που προκύπτει κατευθείαν, ωστόσο, είναι ότι αν αυτά τα αντίμετρα εφαρμοστούν σε κάθε ασθενή με εξιτήριο, τότε θα είναι αρκετά δαπανηρά και αρκετά δύσκολο να κλιμακωθούν μέσα στο γενικό πλαίσιο ενός τυπικού νοσοκομείου. Αυτό δημιουργεί υψηλή ζήτηση για μεθόδους ικανές να εκτιμήσουν τον κίνδυνο επανεισδοχής ασθενών, προκειμένου να εφαρμοστούν επιλεγμένα αντίμετρα σε στοχευμένες ομάδες ασθενών, αυξάνοντας έτσι την αποδοτικότητα κόστους, χρησιμοποιώντας αποτελεσματικά τους διαθέσιμους πόρους για την πρόληψη των επανεισδοχών.

Ο πειραματισμός με πρόβλεψη πρόωρης επανεισδοχής, εισάγει μια νέα προσέγγιση, καθώς δεν χρησιμοποιεί ούτε τη συμπερίληψη ιατρικών προβλέψεων (αποτελέσματα δοκιμών, διαγνώσεις, σημειώσεις γιατρών κ.τ.λ.) στο σύνολο δεδομένων (dataset) των προβλέψεων, ούτε τον διαχωρισμό των ομάδων ασθενών με βάση συγκεκριμένες συνθήκες υγείας. Άλλωστε, αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται εκτενώς και τις περισσότερες φορές σε συνδυασμό μεταξύ τους [85] [86].

3.1.2.1. Παρουσίαση Συνόλου Δεδομένων (Dataset)

Το Δημοτικό Νοσοκομείο Αθηνών «ΕΛΠΙΣ» παρείχε πρόσβαση σε ανώνυμα δεδομένα νοσηλείας, μέσω προετοιμασμένων ερωτημάτων (queries) βάσης δεδομένων. Παρά το γεγονός ότι τα δεδομένα δεν περιείχαν ταυτοποιημένα προσωπικά στοιχεία, όλη η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε

στις ιατρικές εγκαταστάσεις υπό την επίβλεψη του προσωπικού του νοσοκομείου και ελήφθησαν όλα τα κατάλληλα μέτρα ασφάλειας δεδομένων. Το αρχικό σύνολο δεδομένων εργασίας αποτελείται από 131.872 αρχεία νοσηλείας που καλύπτουν χρονικό διάστημα από το 2000 έως το 2017. Το μόνο κριτήριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ύπαρξη κωδικοποιημένης διάγνωσης απόρριψης ως πρόχειρος δείκτης της πληρότητας των δεδομένων του αντίστοιχου συμβάντος. Οι στήλες που επιλέχθηκαν για συμμετοχή στα πειράματά μας παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα.

Table 1.	Data columns (features)
AGE	Patient's age in the date of discharge
SEX	Patients sex
CURADM_DAYS	Length of stay (days) during current hospitalization
OUTCOME	Outcome (X-Death, H-Healing, I-Improvement, N-No Change, D-Deterioration)
CURRICU_FLAG	1-The patient had to be transferred in ICU during current hospitalization, 0-otherwise
PREVADM_NO	Number of previous admissions in the hospital
PREVADM_DAYS	Cumulative length of stay (days) during previous admissions in the hospital
PREVICU_DAYS	Cumulative days of ICU treatment during previous admissions in the hospital

ΕΙΚΟΝΑ 18 : Βάση Δεδομένων για το Πείραμα Πρόβλεψης Επανεισδοχής [87]

3.1.2.2. Μηχανική των Χαρακτηριστικών (Feature Engineering)

Το σύνολο δεδομένων «καθαρίστηκε» χειροκίνητα προκειμένου να εξαλειφθούν οι παρακάτω περιπτώσεις :

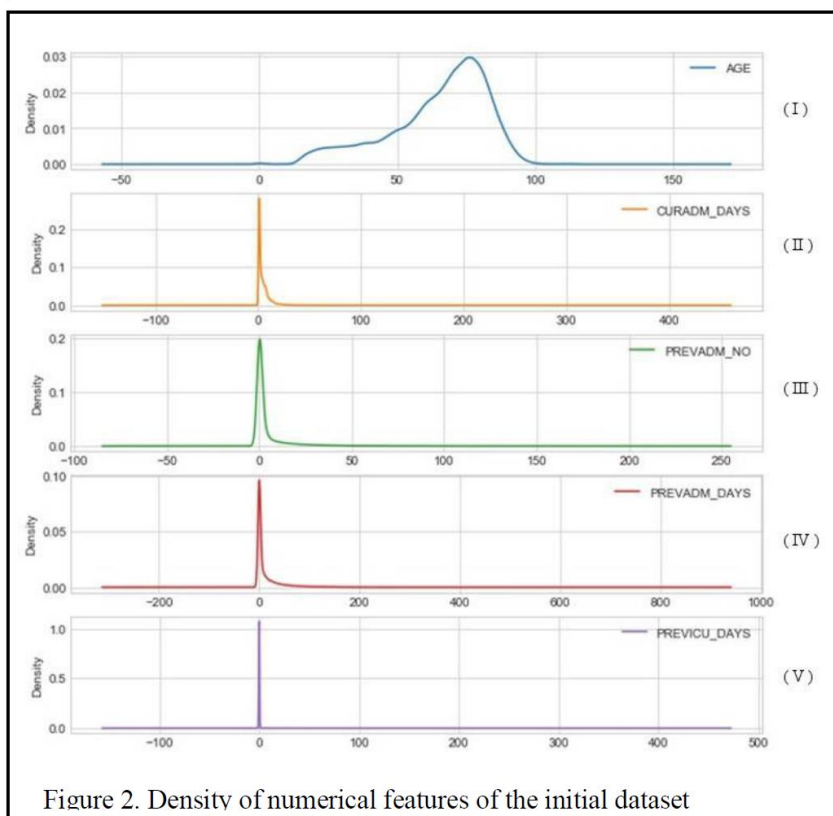
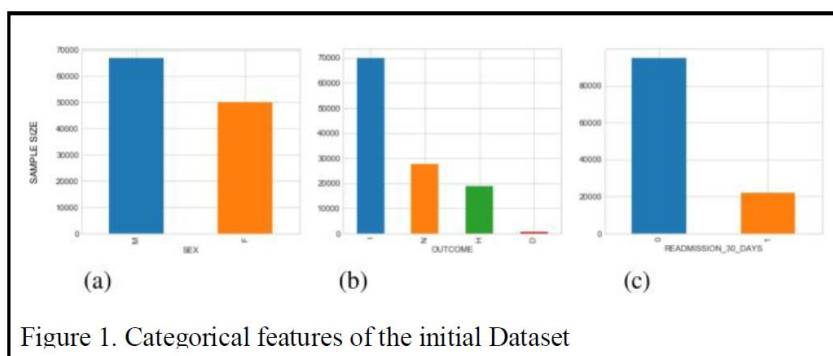
- Αδιάκριτα στοιχεία (outliers), λόγω κακής ποιότητας δεδομένων, δηλαδή ασθενών που εμφανίστηκαν στο σύνολο δεδομένων με ηλικία μικρότερη από 0 ή μεγαλύτερη από 120, καθώς και περιπτώσεις ιατρικών περιστατικών που δεν είχαν «ολοκληρωθεί» σωστά.
- Ακραίες περιπτώσεις ασθενών που θα υπονόμευαν τη διαδικασία υπολογισμού χωρίς να προσθέσουν στην προγνωστική αξία της διαδικασίας εκπαίδευσης.
- Νοσηλείες με δηλωμένο αποτέλεσμα : “X-Death”

Οι κατηγορικές τιμές (SEX, OUTCOME) ήταν κωδικοποιημένες κατά “One-Hot”, δηλαδή νέες στήλες για κάθε κατηγορία εισήχθησαν με τιμές [0,1] και κάθε δείγμα πήρε τιμή 1 στη στήλη της αντίστοιχης κατηγορίας στην οποία ανήκε αρχικά. Στην πορεία, εισήχθη μια νέα στήλη, με την ονομασία “READMISSION_30_DAYS”, η οποία εξαρτάται από την τιμή της στήλης “READMISSION_DAYS” ως εξής :

- Αν $READMISSION_DAYS > 30$, τότε $READMISSION_30_DAYS = 1$
- Αν $READMISSION_DAYS \leq 30$, τότε $READMISSION_30_DAYS = 0$

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η μεγάλη ανισορροπία στη στήλη READMISSION_30_DAYS, λόγω του γεγονότος ότι οι πρώιμες επανεισδοχές συμβαίνουν σε ένα μικρό τμήμα των συνολικών νοσηλευτικών περιπτώσεων, εφαρμόσαμε τυχαίες τεχνικές υπο-δειγματοληψίας στην κυρίαρχη τάξη δειγμάτων ($READMISSION_30_DAYS = 0$), επιλέγοντας τυχαία ένα υποσύνολο ίσου μεγέθους με

τη δευτερεύουσα τάξη (READMISSION_30_DAYS = 1). Έτσι, το τελικό σύνολο δεδομένων περιλάμβανε 44.384 δείγματα, που αντιπροσωπεύουν εξίσου κάθε τάξη (22.192 δείγματα το καθένα).



ΕΙΚΟΝΑ 19 : Γραφικές αναπαραστάσεις των κύριων χαρακτηριστικών του συνόλου δεδομένων [87]

3.1.2.3. Αλγόριθμοι Ταξινόμησης (Classification)

Το Support Vector Machine (SVM) είναι η μαθηματική διαδικασία της κατασκευής ενός συνόλου υπερ-επιπέδων στον χώρο υψηλών διαστάσεων που καθορίζεται από τους προγνωστικούς παράγοντες. Διαισθητικά, ο καλύτερος διαχωρισμός μπορεί να επιτευχθεί εάν τα υπερ-επίπεδα έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή απόσταση (λειτουργικό περιθώριο) από τα πλησιέστερα σημεία κατάρτισης οποιασδήποτε κατηγορίας, καθώς, σε γενικές γραμμές, τα μεγαλύτερα περιθώρια θα μπορούσαν να σημαίνουν χαμηλότερα σφάλματα γενίκευσης [88].

Σε προσέγγιση ταξινόμησης βάσει γειτόνων (neighbors-based classification), η επισήμανση κάθε σημείου του υπερ-διαστήματος (hyper-space) των παραμέτρων υπολογίζεται με βάση μια απλή

πλειοψηφία των πλησιέστερων γνωστών (ήδη επισημασμένων) γειτονικών σημείων. Ένα σημείο ερωτήματος εκχωρείται στην κλάση που έχει τους περισσότερους εκπροσώπους σε μία «γειτονιά» (vicinity) του γεωμετρικού υπερ-χώρου. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη τεχνική είναι η k-NN (k-Nearest Neighbors), με το "k" να υποδηλώνει τον αριθμό των κοντινών σημείων που έχουν ήδη επισημανθεί και θα λάβουν μέρος στη διαδικασία "ψηφοφορίας" [89]. Διάφορες υλοποιήσεις αυτής της τεχνικής, ανάλογα με το περιεχόμενο και τη φύση των δεδομένων, χρησιμοποιούν, εκτός από τη διαφορετική επιλογή του k, διαφορετικούς τρόπους για τη μέτρηση της γεωμετρικής απόστασης από σημείο σε σημείο, καθώς και για τον καθορισμό διαφορετικών βαρών στις συνεισφορές των γειτόνων, όπως για παράδειγμα, ανάλογο με το αντίστροφο της απόστασης.

Οι μέθοδοι "Naive Bayes" (NB) βασίζονται στην εφαρμογή του θεωρήματος του Bayes. Η «αφέλεια» της προσέγγισης αναφέρεται στην υπόθεση ότι υπάρχει ανεξαρτησία μεταξύ κάθε ζεύγους χαρακτηριστικών. Παρά την προφανή υπεραπλουστευμένη προσέγγιση, οι ταξινομητές "Naive Bayes" ήταν επιτυχημένοι σε πολλές πραγματικές καταστάσεις, όπως η ταξινόμηση εγγράφων και το φιλτράρισμα ανεπιθύμητων μηνυμάτων. Οι ταξινομητές "Naive Bayes" είναι εξαιρετικά γρήγοροι σε σύγκριση με άλλες μεθόδους και απαιτούν λιγότερα δεδομένα κατάρτισης για την εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων [90]. Κάθε κατανομή μπορεί να εκτιμηθεί ανεξάρτητα ως μονοδιάστατη κατανομή (απόξευση). Αυτό βοηθά στην αντιμετώπιση ζητημάτων που απορρέουν από την «κατάρτα της διαστατικότητας», δηλαδή διάφορα φαινόμενα που προκύπτουν κατά την ανάλυση δεδομένων σε επίπεδα υψηλών διαστάσεων.

Η λογιστική παλινδρόμηση (Logistic Regression – LR) είναι ένα γραμμικό μοντέλο που χρησιμοποιείται ευρέως για την ταξινόμηση, παρά το όνομά του. Στη βιβλιογραφία, η λογιστική παλινδρόμηση αναφέρεται συχνά ως «logit», ταξινόμηση μέγιστης εντροπίας (MaxEnt) ή λογικός γραμμικός ταξινομητής. Το μοντέλο χρησιμοποιεί μια λογιστική συνάρτηση για να μοντελοποιήσει τις πιθανότητες των πιθανών αποτελεσμάτων [91].

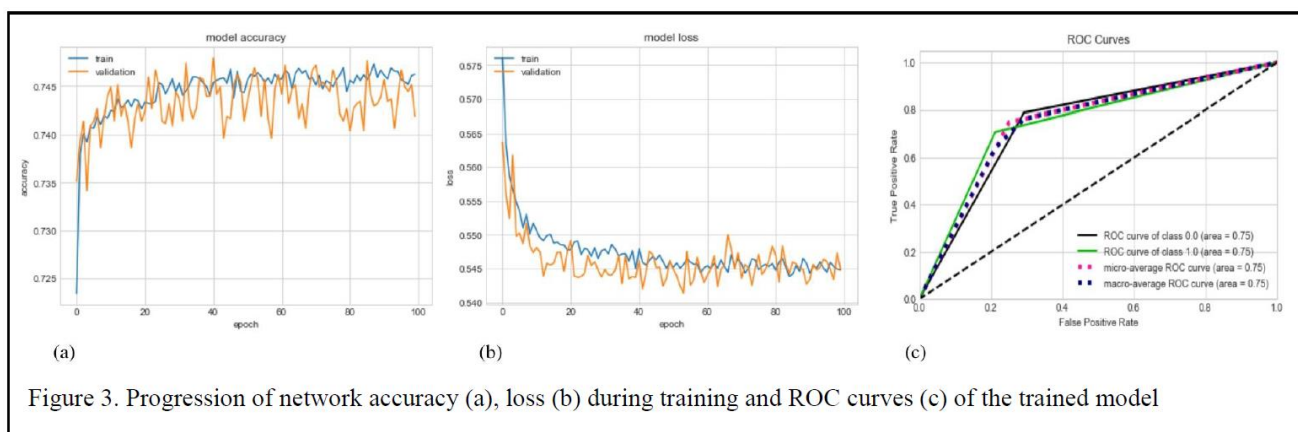
Τέλος, παρουσιάζεται η μέθοδος Deep Learning. Τα τεχνητά νευρικά δίκτυα (ANNs – Artificial Neural Networks) είναι υπολογιστικά συστήματα εμπνευσμένα από τα βιολογικά νευρικά δίκτυα που αποτελούν ζωικούς εγκεφάλους, συγκεκριμένα τη νευρωνική δομή του εγκεφαλικού φλοιού των θηλαστικών. Τα ANNs «μαθαίνουν» μέσω μιας εποπτευόμενης διαδικασίας που συμβαίνει κάθε φορά που το δίκτυο παρουσιάζεται με ένα νέο μοτίβο εισόδου (κύκλος ή «εποχή») μέσω μιας ροής ενεργοποίησης, προς τα εμπρός, των εξόδων και της οπίσθιας μετάδοσης σφαλμάτων των προσαρμογών βάρους. Γενικότερα, παρέχεται μια ολοκληρωμένη και ευρεία επισκόπηση της εφαρμογής της μεθόδου Deep Learning σε τομείς, όπως η μεταφραστική βιοπληροφορική, η ιατρική απεικόνιση, η διάχυτη ανίχνευση, η ιατρική πληροφορική και η δημόσια υγεία [92]. Είναι ευρέως αποδεκτό και έχει δοθεί θεωρητικό υπόβαθρο ότι τα «βαθιά δίκτυα» (deep networks) αντιπροσωπεύουν συμπαγή λειτουργίες, τις οποίες οι ρηχές (shallow) αρχιτεκτονικές δεν είναι ικανές να υποστηρίξουν [93].

3.1.2.4. Αποτελέσματα Πειραματικού Σταδίου και Συμπεράσματα

Για τα τελικά αποτελέσματα που δίνει η κάθε μέθοδος, δεν υπολογίζεται η απόδοση των εφαρμοζόμενων μεθόδων από την άποψη της ακρίβειας ταξινόμησης, όπως είναι ο αριθμός των σωστών προβλέψεων που γίνονται διαιρούμενος με τον συνολικό αριθμό των προβλέψεων που έγιναν. Αυτό συμβαίνει λόγω ειδικών περιπτώσεων, όπως ο χειρισμός συνόλων δεδομένων με μη ισορροπημένες κλάσεις, οπότε η μέτρηση μπορεί να είναι παραπλανητική, αναφέροντας σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα από την πραγματική προγνωστική τιμή του αντίστοιχου μοντέλου (ένα φαινόμενο συχνά αποκαλείται «Παράδοξο Ακρίβειας» - "Accuracy Paradox" [94]). Αντ' αυτού, ως αξιολογητές επιδόσεων, χρησιμοποιούμε την Περιοχή Κάτω από την Καμπύλη Λειτουργικού

Χαρακτήρα (AU ROC – Area Under the Receiver Operating Characteristic) και τον Συντελεστή Συσχέτισης Matthews (MCC – Matthews Correlation Coefficient).

Ο αξιολογητής AU ROC (μερικές φορές αναφέρεται και ως C-στατιστική) χρησιμοποιείται ευρέως στη βιβλιογραφία ως μέτρηση απόδοσης πιο αξιόπιστη από την απλή ακρίβεια. Η καμπύλη ROC αντιπροσωπεύει τον Πραγματικό Θετικό Ρυθμό (TPR – True Positive Rate, "ευαισθησία") έναντι του Ψευδώς Θετικού Ρυθμού (FPR – False Positive Rat, "fall-out" υπολογιζόμενος ως 1 - "ειδικότητα"). Ένας τέλειος ταξινομητής θα επιτύχει τιμή 1, ενώ η τυχαία εικασία αντιστοιχεί στο 0.5. Ο αξιολογητής MCC, που χρησιμοποιείται ως μέτρο της ποιότητας των δυαδικών ταξινομήσεων, είναι ένας συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των παρατηρούμενων και προβλεπόμενων δυαδικών ταξινομήσεων και επιστρέφει μια τιμή μεταξύ -1 και +1, όπου μια τιμή +1 αντιπροσωπεύει μια τέλεια πρόβλεψη, 0 όταν η πρόβλεψη δεν είναι καλύτερη από μια τυχαία πρόβλεψη και -1 όταν υπάρχει απόλυτη διαφωνία μεταξύ πρόβλεψης και παρατήρησης. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται αναλυτικά σε μορφή πινάκων και γραφημάτων τα αποτελέσματα της πειραματικής διαδικασίας.



Method	Performance	
	AU ROC ^a	MCC ^b
Support Vector Machine ^c	0.711	0.437
K-Nearest Neighbors ^d	0.785	0.57
Gaussian Naïve Bayes ^e	0.708	0.431
Logistic Regression ^f	0.723	0.456
Deep Learning Neural Network	0.748	0.498

a) Area Under Receiver Operating Characteristic Curve
 b) Matthews Correlation Coefficient
 c) C=1.0, cache_size=200, class_weight=None, coef0=0.0, degree=3, gamma='auto', kernel='rbf', shrinking=True, tol=0.001
 d) leaf_size=30, metric='minkowski', _neighbors=5, weights='uniform'
 e) priors=None
 f) C=1.0, class_weight=None, dual=False, fit_intercept=True, intercept_scaling=1, max_iter=100, multi_class='ovr', n_jobs=1, penalty='l2', random_state=None, solver='liblinear', tol=0.0001, verbose=0, warm_start=False

ΕΙΚΟΝΑ 20 : Αποτελέσματα μεθόδων Ταξινόμησης για τον υπολογισμό της Πρόβλεψης Επανεισδοχής [87]

Όλες οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι είχαν καλύτερη απόδοση από την τυχαία εικασία, ακόμη και με ελάχιστη ρύθμιση των υπερ-παραμέτρων. Δεδομένου ότι τα πειράματα παρέχουν στοιχεία υπέρ της υποκείμενης υπόθεσης, ο μελλοντικός πειραματισμός σε πιο προσαρμοσμένα (επομένως πιο ισχυρά) μοντέλα θα μπορούσε να οδηγήσει σε εφαρμογές κατάλληλες για παραγωγικά περιβάλλοντα.

3.1.3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων από Semi-Supervised Machine Learning

Παρόλο που τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας αποτελούν σημαντική πηγή δεδομένων για την έρευνα στην υγεία, πολλές από τις πληροφορίες αποθηκεύονται με μη δομημένο τρόπο και μπορεί να είναι δύσκολο να εξαχθούν. Η μέχρι σήμερα έρευνα έχει χρησιμοποιήσει κατά κύριο λόγο τα κωδικοποιημένα δεδομένα επειδή αναλύεται εύκολα, ωστόσο το μη δομημένο «ελεύθερο» κείμενο σε κλινικές καταχωρίσεις μπορεί να περιέχει σημαντικές πληροφορίες [95] [96]. Η χειροκίνητη αναθεώρηση του ελεύθερου κειμένου είναι χρονοβόρα και ενδέχεται να απαιτεί ανωνυμοποίηση για την προστασία του απορρήτου του ασθενούς. Υπήρξε, επομένως, ενδιαφέρον για αλγόριθμους λογισμικού για την ανάλυση ελεύθερου κειμένου. Παραδείγματα περιλαμβάνουν προγράμματα για τον εντοπισμό διαγνώσεων στηθάγχης [97] και οξέων αναπνευστικών λοιμώξεων [98]. Η ανάλυση του κλινικού κειμένου είναι δύσκολη, διότι μπορεί να περιέχει ένα ευρύ φάσμα ορολογίας, σύνθετες γλωσσικές δομές, συντομογραφίες συγκεκριμένες για ένα προγραμματιστικό περιβάλλον και ακρωνύμια. Τα ιατρικά συστήματα επεξεργασίας φυσικών γλωσσών όπως το MedLEE [99] βασίζονται σε μια λεπτομερή βάση γνώσεων και χειροκίνητους προγραμματισμένους γλωσσικούς κανόνες. Οι επεξεργαστές φυσικής γλώσσας είναι δαπανηροί να αναπτυχθούν καθώς πρέπει να συντονιστούν ειδικά για κάθε εργασία ή κατηγορία ασθένειας.

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια προσέγγιση Machine Learning, στην οποία ο υπολογιστής επιχειρεί να «μάθει» από μια συλλογή παραδειγμάτων εκπαίδευσης και να εφαρμόσει αυτές τις γνώσεις για να ταξινομήσει νέα κείμενα. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι Support Vector Machine (SVM) έχουν χρησιμοποιηθεί για μια σειρά εργασιών ταξινόμησης που βασίζονται σε ηλεκτρονικές κλινικές σημειώσεις, όπως η αναγνώριση της κατάστασης καπνίσματος [100] [101] και η πρόβλεψη απόκρισης στα ερωτηματολόγια ποιότητας ζωής [102]. Τα μοντέλα HMM (Hidden Markov Models) έχουν χρησιμοποιηθεί για τμηματοποίηση και επισήμανση θεμάτων σε επίπεδο παραγράφου σε ηλεκτρονικά αρχεία υγείας [103] [104]. Για την εργασία της αυτόματης διαγνωστικής κωδικοποίησης, έχουν αποδειχθεί ότι τα cascade ή τα υβριδικά συστήματα με εξαρτήματα μηχανικής εκμάθησης ξεπερνούν καθαρά συστήματα που βασίζονται σε κανόνες ή αντιστοίχιση μοτίβων [105] [106] [107]. Το πλεονέκτημα των προσεγγίσεων μηχανικής μάθησης είναι ότι δεν απαιτούν χειροκίνητο προγραμματισμό συγκεκριμένων γλωσσικών χαρακτηριστικών ή γνώση της θεματικής περιοχής. Ωστόσο, η απόδοσή τους μπορεί να είναι μεταβλητή, ανάλογα με τον συγκεκριμένο αλγόριθμο μηχανικής εκμάθησης, καθώς και την ομοιότητα μεταξύ των υποκείμενων κατανομών χαρακτηριστικών στην κατάρτιση και στα σύνολα δοκιμών.

Στόχος ήταν η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου Machine Learning με σκοπό να καθοριστεί αν μια καταχώριση δωρεάν κειμένου περιέχει πληροφορίες που ενδιαφέρουν (για παράδειγμα, διάγνωση ή αποτέλεσμα δοκιμής). Ο πρωτότυπος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται ονομάζεται «Semi-Supervised Set Covering Machine» (S3CM) και σχετίζεται με δύο προηγούμενα μοντέλα που αναπτύχθηκαν από την επιστημονική ομάδα του Rosales [108]. Πρώτον, έδειξαν ένα κοινό πλαίσιο ημι-εποπτευόμενης ενεργού εκμάθησης που βασίζεται σε ένα δίκτυο “Naive Bayes” και έδειξαν ότι τα μη επισημασμένα δεδομένα, εκτός από τα επισημασμένα παραδείγματα κατάρτισης, θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μαθησιακή διαδικασία. Μετά από αυτό, σε μια ξεχωριστή εργασία, εισήγαγαν έναν κανονικοποιημένο ταξινομητή τύπου SVM, ο οποίος επέτρεψε την αραιή αναπαράσταση χαρακτηριστικών για την απόκτηση σημαντικών πληροφοριών αμέσως μετά την εκμάθηση [109].

Ο αλγόριθμος S3CM δοκιμάστηκε σε δείγματα ελεύθερου κειμένου από τη Βάση Δεδομένων Γενικής Ερευνητικής Πρακτικής του Ηνωμένου Βασιλείου (GPRD – General Practice Research Database) που σχετίζονται με τις τρέχουσες ερευνητικές μελέτες. Το GPRD περιέχει ανώνυμα διαχρονικά ιατρικά αρχεία από 5 εκατομμύρια ασθενείς που έχουν εγγραφεί ενεργά σε 590 συμβαλλόμενα κέντρα πρωτοβάθμιας περίθαλψης [110]. Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για έρευνα σχετικά με την ασφάλεια των ναρκωτικών και την κλινική επιδημιολογία [111]. Περιέχει πληροφορίες για διαγνώσεις, παραπομπές, αποτελέσματα δοκιμών και συνταγές. Οι διαγνώσεις κωδικοποιούνται από τους γενικούς ιατρούς (GP) χρησιμοποιώντας το σύστημα κωδικοποίησης

“Read Codes” [112] και κάθε καταχώριση κωδικοποίησης ανάγνωσης μπορεί να περιέχει πρόσθετες πληροφορίες ως ελεύθερο κείμενο. Αυτό το ελεύθερο κείμενο μπορεί να περιέχει κλινικές σημειώσεις που έχουν εισαχθεί από τον ιατρό, όπως αποτελέσματα δοκιμών, συζήτηση με έναν ασθενή, επιστολές παραπομπής, καθώς και σαρωμένες επιστολές κλινικής και περιληπτικές αναφορές κατά το εξιτήριο ενός ασθενή.

Ο αλγόριθμος S3CM εφαρμόστηκε σε ένα παράδειγμα αναγνώρισης κειμένων που περιέχουν αποτελέσματα έρευνας (στεφανιαία αγγειογραφήματα) και ένα παράδειγμα ανίχνευσης διαγνώσεων (καρκίνος των ωθηκών). Τα στεφανιαία αγγειογραφήματα πραγματοποιούνται στο νοσοκομείο αλλά σχετίζονται με τη μακροχρόνια αντιμετώπιση ασθενών στην πρωτοβάθμια περίθαλψη με ισχαιμική καρδιακή νόσο. Η διαμήκης φύση της εγγραφής GPRD είναι εξαιρετικά χρήσιμη για τέτοιες μελέτες, αλλά η κωδικοποιημένη εγγραφή σπάνια περιέχει αποτελέσματα αγγειογραφήματος. Μόνο το 4,2% των ασθενών με GPRD με έμφραγμα του μυοκαρδίου είχαν “Read Code” που να δηλώνει το αποτέλεσμα του αγγειογραφήματος, όμως ένα μεγαλύτερο ποσοστό είχε κάποια κωδικοποίηση που να δηλώνει ότι πραγματοποιήθηκε αγγειογράφημα. Δεν είναι δυνατή η λήψη αποτελεσμάτων αγγειογραφήματος από νοσοκομειακά αρχεία για ασθενείς με GPRD, επειδή είναι ανώνυμα για την προστασία του απορρήτου. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας μπορεί να καταγραφούν σε ελεύθερο κείμενο στον GPRD, είτε δακτυλογραφημένο από τον ιατρό είτε με σαρωμένα γράμματα. Οι “Read Codes” που σχετίζονται με τέτοια κείμενα ενδέχεται να μην είναι συγκεκριμένοι (για παράδειγμα, «σαρωμένο γράμμα» - “scanned letter”), επομένως είναι δύσκολο να αναγνωριστούν με συμβατικά μέσα.

Μία ξεχωριστή μελέτη αποσκοπούσε στον εντοπισμό ύποπτης ή οριστικής διάγνωσης που αναφέρεται στο κείμενο πριν από την ημερομηνία κωδικοποίησης. Ο καρκίνος των ωθηκών είναι μια ασθένεια με ύπουλη εμφάνιση συμπτωμάτων, καθιστώντας δύσκολη τη διάγνωση νωρίς, αλλά η τεκμηρίωση του ύποπτου καρκίνου μπορεί να εμφανιστεί στο ελεύθερο κείμενο πριν από μια επίσημη κωδικοποιημένη διάγνωση [95]. Αυτό παρέχει πληροφορίες για την κλινική συλλογιστική του γιατρού και σχετίζεται με την έρευνα που στοχεύει στην επίτευξη έγκαιρης διάγνωσης στον καρκίνο των ωθηκών. Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση της απόδοσης του S3CM με τρεις άλλους αλγόριθμους :

- 1) Τον πρωτότυπο πλήρως εποπτευόμενο SCM (Set Covering Machine) [113]
- 2) Τον TSVM (Transductive Support Vector Machine) [114]
- 3) Τον FMA (Freetext Matching Algorithm) [115]

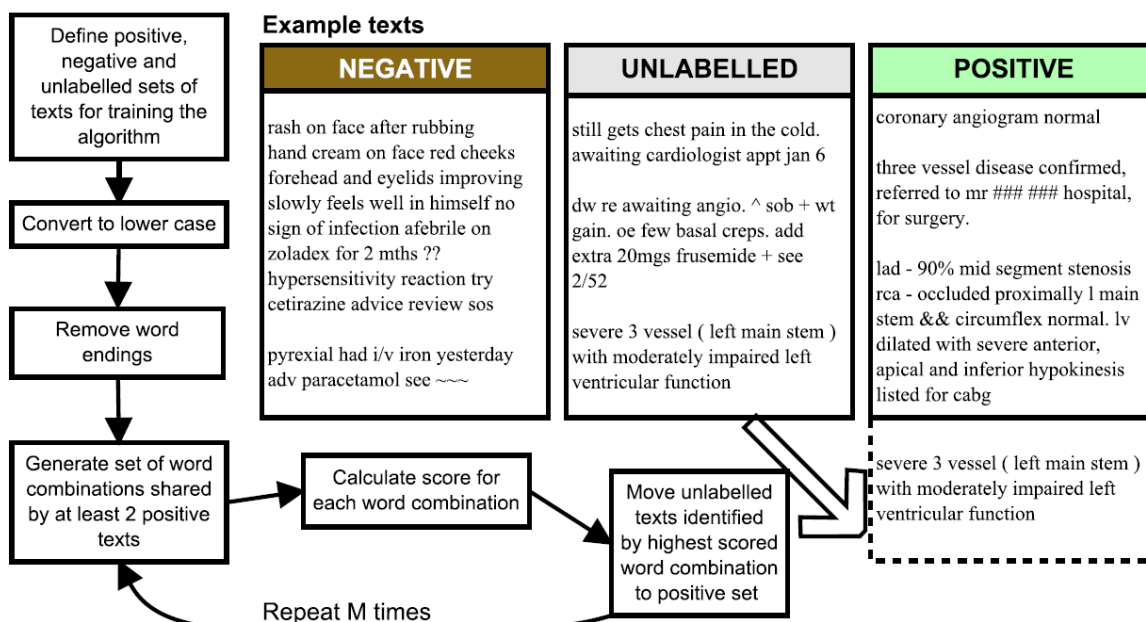
3.1.3.1. Ανάπτυξη του αλγορίθμου μηχανικής εκμάθησης S3CM

Ο αλγόριθμος S3CM χρησιμοποίησε τη δυνατότητα των δεδομένων GPRD ότι κάθε καταχώριση ελεύθερου κειμένου σχετίζεται με έναν “Read Code” ή κωδικό ανάγνωσης. Οι κλινικές καταχωρίσεις σε λογισμικό Γενικής Πρακτικής (GP – General Practice) οργανώνονται σε «συμβάντα» που αποτελούνται από έναν “Read Code”, που δηλώνει τη διάγνωση ή το πλαίσιο της καταχώρησης, και τα συνδεδεμένα πεδία δεδομένων για πρόσθετες πληροφορίες ή ελεύθερο κείμενο. Τα λογισμικά GP κωδικοποιούν σημαντικές διαγνώσεις χρησιμοποιώντας κωδικούς ανάγνωσης έτσι ώστε να εμφανίζονται στη συνοπτική προβολή και στη λίστα προβλημάτων του ασθενούς. Το κείμενο που σχετίζεται με κωδικούς ανάγνωσης για διαγνώσεις μπορεί να περιέχει πρόσθετες λεπτομέρειες σχετικά με τη διάγνωση (όπως σοβαρότητα της κατάστασης του ασθενούς) και παρουσιάζεται με τον όρο «Ανάγνωση» (“Read”) στην οθόνη του υπολογιστή του γιατρού. Οι κλινικές πληροφορίες μπορούν επίσης να εισαχθούν σε ελεύθερο κείμενο που σχετίζεται με μη ειδικούς κωδικούς ανάγνωσης, όπως «Σαρωμένο Γράμμα» ή «Ιστορικό / Συμπτώματα». Αυτό μπορεί να είναι πιο δύσκολο να βρεθεί, απαιτώντας συχνά αναζήτηση ολόκληρου του ελεύθερου κειμένου.

Ένα σύνολο ορίζεται μαθηματικά ως μια συλλογή διακριτών αντικειμένων στα οποία η σειρά των αντικειμένων δεν έχει σημασία. Δύο σύνολα θεωρούνται πανομοιότυπα εάν περιέχουν τα ίδια αντικείμενα. Για καλύτερη κατανόηση, τα σύνολα λέξεων αναφέρονται ως «συνδυασμοί λέξεων», οι καταχωρήσεις ελεύθερου κειμένου, που σχετίζονται με κωδικούς ανάγνωσης στο GPRD, αναφέρονται ως «κείμενα» και ένα σύνολο κειμένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του αλγορίθμου ως «σύνολο εκπαίδευσης». Ορίσαμε τα «θετικά», «αρνητικά» και «μη επισημασμένα» σύνολα κατάρτισης ως εξής: τα σύνολα θετικής κατάρτισης περιείχαν κείμενα που σχετίζονται με τη διάγνωση ενδιαφέροντος (προσδιορίζονται από “Read Codes”), τα αρνητικά σύνολα κατάρτισης περιείχαν κείμενα που δεν σχετίζονται με τη διάγνωση ενδιαφέροντος, και τα μη-επισημασμένα σύνολα περιείχαν κείμενα τα οποία ο αλγόριθμος θα επιχειρούσε να ταξινομήσει. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο ορισμός των συνόλων κατάρτισης για τις 2 περιπτώσεις ασθενειών που εξετάζονται στα πλαίσια ανάπτυξης του S3CM, στα οποία έχουν σχεδιαστεί διαγράμματα ροής που δείχνουν τη λογική του αλγορίθμου S3CM και τους ορισμούς θετικών, αρνητικών και μη επισημασμένων συνόλων κατάρτισης για τη διαδικασία ανίχνευσης.

Definition of training sets

	NEGATIVE (3539 texts)	UNLABELLED (1673 texts)	POSITIVE (199 texts)	
	Texts from random sample of 356 patients with no free text entry related to a coronary angiogram	Texts not associated with Read codes used to identify 'positive' texts, from 178 patients with at least one free text entry relating to a coronary angiogram	Texts associated with the following Read codes from 178 patients with at least one free text entry relating to a coronary angiogram: 55...11 Angiography - cvs 55...12 Angiogram 554..11 Coronary arteriography 554..00 Coronary arteriogr.-general 554Z.00 Coronary arteriog-general NOS 55...00 Cardiovascular sys.angiography	
Patient has at least one angiogram-related text?	No	Yes	Yes	
Text contains coronary angiogram result?	No	No (1562 texts) / Yes (111 texts)	No (79 texts)	Yes (120 texts)

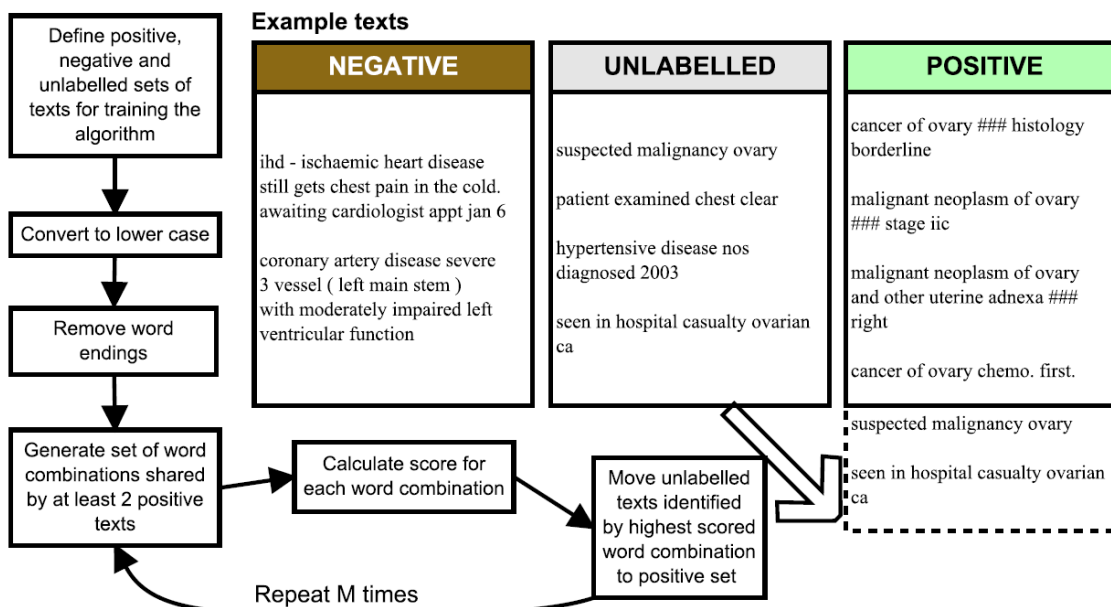


ΕΙΚΟΝΑ 21 : Χρήση S3CM για τον εντοπισμό αποτελέσματα σχετικά με «στεφανιαίο αγγειογράφημα» [116]

Διευκρινίζεται ότι ο αριθμός Μ στα διαγράμματα ροής αποτελεί έναν προκαθορισμένο από τους προγραμματιστές αριθμό.

Definition of training sets

	NEGATIVE (1872 texts)	UNLABELLED (7570 texts)	POSITIVE (236 texts)
Patient has ovarian cancer?	No	Yes	Yes
Text mentions diagnosis of ovarian cancer?	No	No (7217 texts) Yes (353 texts)	Yes



ΕΙΚΟΝΑ 22 : Χρήση S3CM για τον εντοπισμό αποτελέσματα σχετικά με «καρκίνος ωοθηκών» [116]

Ο αλγόριθμος S3CM λειτουργεί διερευνώντας συνδυασμούς λέξεων που είναι κοινές στα κείμενα που ενδιαφέρουν. Στο πρώτο στάδιο, ο αλγόριθμος συντάσσει μια λίστα με όλους τους συνδυασμούς λέξεων που μοιράζονται τουλάχιστον δύο κείμενα προερχόμενα από θετικά σύνολα. Κάθε συνδυασμός λέξεων αξιολογείται με βάση την ικανότητά του να διαφοροποιεί θετικά και αρνητικά κείμενα, όπως περιγράφεται στις παραπάνω εικόνες. Ο αλγόριθμος, στη συνέχεια, εμπλουτίζει το σύνολο των συνδυασμών λέξεων με επαναληπτικό τρόπο χρησιμοποιώντας τα θετικά και θετικά ταξινομημένα κείμενα χωρίς ετικέτα. Είναι ένας «ημι-εποπτευόμενος» αλγόριθμος, επειδή χρησιμοποιεί τόσο επισημασμένα, όσο και μη-επισημασμένα κείμενα κατά τη διάρκεια της κατάρτισης. Τα μη-επισημασμένα κείμενα χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τον αλγόριθμο, επιτρέποντάς του να βρει πρόσθετους συνδυασμούς λέξεων που σχετίζονται με τη διάγνωση που μας ενδιαφέρει, αλλά που ενδέχεται να μην περιλαμβάνονται στα αρχικά «θετικά» κείμενα.

3.1.3.2. Αποτελέσματα και Σύγκριση S3CM με άλλους αλγορίθμους

Ξεκινώντας για το στεφανιαίο αγγειογράφημα, μόνο το 60% των κειμένων στο «θετικό» σετ κατάρτισης (με “Read Codes” για το αγγειογράφημα) περιείχε πραγματικά αποτελέσματα αγγειογραφημάτων στο ελεύθερο κείμενο. Ορισμένα περιείχαν μη ενημερωτικό κείμενο, όπως «εισαγωγή στο νοσοκομείο». Ωστόσο, όταν δοκιμάστηκε σε μη επισημασμένα κείμενα, ο

αλγόριθμος S3CM πέτυχε ανάκληση 87% με ακρίβεια 64%. Αποδόθηκε καλύτερα από τον TSVM (ακρίβεια 3%, ανάκληση 2%) και τον πλήρως εποπτευόμενο SCM (ακρίβεια 60%, ανάκληση 78%). Οι πιο συνηθισμένοι κορμοί λέξεων που σχετίζονται με θετικά κείμενα ήταν “vessel”, “stent” και “lad” (συντομογραφία για την αριστερή πρόσθια φθίνουσα στεφανιαία αρτηρία).

Στη δοκιμή ταξινόμησης σε επίπεδο ασθενούς, διαπιστώθηκε ότι το S3CM είχε υψηλότερη ακρίβεια από τους “Read Codes” για τον προσδιορισμό ασθενών που είχαν αποτελέσματα αγγειογραφημάτων (89% έναντι 71%), αλλά η ανάκληση ήταν πάνω από 90% και με τις δύο μεθόδους. Το S3CM ανίχνευσε εσφαλμένα αποτελέσματα αγγειογραφημάτων στο 2,7% του ελέγχου ασθενών. Τέσσερις ασθενείς είχαν αποτελέσματα αγγειογραφήματος στο ελεύθερο κείμενο νωρίτερα από τον πρώτο αγγειογράφημα σε “Read Codes”, ενώ 43 ασθενείς είχαν αποτελέσματα αγγειογράφου στο ελεύθερο κείμενο, αλλά δεν υπήρχε “Read Codes” για αγγειογράφημα πουθενά στο αρχείο τους. Σαράντα από αυτούς τους 47 ασθενείς αναγνωρίστηκαν σωστά από τον αλγόριθμο. Ωστόσο, 15 εγγραφές αναγνωρίστηκαν λανθασμένα ότι περιέχουν αποτελέσματα αγγειογραφημάτων, δίνοντας έτσι ακρίβεια 73% και ανάκληση 85%.

	Coronary angiogram dataset	Ovarian cancer dataset
Number of patients	178 patients with at least one text relating to a coronary angiogram	340 patients with new diagnosis of ovarian cancer
Initial number of texts	2090	7860
Number of texts after removal of blanks and duplicates	1872	7806
Text together with Read term for analysis	No	Yes
Number of texts with positive Read code (positive training set)	199 texts with Read code for angiogram	236 texts with Read code for ovarian cancer
Number of texts with positive Read code and positive text on manual review	120 with angiogram results in text and Read code for angiogram	236 (all ovarian cancer Read terms regarded as positive)
Number of unlabelled texts which are positive on manual review	111	353
Number of unlabelled texts which are negative on manual review	1562	7217
Total number of unlabelled texts	1673	7570

doi:10.1371/journal.pone.0030412.t001

EIKONA 23 : Επιλογή καταχωρίσεων ελεύθερου κειμένου για την κατάρτιση του αλγορίθμου S3CM [116]

Για την περίπτωση του καρκίνου ωοθηκών, ο αλγόριθμος S3CM απέδωσε καλύτερα από τις άλλες προσεγγίσεις Machine Learning στον εντοπισμό διαγνώσεων καρκίνου των ωοθηκών σε κείμενα χωρίς ετικέτα, εντοπίζοντας 303 από τις 353 διαγνώσεις (ανάκληση 86%, ακρίβεια 74%). Ο FMA είχε μεγαλύτερη ακρίβεια από τον S3CM (85%) αλλά χαμηλότερη ανάκληση (62%). Οι πιο συνηθισμένοι συνδυασμοί κορμών λέξεων που υποδηλώνουν διάγνωση καρκίνου των ωοθηκών ήταν “ovari”, μαζί με “cancer” ή “malign” ή “carcinoma”. Ο αλγόριθμος αναγνώρισε το 99% των ασθενών στο σύνολο των δοκιμών ότι είχαν καρκίνο των ωοθηκών, παρόλο που μόνο το 82% των ασθενών είχε έναν “Read Code” για καρκίνο των ωοθηκών μεταξύ των κλινικών καταχωρίσεων στο σύνολο δεδομένων (dataset). Από τα 138 αρχεία ελεύθερου κειμένου που περιείχαν διάγνωση καρκίνου των ωοθηκών νωρίτερα από τον πρώτο “Read Code” για καρκίνο των ωοθηκών, 123 αναγνωρίστηκαν σωστά από τον αλγόριθμο. Ωστόσο, 81 εγγραφές αναγνωρίστηκαν λανθασμένα ότι υποδηλώνουν διάγνωση καρκίνου των ωοθηκών, δίνοντας ακρίβεια 60% και ανάκληση 89%.

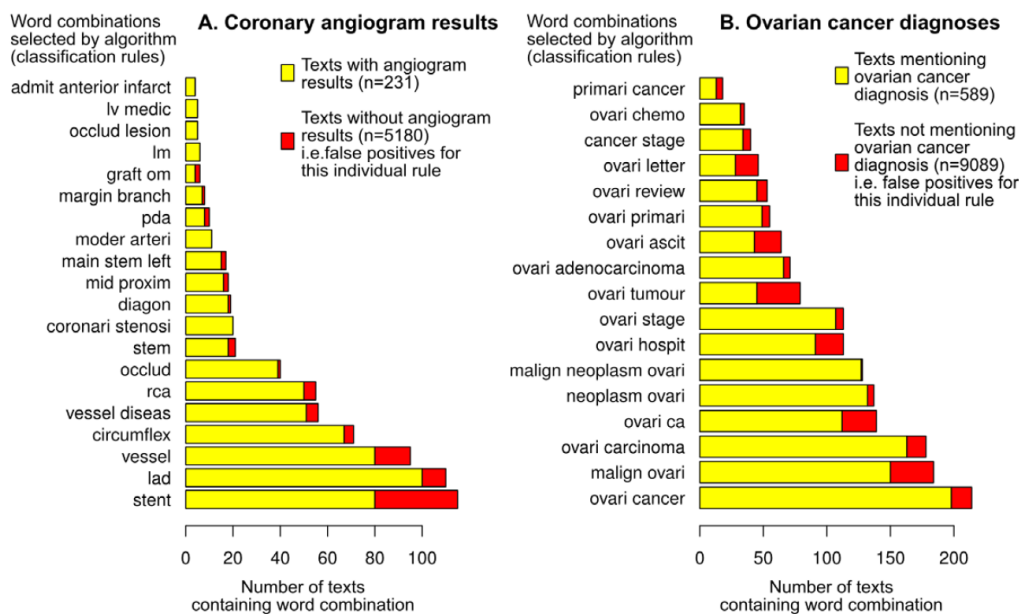
Τέλος, όσον αφορά θέματα επιδόσεων (performance), στο πείραμα ταξινόμησης μη-επισημασμένου κειμένου, που εκτελείται σε υπολογιστή Mac με επεξεργαστή Intel Core i7 2,7 GHz και μνήμη 4 GB, ο αλγόριθμος S3CM χρειάστηκε κατά μέσο όρο 34,3 δευτερόλεπτα και 93,6 δευτερόλεπτα χρόνος CPU σε κάθε επανάληψη εκκίνησης στα δεδομένα αγγειογραφημάτων και τα δεδομένα καρκίνου των ωοθηκών, αντίστοιχα. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις επαναλήψεις εκκίνησης κάθε φορά για να ληφθούν τα τελικά αποτελέσματα.

Στο σημείο αυτό, ακολουθούν πίνακες και γραφήματα με τα αναλυτικά αποτελέσματα της διαδικασίας κατάρτισης του αλγορίθμου.

Algorithm	Number of texts	True positive	False positive	False negative	Precision, % (95% CI)	Recall, % (95% CI)	F score, %
Presence of coronary angiogram results							
S ³ CM	1673	96	55	15	63.6 (55.3, 71.1)	86.5 (78.4, 92.0)	73.3
SCM	1673	67	19	44	77.9 (67.4, 85.9)	60.4 (50.6, 69.4)	68.0
TSVM	1673	2	64	109	3.0 (0.5, 11.5)	1.8 (0.3, 7.0)	2.3
Ovarian cancer diagnosis							
S ³ CM	7570	303	106	50	74.1 (69.5, 78.2)	85.8 (81.7, 89.2)	79.5
FMA	7570	218	38	134	85.2 (80.1, 89.2)	61.9 (56.6, 67.0)	71.8
SCM	7570	95	53	254	64.2 (55.9, 71.8)	27.2 (22.7, 32.3)	38.2
TSVM	7570	26	534	323	4.6 (3.1, 6.8)	7.4 (5.0, 10.9)	5.7

Precision (positive predictive value) is the percentage of texts positively classified by the algorithm that are true positive, and recall (sensitivity) is the percentage of all positive texts correctly classified as positive by the algorithm. F score is the harmonic mean of precision and recall. Figures in parentheses are 95% confidence intervals. doi:10.1371/journal.pone.0030412.t002

EIKONA 24 : Αποτελέσματα δοκιμών, ταξινόμηση με-επισημασμένων κειμένων [116]



EIKONA 25 : Συνδυασμοί κορμών λέξεων που εξάγονται από εγγραφές ελεύθερου κειμένου [116]

Method	Precision (%)	Recall (%)	F score	Control error rate (%)
Presence of coronary angiogram results				
S ³ CM	89.3 ± 10.6	93.1 ± 7.5	91.1 ± 7.5	2.7 ± 3.8
Read code	70.5 ± 9.8	95.9 ± 6.3	81.1 ± 6.2	0
Ovarian cancer diagnosis				
S ³ CM	96.4 ± 6.2	98.8 ± 2.6	97.5 ± 3.9	0
Read code	100	82.4 ± 9.7	90.3 ± 5.7	0

Mean ± two standard deviations from 10 experiments testing S³CM on classification at the patient level by splitting patients randomly into a training set and a test set. doi:10.1371/journal.pone.0030412.t003

EIKONA 26 : Αποτελέσματα δοκιμών, ρυθμός ανίχνευσης ανά ασθενή σχετικά με 1 εκ των 2 ασθενειών [116]

3.1.3.3. Περιορισμοί αλγορίθμου και τελικά συμπεράσματα

Ο κύριος περιορισμός του αλγορίθμου S3CM είναι ότι δεν χρησιμοποιεί καμία γλωσσική γνώση για να βοηθήσει στην ερμηνεία των κειμένων. Όπως και με άλλες προσεγγίσεις μηχανικής εκμάθησης, ενδέχεται να προκύψουν σφάλματα λόγω αποτυχίας ανάκλησης κειμένων που περιέχουν σπάνιες ή σύνθετες εκφράσεις γλώσσας. Ο αλγόριθμός μας επιχειρεί ταξινόμηση με βάση μόνο συνηθισμένα σύνολα λέξεων και η ακρίβειά του μπορεί να περιορίζεται από λανθασμένη συμπερίληψη αρνητικών φράσεων. Τα σημεία στίξης και η σειρά των λέξεων αγνοούνται επίσης. Επομένως, δεν χρησιμοποιεί όλες τις πληροφορίες που θα ήταν διαθέσιμες σε έναν ανθρώπινο κριτικό. Ακόμη, τα ορθογραφικά λάθη και οι συντομογραφίες μπορούν να προκαλέσουν ακόμα περισσότερα σφάλματα.

Ο αλγόριθμος S3CM αναπτύχθηκε με σκοπό τον εντοπισμό κλινικών καταχωρήσεων ελεύθερου κειμένου που ενδεχομένως να ενδιαφέρουν κάποιον γιατρό ή/και ασθενή. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι ο αλγόριθμος λειτούργησε αποτελεσματικά σε ελεύθερα κείμενα από τη βάση δεδομένων GPRD, που σχετίζονταν με δύο διαφορετικές ιατρικές καταστάσεις, και μπορεί να είναι χρήσιμη σε μελλοντική έρευνα χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς και προσωπικούς φακέλους υγείας.

3.2. Χρήση Big Data

3.2.1. Γενικές Πληροφορίες

Τα Big Data (σε ελεύθερη μετάφραση «Μεγάλα Δεδομένα») είναι επίσης δεδομένα, αλλά με τεράστιο μέγεθος. Τα Big Data είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια συλλογή δεδομένων, τόσο δομημένων όσο και μη-δομημένων, που είναι τόσο τεράστια σε όγκο, σε σημείο που δεν έχει κανένα νόημα η σύγκριση με τα τυπικά μεγέθη των απλών δεδομένων. Εν ολίγοις, τέτοια δεδομένα είναι τόσο μεγάλα και περίπλοκα που κανένα από τα παραδοσιακά εργαλεία διαχείρισης δεδομένων δεν είναι σε θέση να τα αποθηκεύει ή να τα επεξεργάζεται αποτελεσματικά. Όμως, το σημαντικό εδώ δεν είναι το μέγεθος αυτών των δεδομένων, αλλά ο τρόπος με τον οποίο εταιρίες και οργανισμοί τα διαχειρίζονται. Τα Big Data μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να αναλυθούν με τέτοιο τρόπο που θα έχουν σαν αποτέλεσμα καλύτερες αποφάσεις και στρατηγικές επιχειρηματικές κινήσεις.

Τα Big Data χαρακτηρίζονται από τα περίφημα 5 Vs [117], τα οποία είναι τα ακόλουθα :

- a) Velocity (Ταχύτητα). Ο όρος αυτός αναφέρεται στην ταχύτητα με την οποία δημιουργούνται, συλλέγονται και αναλύονται τα δεδομένα. Τα δεδομένα ρέουν συνεχώς μέσω πολλαπλών καναλιών όπως συστήματα υπολογιστών, δίκτυα, μέσα κοινωνικής δικτύωσης και κινητά τηλέφωνα. Η ταχύτητα πρόσβασης στα δεδομένα έχει άμεσο αντίκτυπο στη λήψη έγκαιρων και ακριβών επιχειρηματικών αποφάσεων. Ακόμη και ένας περιορισμένος αριθμός δεδομένων που είναι διαθέσιμοι σε πραγματικό χρόνο αποδίδει καλύτερα αποτελέσματα από έναν μεγάλο όγκο δεδομένων που χρειάζεται εκτεταμένο χρονικό διάστημα ώστε να καταχωρηθεί και να αναλυθεί.
- b) Volume (Όγκος). Ο όρος αυτός ορίζει την «ποσότητα» των δεδομένων που παράγεται. Σήμερα τα δεδομένα δημιουργούνται από διάφορες πηγές σε διαφορετικές μορφές -

δομημένες και μη δομημένες. Ορισμένες από αυτές τις μορφές δεδομένων περιλαμβάνουν έγγραφα word και excel, PDF και περιγραφές μαζί με περιεχόμενο πολυμέσων, όπως εικόνες και βίντεο. Λόγω της «έκρηξης» δεδομένων που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια και επειδή πλέον η παραγωγή δεδομένων σε μεγάλα κομμάτια γίνεται πολύ γρήγορα, έχει γίνει δύσκολο για τους οργανισμούς να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται δεδομένα με χρήση συμβατικών μεθόδων. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει, επομένως, να εφαρμόσουν σύγχρονα εργαλεία επιχειρηματικής ευφυΐας (business intelligence) για να συλλέγουν, να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται αποτελεσματικά τέτοια πρωτοφανή ποσότητα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

- c) Value (Αξία). Παρόλο που τα δεδομένα παράγονται σήμερα σε μεγάλους όγκους, η απλή συλλογή τους δεν έχει καμία χρησιμότητα. Αντ' αυτού, τα δεδομένα από τα οποία συγκεντρώνονται επιχειρηματικές γνώσεις (insights) προσθέτουν «αξία» στην εταιρεία. Στο πλαίσιο των Big Data, η αξία ισοδυναμεί με την αξία των δεδομένων που επηρεάζουν θετικά την επιχείρηση μιας εταιρείας. Ενώ πολλές εταιρείες έχουν επενδύσει στη δημιουργία υποδομών συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων, η σκέτη συγκέντρωση δεδομένων δεν παρέχει πρόσθετη αξία. Αυτό που έχει σημασία είναι ο τρόπος χρήσης τους. Με τη βοήθεια προηγμένων αναλυτικών δεδομένων, χρήσιμες πληροφορίες μπορούν να προκύψουν από τα δεδομένα που συλλέγονται. Αυτές οι πληροφορίες, με τη σειρά τους, είναι που προσθέτουν αξία στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.
- d) Variety (Ποικιλία). Ενώ ο Όγκος και η Ταχύτητα των δεδομένων είναι σημαντικοί παράγοντες που προσθέτουν Αξία σε μια επιχείρηση, τα Big Data συνεπάγονται επίσης επεξεργασία διαφορετικών τύπων δεδομένων που συλλέγονται από ποικίλες πηγές δεδομένων. Οι πηγές δεδομένων ενδέχεται να περιλαμβάνουν εξωτερικές πηγές καθώς και εσωτερικές επιχειρηματικές μονάδες. Γενικά, τα Big Data ταξινομούνται ως δομημένα, ημι-δομημένα και μη-δομημένα δεδομένα. Ενώ τα δομημένα δεδομένα είναι εκείνα των οποίων η μορφή, το μήκος και ο όγκος είναι σαφώς καθορισμένα, τα ημι-δομημένα δεδομένα είναι εκείνα που μπορεί εν μέρει να συμμορφώνονται με μια συγκεκριμένη μορφή δεδομένων. Από την άλλη πλευρά, τα μη-δομημένα δεδομένα είναι μη οργανωμένα δεδομένα και δεν συμμορφώνονται με τις παραδοσιακές μορφές δεδομένων. Τα δεδομένα που δημιουργούνται μέσω ψηφιακών και κοινωνικών μέσων (εικόνες, βίντεο, tweets κ.τ.λ.) μπορούν να ταξινομηθούν ως μη δομημένα δεδομένα. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων που συνήθως συλλέγουν και δημιουργούν οι οργανισμοί μπορεί να φαίνονται χασοκοί και μη δομημένοι. Στην πραγματικότητα, σχεδόν το 80% [118] των δεδομένων που παράγονται παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων φωτογραφιών, βίντεο, δεδομένων κινητής τηλεφωνίας και περιεχομένου κοινωνικών μέσων, δεν είναι δομημένου χαρακτήρα.
- e) Validity (Εγκυρότητα). Ο όρος αυτός αναφέρεται στη διασφάλιση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των δεδομένων που συλλέγονται. Είναι πολύ σημαντικό για τις επιχειρήσεις να μπορούν να εμπιστεύονται τα δεδομένα που συλλέγουν και να γνωρίζουν ότι είναι αξιόπιστα προκειμένου να αντλήσουν πληροφορίες από αυτά. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η δυνατότητα λήψης σημαντικών επιχειρηματικών αποφάσεων με βάση τις πληροφορίες που προέρχονται από τα Big Data. Δεδομένου ότι τα Big Data είναι τεράστια και περιλαμβάνουν τόσες πολλές πηγές δεδομένων, υπάρχει η πιθανότητα ότι ορισμένα από τα δεδομένα που συλλέγονται δεν θα έχουν καλή ποιότητα ή ακριβή προέλευση. Ως εκ τούτου, κατά την επεξεργασία μεγάλων συνόλων δεδομένων, είναι σημαντικό να ελέγχεται η εγκυρότητα των δεδομένων προτού αρχίσει το στάδιο της επεξεργασίας.

Τα δεδομένα αποτελούν το «πετρέλαιο του 21ου αιώνα» και οι οργανισμοί σήμερα σε διάφορες βιομηχανίες το συνειδητοποιούν γρήγορα. Οι πληροφορίες που προέρχονται από δεδομένα με υψηλό Όγκο, υψηλή Ταχύτητα και προερχόμενες από Ποικίλες και Έγκυρες πηγές μπορούν να προσθέσουν Αξία στη συνολική λήψη αποφάσεων μίας εταιρείας.

3.2.2. Χρήση Big Data για την παρακολούθηση (surveillance) των NCDs

Τα Big Data, σε συνδυασμό με σημαντικές προόδους στον τομέα της ανάλυσης (analytics), έχουν εισάγει τη δυνατότητα ταχύτερης επίγνωσης μιας κατάστασης – είναι γνωστό και με τον όρο “reality mining” – σχετική με την παρακολούθηση (ή επιτήρηση) των μη-μεταδιδόμενων νόσων [119]. Στο πλαίσιο του Παγκόσμιου Πλαισίου Παρακολούθησης των NCDs (Global NCD Monitoring Framework), το Περιφερειακό Γραφείο του ΠΟΥ στην Ευρώπη και ΟΗΕ πραγματοποίησαν διαβουλεύσεις με κράτη-μέλη και εμπειρογνώμονες για να διερευνήσουν νέες πηγές δεδομένων για την ενίσχυση της παρακολούθησης των NCDs. Με βάση τις γνώσεις που αποκτήθηκαν από αυτές τις συναντήσεις, περιγράφονται στον ακόλουθο πίνακα τα πλεονεκτήματα, οι προκλήσεις και οι πιθανές συνεισφορές στην παρακολούθηση των NCDs τριών μεγάλων πηγών δεδομένων.

	Advantages for NCD surveillance	Challenges for NCD surveillance	Potential contribution to NCD surveillance
Health organisation databases	<ul style="list-style-type: none"> • Passively recorded, clinically based (credible source of clinical data) • Comprehensive EHR databases (wide range of diseases and clinical information) • Clinically representative for reporting on epidemiology, morbidity, and health service use related to NCDs • Ability to assess outcomes in relation to explanatory and risk factors • Some EHR databases contain longitudinal data with continuous membership 	<ul style="list-style-type: none"> • Poor standardisation and harmonisation in coding and data structure that pose challenges to linking and comparing data from various EHR sources • Issues of coding validity and consistency • Might not be representative of populations outside of the system • Often do not have information on behavioural risk factors, disability, and functional status 	<ul style="list-style-type: none"> • Add breadth and depth to NCD surveillance • Ability to assess risk factors in relation to outcomes • Identify small-area variation and subgroups for intervention targeting • Flexibility to identify and respond to new or emerging problems • Identification of long-term trends • Identification of trends in health service use and correlation of utilisation with epidemiology
Virtual digital trails	<ul style="list-style-type: none"> • Rich, accessible, and inexpensive source of quantifiable qualitative information • Subjective, and representative of individuals' perceptions and perspectives • Some social network data offer the opportunity for technological leapfrogging and inclusion of previously excluded populations, particularly in urban settings 	<ul style="list-style-type: none"> • Biases in who is represented, because only some segments of the population will participate • Biases in the types and accuracy of content that users are communicating publicly on social media • Dependence on changing platforms and technologies • Potential for ecological fallacy 	<ul style="list-style-type: none"> • A situational awareness tool that can be integrated into existing surveillance frameworks as complementary data • Provide indicators of behavioural factors and functional status
Real-life digital trails	<ul style="list-style-type: none"> • High-resolution, real-time data • Highly sensitive to detection of abrupt changes or seasonal patterns • Some real-life digital trail data offer the opportunity for technological leapfrogging and inclusion of previously excluded populations, particularly in urban settings 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficult to identify the factors that cause or influence the observed trends • Sensitive to issues of individual privacy • Reliability, validity, and accuracy of these data sources for health surveillance have yet to be determined • Often proprietary data, owned by industry stakeholders • Operationalisation is contingent on data-sharing frameworks that uphold individual privacy and the competitive advantage of the data providers 	<ul style="list-style-type: none"> • Complementary source that offers insights on new aspects of health behaviours • Can detect abrupt changes or seasonal patterns in risk factors • Information about new population segments not captured through traditional health data surveillance • Can enhance epidemiological research that monitors the association between environmental exposures and health outcomes • Additional timepoints and granular, local-level data

NCD=non-communicable disease. EHR=electronic health record.

ΕΙΚΟΝΑ 27 : Χαρακτηριστικά πηγών Big Data στην επιτήρηση μη-μεταδιδόμενων ασθενειών [120]

Οι βάσεις δεδομένων των οργανισμών υγείας, που περιέχουν διαχρονικά ηλεκτρονικά αρχεία υγείας ή δεδομένα ασφαλιστικών αιτήσεων, επιτρέπουν τον εντοπισμό των μακροπρόθεσμων τάσεων, καθώς και ξαφνικές αλλαγές στη νοσηρότητα, στους παράγοντες κινδύνου και στην παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Ως παράδειγμα της αξίας τους, η έρευνα που βασίστηκε σε διαχρονικά και αρκετά λεπτομερή δεδομένα ΗΦΥ από ένα ολοκληρωμένο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης στο Ισραήλ, έκανε ολοφάνερη τη συχνότητα εμφάνισης του διαβήτη, τον επιπολασμό καθώς και τον έλεγχο της τάσης εμφάνισης για να διευκρινιστεί καλύτερα η τρέχουσα κατάσταση της νόσου [121]. Οι βάσεις δεδομένων των οργανισμών υγείας είναι μια αξιόπιστη πηγή κλινικών δεδομένων που μπορούν να προσθέσουν εύρος και βάθος στην παρακολούθηση των NCDs, αλλά προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τις NCDs, τα δεδομένα θα πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα να παραπέμπονται σε όλα τα περιβάλλοντα περίθαλψης (δηλαδή, αρχεία γενικής πρακτικής και νοσοκομειακά αρχεία) ή μεταξύ οργανισμών.

Τα «ψηφιακά χνάρια» (digital trails) είναι σήματα που παράγονται από τις καθημερινές ενέργειες των ανθρώπων και καταγράφονται ψηφιακά μέσω συσκευών και αισθητήρων που μετρούν τις κινήσεις και τις συμπεριφορές των ατόμων. Σε μια μελέτη, τα δεδομένα χρήσης του κινητού

τηλεφώνου παρείχαν δείκτες συμπεριφοράς που σχετίζονται στενά με τη σοβαρότητα των καταθλιπτικών συμπτωμάτων [122], ενώ μια άλλη διεθνής μελέτη των δεδομένων από smartphones έδειξε παγκόσμιες ανισότητες φυσικής δραστηριότητας και πιθανές περιοχές που χρειάζονται παρέμβαση [123]. Επιπλέον, τα δεδομένα αισθητήρων υψηλής συχνότητας και υψηλής ανάλυσης, από φορητές τεχνολογίες έως αισθητήρες περιβάλλοντος, προσφέρουν την προοπτική εντοπισμού νέων παραγόντων κινδύνου για μη-μεταδιδόμενες ασθένειες, πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο ζωής ασθενών και παρακολούθησης της εμπλοκής των ασθενών στη διαχείριση της αυτοθεραπείας και των χρόνιων ασθενειών. Τέτοιοι αισθητήρες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών με καρδιαγγειακές παθήσεις [124].

Αυτές οι διάφορες πηγές δεδομένων, για την επίγνωση της κατάστασης των NCDs, μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση των ικανοτήτων των οργανισμών υγείας να ανταποκριθούν. Καμία από αυτές τις πηγές από μόνη της δεν δίνει μια πλήρη εικόνα των οξέων τάσεων ή των περιφερειακών διαβαθμίσεων σε χρόνιες ασθένειες, αλλά όταν εναρμονισθούν, οι συμπληρωματικές δυναμικές πληροφορίες που παράγουν μπορούν να αξιοποιηθούν για την καλύτερη αναγνώριση και διαχείριση του παγκόσμιου «βάρους» (burden) που προκαλούν οι NCDs. Για παράδειγμα, η σύνδεση δεδομένων ΗΦΥ και κοινωνικών μέσων μπορεί να ενσωματώσει το παραδοσιακό ιατρικό μοντέλο με κοινωνικούς καθοριστικούς παράγοντες υγείας [125], προσφέροντας νέους στόχους παρέμβασης.

Ωστόσο, ο δρόμος για την επίτευξη της ορθής παρακολούθησης των NCDs διεθνώς θα απαιτήσει την αντιμετώπιση σημαντικών νομικών, ηθικών, πολιτικών και τεχνικών προκλήσεων. Η πρόσβαση και η συγκέντρωση δεδομένων ΗΦΥ, κινητής τηλεφωνίας ή αισθητήρων ενδέχεται να οδηγήσει σε περιπτώσεις πιθανής παραβίασης του απορρήτου, επομένως αποτελεί ύψιστης σημασίας η ύπαρξη κατάλληλων και διαφανών μηχανισμών ανταλλαγής δεδομένων για την προστασία του απορρήτου των ατόμων. Επί του παρόντος, αυτά τα δεδομένα βρίσκονται πίσω από «ψηφιακά τείχη» που έχουν δημιουργηθεί για λόγους απορρήτου δεδομένων, εμπορικών συμφερόντων και ηθικών ανησυχιών. Εάν αυτά τα εμπόδια μειωθούν με υπεύθυνο τρόπο, ενισχύοντας παράλληλα τα πλαίσια για την ηθική ανταλλαγή δεδομένων, μπορούν να αναπτυχθούν σημαντικοί νέοι τομείς έρευνας και χάραξης πολιτικής για την αντιμετώπιση των NCDs. Αν και η γενική κοινή χρήση δεδομένων και η καθοδήγηση απορρήτου έχει αναληφθεί από διεθνείς οργανισμούς [126] [127], δεν έχουν υπάρξει ακόμα σημαντικές διευκρινίσεις σχετικά με τις ιδιαίτερα ευαίσθητες εκτιμήσεις των δεδομένων που σχετίζονται με την υγεία.

Τα αποδεικτικά στοιχεία υπέρ των δυνατοτήτων ακριβούς εκτίμησης και παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο των αλλαγών στις NCDs και των παραγόντων κινδύνου, χρησιμοποιώντας πηγές Big Data, αυξάνονται. Ωστόσο, τα ευρήματα και οι μέθοδοι από αυτές τις μελέτες δεν έχουν μεταφραστεί σε επεκτάσιμα, λειτουργικά συστήματα παρακολούθησης. Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση και ανταπόκριση σε συνεχείς εισροές Big Data, οι οργανισμοί δημόσιας υγείας και χάραξης πολιτικής πρέπει να ξεπεράσουν τα τεχνικά εμπόδια που σχετίζονται με την υποδομή και την εναρμόνιση δεδομένων. Χρειάζεται συστηματικός έλεγχος των νέων πηγών δεδομένων μέσω πολυδιάστατων πιλοτικών δοκιμών μεταξύ των παρόχων δεδομένων και υγειονομικών αρχών για την παροχή τυποποιημένων μεθόδων και για την κατανόηση της προστιθέμενης αξίας.

Αυτές οι προκλήσεις μπορεί να φαίνονται πολύ μεγάλες για να αντιμετωπιστούν από μια χώρα ή έναν οργανισμό, ειδικά εάν στόχος είναι να τυποποιηθούν τα αποτελέσματα για διεθνείς συγκρίσεις και συγκριτική αξιολόγηση. Η επιτυχής ενσωμάτωση αυτών των υφιστάμενων πηγών δεδομένων σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο παρακολούθησης των NCDs θα εξαρτηθεί από ένα καλά συντονισμένο σύνολο τεχνολογιών, διαδικασιών και διακυβέρνησης, όπου η ηγεσία διεθνών οργανισμών υγείας, όπως ο ΠΟΥ, είναι ζωτικής σημασίας. Η τρέχουσα περίοδος αντιπροσωπεύει μια κατάλληλη χρονική στιγμή για να συγκεντρώσει τους σχετικούς ενδιαφερόμενους, να δημιουργήσει γέφυρες συνεργασίας και τεχνολογικούς δεσμούς μέσω συστηματικών κατευθύνσεων και να δημιουργήσει τα θεμέλια των νεοσυσταθέντων ηθικών και νομικών πλαισίων που μπορούν να προστατεύσουν το απόρρητο των ατόμων στη σημερινή εποχή της διάδοσης δεδομένων.

3.3. Εγκυρότητα (Validity) μιας Διάγνωσης από Δεδομένα ΗΦΥ

Οι βάσεις δεδομένων ΗΦΥ αποθηκεύουν γενικά διαγνωστικές πληροφορίες χρησιμοποιώντας κώδικες που επιλέγονται από ένα δομημένο ιατρικό λεξικό. Ένας αλγόριθμος που αποτελείται από έναν συνδυασμό από κώδικες μπορεί να κατασκευαστεί προκειμένου να αναγνωριστούν όλα τα συμπτώματα μιας ασθένειας από τη βάση δεδομένων ΗΦΥ. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να αποτελούνται από έναν ή περισσότερους διαγνωστικούς κώδικες ή μπορεί να περιλαμβάνουν πολλές άλλες παραμέτρους, όπως φάρμακα, αποτελέσματα δοκιμών και συμπτώματα ασθένειας. Πρόσθετα κριτήρια ένταξης ή αποκλεισμού μπορούν να συμπεριληφθούν στον αλγόριθμο, όπως ηλικία, φύλο ή αποκλεισμός άλλων ασθενειών [128]. Αυτοί οι αλγόριθμοι μπορούν να κατασκευαστούν χειροκίνητα ή χρησιμοποιώντας μεθόδους μηχανικής μάθησης (Machine Learning), για την αυτοματοποίηση της δημιουργίας αλγορίθμων [129].

Γενικά, εάν υπάρχουν περισσότερες παράμετροι σε έναν αλγόριθμο, θα εντοπίσει λιγότερα ψευδώς θετικά. Ωστόσο, αυτό έρχεται με αντιστάθμιση, καθώς ο συνολικός αναγνωρίσιμος πληθυσμός με την ασθένεια που μελετάται θα μειωθεί επίσης, καθώς λιγότεροι ασθενείς θα πληρούν όλες τις παραμέτρους και ο αλγόριθμος μπορεί να ανιχνεύσει μόνο σοβαρές περιπτώσεις της ασθένειας. Επιπλέον, εάν δύο ασθένειες έχουν πολλές αλληλεπικαλυπτόμενες παραμέτρους (για παράδειγμα, αυτό συμβαίνει στο άσθμα και τη χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) [130]), αυτές οι παράμετροι μπορεί να μην είναι πολύ χρήσιμες για τη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ασθενειών. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι απαραίτητη η συμπερίληψη περαιτέρω παραμέτρων προκειμένου να επιτευχθεί διαφοροποίηση μεταξύ των 2 ασθενειών ή ο αποκλεισμός της δεύτερης ασθένειας με βάση τον διαγνωστικό της κώδικα. Επομένως, αυτή η διαδικασία επιλογής κώδικα και παραμέτρων δεν είναι πάντοτε απλή, εξ ου και η σημασία της εξέτασης της εγκυρότητάς τους. Η εγκυρότητα ενός αλγορίθμου για μια προς μελέτη ασθένεια σε μια βάση δεδομένων μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας ξεχωριστά μέτρα δοκιμών (test measures), τα οποία αναλύονται παρακάτω.

Για να αποφευχθεί οποιαδήποτε σύγχυση, η λέξη «εγκυρότητα» (validity) χρησιμοποιείται συχνά σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της ιατρικής και της ψυχολογίας, για τη μέτρηση της ακρίβειας ενός οργάνου ή μιας δοκιμής. Παραδείγματα αυτών είναι ο βαθμός στον οποίο τα στοιχεία υποστηρίζουν την ερμηνεία βιολογικών δεικτών ή ερωτηματολογίων για τη διάγνωση ασθενειών. Στις περισσότερες βιβλιογραφίες για βάσεις δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, ο όρος «εγκυρότητα» αναφέρεται μόνο στην αξιοπιστία της κωδικοποίησης.

3.3.1. Μέτρα Δοκιμών

Στην έρευνα που χρησιμοποιεί δεδομένα ΗΦΥ, η εγκυρότητα των κωδικών και των αλγορίθμων ποσοτικοποιείται χρησιμοποιώντας διαγνωστικά μέτρα δοκιμών ακρίβειας, τα οποία συσχετίζουν οτιδήποτε καταγράφεται στα δεδομένα με ένα αναγνωρισμένο πρότυπο αναφοράς. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες και πρακτικές από αυτά τα μέτρα είναι η θετική προγνωστική τιμή (PPV - Positive Predictive Value), η αρνητική προγνωστική τιμή (NPV - Negative Predictive Value), η ευαισθησία (Sensitivity) και η ακρίβεια (Specificity). Αυτά τα μέτρα δοκιμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον ποσοτικό προσδιορισμό της εγκυρότητας ενός αλγορίθμου. Το επιλεγμένο μέτρο δοκιμής εξαρτάται κάθε φορά από το πεδίο της μελέτης. Μια επισκόπηση του τρόπου υπολογισμού αυτών των μέτρων δοκιμών παρέχεται στον ακόλουθο πίνακα.

	Reference standard		Outcome	Test measures
	Positive	Negative		
Diagnostic algorithm				
Positive	True positives correctly identified (A)	False positives (B)	Total identified as positive	PPV=A/(A+B)
Negative	False negatives (C)	True negatives correctly identified (D)	Total identified as negative	NPV=D/(C+D)
Outcome	True positives	True negatives		
Test measures	Sensitivity=A/(A+C)	Specificity=D/(B+D)		

EIKONA 28 : Μέτρα Δοκιμών με χρήση Προγνωστικών Τιμών [131]

Η PPV είναι το ποσοστό των αναγνωρισμένων ασθενών με την προς μελέτη ασθένεια που έχουν πραγματικά αυτήν την συγκεκριμένη ασθένεια. Η PPV είναι αναμφισβήτητο το πιο πρακτικό μέτρο δοκιμής για την επικύρωση ενός αλγορίθμου, καθώς μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μόνο ένα μικρό δείγμα του πληθυσμού και αντικατοπτρίζει πόσο ακριβής είναι ένας αλγόριθμος στην αναγνώριση ασθενών με την προς μελέτη ασθένεια στις βάσεις δεδομένων ΗΦΥ [132]. Ομοίως, η NPV είναι το ποσοστό των ατόμων που αναγνωρίζονται ως αρνητικά που πραγματικά δεν είχαν την προς μελέτη ασθένεια.

Η ευαισθησία μετρά την αναλογία όλων των ατόμων με μια ασθένεια που ο αλγόριθμος ταυτοποίησε σωστά. Ένας αλγόριθμος με υψηλή ευαισθησία θα ανιχνεύσει ένα υψηλό ποσοστό όλων των ατόμων με την μελετώμενη ασθένεια. Η ακρίβεια μετρά την αναλογία ατόμων που δεν έχουν την ασθένεια, για τους οποίους ο αλγόριθμος ταυτοποίησε σωστά ως αρνητικά. Ένας αλγόριθμος με υψηλή ακρίβεια θα ανιχνεύσει ένα υψηλό ποσοστό όλων των ατόμων χωρίς την ασθένεια. Η ευαισθησία και η ακρίβεια είναι σημαντικές μεταβλητές για τον αντίκτυπο των ελλειπόντων δεδομένων στα δεδομένα ΗΦΥ. Εάν ένας αλγόριθμος δεν αναγνωρίσει πολλά άτομα με συγκεκριμένη ασθένεια λόγω χαμηλής ευαισθησίας, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε προκατάληψη επιλογής (selection bias). Είναι, επομένως, απαραίτητο η ακρίβεια να ληφθεί υπόψη κατά την κατασκευή ελεγχόμενων ομάδων ανθρώπων χωρίς την μελετώμενη ασθένεια. Ο επιπολασμός της ασθένειας (ή μια εκτίμησή της) απαιτείται για τον υπολογισμό των τιμών ευαισθησίας ή ακρίβειας.

3.3.2. Τεχνικές Επικύρωσης Δειγμάτων

Δεν υπάρχει μοναδική μέθοδος που να είναι σε όλες τις περιπτώσεις ταιριαστή για την αξιολόγηση της εγκυρότητας των δεδομένων ΗΦΥ. Η βέλτιστη τεχνική εξαρτάται από τη φύση της μελετημένης βάσης δεδομένων ΗΦΥ, από το ερώτημα της μελέτης που χρειάζεται να απαντηθεί και από τον τρόπο με τον οποίο δημιουργήθηκε ο διαγνωστικός αλγόριθμος. Ένας τρόπος διαχωρισμού των μεθόδων, που είχε προταθεί [133], είναι ανάμεσα σε εξωτερικές (external) και εσωτερικές (internal). Οι μέθοδοι εξωτερικής επικύρωσης απαιτούν αξιόπιστα εξωτερικά πρότυπα αναφοράς, ενώ οι εσωτερικές μέθοδοι επικύρωσης δεν απαιτούν αυτό το εξωτερικό πρότυπο αναφοράς, ωστόσο δεν είναι σε θέση να ποσοτικοποιήσουν τα αναφερόμενα τυπικά μέτρα δοκιμών.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οκτώ κοινές τεχνικές επικύρωσης διαγνωστικών αλγορίθμων. Τονίζεται ότι δεν είναι όλες αυτές οι τεχνικές επικύρωσης απαραίτητα εφαρμόσιμες σε κάθε βάση δεδομένων, ενώ ορισμένες τεχνικές απαιτούν περαιτέρω πόρους ή παρέχουν μόνο μια ένδειξη της εγκυρότητας. Η επιλογή των τεχνικών εξαρτάται από τη βάση δεδομένων και την πρόσβαση στα δεδομένα. Μια επισκόπηση των μέτρων δοκιμών που μπορούν να υπολογιστούν ή να εκτιμηθούν με τις συζητούμενες τεχνικές παρουσιάζεται στον επόμενο πίνακα.

Technique	PPV	NPV	Sensitivity	Specificity
Manual validation of physical records	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated
Questionnaires for healthcare practitioners or patients	Can be calculated	Can be calculated		
Validation of machine-learning algorithms	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated
Comparison to an external database (complete overlap)	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated	Can be calculated
Comparison of rates in a comparable population			Estimate only	Estimate only
Internal validation using additional parameters	Estimate only	Estimate only		
Internal validation using free text in the database	Estimate only	Estimate only		
Sensitivity analyses using restrictive algorithms				

EIKONA 29 : Υπολογισμός ή Εκτίμηση των Μέτρων Δοκιμών για κάθε Τεχνική Επικύρωσης [131]

Η τεχνική της Χειροκίνητης Επικύρωσης Έγγραφων Φακέλων (Manual Validation of Physical Records) καθορίζει εάν ο ΗΦΥ αντικατοπτρίζει το φυσικό ιατρικό φάκελο του ασθενούς με χειροκίνητη εξέταση δείγματος κλινικών σημειώσεων. Ιστορικά, αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της αξιοπιστίας των ΗΦΥ όταν άρχιζαν να πραγματοποιούνται οι πρώτες εφαρμογές συστημάτων βάσεων δεδομένων ΗΦΥ. Εάν τα φυσικά αρχεία αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια την κατάσταση του ασθενούς, αυτός είναι ένας αξιόπιστος τρόπος για να ελεγχθεί η εγκυρότητα των διαγνωστικών κωδικών. Οι αδυναμίες αυτής της προσέγγισης περιλαμβάνουν τη σημαντική επένδυση χρόνου και ότι αυτά τα φυσικά αρχεία ενδέχεται να μην είναι πάντα διαθέσιμα πλέον, καθώς τείνουν να καταργηθούν υπέρ των ψηφιακών εγγραφών. Αυτή η τεχνική βασίζεται επίσης στην εξέταση φυσικών αρχείων από κάποιον που συνήθως δεν είναι ο θεράπων ιατρός, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνεία. Ακόμα και έτσι, πρόκειται για μια τεχνική που χρησιμοποιείται συχνά [134] [135].

Η τεχνική των Ερωτηματολογίων για Επαγγελματίες Υγείας και Ασθενείς (Questionnaires for Healthcare Practitioners and Patients) έχει να κάνει με τη δυνατότητα να μπορεί να αξιολογηθεί η «πραγματική» κατάσταση της νόσου ενός ασθενούς στέλνοντας ερωτηματολόγια είτε στον ασθενή είτε στον επαγγελματία υγείας που είναι υπεύθυνος για τη φροντίδα του. Για αυτήν την τεχνική είναι απαραίτητο ένα ερωτηματολόγιο με κατάλληλο σχεδιασμό που να μπορεί να επιβεβαιώσει αξιόπιστα την κατάσταση της νόσου του κάθε ασθενούς. Αυτή η τεχνική μπορεί να παρέχει ένα αξιόπιστο μέτρο της εγκυρότητας ενός αλγορίθμου, αλλά μπορεί να βασίζεται υπερβολικά σε πόρους και να μην είναι διαθέσιμη σε όλες τις βάσεις δεδομένων. Επιπλέον, ο κλινικός γιατρός μπορεί να χρησιμοποιεί τη βάση δεδομένων ΗΦΥ για να αναζητήσει τις διαγνώσεις των ασθενών και οι ασθενείς ή οι κλινικοί γιατροί ενδέχεται να είναι λιγότερο πιθανό να απαντήσουν σε πιο περίπλοκες περιπτώσεις. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της εγκυρότητας σχετικά με το άσθμα και χρόνιες αποφρακτικές πνευμονοπάθειες (ΧΑΠ) [136] [137].

Η τεχνική της Επικύρωσης Αλγορίθμων Μηχανικής Εκμάθησης (Validation of Machine Learning Algorithms) βασίζεται στην ιδέα ότι αν οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τεχνικές Machine Learning, είναι δυνατό να επικυρωθούν οι αλγόριθμοι στη βάση δεδομένων και να δημιουργηθούν αλγόριθμοι με υψηλές τιμές ευαισθησίας μεταβάλλοντας τον λόγο ανισοροπίας μεταξύ θετικών και αρνητικών περιπτώσεων. Συνήθως απαιτούνται μεγάλες ποσότητες δεδομένων για την παραγωγή, την κατάρτιση και τη δοκιμή του αλγορίθμου, όπως φαίνεται και στην περιγραφή ενός παραδείγματος αυτής της διαδικασίας δημιουργίας [138].

Η τεχνική της Σύγκρισης σε μια Εξωτερική Βάση Δεδομένων (Comparison to an External Database) βασίζεται στην ιδέα ότι αν υπάρχει μια ανεξάρτητη δευτερεύουσα βάση δεδομένων, αυτός μπορεί να είναι ένας αξιόπιστος και αρκετά γρήγορος τρόπος για την επικύρωση των διαγνωστικών αλγορίθμων. Ωστόσο, εάν η δεύτερη βάση δεδομένων δεν είναι αντιπροσωπευτική του ίδιου πληθυσμού με την πρώτη βάση δεδομένων, τα αποτελέσματα ενδέχεται να μην είναι γενικευμένα.

Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση δεδομένων σε μια βάση δεδομένων αιμοδοσίας με εθνικά μητρώα πληθυσμού και υγείας στη Δανία και τη Σουηδία [139].

Η τεχνική της Σύγκρισης Δεικτών σε Συγκρίσιμο Πληθυσμό (Comparison of Rates in a Comparable Population), δηλαδή η σύγκριση του επιπολασμού ή των ποσοστών του διαγνωστικού κώδικα με το ίδιο μέτρο σε συγκρίσιμο πληθυσμό, αποτελεί έναν γρήγορο τρόπο αξιολόγησης της αξιοπιστίας της καταγραφής της διαγνωστικής κωδικοποίησης, όμως είναι περιορισμένη, καθώς μπορεί να παρέχει απλές εκτιμήσεις. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση μοτίβων στο άσθμα και τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα των ΧΑΠ [140].

Η τεχνική της Εσωτερικής Επικύρωσης με Χρήση Πρόσθετων Παραμέτρων (Internal Validation Using Additional Parameters) είναι πιο χρήσιμη σε αλγόριθμους που αποτελούνται μόνο από τον διαγνωστικό κώδικα. Στην ουσία, αυτή η μέθοδος ελέγχει εάν οι ασθενείς που έλαβαν τον διαγνωστικό κώδικα έλαβαν επίσης θεραπεία για αυτήν την πάθηση, είχαν συμπτώματα της πάθησης ή ελέγχθηκαν για την πάθηση. Για παράδειγμα, η διάγνωση του οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου ενισχύθηκε σε μια μελέτη συμπεριλαμβάνοντας μόνο περιπτώσεις που είχαν επίσης κωδικούς για εξετάσεις ή θεραπείες [141]. Αυτή η μέθοδος απαιτεί καλό επίπεδο πληρότητας στα δεδομένα και ορισμένες παραμέτρους δεδομένων, οι οποίες δεν υπάρχουν σε όλες τις πηγές δεδομένων.

Η τεχνική της Εσωτερικής Επικύρωσης με Χρήση Ελεύθερου Κειμένου στη Βάση Δεδομένων (Internal Validation Using Free Text in the Database), παρόμοια με την προηγούμενη τεχνική, ελέγχει εάν η διάγνωση επιβεβαιώνεται σε διαθέσιμο ελεύθερο κείμενο στη βάση δεδομένων. Αυτό είναι διαθέσιμο μόνο εάν η βάση δεδομένων προσφέρει εγγραφές ελεύθερου κειμένου, όμως ο αριθμός των βάσεων δεδομένων που προσφέρουν πρόσβαση σε ελεύθερο κείμενο σε ερευνητές μειώνεται, λόγω ανησυχιών περί εμπιστευτικότητας. Ερευνητές επιβεβαίωσαν διαγνώσεις σχετικά με το παχύ έντερο εξετάζοντας το ελεύθερο κείμενο στη βάση δεδομένων για επιβεβαίωση των διαγνώσεων [142].

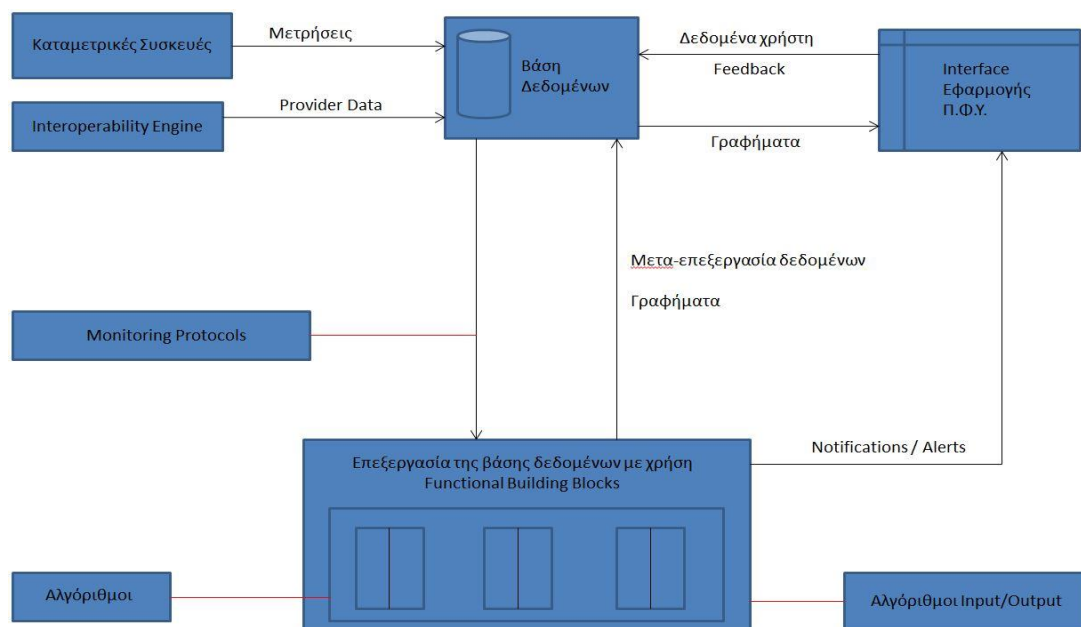
Η τεχνική των Αναλύσεων Ευαισθησίας με Χρήση Περιοριστικών Αλγορίθμων (Sensitivity Analyses Using Restrictive Algorithms) ελέγχει την ορθότητα των αποτελεσμάτων της μελέτης χρησιμοποιώντας διαφορετικούς διαγνωστικούς αλγόριθμους, οπότε με αυτό τον τρόπο πετυχαίνει να είναι ένα συνολικό μέτρο τόσο της ανάλυσης της μελέτης όσο και των διαγνωστικών αποτελεσμάτων. Συγκρίνοντας τα βασικά χαρακτηριστικά ή τα μέτρα των επιδράσεων μιας μελέτης χρησιμοποιώντας έναν ευρύτερο αλγόριθμο (λιγότερες παραμέτρους) και έναν στενότερο αλγόριθμο (περισσότερες παραμέτρους), είναι δυνατό να εκτιμηθεί εάν τα αποτελέσματα οδηγούνται από την ένταξη ή τον αποκλεισμό ασθενών στους οποίους μπορεί να η διάγνωση να είναι λιγότερο σίγουρη. Για παράδειγμα, η καταγραφή των συμπληρωμάτων βιταμίνης D αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας αναλύσεις ευαισθησίας σε μια μελέτη για την επιβίωση του καρκίνου [143]. Σε αυτή τη μελέτη, η ανάλυση περιορίστηκε σε γυναίκες άνω των 60 ετών (καθώς έλαβαν δωρεάν συνταγές βιταμίνης D στα φαρμακεία και έτσι ήταν λιγότερο πιθανό να λάβουν φάρμακα χωρίς ιατρική συνταγή) και δεν βρέθηκε διαφορά στα αποτελέσματα.

Συμπερασματικά, όταν γίνεται χρήση μεγάλων βάσεων δεδομένων ΗΦΥ για επιδημιολογική ή κλινική έρευνα, είναι υψίστης σημασίας να είναι γνωστή η πιθανότητα συστηματικών σφαλμάτων μέτρησης, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Οι μελέτες επικύρωσης βοηθούν στον προσδιορισμό του βαθμού του συστηματικού σφάλματος μέτρησης και ως εκ τούτου συνδράμουν στην ερμηνεία των ευρημάτων. Η επικύρωση των διαγνωστικών αλγορίθμων, με τις τεχνικές που αναφέρθηκαν, μπορεί να βοηθήσει τους ερευνητές καθιστώντας την έρευνά τους στα δεδομένα ΗΦΥ πιο αξιόπιστη, ποσοτικοποιώντας την ορθότητα των δεδομένων.

4. Ανάλυση και Σχεδίαση Αρχιτεκτονικής Εφαρμογής ΠΦΥ

4.1. Γενικά Χαρακτηριστικά

Κύριο χαρακτηριστικό της εφαρμογής Προσωπικού Φακέλου Υγείας που σχεδιάζουμε είναι η καταγραφή και αποθήκευση των στοιχείων του ασθενή, η εισαγωγή ιατρικών μετρήσεων και η κατάλληλη επεξεργασία αυτών ώστε να γνωρίζει το συντομότερο δυνατό ο χρήστης αν οι μετρήσεις βρίσκονται σε φυσιολογικά όρια, ενώ αν δε βρίσκονται, να ειδοποιείται για τις τυχόν παθήσεις που ενδεχομένως να πρέπει να αντιμετωπίσει. Η εφαρμογή αυτή θα αναπτυχθεί με βάση τις μη-μεταδιδόμενες ασθένειες, τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται και στα αίτια που τις προκαλούν, τα οποία αφενός έχουν άμεση σχέση με τις μετρήσεις που μπορεί να εισάγει ο χρήστης, όπως τονίστηκε παραπάνω, αφετέρου αφορούν και καθημερινές συνήθειες, δηλαδή σωματική άσκηση, ποσότητα κατανάλωσης αλκοόλ, ποσότητα καπνίσματος και διατροφή.



ΕΙΚΟΝΑ 30 : Διάγραμμα δομής της αρχιτεκτονικής για αξιοποίηση εφαρμογής ΠΦΥ

Σε πολύ βασικό στάδιο περιγραφής και σε συνδυασμό με το παραπάνω διάγραμμα, η βάση δεδομένων του ΠΦΥ αποτελείται από τα σταθερά στοιχεία του χρήστη, εισαγόμενα από τον ίδιο μέσω του interface (διεπαφή) της εφαρμογής ΠΦΥ, από τις μετρήσεις μεγεθών σχετικών με την υγεία του χρήστη, προερχόμενες από κατάλληλες καταμετρικές συσκευές, που θα υποστηρίζουν κατάλληλη διασύνδεση με τη συσκευή στην οποία εκτελείται η εφαρμογή, και με δεδομένα παρόχου (provider data) για τη διαλειτουργικότητα της εφαρμογής. Αυτή η βάση δεδομένων υπόκειται σε επεξεργασία, μέσω πρωτοκόλλων παρακολούθησης (monitoring protocols), με τον ορισμό κατάλληλων αλγορίθμων εισόδου-εξόδου και με τη χρήση FBBs (Functional Building Blocks), τα οποία διαχωρίζουν τη βάση δεδομένων σε ορισμένες από τον κατασκευαστή κατηγορίες και λειτουργούν με τη σειρά του με τον ορισμό αλγορίθμων. Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της επεξεργασίας, τα αποτελέσματα προωθούνται πίσω στη βάση δεδομένων για μετα-επεξεργασία και με τη μορφή πινάκων περιεχομένων (indices), ενώ στο interface της εφαρμογής προωθούνται ειδοποιήσεις (notifications) σχετικά με τις μετρήσεις και τα εισαγόμενα δεδομένα, ενώ σε περίπτωση που σε ιατρικό επίπεδο οι μετρήσεις αναδεικνύουν σοβαρό κίνδυνο για την υγεία του χρήστη, αυτός

θα προειδοποιείται άμεσα με alert σχετικά με τον κίνδυνο αυτό. Τέλος, τα μετα-επεξεργασμένα αποτελέσματα μπορούν μέσω γραφημάτων και πινάκων (dashboards) να καταλήγουν στο interface της εφαρμογής, ώστε να έχει ο χρήστης μια καλύτερη εικόνα για την πορεία μιας ή περισσότερων μετρήσεων, άρα να γνωρίζει αν βελτιώνεται η υγεία του ή όχι.

4.2. Βάση Δεδομένων (Database)

4.2.1. Πεδία Δεδομένων (Data Fields)

4.2.1.1. Δεδομένα Ταυτοποίησης Χρήστη

Το πρώτο πεδίο δεδομένων για τη διαμόρφωση ενός Προσωπικού Φακέλου Υγείας (ΠΦΥ) είναι τα σταθερά δεδομένα, τα οποία χαρακτηρίζουν έναν και μοναδικό χρήστη. Κατά την πρωταρχική είσοδο στην εφαρμογή ΠΦΥ, θα ζητείται από το νέο χρήστη να εισάγει τα εξής :

- Ονοματεπώνυμο (για παράδειγμα, «Ιωάννης Γεωργιάδης»)
- Αριθμός Φορολογικού Μητρώου (ΑΦΜ), που πρόκειται για έναν μοναδικό 9ψήφιο αριθμό (για παράδειγμα, «109768465»)
- Αριθμός Μητρώου Κοινωνικής Ασφάλισης (ΑΜΚΑ), που πρόκειται για έναν μοναδικό 11ψήφιο αριθμό (για παράδειγμα, «08088700997»)
- Φύλο, δηλαδή «Άνδρας» ή «Γυναίκα»
- Ημερομηνία Γέννησης (για παράδειγμα, 8 Αυγούστου 1987), από την οποία θα προκύπτει, επίσης, και η ηλικία του χρήστη, με βάση την τρέχουσα ημερομηνία (οπότε, αν σήμερα είχαμε 14 Ιουνίου 2019, τότε ο χρήστης θα ήταν 31 ετών, ενώ στις 8 Αυγούστου του ίδιου έτους θα άλλαζε η ηλικία σε 32)

Εφόσον έχουν εισαχθεί τα παραπάνω δεδομένα, θα ορίζεται στη βάση δεδομένων ένα μοναδικό id για το συγκεκριμένο χρήστη, έτσι ώστε το σύστημα να αναγνωρίζει απ' ευθείας για ποιον χρήστη πρόκειται να εκτελεστεί κάποια ορισμένη εργασία. Δύναται, για παράδειγμα, να χρησιμοποιηθεί το ΑΜΚΑ του χρήστη ως ο προεπιλεγμένος (default) τρόπος ορισμού του id. Επίσης, η εφαρμογή θα ζητάει από το χρήστη να ορίσει username και password, ώστε αφενός να δημιουργείται ένα επίπεδο ασφάλειας των προσωπικών του δεδομένων, αφετέρου να έχει τη δυνατότητα ο χρήστης να αποκτά πρόσβαση στα ιατρικά του δεδομένα ή/και να εισάγει νέα δεδομένα, τα οποία αναλύονται ακριβώς παρακάτω. Τέλος, τα δεδομένα ταυτοποίησης χρήστη καταχωρούνται υπό μορφή κειμένου (text).

4.2.1.2. Δεδομένα σχετικά με Καθημερινές Συνήθειες Χρήστη

Το δεύτερο πεδίο δεδομένων αφορά δεδομένα εισαγόμενα από το χρήστη σχετικά με συγκεκριμένες καθημερινές του συνήθειες, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την υγεία του. Η εφαρμογή ΠΦΥ θα περιέχει ένα ειδικό ερωτηματολόγιο, το οποίο μπορεί ο χρήστης να συμπληρώνει κάθε ημέρα και θα αναφέρεται στα εξής :

- ❖ αν κατανάλωσε αλκοόλ. Αν η απάντηση είναι ναι, τότε τι είδος (για παράδειγμα, μύρα, κρασί, vodka, κ.τ.λ.) και πόσο (σε ml).
- ❖ αν κάπνισε. Αν η απάντηση είναι ναι, τότε τι είδος (τσιγάρο, πούρο, ηλεκτρονικό τσιγάρο) και πόσα.
- ❖ αν αθλήθηκε. Αν η απάντηση είναι ναι, τότε τι είδους άσκηση (για παράδειγμα, περπάτημα, τρέξιμο, κολύμβηση, ποδήλατο, κ.τ.λ.) και για πόσο χρόνο (σε λεπτά).
- ❖ πόσες θερμίδες (σε kcal) φαγητού κατανάλωσε.

Τα δεδομένα αυτά καταχωρούνται υπό μορφή κειμένου (text) και μπορούν να αποθηκευτούν μετέπειτα σε αρχείο excel, το οποίο είναι διασυνδεδεμένο με το id του χρήστη, ώστε να αναγνωρίζεται άμεσα σε ποιον χρήστη ανταποκρίνονται τα δεδομένα, και διαχωρίζει τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί ανά ημερομηνία και είδος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα, όπου παρουσιάζονται τα δεδομένα ενός χρήστη για μία εβδομάδα :

χρήστης	08 08 87 00997						
ημερομηνία	κάπνισμα	ποσότητα και είδος	αλκοόλ	ποσότητα και είδος	άθληση	είδος και χρόνος	θερμίδες
23/11/2018	ναι	13 τσιγάρα	ναι	500 ml μύρα	όχι		1430 kcal
24/11/2018	όχι		no data added		ναι	περπάτημα 45 λεπτά	1790 kcal
25/11/2018	ναι	ηλεκτρονικό	όχι		no data added		no data added
26/11/2018	ναι	5 τσιγάρα	ναι	1000 ml κρασί ερυθρό	όχι		no data added
27/11/2018	no data added		ναι	500 ml μύρα	όχι		1870 kcal
28/11/2018	όχι		no data added		ναι	κολύμβηση 20 λεπτά	1690 kcal
29/11/2018	ναι	2 πούρα	όχι		ναι	περπάτημα 60 λεπτά	1980 kcal

ΕΙΚΟΝΑ 31 : Παράδειγμα αρχείου δεδομένων Καθημερινών Συνηθειών ενός χρήστη για μία εβδομάδα

Αξίζει, επίσης, να αναφερθεί ότι λόγω των δυνατοτήτων ενός αρχείου excel, είναι εύκολη η γραφική αναπαράσταση μέσων όρων για κάθε κατηγορία δεδομένων και για όποιο χρονικό διάστημα μας ενδιαφέρει (εβδομάδας, μήνα, έτους).

4.2.1.3. Δεδομένα από Μετρήσεις

Η τελευταία ομάδα πεδίων δεδομένων αφορά δεδομένα τα οποία έχουν προκύψει από μετρήσεις ιατρικών μεγεθών με χρήση διαφόρων κατάλληλων εργαλείων και καταμετρικών συσκευών. Για αυτά τα δεδομένα μπορούμε να διακρίνουμε 2 πεδία.

Το πρώτο πεδίο αναφέρεται σε δεδομένα του χρήστη σχετικά με τα βασικά σωματικά του χαρακτηριστικά. Αυτά τα μεγέθη είναι :

- 1) σωματικό βάρος (σε kg)
- 2) σωματικό ύψος (σε cm ή σε m)
- 3) περιφέρεια μέσης (σε cm)

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να μετρηθούν εύκολα και, πιο συγκεκριμένα, με χρήση ζυγαριάς για το σωματικό βάρος και μέτρου για ύψος και περιφέρεια μέσης, ενώ με τρόπο παρόμοιο με το προηγούμενο πεδίο δεδομένων, καταχωρούνται σε μορφή κειμένου (text) με χρονοσήμανση (timestamp) και μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχείο excel, διασυνδεδεμένα με το id του χρήστη.

Το δεύτερο πεδίο δεδομένων αναφέρεται σε δεδομένα του χρήστη που προέρχονται από καταμετρικές συσκευές. Πρόκειται, δηλαδή, για ιατρικά μεγέθη τα οποία μπορούν να μετρηθούν από οποιονδήποτε και οποτεδήποτε, χωρίς να απαιτείται κάποιος πολύπλοκος ή ακριβός εξοπλισμός, με χρήση συγκεκριμένων συσκευών. Τα μεγέθη αυτά είναι :

- a) σάκχαρο (σε mg / dL)
- b) καρδιακοί παλμοί (σε παλμούς / λεπτό)

c) αρτηριακή πίεση (διαστολική και συστολική σε mmHg)

d) οξυγόνωση αίματος (σε ποσοστό %)

Το σάκχαρο μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση ενός σακχαρόμετρου, η οξυγόνωση αίματος μετράται με χρήση οξύμετρου και τα υπόλοιπα μεγέθη μετρώνται με τη χρήση πιεσόμετρου. Η εισαγωγή των δεδομένων από τις καταμετρικές συσκευές στο σύστημα μπορεί να γίνει είτε με διασύνδεση των συσκευών με την εφαρμογή ΠΦΥ στο προσωπικό smartphone του χρήστη μέσω Bluetooth, είτε με χρήση της οθόνης αφής του smartphone, οπότε ο χρήστης αντιγράφει την ένδειξη από τις συσκευές.

Συμπερασματικά, όλα τα παραπάνω δεδομένα, που εισέρχονται στο σύστημα και διαμορφώνουν τη βάση δεδομένων σχετικά με κάποιον χρήστη, θα χρησιμοποιηθούν τόσο στο στάδιο της επεξεργασίας, με χρήση κατάλληλων αλγορίθμων εισόδου/εξόδου και αλγορίθμων για Functional Building Blocks (FBBs), όσο και της μετα-επεξεργασίας, ώστε να προκύπτει κατά πόσο καλές είναι αυτές οι μετρήσεις για την υγείας του χρήστη και τι προβλήματα υγείας ενδέχεται να αντιμετωπίσει ανά περίπτωση, με τη μορφή notifications και alerts.

4.2.2. Provider Data από Interoperability Engine

Το επόμενο δομικό στοιχείο της βάσης δεδομένων που θα αναλύσουμε είναι τα δεδομένα από πάροχο υγειονομικής περίθαλψης, τα οποία καθορίζουν τη διαλειτουργικότητα της εφαρμογής ΠΦΥ που σκοπεύουμε να αναπτύξουμε. Εξηγείται τι είναι η διαλειτουργικότητα τόσο γενικά όσο και σε επίπεδο υγειονομικής φροντίδας, τα επίπεδα πολυπλοκότητας της και τα οφέλη που προσφέρει.

4.2.2.1. Διαλειτουργικότητα

Διαλειτουργικότητα (interoperability) είναι η δυνατότητα ενός συστήματος, του οποίου οι διεπαφές (interfaces) είναι πλήρως τεκμηριωμένες, να συνδέεται και να λειτουργεί με άλλα συστήματα, χωρίς περιορισμούς στην πρόσβασή τους ή φραγμούς στην υλοποίηση. Η «διαλειτουργικότητα» δεν θα πρέπει να συγχέεται με τη «συμβατότητα». Μπορούμε να πούμε ότι η συμβατότητα είναι μια κάθετη έννοια και σημαίνει ότι ένα εργαλείο μπορεί να λειτουργήσει σε ένα δοσμένο περιβάλλον και συμφωνεί με όλα τα χαρακτηριστικά ενώ η διαλειτουργικότητα είναι μια διασταυρωμένη έννοια που επιτρέπει σε διάφορα εργαλεία να επικοινωνούν, όταν γνωρίζουμε το λόγο, και τον τρόπο, που μπορούν να λειτουργούν μαζί. Με άλλα λόγια, μπορούμε να μιλάμε για διαλειτουργικότητα ενός συστήματος μόνο αν γνωρίζουμε εξ ολοκλήρου όλες του τις διεπαφές.

Η διαλειτουργικότητα θεωρείται πολύ σημαντική ως και κρίσιμη σε πολλούς τομείς, όπως στην πληροφορική, στην ιατρική, στο σιδηρόδρομο, στην ηλεκτροτεχνική, στην αεροδιαστημική, στο στρατό και στη βιομηχανία γενικότερα. Τα διαφορετικά συστήματα, συσκευές και διάφορα άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται πρέπει να μπορούν να αλληλεπιδρούν ομαλά. Λαμβάνοντας υπόψη ότι αυτά η παραγωγή των στοιχείων αυτών έχει πραγματοποιηθεί από διάφορους κατασκευαστές, με διάφορες μεθόδους, και καλύπτουν συγκεκριμένες ανάγκες, η απλούστερη ιδέα είναι να καθοριστεί μια ρητή βάση, ένα πρότυπο (standard) ή ένα σύνολο πρότυπων, όπου κάθε στοιχείο θα «ενσωματώσει» στη δική του λειτουργία.

Στα πλαίσια της υγειονομικής περίθαλψης, η διαλειτουργικότητα είναι η ικανότητα των διαφόρων Τεχνολογιών της Πληροφορικής Υγείας (HIT - Healthcare Information Technology) να ανταλλάσσουν, να ερμηνεύσουν και να χρησιμοποιούν δεδομένα που έχουν συνοχή [144]. Από τότε

που θεσπίστηκε η Νομοθεσία για την Αμερικάνικη Ανάκτηση και Επανεπένδυση (ARRA - American Recovery and Reinvestment Act [145]) το 2009, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης αναγκάστηκαν να μεταβούν από τους παραδοσιακούς φακέλους υγείας σε μορφή χαρτιού σε ηλεκτρονικούς φακέλους υγείας. Μεταξύ πολλών άλλων παραγόντων που αλλάζουν τα δεδομένα στη βιομηχανία, η ARRA περιέγραψε τις προσδοκίες για τις HIT για ηλεκτρονικής ανταλλαγή δεδομένων. Αυτή ήταν μια σημαντική εξέλιξη στην υγειονομική περίθαλψη τα τελευταία χρόνια και αναμφισβήτητα ο κορυφαίος παράγοντας που ώθησε την ιατρική βιομηχανία προς τη διαλειτουργικότητα σήμερα. Τα διάφορα διαθέσιμα λογισμικά της βιομηχανίας αναπτύσσονται σε σιλό (silos) που οδηγούν σε αποσυνδεδεμένες επικοινωνίες όταν συνδυάζονται. Οι ενσωματώσεις (integrations) λειτουργούν ως ένα σημείο, ωστόσο ο σκοπός της διαλειτουργικότητας είναι να υπάρχει μια ολοκληρωτική παρατήρηση στα δεδομένα του ασθενή παρά τις διαφορές στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε νοσοκομεία, φαρμακεία κι άλλες ιατρικές μονάδες.

Σε άρθρο που δημοσιεύθηκε από την Κοινωνία Πληροφοριών και Συστημάτων Διαχείρισης Υγείας (HISS - Healthcare Information and Management Systems Society [146]) αναφέρεται ότι το σχεδιάγραμμα και τα πρότυπα ανταλλαγής δεδομένων πρέπει να επιτρέπουν την κοινή χρήση δεδομένων σε κλινικές, εργαστήρια, νοσοκομεία, φαρμακεία και ασθενείς, ανεξάρτητα από την εφαρμογή ή τον προμηθευτή εφαρμογών, ενώ διαλειτουργικότητα ορίζει την ικανότητα των συστημάτων πληροφοριών υγείας να συνεργάζονται εντός και πέρα από τα οργανωτικά όρια, προκειμένου να προωθηθεί η αποτελεσματική παροχή υγειονομικής περίθαλψης τόσο για μεμονωμένους ανθρώπους όσο και για ολόκληρες κοινότητες.

4.2.2.2. Επίπεδα Διαλειτουργικότητας για τις HIT

Υπάρχουν 4 επίπεδα διαλειτουργικότητας για τις τεχνολογίες της Πληροφορικής Υγείας. Το πρώτο επίπεδο είναι η «θεμελιώδης (foundational) διαλειτουργικότητα» και αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος πληροφοριών να ανταλλάσσει δεδομένα με ένα άλλο, καθώς και στον καθορισμό των απαιτήσεων διασύνδεσης που είναι απαραίτητες για ένα σύστημα ή μια εφαρμογή, ώστε να υπάρχει ασφαλής επικοινωνία και λήψη δεδομένων από άλλο σύστημα. Το κεντρικό χαρακτηριστικό αυτού του επιπέδου είναι ότι το σύστημα λήψης δε χρειάζεται να ερμηνεύει τα δεδομένα που λαμβάνει.

Το δεύτερο επίπεδο είναι η «δομική ή διαρθρωτική (structural) διαλειτουργικότητα» και αποτελεί ένα μεσαίας πολυπλοκότητας επίπεδο που καθορίζει τη δομή ή τη μορφή ανταλλαγής δεδομένων, όπως τα πρότυπα για τη μορφή μηνυμάτων (messaging), όπου υπάρχει ομοιόμορφη μετακίνηση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης από το ένα σύστημα στο άλλο, έτσι ώστε ο ιατρικός ή επιχειρησιακός σκοπός και η έννοια των δεδομένων να διατηρείται και να μην αλλάζει. Αυτό το επίπεδο καθορίζει τη σύνταξη της ανταλλαγής δεδομένων και διασφαλίζει ότι αυτές οι ανταλλαγές δεδομένων μεταξύ συστημάτων τεχνολογίας πληροφοριών μπορούν να ερμηνευθούν σε επίπεδο πεδίου δεδομένων (data field [147]).

Το τρίτο επίπεδο είναι η «σημασιολογική (semantic) διαλειτουργικότητα», η οποία παρέχει διαλειτουργικότητα στο υψηλότερο επίπεδο, που είναι η ικανότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων ή στοιχείων να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που έχουν ανταλλαχθεί [148] . Η σημασιολογική διαλειτουργικότητα εκμεταλλεύεται τόσο τη δομή της ανταλλαγής δεδομένων όσο και την κωδικοποίηση των δεδομένων, συμπεριλαμβανομένου του λεξιλογίου, έτσι ώστε τα συστήματα πληροφορικής που λαμβάνουν να μπορούν να ερμηνεύουν τα δεδομένα. Αυτό το επίπεδο διαλειτουργικότητας υποστηρίζει την ηλεκτρονική ανταλλαγή συνοπτικών πληροφοριών ασθενών μεταξύ των υπευθύνων υγειονομικής φροντίδας και άλλων εξουσιοδοτημένων μερών του συστήματος υγείας, μέσω ενδεχομένως διαφορετικών συστημάτων

ΗΦΥ και άλλων συστημάτων, για τη βελτίωση της ποιότητας, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της παροχής υγειονομικής περίθαλψης [149].

Το τέταρτο και πιο πρόσφατο επίπεδο είναι η «οργανωτική (organizational) διαλειτουργικότητα» και περιλαμβάνει διακυβερνητικά, πολιτικά, κοινωνικά και νομικά οργανωτικά ζητήματα για τη διευκόλυνση της ασφαλούς, απρόσκοπτης και έγκαιρης επικοινωνίας και χρήσης δεδομένων τόσο εντός όσο και μεταξύ οργανισμών, κοινοτήτων και μεμονωμένων ανθρώπων. Αυτά τα στοιχεία επιτρέπουν την κοινή συναίνεση, την εμπιστοσύνη και ολοκληρωμένες από τον τελικό χρήστη ροές εργασίας (workflows) και διαδικασίες.

4.2.2.3. Οφέλη της Διαλειτουργικότητας

Η ανταλλαγή πληροφοριών στην υγειονομική περίθαλψη, όπως και με όλες τις άλλες πτυχές της σύγχρονης ζωής, είναι ζωτικής σημασίας για την πρόοδό μας. Η διαλειτουργικότητα αντιμετωπίζει αυτή την ανάγκη, ενώ ταυτόχρονα αυξάνει την ποιότητα της παρεχόμενης περίθαλψης, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της και δημιουργώντας ακόμη και οικονομικά κίνητρα.



ΕΙΚΟΝΑ 32 : Στοιχεία υγειονομικής περίθαλψης που απαιτούν διαλειτουργικότητα [150]

Το πρώτο σημαντικό όφελος είναι η ποιότητα της υγειονομικής φροντίδας. Οι περισσότεροι ασθενείς λαμβάνουν φροντίδα από μια σειρά από κλινικές, ανεξάρτητες πρακτικές και νοσοκομεία. Αυτές οι μεμονωμένες αλληλεπιδράσεις αποτελούν το σύνολο του ιατρικού ιστορικού τους, αλλιώς γνωστό ως Continuum of Care [151]. Αυτό το ιστορικό τεκμηριώνει κυρίως προηγούμενα συμπτώματα, χειρουργικές επεμβάσεις, αλλεργίες, επιπλοκές και φάρμακα που έχει λάβει ο ασθενής. Όταν δεν υπάρχει πρόσβαση σε όλα αυτά τα σημεία δεδομένων, λόγω της έλλειψης ολοκληρωμένων συστημάτων πληροφορικής υγείας, τότε είναι πολύ πιθανό να οδηγηθεί ο ασθενής σε επικίνδυνες καταστάσεις. Η πλήρης προβολή και πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών τόσο για τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης όσο και για τον ασθενή είναι το βασικό κέρδος που μπορούμε να αντλήσουμε από την διαλειτουργικότητα.

Ένα άλλο άξιο αναφοράς όφελος είναι η αποτελεσματικότητα. Έχοντας αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο στα χέρια τους, οι εργαζόμενοι ιατροί στις ιατρικές μονάδες μπορούν να μειώσουν

τις επαναλαμβανόμενες εργασίας και εξετάσεις και να αυξήσουν δραστικά τα περιθώρια θεραπείας περισσότερων ασθενών, αυξάνοντας παράλληλα και την ποιότητα της φροντίδας που λαμβάνουν. Οι ασθενείς θα έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στα δικά τους δεδομένα, αφαιρώντας ένα σημαντικό ποσό αυτής της διαχειριστικής επιβάρυνσης από το ιατρικό προσωπικό. Ως φυσικό επακόλουθο, οι υπόλοιπες διοικητικές, διαχειριστικές και κλινικές λειτουργίες θα βελτιωθούν λόγω καλύτερων σε ακρίβεια δεδομένων και πληροφοριών.

4.2.2.4. Εφαρμογή στην Σχεδιαζόμενη Αρχιτεκτονική

Έχοντας αναλύσει την έννοια της διαλειτουργικότητας και έχοντας καταγράψει τα πιο γνωστά διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα σε προηγούμενη ενότητα, χρειαζόμαστε το κατάλληλο επίπεδο διαλειτουργικότητας και τα πρότυπα εκείνα ώστε η βάση δεδομένων ως σύστημα να είναι σε θέση να επικοινωνεί και να λειτουργεί αποτελεσματικά με τα άλλα συστήματα της αρχιτεκτονικής.

Για το επίπεδο διαλειτουργικότητας, χρειαζόμαστε ένα υψηλής πολυπλοκότητας επίπεδο ώστε να είναι δυνατή η ανταλλαγή δεδομένων, τα οποία ενδεχομένως να χρειάζεται να ερμηνευθούν και να μεταφραστούν, μαζί με την κωδικοποίηση των δεδομένων αυτών. Επομένως, θα επιλέξουμε το τρίτο επίπεδο, δηλαδή τη σημασιολογική (semantic) διαλειτουργικότητα, το οποίο, όπως τονίστηκε και παραπάνω, υποστηρίζει εφαρμογές για την ανταλλαγή πληροφοριών ασθενών στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Ένα από τα πρότυπα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είναι το ευρέως διαδομένο Health Level 7 (HL7) και, πιο συγκεκριμένα, την έκδοση v3. Γενικότερα, το HL7 αποτελεί την πρώτη επιλογή προτύπου σε πολλές χώρες για τον καθορισμό της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων ΗΦΥ, σε μορφές μηνυμάτων (messaging), άρα και κειμένου (text), που είναι και η μορφή για τα περισσότερα δεδομένα του συστήματος ΠΦΥ που σχεδιάζουμε. Η επιλογή της έκδοσης v3 προσφέρει τα εξής πλεονεκτήματα [152] :

- Επικεντρώνεται στη σημασιολογική (semantic) διαλειτουργικότητα καθορίζοντας ότι οι πληροφορίες πρέπει να παρουσιάζονται σε ένα πλήρες κλινικό πλαίσιο που διασφαλίζει ότι τα συστήματα αποστολής και λήψης μοιράζονται τη σημασιολογία (ή έννοια) των πληροφοριών που ανταλλάσσονται.
- Σχεδιάστηκε για καθολική εφαρμογή, έτσι ώστε τα πρότυπα να μπορούν να έχουν τον ευρύτερο δυνατό παγκόσμιο αντίκτυπο και να προσαρμοστούν ώστε να ανταποκρίνονται στις τοπικές και περιφερειακές απαιτήσεις.
- Επιτρέπει στους υπεύθυνους υλοποίησης να επωφεληθούν, ανά πάσα στιγμή, από τις πιο πρόσφατες και πιο αποτελεσματικές διαθέσιμες τεχνολογίες υλοποίησης.
- Εξασφαλίζει συνεπή ανάπτυξη και δυνατότητα αποθήκευσης και χειρισμού των προδιαγραφών σε τεκμηριωμένους αποθηκευτικούς χώρους δεδομένων και όχι απλά ως έγγραφα επεξεργασίας κειμένου.

Τέλος, επειδή η βάση δεδομένων περιλαμβάνει, εκτός από text, και δεδομένα σε μορφή απεικόνισης, όπως πίνακες περιεχομένων και γραφήματα, χρειαζόμαστε και ένα πρότυπο για την αποθήκευση και ανταλλαγή αυτών των δεδομένων. Το κυρίαρχο πρότυπο για αυτή την εργασία είναι το DICOM, το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί ως format για την αρχειοθέτηση και επικοινωνία συστημάτων απεικόνισης, γνωστό και ως PACS, οπότε τα εμπλεκόμενα μέρη του δικτύου του συστήματος ΠΦΥ επικεντρώνονται στην αποθήκευση, ανάκτηση, διανομή και παρουσίαση στο χρήστη των εικόνων αυτών.

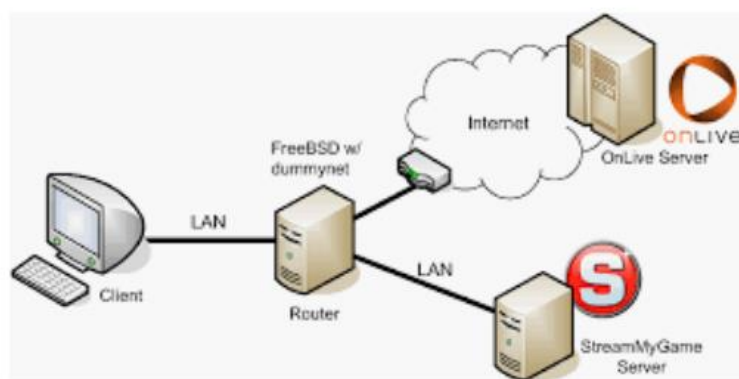
4.3. Διασύνδεση Δικτύου (Network)

4.3.1. Εξυπηρετητές Δικτύου (Network Servers)

Οι εξυπηρετητές δικτύου (network servers) αποτελούν οντότητες που υλοποιούνται με το συνδυασμό λειτουργιών και αλληλεπίδραση λογισμικού (sw) και υλικού πλατφόρμας (hw). Σκοπός ενός εξυπηρετητή δικτύου, είναι η οργανωμένη υλοποίηση μίας ή περισσότερων λειτουργιών (tasks), τα οποία είναι προκαθορισμένα ως λειτουργίες, η αίτηση των οποίων μπορεί να είναι μία καθορισμένη ή τυχαία χρονική διεργασία (π.χ. τυχαία άφιξη πελατών προς εξυπηρέτηση σε ένα μηχάνημα ή προκαθορισμένη στο χρόνο εκπλήρωση μίας λειτουργίας με χρονοπρογραμματισμό - scheduling). Το μοντέλο διασύνδεσης ενός εξυπηρετητή υπακούει στο σχήμα Πελάτη – Εξυπηρετητή (Client(s) – Server), δηλ, σκοπός του εξυπηρετητή είναι η εκπλήρωση των διεργασιών που του ανατίθενται από οντότητες που καλούμε πελάτες (clients = άνθρωποι ή/και μηχανές). Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός εξυπηρετητή δικτύου συνοψίζονται στις παρακάτω βασικές αρχές λειτουργίας :

- Η Υλοποίηση των λειτουργιών του εξυπηρετητή γίνεται με συνδυασμό χρήσης λογισμικού και υλικού πλατφόρμας (hw-sw cooperation).
- Η Διασύνδεση του server γίνεται μέσω δικτυακών τεχνολογιών – οντοτήτων που κάνουν χρήση των σύγχρονων τεχνολογιών διασύνδεσης κορμού – ασύρματης ζεύξης δικτύων.
- Συνήθως απαιτείται Ταυτοποίηση (Authentication) και Πιστοποίηση (Authorization) της αιτούμενης οντότητας προς εξυπηρέτηση στον εξυπηρετητή.
- Ο εξυπηρετητής παρέχει Αυτοματοποιημένη ολοκλήρωση της αιτούμενης λειτουργίας μετά την λήψη των απαιτούμενων δεδομένων προς επεξεργασία από τον πελάτη.
- Ο εξυπηρετητής παρέχει Αυτοματοποιημένη απόδοση των αποτελεσμάτων λειτουργίας – εφόσον προκύπτουν τέτοια αποτελέσματα από την επεξεργασία, προς τον πελάτη.

Στα σύγχρονα δικτυακά περιβάλλοντα γίνεται χρήση τεχνολογιών διασύνδεσης κορμού – ασύρματης ζεύξης δικτύου. Οι τεχνολογίες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν χρήση δικτύων τύπου Ethernet (1G – 10G), χρήση τεχνολογιών FFTx (Fiber to the X point) με Ethernet ή ATM επίπεδο δικτύου, ενσύρματων πρωτοκόλλων διασύνδεσης με τεχνολογίες κορμού xDSL (ADSL/VDSL), ή/και ασύρματη διασύνδεση μέσω δικτύων κινητής/σταθερής τηλεφωνίας (2G/GPRS/3G/4G – HDSPA – Wimax - WiFi), κλπ. Η διασύνδεση χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα και τις τεχνολογίες διαδικτύου (Internet) που δίνουν τη δυνατότητα για παγκόσμιου επιπέδου διασύνδεση στον συνολικό ιστό του συστήματος. Ένα από τα κύρια πρωτόκολλα διασύνδεσης και χρήσης σε επίπεδο δικτύου (Network Layer) είναι το Internet Protocol (με εκδόσεις IPv4/v6).

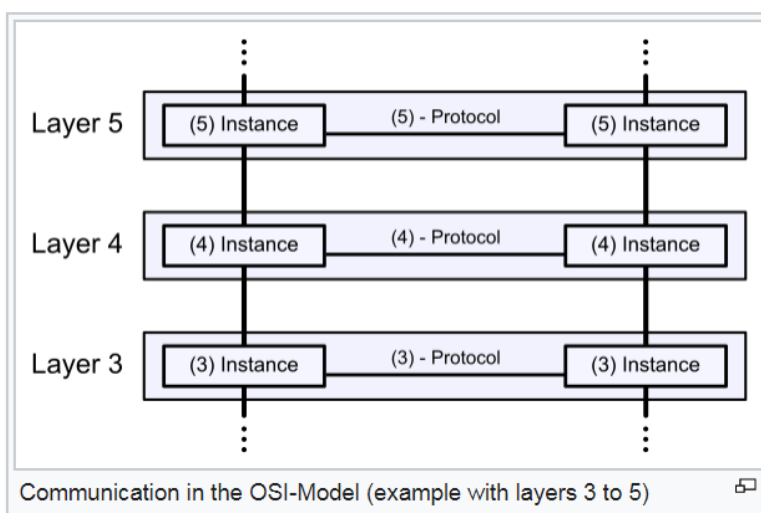


ΕΙΚΟΝΑ 33 : Αρχιτεκτονική τοπολογίας δικτύου με χρήση Server [153]

Το πρωτόκολλο IP δίνει την ικανότητα εντοπισμού και διασύνδεσης σε παγκόσμιο επίπεδο ενός εξυπηρετητή, με τη χρήση μίας μοναδικής (global) IP διεύθυνσης, η οποία μπορεί να είναι εκ των προτέρων γνωστή στον αιτούμενο την εξυπηρέτηση, ή να προκύπτει μετά από δυναμική ανάθεση σε ένα εσωτερικό τοπικό δίκτυο (Local Area Network) για την προσπέλαση, μέσω DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) πρωτόκολλου. Ο λόγος για το τελευταίο αποτελεί το γεγονός της προστασίας του εξυπηρετητή από την άμεση πρόσβαση των διασυνδέσεων απευθείας από τον παγκόσμιο ιστό (WWW – World Wide Web), για την αποφυγή συνθηκών επιθέσεων (επιθέσεις τύπου DoS – Denial of Service).

Η εκτέλεση των λειτουργιών ενός εξυπηρετητή γίνεται με την εκτέλεση πηγαίου κώδικα (που μπορεί να έχει προκύψει από γλώσσες υψηλού επιπέδου – C/C++/C-sharp/Java/html, κλπ). Η διασύνδεση του εξυπηρετητή σε φυσικό επίπεδο γίνεται με χρήση της τεχνολογίας καρτών δικτύου (Network Interface Cards – NICs) συνήθως με interface τύπου Ethernet. Στο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων χρησιμοποιούνται συνήθως, πρωτόκολλα τα οποία μπορούν να εγγυηθούν την ορθή παράδοση και αποστολή των δεδομένων, όπως είναι το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol). Για τη διασφάλιση ασφαλούς επικοινωνίας ως προς τα δεδομένα πληροφορίας και τη δρομολόγηση (routing), μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές κρυπτογράφησης καθώς και η ασφαλής έκδοση του πρωτοκόλλου IP (IPSec).

Ο εμπλουτισμός των λειτουργιών επικοινωνίας γίνεται με χρήση των τεχνικών διαστρωμάτωσης (αρχιτεκτονική OSI – Open System Interconnection). Το μοντέλο OSI βασίζει τη λειτουργία του στην αρχή εμπλουτισμού κατά τη μετάβαση της πληροφορίας από το ένα επίπεδο στο άλλο. Το μοντέλο OSI διακρίνει 7 επίπεδα – στρώματα λειτουργιών (Physical – Data – Network – Transport – Session – Presentation – Application). Η αυστηρή δομή των 7 επιπέδων μπορεί να μην τηρείται, αλλά κατ'ελάχιστον θα πρέπει για τη συμβατότητα της μετάδοσης και λήψης να ικανοποιείται η ομότιμη αντιστοίχιση των 3 πρώτων επιπέδων (Physical – Data – Network). Το OSI model δίνει τον βαθμό ελευθερίας μετά από αυτά τα 3 πρωταρχικά επίπεδα, για χειρισμό της πληροφορίας μέσω κώδικα εφαρμογής – application sw. Επομένως όλα τα επόμενα στρώματα – layers, μπορεί να θεωρηθούν ως τμήμα της εφαρμογής που εκτελείται στον τοπικό επεξεργαστή του κόμβου λήψης/μετάδοσης. Η επικοινωνία μεταξύ συμβατών κόμβων θεωρείται ομότιμη (peer to peer) δεδομένου ότι κατά τη μετάβαση των μηνυμάτων από επίπεδο σε επίπεδο η πλεονάζουσα πληροφορία κάθε επιπέδου αφαιρείται στη λήψη, προστίθεται κατά τη μετάδοση. Επομένως ο κόμβος δίνει την αίσθηση της απευθείας επικοινωνίας κάθε επιπέδου με το ομότιμο του. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διαστρωμάτωση κατά το μοντέλο OSI.



ΕΙΚΟΝΑ 34 : Αρχιτεκτονική αποδόμηση μέσω του OSI με χρήση επιπέδων (layers) [154]

Όλες οι διεργασίες σε ένα σύγχρονο αυτοματοποιημένο σύστημα επιτελούνται με τη χρήση ενός – πολλών εξυπηρετητών, ανάλογα με τον όγκο πληροφορίας προς επεξεργασία, το πλήθος των πελατών, την κλίμακα των δικτύων διασύνδεσης κ.τ.λ. Το σχήμα της επικοινωνίας ενός πελάτη –

εξυπηρετητή, μπορεί να βασίζεται στην απευθείας επικοινωνία και ανάθεση της αίτησης προς εξυπηρέτηση (online) είτε στην αποθήκευση της αίτησης και την εξυπηρέτηση της σε προκαθορισμένο χρονικό διάστημα με χρονοπρογραμματισμό (offline). Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μίας online έναντι μιας offline αρχιτεκτονικής επικοινωνίας, μεταξύ ενός πελάτη – εξυπηρετητή είναι πολλά και σημαντικά και παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

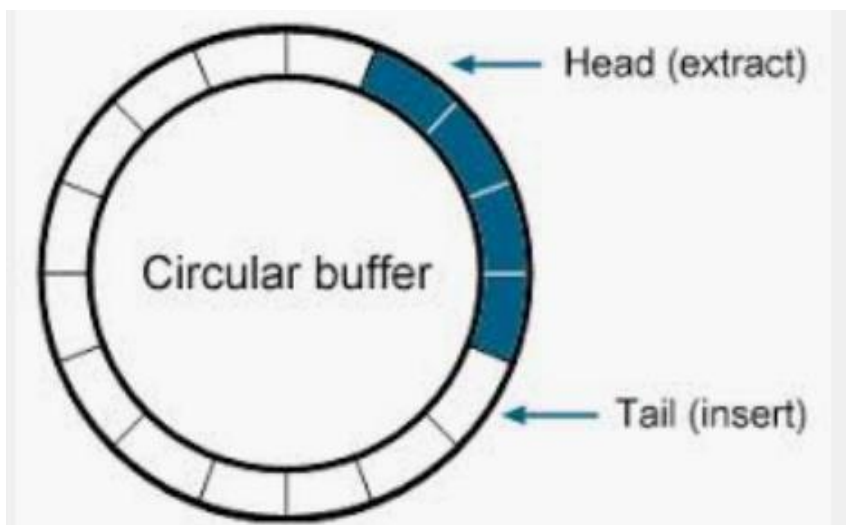
Online σχήμα διασύνδεσης	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Αμεσότητα – Ταχύτητα στην εξυπηρέτηση ▪ Συναρμογή πραγματικού χρόνου (real – time) αυτοματοποιημένων και μη λειτουργιών 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Αύξηση της απαίτησης επεξεργαστικής ισχύος για τον εξυπηρετητή ▪ Αύξηση των δικτυακών απαιτήσεων (πόρων) μετάδοσης – λήψης δεδομένων ▪ Υπερφόρτωση δικτύου ▪ Ευαισθησία σε εκδήλωση επιθέσεων ▪ Απαίτηση μεγάλου πλήθους μηχανημάτων (πολλών) εξυπηρετητών – ανάλογα με τον όγκο των πελατών προς εξυπηρέτηση

Offline σχήμα διασύνδεσης	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μείωση της απαίτησης επεξεργαστικής ισχύος για τον εξυπηρετητή λόγω ικανότητας χρονοπρογραμματισμού ▪ Μείωση των δικτυακών απαιτήσεων (πόρων) μετάδοσης – λήψης δεδομένων ▪ Χαλάρωση των συνθηκών λειτουργίας του δικτύου διασύνδεσης με βάση τον χρονοπρογραμματισμό ▪ Μικρότερη ευαισθησία σε εκδήλωση επιθέσεων ▪ Μικρότερο πλήθος μηχανημάτων εξυπηρετητή ▪ Χρονοπρογραμματισμός (scheduling) των εξυπηρετήσεων 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Αναμονή αίτησης προς εξυπηρέτηση μέχρι την ολοκλήρωση της διεργασίας από τον εξυπηρετητή ▪ Μη δυνατότητα συναρμογής πραγματικού χρόνου (real – time) αυτοματοποιημένων και μη λειτουργιών

Επομένως κατά τη διαδικασία υλοποίησης αρχιτεκτονικών πελάτη – εξυπηρετητή, τα παραπάνω χαρακτηριστικά – επιπλέον από τις τεχνολογίες υλοποίησης θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη. Οι επιλογές των αρχιτεκτονικών διασύνδεσης επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά και την ικανότητα λειτουργίας ενός περιβάλλοντος δικτυακών εξυπηρετητών.

Στα offline σχήματα επικοινωνίας συνίσταται η χρήση τοπικών ενταμιευτών αιτήσεων (buffers). Οι ενταμιευτές αιτήσεων αποθηκεύουν με τη δομή μίας FIFO ουράς τις εισερχόμενες αιτήσεις και προγραμματίζουν χρονικά την εξυπηρέτησή τους. Ένας buffer μπορεί να έχει κυκλική μορφή (circular) χρησιμοποιώντας δείκτες σύνδεσης μεταξύ των εισερχομένων αιτήσεων για την εισαγωγή και την εξυπηρέτησή τους. Κατά τη φάση εξυπηρέτησης απομακρύνει τη διαθέσιμη αίτηση απελευθερώνοντας το συγκεκριμένο χώρο από την ουρά για περαιτέρω χρήση. Προφανώς η ευσταθής λειτουργία ενός συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τον απαιτούμενο χρόνο επεξεργασίας μίας αίτησης συνεπάγεται το κατάλληλο βάθος (depth) ενός κυκλικού buffer, με στόχο την αποφυγή απώλειας αιτήσεων προς εξυπηρέτηση για το σύστημα. Το σχήμα της κυκλικής οργάνωσης είναι εξαιρετικά ευέλικτο και δυναμικό, δίνοντας τη δυνατότητα επέκτασης λαμβάνοντας υπόψη τις

συνθήκες χρήσης. Μία δομική αναπαράσταση ενός κυκλικού ενταμιευτή παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



ΕΙΚΟΝΑ 35 : Κυκλικός buffer για την προσωρινή αποθήκευση αιτήσεων στο σύστημα [155]

4.3.1.1. Υλοποίηση Αυτοματοποιημένης Επεξεργασίας Ιατρικών Δεδομένων

Στα πλαίσια σχεδιασμού και μελέτης μίας αρχιτεκτονικής, η οποία έχει ως στόχο την διασύνδεση χρηστών, την ανταλλαγή και επεξεργασία ιατρικών δεδομένων και την αποστολή ιατρικών αποτελεσμάτων, με βάση την υποδομή των σύγχρονων δικτύων διασύνδεσης, ο ρόλος των εξυπηρετητών δικτύου είναι εκτενής, αναλαμβάνοντας το μεγαλύτερο μέρος της απαιτούμενης διαλειτουργικότητας. Για την υλοποίηση της αρχιτεκτονικής που έχει περιγραφεί στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου, προτείνεται η χρήση των παρακάτω εξυπηρετητών :

- Εξυπηρετητής αιτήσεων επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων – εγγραφής χρήστη στο σύστημα (User Medical Data Acquisition Server – UMDAS).
- Εξυπηρετητής Ελέγχου και Δρομολόγησης Δεδομένων από/προς τη Βάση Δεδομένων (Data Base Routing Server – DBRS).
- Εξυπηρετητής Επεξεργασίας Ιατρικών Δεδομένων μέσω των Λειτουργικών Οντοτήτων Επεξεργασίας (FBBs - Functional Building Blocks Processing Server – FBBPS).

Ο ρόλος και η διαλειτουργικότητα των παραπάνω εξυπηρετητών θα αναλυθούν στη συνέχεια του κειμένου. Στόχος της επιλογής των εξυπηρετητών είναι η ανεξαρτησία και λειτουργική αποδόμηση των απαιτούμενων ενεργειών εξυπηρέτησης από εξυπηρετητή σε εξυπηρετητή, χωρίς να δημιουργούνται χρονικές εξαρτήσεις (dependencies) που μπορούν να οδηγήσουν σε αδιέξοδα χρονικά όρια για την επεξεργασία (deadlocks). Για την υλοποίηση των παραπάνω εξυπηρετητών θα χρησιμοποιηθούν οι τεχνολογίες διασύνδεσης διαδικτύου. Δηλ, οι εξυπηρετητές θεωρούνται ως αυτόνομες οντότητες οι οποίες φιλοξενούνται για την εκτέλεση των λειτουργιών τους σε αυτόνομα επεξεργαστικά συστήματα που διαθέτουν διασύνδεση δικτύου με τις τεχνολογίες Ethernet σε ένα εσωτερικό δίκτυο (Server PCs). Για τη διασύνδεση του συνολικού σχήματος τοπικού δικτύου μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις αναφερόμενες τεχνολογίες διασύνδεσης κορμού – ασύρματων δικτύων (για σύνδεση με τον παγκόσμιο ιστό).

Όλοι οι εξυπηρετητές που αναφέρονται ακολουθούν offline αρχιτεκτονική διασύνδεσης, εκμεταλλευόμενοι τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου σχήματος, μειώνοντας έτσι τον απαιτούμενο υπολογιστικό και δικτυακό φόρτο των εργασιών. Για τη λειτουργία τους υλοποιούν κυκλικούς

ενταμιευτές των αιτήσεων κίνησης (buffers) με τη μορφή ουράς που περιλαμβάνει σε κάθε θέση της, αιτήσεις προς εξυπηρέτηση. Στη συνέχεια θα περιγραφούν αναλυτικά ο ρόλος και οι υποστηριζόμενες διεργασίες για τον κάθε έναν εξυπηρετητή που ορίστηκε στην αρχιτεκτονική.

4.3.1.2. Ο Εξυπηρετητής UMDAS

Ο εξυπηρετητής UMDAS αποτελεί ένα επεξεργαστικό σύστημα με τοπική διασύνδεση Ethernet, ο οποίος μπορεί να προσπελάσει τόσο τις οντότητες του εσωτερικού τοπικού δικτύου (LAN) όσο και τις απομακρυσμένες οντότητες των χρηστών, που συνδέονται μέσω του παγκόσμιου ιστού (μέσω router – δρομολογητή διασύνδεσης με τον παγκόσμιο ιστό προς το κινητό χρήστη). Ο εξυπηρετητής UMDAS ενεργοποιείται και εκτελεί τις ακόλουθες 4 διεργασίες.

Πρώτον, η συσκευή ενός εξωτερικού έγκυρου – εγγεγραμμένου στο σύστημα χρήστη - αιτείται τη μεταφορά ιατρικών δεδομένων από την τοπική συσκευή (concentrator - κινητό τηλέφωνο του χρήστη) προς τη βάση ιατρικών δεδομένων του συστήματος (GET_USER_DATA) :

- 1) Η επικοινωνία γίνεται με αποστολή μηνύματος πακέτου στη σταθερή και εκ των προτέρων γνωστή IP διεύθυνση του UMDAS, η οποία είναι προκαθορισμένη για το περιβάλλον επεξεργασίας. Η διεύθυνση αυτή είναι γνωστή στο application sw που χρησιμοποιεί η συσκευή – κινητό τηλέφωνο του χρήστη.
- 2) Η αίτηση για τη μεταφορά πακέτου ιατρικών δεδομένων προς την βάση εγγράφεται στην ουρά εξυπηρέτησης του UMDAS. Η αίτηση περιλαμβάνει τη διεύθυνση χρήστη καθώς και το τοπικό δίκτυο από το οποίο συνδέεται. Ο χρήστης είναι μοναδικά οριζόμενος από τα προσωπικά στοιχεία του, που έχουν καταλήξει σε ένα Μοναδικό Ταυτοποιητή Χρήστη (User Unique Identifier – UUI) από τη Βάση Δεδομένων του συστήματος. Ο UUI καθορίζεται μοναδικά κατά την αρχική διαδικασία εγγραφής ενός χρήστη στο σύστημα (βάση δεδομένων) και αποστέλλεται – αποθηκεύεται στο application sw της συσκευής του (κινητό τηλέφωνο). Μετά την αίτηση του η συσκευή του κινητού τηλεφώνου αποσύρεται από τη διεργασία.
- 3) Ο εξυπηρετητής UMDAS αναλαμβάνει σε καθορισμένη χρονική στιγμή με βάση το χρονοπρογραμματισμό του (scheduling), να συνδεθεί με το κινητό του χρήστη και να μεταφέρει την πληροφορία (με τη μορφή αρχείων) από την συσκευή προς τοπικό buffer που διαθέτει, πριν την κεντρική βάση ιατρικών δεδομένων.
- 4) Μετά την ολοκλήρωση της μεταφοράς των αρχείων της πληροφορίας του χρήστη στον τοπικό buffer του UMDAS, ο UMDAS ενημερώνει το κινητό του χρήστη ότι τα ιατρικά δεδομένα έχουν μεταφερθεί και στη συνέχεια αιτείται την εγγραφή τους στην βάση δεδομένων επικοινωνώντας με την ουρά του εξυπηρετητή DBRS που χειρίζεται την προσπέλαση στη βάση δεδομένων. Η αίτηση από την πλευρά του UMDAS προς τον DBRS γίνεται και πάλι offline με εγγραφή στην τοπική ουρά του εξυπηρετητή DBRS. Η αίτηση εγγραφής περιλαμβάνει τον μοναδικό UUI του χρήστη καθώς και τα αρχεία δεδομένων που ο UMDAS έχει παραλάβει. Η εγγραφή των δεδομένων του χρήστη είναι τώρα αποκλειστικό θέμα του DBRS, και ο UMDAS αποσύρεται από την επικοινωνία, θεωρώντας ότι τα δεδομένα εγγράφηκαν στην κεντρική βάση δεδομένων. Ο UMDAS συνεχίζει τον χρονοπρογραμματισμό του με την εξυπηρέτηση άλλων αιτήσεων.

Δεύτερον, η συσκευή ενός εξωτερικού μη εγγεγραμμένου στο σύστημα χρήστη - αιτείται την εγγραφή του στη βάση ιατρικών δεδομένων του συστήματος (INSERT_NEW_USER) :

- a) Η αίτηση εγγράφεται στην τοπική ουρά του UMDAS εξυπηρετητή και η συσκευή του κινητού τηλεφώνου αποσύρεται από τη διεργασία. Αυτή η διαδικασία γίνεται μόνο μία φορά κατά τη φάση εγκατάστασης του application sw στο κινητό τηλέφωνο του χρήστη.
- b) Ο UMDAS ξεκινά τη διαδικασία εξυπηρέτησης του νέου χρήστη με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του (scheduling).

c) Ο UMDAS μεταφέρει τα προσωπικά δεδομένα του νέου χρήστη στην ουρά εξυπηρέτησης του DBRS. Ο UMDAS αποσύρεται από τη διαδικασία θεωρώντας ότι αυτή ολοκληρώθηκε.

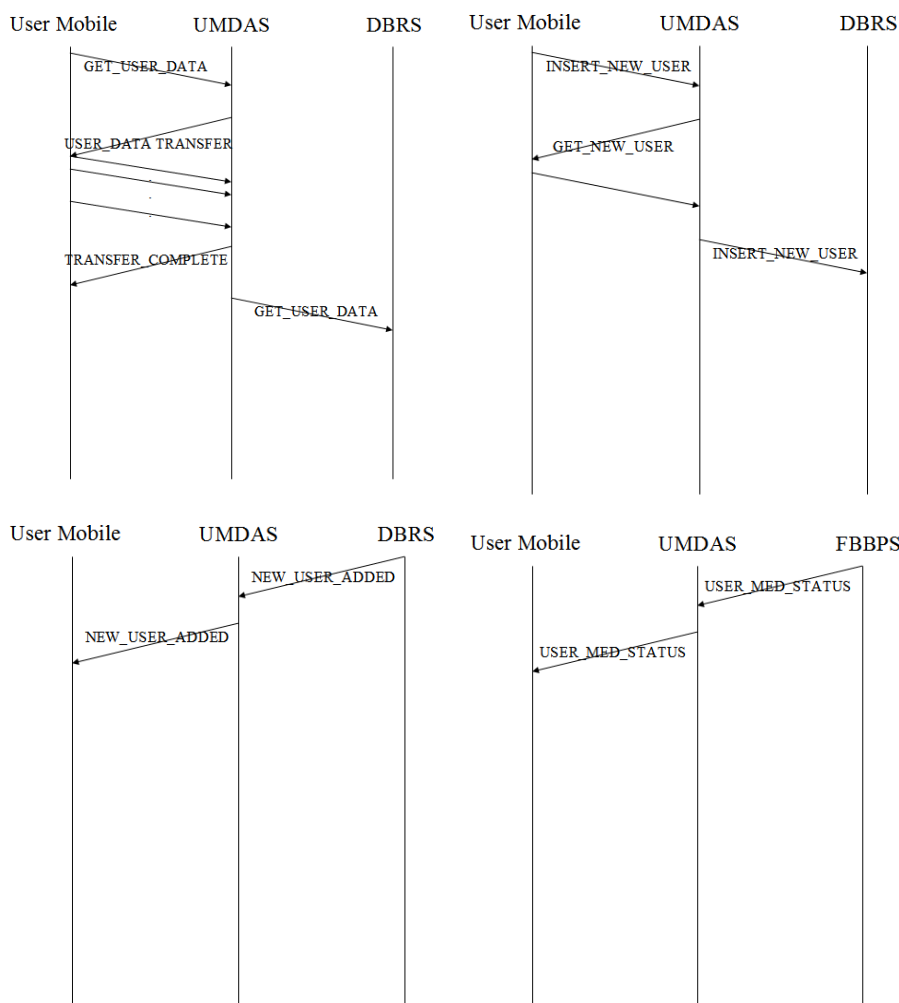
Τρίτον, επιστροφή απάντησης αίτησης εγγραφής νέου χρήστη και ανάθεση UII στο κινητό χρήστη (NEW_USER_ADDED) :

- ❖ Ο DBRS έχει ολοκληρώσει τη διαδικασία εγγραφής νέου χρήστη στη βάση δεδομένων οπότε επιστρέφει σε ουρά εξυπηρέτησης την αίτηση ενημέρωσης του χρήστη προς τον UMDAS. Ο εξυπηρετητής DBRS αποσύρεται από τη διαδικασία θεωρώντας ότι αυτή ολοκληρώθηκε
- ❖ Ο UMDAS μεταφέρει τα δεδομένα του UII και τα εγγράφει στο application sw του κινητού του χρήστη με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του.

Τέταρτον, επιστροφή επεξεργασμένων δεδομένων και μηνύματος ενημέρωσης – alert από τον FBBPS στο τελικό χρήστη. Ο FBBPS έχει ολοκληρώσει τη διαδικασία επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων και επιθυμεί να ενημερώσει το κινητό του χρήστη για την κατάσταση της ανάλυσης των ιατρικών του δεδομένων (USER_MED_STATUS) :

- i. Ο FBBPS εγγράφει την αίτηση του μαζί με το ιατρικό μήνυμα σε ουρά του UMDAS. Ο FBBPS αποσύρεται θεωρώντας ότι η διαδικασία μετάδοσης των ιατρικών μηνυμάτων έχει ολοκληρωθεί.
- ii. Ο UMDAS, με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του, αποστέλλει τα ιατρικά δεδομένα μηνύματος στο application sw του κινητού του τελικού χρήστη.

Οι παραπάνω τέσσερις διεργασίες (GET_USER_DATA, INSERT_NEW_USER, NEW_USER_ADDED, USER_MED_STATUS) αποτελούν τις απαιτούμενες διεργασίες για τη διαλειτουργικότητα του UMDAS εξυπηρετητή.



EIKONA 36 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση των 4 διεργασιών

Τα παραπάνω σχήματα μπορούν να εμπλουτιστούν εφόσον ανακύψουν ανάγκες για επιπλέον διεργασίες οι οποίες εμπλέκουν υπάρχουσες ή/και μελλοντικά οριζόμενες οντότητες εξυπηρετητών.

4.3.1.3. Ο Εξυπηρετητής DBRS

Ο εξυπηρετητής DBRS αποτελεί ένα επεξεργαστικό σύστημα με τοπική διασύνδεση Ethernet, ο οποίος μπορεί να προσπελάσει μόνο τις εσωτερικές οντότητες του τοπικού δικτύου (LAN). Ο εξυπηρετητής DBRS ενεργοποιείται και εκτελεί τις ακόλουθες 4 διεργασίες.

Πρώτον, ο εξυπηρετητής UMDAS έχει αιτηθεί μεταφορά ιατρικών δεδομένων προς τη βάση δεδομένων (GET_USER_DATA) :

- 1) Ο UMDAS εγγράφει την αίτηση με τα δεδομένα χρήστη σε προσωρινό buffer (αρχεία χρήστη) στην τοπική ουρά του DBRS. Ο UMDAS αποσύρεται από τη διαδικασία θεωρώντας ότι αυτή έχει ολοκληρωθεί.
- 2) Ο DBRS εξυπηρετητής εγγράφει στη βάση δεδομένων τα ιατρικά αρχεία του χρήστη με βάση τον UUI που γνωρίζει (μοναδική καταχώρηση), σύμφωνα με το χρονοπρογραμματισμό του.
- 3) Στη συνέχεια ο εξυπηρετητής DBRS ενεργοποιεί αίτηση προς τους εμπλεκόμενους FBBPS εξυπηρετητές, για την άφιξη των νέων ιατρικών δεδομένων στη βάση δεδομένων, τα οποία προφανώς χρειάζονται επεξεργασία. Η ενεργοποίηση γίνεται με εγγραφή αιτήσεων στις ουρές των εμπλεκόμενων εξυπηρετητών FBBPS. Ο DBRS εξυπηρετητής στη συνέχεια αποσύρεται θεωρώντας ότι η διαδικασία ενημέρωσης για επεξεργασία ολοκληρώθηκε.

Δεύτερον, ο UMDAS αιτείται την εγγραφή νέου χρήστη στη βάση ιατρικών δεδομένων του συστήματος (INSERT_NEW_USER) :

- a) Ο DBRS ενεργοποιείται και μεταφέρει την νέα εγγραφή στη βάση δεδομένων. Η εγγραφή με βάση τα στοιχεία του νέου χρήστη αφού ελεγχθεί από τη βάση δεδομένων, θα αποδώσει τον UUI για το νέο χρήστη.
- b) Ο εξυπηρετητής DBRS μεταφέρει την αποδοχή του νέου χρήστη με τον UUI στην ουρά του εξυπηρετητή UMDAS προς ενημέρωση της τελικής συσκευής του κινητού τηλεφώνου του χρήστη (NEW_USER_ADDED). Ο DBRS εξυπηρετητής αποσύρεται από τη διεργασία θεωρώντας ότι η διαδικασία εγγραφής ολοκληρώθηκε.

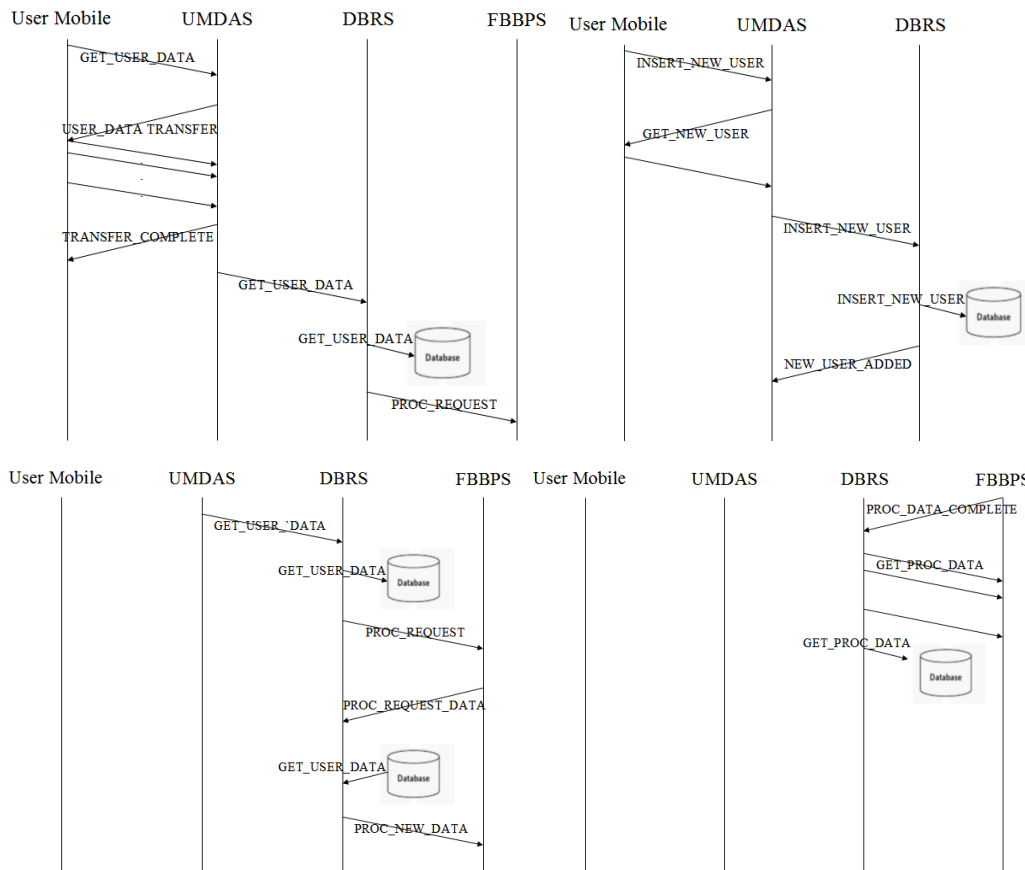
Τρίτον, ένας εξυπηρετητής FBBPS αιτείται την μεταφορά των νέων ιατρικών δεδομένων από την κεντρική βάση δεδομένων μέσω του DBRS εξυπηρετητή (PROC_REQUEST_DATA) :

- ❖ Ο DBRS ενεργοποιείται μέσω της εγγραφής της αίτησης μεταφοράς δεδομένων στην ουρά από το συγκεκριμένο FBB. Ο DBRS με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του μεταφέρει τα δεδομένα που αιτήθηκε προς επεξεργασία το FBB και ολοκληρώνει τη διαδικασία.

Τέταρτον, ένας εξυπηρετητής FBBPS αιτείται την μεταφορά των επεξεργασμένων ιατρικών δεδομένων μετά τη διαδικασία επεξεργασίας προς την κεντρική βάση δεδομένων μέσω του DBRS εξυπηρετητή (PROC_DATA_COMPLETE) :

- i. Ο DBRS ενεργοποιείται μέσω της εγγραφής της αίτησης μεταφοράς επεξεργασμένων δεδομένων στην ουρά του από το συγκεκριμένο FBB. Ο DBRS με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του μεταφέρει τα δεδομένα που επεξεργάστηκε το FBB προς τη βάση δεδομένων και τα καταχωρεί ολοκληρώνοντας τη διαδικασία.

Οι παραπάνω τέσσερις διεργασίες (GET_USER_DATA, INSERT_NEW_USER, PROC_REQUEST_DATA, PROC_DATA_COMPLETE) αποτελούν τις απαιτούμενες διεργασίες για τη διαλειτουργικότητα του DBRS εξυπηρετητή. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται σχήματα για τα ανταλλάσσόμενα μηνύματα μεταξύ των εμπλεκόμενων οντοτήτων για τη διεξαγωγή των παραπάνω διαδικασιών, τα οποία μπορούν να επεκταθούν εφόσον ανακύψουν ανάγκες για επιπλέον διεργασίες οι οποίες εμπλέκουν υπάρχουσες ή/και μελλοντικά οριζόμενες οντότητες εξυπηρετητών.



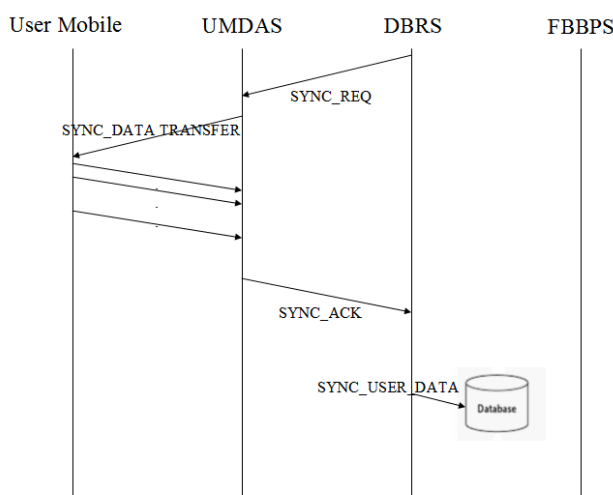
EIKONA 37 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση των 4 διεργασιών

Ο εξυπηρετητής DBRS, επιπλέον των προηγούμενων λειτουργιών που επιτελεί, για τη διασφάλιση της ακεραιότητας (Integrity) των δεδομένων της κεντρικής βάσης μπορεί να εισάγει διαδικασίες συγχρονισμού (SYNC). Η διαδικασία συγχρονισμού ενεργοποιείται από τον DBRS εξυπηρετητή για να ελέγξει την ακεραιότητα και την ακρίβεια των δεδομένων της κεντρικής βάσης σε σχέση με τα ιατρικά δεδομένα που διαθέτει η συσκευή (κινητό τηλέφωνο) του χρήστη. Ο εξυπηρετητής DBRS ενεργοποιείται και εκτελεί τη διεργασία SYNC, όπου και αιτείται μεταφορά ιατρικών δεδομένων προς τον UMDAS εξυπηρετητή με στόχο τον έλεγχο της βάσης δεδομένων :

- Ο DBRS εγγράφει την αίτηση του (SYNC_REQ) με το UII χρήστη στην τοπική ουρά του UMDAS. Ο DBRS αποσύρεται από τη διαδικασία θεωρώντας ότι αυτή έχει ολοκληρωθεί.
- Ο UMDAS εξυπηρετητής ενεργοποιείται σύμφωνα με το χρονοπρογραμματισμό του και μεταφέρει το σύνολο των ιατρικών δεδομένων του χρήστη με το δεδομένο UII, σε τοπικό buffer.
- Ο UMDAS εγγράφει τα ιατρικά δεδομένα στην τοπική ουρά του DBRS εξυπηρετητή για τη λήψη και τον έλεγχο ακεραιότητας της βάσης (SYNC_ACK). Ο UMDAS αποσύρεται από τη διαδικασία συνεχίζοντας τον χρονοπρογραμματισμό του, θεωρώντας ότι η διαδικασία SYNC ολοκληρώθηκε από πλευράς του.
- Ο DBRS εξυπηρετεί την αίτηση από την τοπική ουρά του λαμβάνοντας το σύνολο των ιατρικών δεδομένων για το χρήστη με το δεδομένο UII. Στη συνέχεια ελέγχει μέσω της βάσης δεδομένων την ακρίβεια ή την προσθήκη νέων ιατρικών δεδομένων στο σύστημα, με στόχο τη διατήρηση της ακρίβειας των φυλασσόμενων ιατρικών δεδομένων στη κεντρική βάση.

Ο μηχανισμός SYNC προβλέπεται για την τήρηση της ακεραιότητας στο ενδεχόμενο απώλειας δεδομένων από καταστάσεις υπερχείλισης αιτήσεων στους τοπικούς buffers των εξυπηρετητών. Σε κανονικές συνθήκες υπερχείλιση (Overflow) δεν πρέπει να συμβεί, δεδομένου ότι έχει οριστεί ορθώς, σε επίπεδο διαστάσεων μέσω των διαδικασιών monitoring, το απαιτούμενο επεξεργαστικό

επίπεδο κάθε εξυπηρετητή καθώς και τα βάθη (depth) των ουρών που διαθέτουν οι εξυπηρετητές μεταξύ τους (για την αποφυγή απώλειας αιτήσεων μεταξύ των εξυπηρετητών).



ΕΙΚΟΝΑ 38 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για την υλοποίηση της διεργασίας SYNC

4.3.1.4. Ο Εξυπηρετητής FBBPS

Οι εξυπηρετητές FBBPS αποτελούν τα επεξεργαστικά συστήματα ιατρικών δεδομένων με τοπική διασύνδεση Ethernet, και μπορούν να προσπελάσουν μόνο τις εσωτερικές οντότητες του τοπικού δικτύου (LAN). Θεωρούμε ότι το πλήθος των εξυπηρετητών FBBPS είναι όσο το πλήθος των FBBs που προδιαγράφηκε για την ανάλυση των ιατρικών δεδομένων. Ένας εξυπηρετητής FBBPS ενεργοποιείται και εκτελεί τις ακόλουθες διεργασίες :

- ✚ Ο εξυπηρετητής DBRS έχει ενημερώσει τον FBBPS για μεταφορά νέων ιατρικών δεδομένων στην κεντρική βάση (PROC_REQUEST_DATA). Ο FBBPS εξυπηρετητής με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του αιτείται στον DBRS εξυπηρετητή τη μεταφορά των δεδομένων (νέα ή συνολικά για το χρήστη).
- ✚ Ο εξυπηρετητής FBBPS έχει ενημερώσει τον DBRS για μεταφορά επεξεργασμένων ιατρικών δεδομένων προς την κεντρική βάση (PROC_DATA_COMPLETE). Ο FBBPS εξυπηρετητής εγγράφει την αίτηση του μαζί με τα επεξεργασμένα ιατρικά δεδομένα στην ουρά επεξεργασίας του DBRS. Ο FBBPS εξυπηρετητής αποσύρεται μετά την αίτηση θεωρώντας ότι η διαδικασία ολοκληρώθηκε.
- ✚ Ο εξυπηρετητής FBBPS έχει ενημερώσει τον UMDAS για μεταφορά ιατρικού μηνύματος προς το κινητό του τελικού χρήστη (USER_MED_STATUS). Ο FBBPS εξυπηρετητής εγγράφει την αίτηση του μαζί με το ιατρικό μήνυμα στην ουρά επεξεργασίας του UMDAS. Ο FBBPS εξυπηρετητής αποσύρεται θεωρώντας ότι η διαδικασία ολοκληρώθηκε.

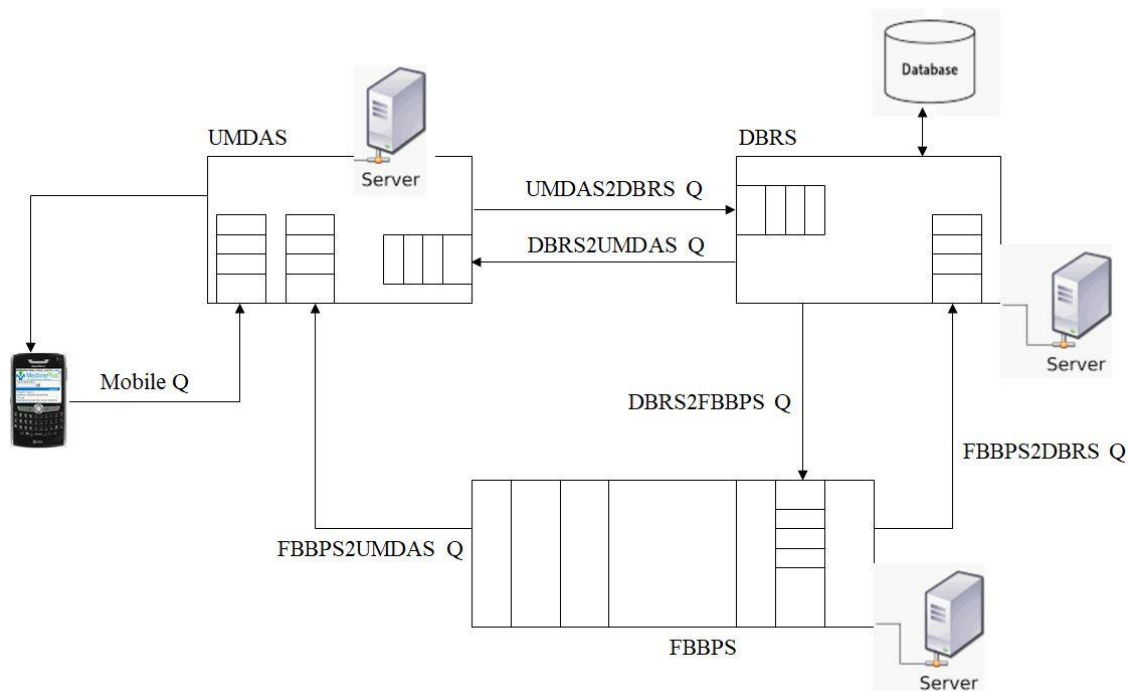
Οι παραπάνω τρεις διεργασίες (PROC_REQUEST_DATA, PROC_DATA_COMPLETE, USER_MED_STATUS) αποτελούν τις απαιτούμενες διεργασίες για τη διαλειτουργικότητα κάθε FBBPS εξυπηρετητή. Όπως και στους προηγούμενους εξυπηρετητές, έτσι και εδώ υφίσταται θέμα επεκτασιμότητας πάντα υπό την προϋπόθεση ότι ανακύψουν ανάγκες για επιπλέον διεργασίες οι οποίες εμπλέκουν υπάρχουσες ή/και μελλοντικά οριζόμενες οντότητες εξυπηρετητών.

4.3.1.5. Συνολικό Σχήμα Αρχιτεκτονικής Διασύνδεσης των Εξυπηρετητών

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν οι διαδικασίες ενεργοποίησης και εξυπηρέτησης διεργασιών, από/προς τους εξυπηρετητές UMDAS, DBRS και FBBPS. Το πλήθος των FBBPS εξυπηρετητών που μετέχει στο σχήμα ισούται με το πλήθος των FBBs που έχουν προκαθοριστεί για την επεξεργασία των ιατρικών δεδομένων. Η επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετητών βασίζεται σε κυκλικές ουρές αιτήσεων, όπως περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

Στο offline σχήμα της αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιείται θα πρέπει να γίνει σαφές ότι, κανένας εξυπηρετητής δεν αναμένει τη διεκπεραίωση εξυπηρέτησης της αίτησης του από κανένα άλλο εξυπηρετητή. Κάθε οντότητα αναθέτει την αίτηση προς εξυπηρέτηση και θα λάβει απάντηση – επεξεργασμένα αποτελέσματα – εφόσον κάτι τέτοιο χρειάζεται μέσω αίτησης – απάντησης στην τοπική ουρά του. Η αίτηση που εγγράφεται σε μία ουρά θα εξυπηρετηθεί με βάση τον χρονοπρογραμματισμό (scheduling) και την κατάσταση λειτουργίας του εμπλεκόμενου εξυπηρετητή.

Αυτό το σχήμα επικοινωνίας δεν εισάγει συνθήκες αδιεξόδου (deadlocks) από την επικοινωνία, δίνοντας τη δυνατότητα σε κάθε εξυπηρετητή να προχωρήσει προς την επόμενη αίτηση διεκπεραίωσης, αφού ολοκληρώσει την τρέχουσα. Το παρακάτω σχήμα επικοινωνίας μαζί με τις τοπικές ουρές που διαθέτει κάθε εξυπηρετητής παρουσιάζεται στη συνέχεια.



ΕΙΚΟΝΑ 39 : Διασύνδεση των εξυπηρετητών και διαλειτουργικότητα με χρήση τοπικών ουρών

Η αρχιτεκτονική διασύνδεσης που παρουσιάζεται στο σχήμα δίνει αίσθηση των διασυνδεόμενων εξυπηρετητών. Ο μόνος εξυπηρετητής που έχει πρόσβαση στο εξωτερικό δίκτυο του παγκόσμιου ιστού είναι ο UMDAS, ενώ όλοι οι υπόλοιποι εξυπηρετητές περιορίζονται σε εσωτερική επικοινωνία στο τοπικό δίκτυο (LAN). Το παραπάνω χαρακτηριστικό συνεισφέρει σημαντικά στην ασφάλεια και προστασία του συνολικού τοπικού δικτύου επεξεργασίας, δεδομένου ότι κανένας εξωτερικός χρήστης δεν έχει άμεση πρόσβαση στην κεντρική βάση των ιατρικών δεδομένων. Οποιαδήποτε αίτηση για προσπέλαση πληροφορίας προέρχεται μέσω του εξυπηρετητή DBRS. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την φυσική προστασία των δεδομένων της βάσης.

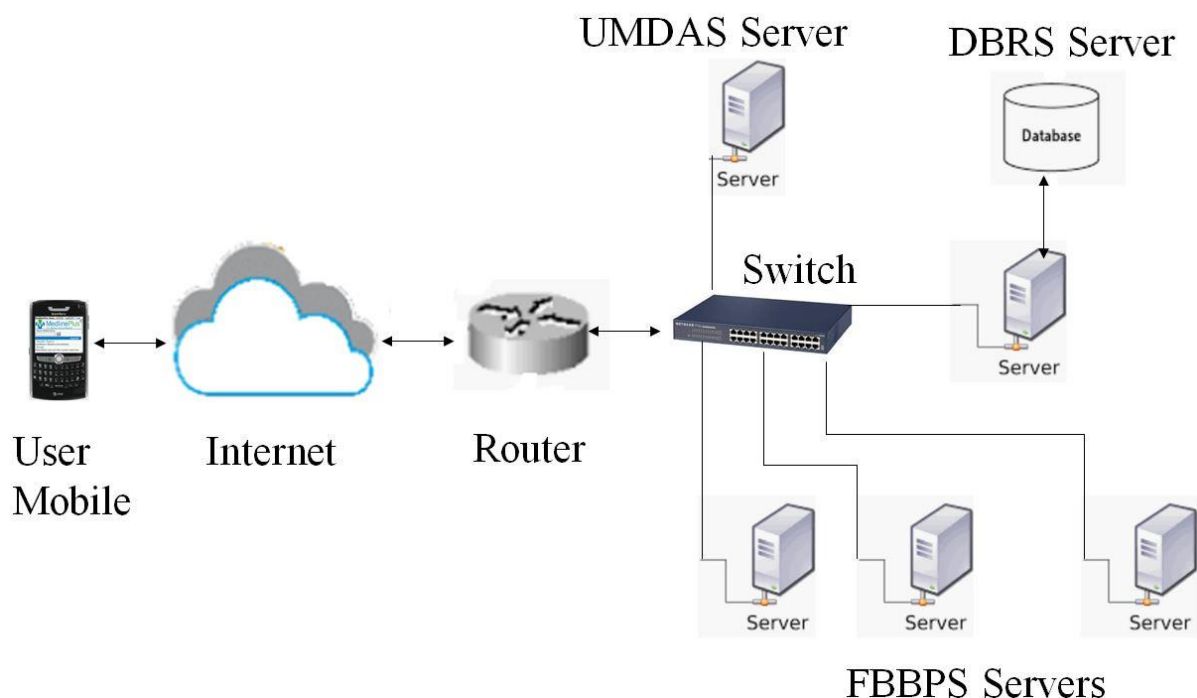
Η διαδικτυακή ασφάλεια αφορά κυρίως τον εξυπηρετητή UMDAS, ο οποίος είναι και ο μόνος «ορατός εξυπηρετητής» με σταθερή IP διεύθυνση στο σχήμα επικοινωνίας που μπορεί να δεχθεί εξωτερικές αιτήσεις από το παγκόσμιο δίκτυο. Επομένως κατά την υλοποίηση αυτού του

εξυπηρετητή θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι μηχανισμοί προστασίας της επικοινωνίας (IPSec ή χρήση TLS/SSL πρωτοκόλλων [156]). Οι υπόλοιποι εξυπηρετητές διαθέτουν εσωτερικές – τοπικές IP διευθύνσεις οι οποίες δεν είναι προκαθορισμένες και δεν απαιτείται να είναι γνωστές σε οποιονδήποτε εξωτερικό χρήστη του συστήματος.

Η σταθερή λειτουργία και διαλειτουργικότητα των εξυπηρετητών του σχήματος, μπορεί να συναχθεί από τους απαιτούμενους χρόνους επεξεργασίας των αιτήσεων (χρόνος παραμονής στην ουρά και χρόνος εξυπηρέτησης). Εκτιμώντας τους παραπάνω χρόνους μπορεί να γίνει μία χρονική ανάλυση, η οποία θα καθορίσει αφενός το μέγεθος (depth) των κυκλικών buffers για την αποφυγή απώλειας αίτησης, και αφετέρου την απαιτούμενη επεξεργαστική ισχύ για κάθε μονάδα εξυπηρετητή (αύξηση επεξεργαστικής ισχύος εξυπηρετητή οδηγεί σε αύξηση στην ταχύτητα επεξεργασίας και σε μείωση του επεξεργαστικού χρόνου). Με βάση αυτήν την προσέγγιση μπορεί επίσης να αναλυθεί και να σταθμιστεί η ανάγκη αύξησης επεξεργαστικής ισχύος σε κάθε εξυπηρετητή, η ταχύτητα προσπέλασης στη βάση δεδομένων, οι απαιτήσεις σε φυσική μνήμη για κάθε εξυπηρετητή, κ.τ.λ.

4.3.1.6. Συνολικό Σχήμα Δικτυακής Διασύνδεσης των Εξυπηρετητών

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν οι μηχανισμοί και η διαλειτουργικότητα του συνολικού σχήματος των εξυπηρετητών από πλευράς αρχιτεκτονικής διασύνδεσης. Στην παρουσίαση της αρχιτεκτονικής δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην περιγραφή των μηχανισμών και του offline σχήματος επικοινωνίας, που επιβάλλει ανταλλαγή αιτήσεων μεταξύ των συνεργαζόμενων εξυπηρετητών. Η συνολική δικτυακή υποδομή του συστήματος και η διασύνδεση των εξυπηρετητών παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί.



ΕΙΚΟΝΑ 40 : Δικτυακή Διασύνδεση των εξυπηρετητών

Από το σχήμα της δικτυακής διασύνδεσης προκύπτει ότι όλοι οι εξυπηρετητές είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους με τη χρήση του τοπικού δικτύου (LAN). Οι τοπικές διασυνδέσεις προτείνεται να είναι της τάξης του 1G Ethernet, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία υποστηρίζεται για πάρα πολλά χρόνια από τους κατασκευαστές δικτυακού υλικού διασύνδεσης, επιτρέποντας υψηλούς ρυθμούς

μετάδοσης/λήψης και σταθερή λειτουργία. Η τοπική διασύνδεση των εξυπηρετητών γίνεται με τη χρήση τοπικού διαμεταγωγέα (switch) με θύρες του 1G Ethernet. Η τοπική νησίδα (LAN) επικοινωνεί με τον παγκόσμιο ιστό με χρήση τοπικού δρομολογητή (router). Το τοπικό LAN προτείνεται να παραμένει ενσύρματο παρά της δυνατότητας ότι θα μπορούσε να αναπτυχθεί και ασύρματα με τεχνολογίες WiFi, για αυξημένη ασφάλεια της λειτουργίας των τοπικών εξυπηρετητών και του δικτύου. Από την παρουσίαση της διαλειτουργικότητας των εξυπηρετητών, ο μόνος εξυπηρετητής που έρχεται σε άμεση επαφή με τον εξωτερικό παγκόσμιο δίκτυο είναι ο UMDAS, δεδομένου ότι επικοινωνεί με τους εξωτερικούς χρήστες – κινητά. Όλοι οι υπόλοιποι εξυπηρετητές περιορίζουν τη δραστηριότητα και την ανταλλαγή κίνησης σε εσωτερικό επίπεδο δηλ, εντός του τοπικού LAN. Η δικτυακή ασφάλεια της τοπολογίας μπορεί να ενδυναμωθεί περαιτέρω με τη χρήση τείχους προστασίας (firewall) καθώς και έλεγχο του φυσικού επιπέδου σύνδεσης διευθύνσεων (MAC filtering) μέσω του router.

Η προτεινόμενη δικτυακή διασύνδεση είναι εύκολα επιτεύξιμη με χρήση του προτεινόμενου υλικού (switch, router, κλπ), και μπορεί να κλιμακωθεί ανάλογα με τις ανάγκες λειτουργίας και επικοινωνίας των εξυπηρετητών. Η αύξηση των εξυπηρετητών FBBPS υποστηρίζεται μέσω της αντίστοιχης αύξησης των μηχανημάτων και των διασυνδέσεων στο διαμεταγωγέα (switch) της τοπολογίας. Οι διαδικασίες παρακολούθησης του δικτύου (monitoring service), ελέγχουν τα επίπεδα κίνησης δικτύου στους κόμβους καθώς και τις επεξεργαστικές ανάγκες των πλατφορμών που υλοποιούν τους εξυπηρετητές, δίνοντας σαφή και καθορισμένη ποσοτική εικόνα της συνολικής λειτουργικότητας και της ποιότητας των υπηρεσιών (Quality of Service, service latency, network bottlenecks, κλπ).

4.3.2. Πρωτόκολλα Παρακολούθησης (Monitoring) Δικτύου

Τα συστήματα διαχείρισης δικτύου επιτρέπουν σε οργανώσεις να αυτοματοποιούν εργασίες διαμόρφωσης, να παρακολουθούν τη σταθερότητα του δικτύου και να προλαμβάνουν οποιαδήποτε προβλήματα (troubleshooting). Ωστόσο, οι περισσότερες οργανώσεις σπαταλούν μεγάλα ποσά σε τυπικά συσκευασμένα συστήματα διαχείρισης δικτύου. Αναμφίβολα, αυτά τα συσκευασμένα συστήματα διαθέτουν αρκετές θεμελιώδεις λειτουργίες, όμως η δαπάνη ενός σημαντικού τμήματος του προϋπολογισμού για προϊόντα τα οποία η επιχείρηση πιθανότατα δε θα χρησιμοποιήσει ποτέ σίγουρα αποτελεί ζήτημα. Με τις αυξανόμενες απαιτήσεις και τους πιο λιτούς προϋπολογισμούς για την Τεχνολογία Πληροφορίας (IT - Information Technology), οι διαχειριστές δικτύων αναζητούν πιο οικονομικές λύσεις. Ένας από τους καλύτερους τρόπους είναι η επένδυση σε εργαλεία διαχείρισης δικτύου με υψηλή Απόδοση της Επένδυσης (ROI - Return on Investment) και χαμηλό Συνολικό Κόστος Ιδιοκτησίας (TCO - Total Cost of Ownership).

4.3.2.1. Σημασία των Εργαλείων Παρακολούθησης Δικτύου

Τα δίκτυα έχουν εξελιχθεί από ένα μικρό σύνολο στοιχείων σε πιο περίπλοκους σχεδιασμούς με προηγμένες τεχνολογίες και συσκευές. Τα εργαλεία παρακολούθησης δικτύου επιτρέπουν στους διαχειριστές να έχουν μια ξεκάθαρη εικόνα για την κατάσταση, την απόδοση και τα πιθανά ζητήματα του συνολικού δικτύου. Για να διευκολυνθεί η παρακολούθηση και η διαχείριση του δικτύου, η ύπαρξη στατιστικών δικτύου σε πραγματικό χρόνο (real-time) είναι ζωτικής σημασίας. Ο ρόλος των

πρωτοκόλλων παρακολούθησης δικτύου είναι να παρέχει βασικά στατιστικά στοιχεία και κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με διάφορες δραστηριότητες του δικτύου. Έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν την παρακολούθηση των δεδομένων και της κυκλοφορίας που ρέουν προς και από τους συνδέσμους δικτύου (host and client - κεντρικός υπολογιστής και πελάτης). Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται από τα εργαλεία παρακολούθησης δικτύου, χρησιμοποιώντας τυπικά πρωτόκολλα, εμφανίζονται γραφικά για να βοηθήσουν τους διαχειριστές να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες για τη διαχείριση της δραστηριότητας ενός δικτύου.

4.3.2.2. Τυπικά Πρωτόκολλα Παρακολούθησης Δικτύου

Υπάρχουν πολλά πρωτόκολλα παρακολούθησης δικτύου με χαρακτηριστικές λειτουργίες. Η βασική λειτουργία των ακόλουθων πρωτοκόλλων παρακολούθησης δικτύου μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε πέντε ενέργειες : mapping (χαρτογράφηση), monitoring (παρακολούθηση), discovery (ανακάλυψη), notification (ειδοποίηση) και report (αναφορά). Παρακάτω περιγράφονται τα τυπικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση δικτύου.

SNMP (Simple Network Management Protocol) :

Το SNMP είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής (application layer) στο πλαίσιο του πρωτοκόλλου Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP / IP). Είναι ένα πρωτόκολλο επαγγελματικής ποιότητας και ευρέως αποδεκτό για τη διατήρηση στοιχείων δικτύου. Χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή και την εξαγωγή πληροφοριών διαχείρισης που μοιράζονται μεταξύ συσκευών δικτύου, όπως διακόπτες, modems , ελεγκτές WLAN (Wireless Local Area Network) και δρομολογητές (routers). Οι πληροφορίες που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της απόδοσης του δικτύου βάσει της χρήσης εύρους ζώνης (bandwidth), της κατάστασης του interface, του λανθάνοντος χρόνου (latency) και της χρήσης της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας (CPU - Central Processing Unit). Τα περισσότερα στοιχεία ενός δικτύου συνδυάζονται με «πράκτορες» (agents) SNMP για καλύτερη επικοινωνία με συστήματα παρακολούθησης, ωστόσο, πρέπει να ρυθμιστούν πριν από τη χρήση. Ο ρόλος αυτών των agents είναι να ανταποκρίνονται σε «ερωτήματα» (queries), να εκτελούν «αιτήματα» (requests) και να υποδεικνύουν οποιοδήποτε συμβάν έχει πραγματοποιηθεί στον κεντρικό υπολογιστή που εκτελεί τον πόρο δικτύου (network resource).

ICMP (Internet Control Message Point) :

Σε αντίθεση με το SNMP, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διακομιστών (servers), το ICMP χρησιμοποιείται μόνο για αναφορά σφαλμάτων (errors). Είναι ένα στοιχείο της στοίβας πρωτοκόλλου TCP / IP που χρησιμοποιείται για την αποστολή μηνυμάτων ελέγχου και σφάλματος. Στόχος είναι να προσδιοριστεί αν τα δεδομένα έχουν φτάσει στον προορισμό τους με επιτυχία εντός του αναμενόμενου χρονικού πλαισίου. Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται από συσκευές δικτύου, όπως routers, για την αποστολή μηνυμάτων σφάλματος. Επίσης, εκτελεί διαγνωστικά δικτύου και είναι υπεύθυνο για τη λειτουργία των βοηθητικών τερματικών προγραμμάτων (traceroute και ping). Τα μηνύματα που αποστέλλονται από το ICMP μεταδίδονται ως datagrams για να παρέχουν επικοινωνία χωρίς σύνδεση σε δίκτυο με packet switching [157] . Αυτό βοηθά στην γρήγορη κατανόηση των αιτιών των σφαλμάτων. Μερικά παραδείγματα μηνυμάτων σφάλματος περιλαμβάνουν :

- Μήνυμα απόσβεσης πηγής (source quench message), το οποίο έχει να κάνει με ασυνήθιστη αύξηση της μετάδοσης πακέτων δεδομένων.
- Μήνυμα εξάντλησης χρόνου ζωής TTL (Time to Live [158]), το οποίο εμφανίζεται όταν ο χρόνος ζωής TTL «χτυπήσει» 0.

- Μήνυμα μη-προσβάσιμου προορισμού (unreachable destination message), το οποίο εστάλη από τον κεντρικό υπολογιστή προορισμού σχετικά με τη μη διαθεσιμότητα της θύρας λόγω υλικού ή οποιασδήποτε άλλης βλάβης.
- Μήνυμα σφάλματος παραμέτρου (parameter error message), το οποίο εμφανίζεται όταν υπάρχει αναντιστοιχία πακέτου ή μη εγκεκριμένο (unapproved) πακέτο.

4.3.2.3. Κοινές και Βέλτιστες Πρακτικές Παρακολούθησης Δικτύου

Χωρίς ένα καλά σχεδιασμένο σχέδιο παρακολούθησης δικτύου, ακόμη και τα μικρότερα ζητήματα μπορούν να καταστρέψουν ολόκληρο το οργανωτικό δίκτυο. Η παρακολούθηση είναι μία από τις πιο κρίσιμες πτυχές της δικτύωσης, επομένως η εφαρμογή στρατηγικών διαχείρισης δικτύου και παρακολούθησης είναι ζωτικής σημασίας. Η συνεχής παρακολούθηση συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης του δικτύου εντοπίζοντας και επιλύοντας προβλήματα ταχύτερα με λιγότερο μέσο χρόνο επίλυσης (MTTR - Mean Time To Resolution). Οι οργανισμοί και οι διαχειριστές ενός δικτύου ακολουθούν μερικές τυπικές πρακτικές κατά την εφαρμογή μιας επίλυσης παρακολούθησης δικτύου. Αυτές οι πρακτικές βοηθούν στη συλλογή πληροφοριών σχετικά με διαφορετικές παραμέτρους που απαιτούνται για το χειρισμό σφαλμάτων.

Η παρακολούθηση δικτύου δεν περιορίζεται αποκλειστικά σε κοινές πρακτικές, καθώς ορισμένες βέλτιστες πρακτικές πρέπει επίσης να εφαρμοστούν στην υποδομή της Τεχνολογίας Πληροφορίας (IT) μιας επιχείρησης. Γενικά, ενώ οι κοινές πρακτικές επικεντρώνονται στα βασικά στοιχεία του δικτύου, οι βέλτιστες πρακτικές βοηθούν στον σχεδιασμό μιας αποτελεσματικής κατευθυντήριας γραμμής παρακολούθησης δικτύου.

Σημαντικές κοινές πρακτικές παρακολούθησης δικτύου είναι οι εξής :

Παρακολούθηση Δίσκου (Disk Monitoring) :

Οι οργανισμοί αποθηκεύουν «ευαίσθητες» πληροφορίες σε συστοιχίες αποθήκευσης (storage arrays) με πολλαπλούς δίσκους. Προβλήματα με δίσκους μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές συνέπειες για την εξέλιξη της επιχείρησης. Η παρακολούθηση δίσκου βοηθά στην αξιολόγηση των λειτουργιών εισόδου / εξόδου (I/O - Input / Output) λογικών δίσκων. Με την παρακολούθηση δίσκων εισόδου / εξόδου, δίνεται η δυνατότητα να οριστούν όρια για να λαμβάνονται ειδοποιήσεις όταν οι παρακάτω μετρήσεις δικτύου φτάνουν σε κρίσιμο επίπεδο βάσει αυτών των ορίων :

- 1) writes/sec : ο ρυθμός εγγραφής στο δίσκο
- 2) reads/sec : ο ρυθμός των λειτουργιών ανάγνωσης στο δίσκο
- 3) queue length : το πλήθος των αιτημάτων που εκκρεμούν στο δίσκο κατά τη συλλογή δεδομένων απόδοσης
- 4) busy time : το ποσοστό χρόνου κατά το οποίο η επιλεγμένη μονάδα δίσκου είναι απασχολημένη με την ανάγνωση ή τη σύνταξη αιτημάτων

Η αποτελεσματική παρακολούθηση δίσκων βοηθά στην παρακολούθηση της απόδοσης του δίσκου για σφάλματα, αποτελεσματική χρήση χώρου, ελεύθερο χώρο, μεγάλα στατιστικά αρχεία, αλλαγές στη χρήση χώρου στο δίσκο και απόδοση εισόδου / εξόδου. Επίσης, μπορεί να συμβάλει στη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και στην ανίχνευση προβλημάτων που σχετίζονται με την αποθήκευση.

Παρακολούθηση Διαθεσιμότητας (Availability Monitoring) :

Οι επιχειρήσεις χρειάζονται την υποδομή IT τους για να διατηρήσουν τη διαθεσιμότητα 24/7 για να καλύψουν τις αυξανόμενες απαιτήσεις, επομένως η παρακολούθηση της διαθεσιμότητας, δηλαδή η παρακολούθηση όλων των στοιχείων και των πόρων δικτύωσης που χρησιμοποιούνται σε έναν οργανισμό για να εξασφαλιστεί η συνέχεια της επιχείρησης, είναι ζωτικής σημασίας. Η

παρακολούθηση διαθεσιμότητας βοηθά τους διαχειριστές να γνωρίζουν τους πόρους, όπως τείχη προστασίας, διακόπτες και δρομολογητές, που λειτουργούν ομαλά και είναι διαθέσιμοι. Ακόμη, βοηθά στην παρακολούθηση του χώρου αποθήκευσης, της χρήσης και της κατανάλωσης εύρους ζώνης και των υπηρεσιών σε επίπεδο συστήματος. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση διαθεσιμότητας είναι :

- a) Ping [159] , για να παρακολουθείται η διαθεσιμότητα των ενεργών συσκευών στο δίκτυο
- b) IP-SLA (Internet Protocol Service Level Agreement) [160] , για να μετράται η διαθεσιμότητα συνδέσμων WAN (Wide Area Network) και η ικανότητα αυτών να μεταφέρουν συγκεκριμένες υπηρεσίες
- c) Telnet [161] , για να ελέγχεται η διαθεσιμότητα της συσκευής όταν το ping έχει αποκλειστεί
- d) SNMP (Simple Network Monitoring Protocol), για να μετράται η τρέχουσα κατάσταση ή η διαθεσιμότητα μιας υπηρεσίας σε μια συσκευή
- e) WMI (Windows Management Instrumentation) [162] , για να ελέγχεται η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών που εκτελούνται σε συσκευές με λειτουργικό σύστημα Windows

Παρακολούθηση Υλικού (Networking Hardware) :

Αρκετές συσκευές υλικού συμμετέχουν στη δικτύωση με σκοπό την αποθήκευση, τη δρομολόγηση διακομιστών εφαρμογών και τη συνδεσιμότητα. Το υλικό δικτύωσης είναι σαν μια ραχοκοκαλιά που βοηθά στη διατήρηση ολόκληρης της υποδομής IT. Οποιαδήποτε αποτυχία υλικού οδηγεί σε σοβαρά προβλήματα δικτύου, άρα η παρακολούθηση υλικού είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία του δικτύου. Η τακτική παρακολούθηση πολλών μετρήσεων μπορεί να εξαλείψει προβλήματα δικτύου και να διατηρήσει την υγεία του υλικού, με ορισμένα παραδείγματα από αυτές τις μετρήσεις να είναι τα ακόλουθα :

- 1) Ταχύτητα Ανεμιστήρα (Fan Speed). Η παρακολούθηση της ταχύτητας του ανεμιστήρα διασφαλίζει ότι ο ανεμιστήρας λειτουργεί και εξισορροπεί την απαιτούμενη ψύξη για τη διατήρηση της θερμοκρασίας της συσκευής υλικού.
- 2) Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU). Ελέγχει την τιμή χρησιμοποίησης της CPU.
- 3) Θερμοκρασία (Temperature). Οι υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν την απόδοση μιας συσκευής.
- 4) Κατάσταση Τροφοδοσίας (Power Supply Status). Οποιαδήποτε ασυνήθιστη αύξηση της τροφοδοσίας μπορεί να οδηγήσει σε διάφορες ανεπιθύμητες περιπτώσεις, όπως δυσλειτουργία της συσκευής και διακοπή λειτουργίας δικτύου. Η παρακολούθηση βάσει ειδοποιήσεων βοηθά στην παρακολούθηση πιθανών προβλημάτων.

Παρακολούθηση Διεπαφών (Interface Monitoring) :

Η διεπαφή είναι υπεύθυνη για τη μετάδοση πακέτων δεδομένων που λειτουργεί ως σημείο εισόδου / εξόδου και ενδεχόμενη βλάβη στη διεπαφή μπορεί να προκύψει από απώλεια πακέτου δεδομένων, σφάλματα της συσκευής και όρια χρησιμοποίησης (utilization limits). Η παρακολούθηση διεπαφών βοηθά στον έλεγχο των πόρων διεπαφής που εμπλέκονται στο δίκτυο και μπορεί να γίνει με ένα αξιόπιστο εργαλείο παρακολούθησης διεπαφής που συλλέγει δεδομένα που σχετίζονται με την απόδοση του δικτύου, το εύρος ζώνης (χρήση και κατανάλωση) και σφάλματα. Το αντίστοιχο εργαλείο εμφανίζει τα τελικά αποτελέσματα σε μία οθόνη. Τέλος, η παρακολούθηση των interfaces βοηθά στην επίλυση προληπτικών ζητημάτων απόδοσης δικτύου και παρέχει λεπτομερείς αναφορές σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κυκλοφορία, το utilization και διάφορες παραμέτρους διεπαφής.

Σημαντικές βέλτιστες πρακτικές παρακολούθησης δικτύου είναι οι εξής :

Συμπεριφορά βασικού επιπέδου δικτύου (Baseline Network Behavior) :

Η κατανόηση της κανονικής συμπεριφοράς ενός δικτύου βοηθά στον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων και στην κατανόηση της βασικής συμπεριφοράς διαφόρων στοιχείων, όπως η χρήση της CPU και η θερμοκρασία ενός κεντρικού διακόπτη, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό αποκλίσεων και την αποφυγή δυσλειτουργιών. Η γνώση των ορίων (threshold values) του

δικτύου βοηθά τους διαχειριστές να ορίσουν ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις, οι οποίες βοηθούν στην αντιμετώπιση προβλημάτων και στην αποτροπή της διακοπής λειτουργίας του δικτύου.

Διαχείριση παραμέτρων συστήματος (Configuration Management) :

Οποιοσδήποτε αλλαγές στις παραμέτρους ενός συστήματος Η/Υ, είτε σημαντικές είτε δευτερεύουσες, ενδέχεται να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα στο δίκτυο ή ακόμα και σε απώλεια δεδομένων. Η διαχείριση παραμέτρων συστήματος βοηθά στη σωστή ρύθμιση των παραμέτρων των συσκευών, των δρομολογητών, των τείχους προστασίας και των διακοπών, χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργικότητα του συστήματος, και μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας (backup). Αυτό εξοικονομεί χρόνο και αποτρέπει μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές που οδηγούν σε κλοπή δεδομένων, εισβολή (hacking) και σοβαρά σφάλματα ασφαλείας. Ένα αξιόπιστο εργαλείο παρακολούθησης δικτύου με δυνατότητες διαχείρισης παραμέτρων συστήματος βοηθά τους διαχειριστές να ελέγχουν την πρόσβαση ενός χρήστη και τις αλλαγές παραμέτρων.

Μήτρα Κλιμάκωσης (Escalation Matrix) :

Η συγκεκριμένη βέλτιστη πρακτική είναι εξαιρετικά σημαντική για οργανώσεις με μεγάλες ομάδες εργασίας και πολλούς διαχειριστές για το χειρισμό διαφορετικών πτυχών του δικτύου. Βοηθά στην επίλυση προβλημάτων ειδοποιώντας την κατάλληλη ομάδα σχετικά με ζητήματα δικτύωσης. Ωστόσο, εάν αγνοηθούν οι ειδοποιήσεις και δεν ακολουθηθεί η μήτρα κλιμάκωσης, μπορεί να οδηγήσει σε τυχαία κατανομή εργασίας, με αποτέλεσμα σοβαρά προβλήματα δικτύου, όπως επιβράδυνση και αστοχίες (failures). Κατά τη δημιουργία της παρακολούθησης και της αναφοράς, οι οργανισμοί πρέπει να σχεδιάσουν τις ευθύνες των μεμονωμένων ομάδων εργασίας σύμφωνα με την εμπειρία τους, ώστε να μπορούν να ενημερώνονται για τυχόν ζητήματα. Στην περίπτωση κατά την οποία μια ομάδα εργασίας ή ένα μεμονωμένο άτομο δεν είναι διαθέσιμο ώστε να χειριστεί το ερώτημα (query), τότε αυτό μπορεί να μεταφερθεί σε άλλο επίπεδο, κάτι που μειώνει το χρόνο που απαιτείται για την ανάλυση.

Αναφορά σε Κάθε Επίπεδο (Reporting at Each Layer) :

Το δίκτυο έχει επτά επίπεδα, επίσης γνωστά ως επίπεδα διασύνδεσης ανοιχτού συστήματος (OSI - Open System Interconnection) και είναι τα κάτωθι :

- i. Επίπεδο 7 - Εφαρμογή (Application)
- ii. Επίπεδο 6 - Προσκόμιση (Presentation)
- iii. Επίπεδο 5 - Συνεδρία (Session)
- iv. Επίπεδο 4 - Μεταφορά (Transport)
- v. Επίπεδο 3 - Δίκτυο (Network)
- vi. Επίπεδο 2 - Σύνδεσμος Δεδομένων (Data Link)
- vii. Επίπεδο 1 - Φυσικό Επίπεδο (Physical)

Τα δεδομένα μεταφέρονται σε κάθε σημείο μέσω συνδέσμων, συσκευών και κόμβων όταν τα επίπεδα δικτύωσης επικοινωνούν μεταξύ τους. Διαφορετικά στοιχεία δικτύου λειτουργούν σε διαφορετικά επίπεδα, όπως διευθύνσεις IP στο επίπεδο δικτύου, καλώδια στο φυσικό επίπεδο και πρωτόκολλα μεταφοράς στο επίπεδο μεταφοράς. Όταν παρουσιαστεί μια βλάβη σε ένα δίκτυο, αυτή μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε επίπεδο ή ακόμα και σε πολλά σημεία. Τα εργαλεία παρακολούθησης δικτύου προσφέρουν πολλές τεχνολογίες για την παρακολούθηση όλων των επιπέδων δικτύου και διαφορετικών τύπων συσκευών στο δίκτυο. Μπορούν γρήγορα να εντοπίσουν και να αναφέρουν ζητήματα, όπως προβλήματα δρομολόγησης, κατανάλωση εύρους ζώνης και δυσλειτουργίες υλικού, και μπορούν να βοηθήσουν στην επίλυση των προβλημάτων.

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Χωρητικότητας (Capacity Planning and Growth) :

Όταν αυξάνεται ο αριθμός των υπαλλήλων μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, παρόμοια αύξηση παρατηρείται και για τις συσκευές δικτύου, τα συστήματα, τον αποθηκευτικό χώρο και το εύρος ζώνης WAN (Wide Area Network). Τα συστήματα παρακολούθησης και τα δίκτυα επιτρέπουν στους διαχειριστές να ελέγχουν τους πόρους, το utilization και την κατανάλωσή τους, ενώ υπάρχουν

διάφορα δωρεάν εργαλεία παρακολούθησης που μπορούν να βοηθήσουν στο σχεδιασμό χωρητικότητας. Καθώς κάθε εργαλείο παρακολούθησης έχει ένα όριο για την παρακολούθηση του αριθμού πόρων και στοιχείων με συγκεκριμένες παραμέτρους ή τρόπους εγκατάσταση, οι οργανισμοί μπορούν να στραφούν σε εργαλεία με άδεια ή βάσει συνδρομών για να καλύψουν το κενό. Αυτά τα εργαλεία παρακολούθησης με άδεια παρέχουν προηγμένες λειτουργίες με απρόσκοπτη λειτουργικότητα. Μπορούν να παρακολουθούν στοιχεία δικτύωσης, όπως αναβαθμίσεις μνήμης, χρήση CPU και εγκαταστάσεις πρόσθετων στοιχείων (add-on) με σκοπό την αύξηση της λειτουργικότητας. Αντί να πραγματοποιούνται ξεχωριστές αγορές και αναβαθμίσεις για την παρακολούθηση διαφορετικών παραμέτρων του δικτύου, συνιστάται να υπάρχει ένα σύστημα παρακολούθησης δικτύου με πολλές δυνατότητες, ώστε να πραγματοποιείται η παρακολούθηση των στοιχείων του οργανωτικού δικτύου.

Εφαρμογή Υψηλής Διαθεσιμότητας με Επιλογές Ανακατεύθυνσης (Failover) :

Τα συστήματα παρακολούθησης χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων από τις συσκευές. Εάν υπάρχει επιβράδυνση ή αποτυχία δικτύου, τα συστήματα παρακολούθησης μπορούν επίσης να πάψουν να λειτουργούν, καθιστώντας όλα τα συλλεγόμενα δεδομένα άχρηστα και απρόσιτα για ανάλυση. Η ύπαρξη στρατηγικής παρακολούθησης με υψηλή διαθεσιμότητα και επιλογές ανακατεύθυνσης μπορεί να είναι χρήσιμη για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων. Η υψηλή διαθεσιμότητα διασφαλίζει ότι ακόμη και αν το δίκτυο «πέσει», το σύστημα παρακολούθησης δεν θα έχει κανένα σημείο αποτυχίας και θα είναι προσβάσιμο καθ' όλη τη διάρκεια της βλάβης, παρέχοντας ευαίσθητα δεδομένα για ανίχνευση και επίλυση. Μια άλλη επιλογή είναι μια ανακατεύθυνση για να βοηθήσει στην αναπαραγωγή και αποθήκευση των δεδομένων που συλλέγονται από τα συστήματα παρακολούθησης, οπότε και συνιστάται η δημιουργία ενός συστήματος ανακατεύθυνσης για εύκολη ανάκτηση πληροφοριών που απαιτούνται για την αντιμετώπιση προβλημάτων όταν το πρωτεύον σύστημα δεν λειτουργεί.

4.3.3. Ανίχνευση Λαθών και Εσφαλμένης Λειτουργίας των Εξυπηρετητών

Στα πλαίσια της επικοινωνίας μεταξύ των εξυπηρετητών, το σχήμα που ορίστηκε με βάση την αρχιτεκτονική των προηγούμενων παραγράφων, βασίζεται σε ανταλλαγή και εξυπηρέτηση των μηνυμάτων – αιτήσεων που εγγράφονται στις τοπικές ουρές των εξυπηρετητών. Το συγκεκριμένο off-line σχήμα επικοινωνίας, μπορεί λόγω ιδιαίτερων συνθηκών να βιώσει καταστάσεις λανθασμένης λειτουργίας από απώλειες αιτήσεων μέσα στο χρόνο (δηλ, η αίτηση χάνεται λόγω πλήρωσης του τοπικού buffer στην φάση εγγραφής της – overflow buffer condition). Γενικότερα, οι καταστάσεις λανθασμένης λειτουργίας εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στους παρακάτω παράγοντες :

- Απώλεια μηνυμάτων (message loss) από τις τοπικές ουρές (buffer overflow conditions)
- Μη προσβάσιμος χρήστης (user unreachable) για τη διεκπεραίωση των διεργασιών

4.3.3.1. Απώλεια Μηνυμάτων - Αιτήσεων στο Σύστημα

Η απώλεια μηνυμάτων – αιτήσεων από μία τοπική ουρά εξυπηρετητή, μπορεί να προκύψει λόγω μεγάλων χρονικών καθυστερήσεων κατά την επεξεργασία από ένα εξυπηρετητή, με αποτέλεσμα να συγκεντρωθεί ένας μεγάλος όγκος αιτήσεων προς εξυπηρέτηση στην τοπική ουρά του (overflow

condition). Η προσθήκη ενός νέου μηνύματος (ή αίτησης) σε μία ήδη γεμάτη ουρά συνεπάγεται την απώλεια του μηνύματος αυτού (message drop).

Το συγκεκριμένο φαινόμενο μπορεί να αντιμετωπισθεί με χρήση των διαδικασιών παρακολούθησης (monitoring services) των υποδομών του δικτύου, οι οποίες με τη λειτουργία τους καλούνται να αναγνωρίσουν τις απαιτήσεις σε ρυθμούς επικοινωνίας των κόμβων του τοπικού δικτύου (data network throughput on nodes), καθώς και να εκτιμήσουν τους απαιτούμενους χρόνους εξυπηρέτησης σε συνδυασμό με τη ζητούμενη επεξεργαστική ισχύ για κάθε εξυπηρετητή. Κατά συνέπεια όταν στην τοπολογία διαπιστωθούν καταστάσεις υπερχείλισης σε τοπικές ουρές (buffer overflow conditions), η κύρια αντιμετώπιση του φαινομένου είναι η αύξηση του τοπικού throughput διασύνδεσης των τοπικών κόμβων (π.χ. αναβάθμιση του τοπικού δικτύου από 100 Mbps σε 1 Gbps), οπότε έτσι θα μειωθεί ο χρόνος μετάδοσης του απαιτούμενου όγκου των δεδομένων μεταξύ των εξυπηρετητών. Όταν όμως οι καταστάσεις υπερχείλισης αφορούν σε αυξημένους χρόνους παραμονής στην τοπική ουρά, λόγω ελλείψεως επεξεργαστικής ισχύος (ταχύτητας των εξυπηρετητών), τότε η προτεινόμενη λύση μέσω των διαδικασιών παρακολούθησης, απαιτεί την αναβάθμιση των επεξεργαστών (CPU) και της φυσικής μνήμης (RAM) που τα μηχανήματα των εξυπηρετητών διαθέτουν. Κατά συνέπεια οι εξυπηρετητές γίνονται ταχύτεροι μειώνοντας το χρόνο παραμονής μίας αιτήσεως στην ουρά.

Για το λόγο αυτό η παρουσία και η σωστή λειτουργία των διαδικασιών παρακολούθησης (monitoring services) του τοπικού δικτύου, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ορθή λειτουργία του δικτύου των εξυπηρετητών, διότι μπορεί να υποδείξει τις αδυναμίες (bottlenecks) για το συνολικό σύστημα. Από αρχιτεκτονικής απόψεως θα πρέπει να τονιστεί, ότι η αύξηση μεγέθους των τοπικών ουρών (ενδο-επικοινωνίας) μεταξύ των εξυπηρετητών (μεγαλύτερος buffer ο οποίος μπορεί να φιλοξενήσει περισσότερες αιτήσεις), δεν αποτελεί λύση στο παραπάνω πρόβλημα υπερχείλισης, δεδομένου ότι απλά συντελεί στη χρονική μετατόπιση του φαινομένου της απώλειας πληροφορίας (εφόσον η καθυστέρηση στην εξυπηρέτηση θα οδηγήσει και πάλι σε απώλεια αιτήσεων).

Επομένως, η αύξηση της διαμεταγωγικής ικανότητας των κόμβων (network throughput) μεταξύ του δικτύου των εξυπηρετητών, σε συνδυασμό με την αναβάθμιση της επεξεργαστικής ισχύος – φυσικής μνήμης των συστημάτων (CPU – RAM), εξαλείφουν το πρόβλημα των απωλειών δεδομένων στο τοπικό δίκτυο της εξυπηρέτησης. Οι εξυπηρετητές UMDAS, DBRS καθώς και οι εξυπηρετητές των εφαρμογών (FBBPS), αποτελούν εσωτερικά δομικά στοιχεία του τοπικού δικτύου εξυπηρέτησης και με βάση τον προηγούμενο χειρισμό μπορούν να εξαλείψουν το πρόβλημα της απώλειας μηνυμάτων – δεδομένων στην επικοινωνία μεταξύ τους. Επομένως, για τη συνέχεια της ανάλυσης της αρχιτεκτονικής θεωρούμε ότι απώλεια αιτήσεων με βάση τους παραπάνω μηχανισμούς δεν είναι δυνατόν να υπάρξει.

4.3.3.2. Μη προσπελάσιμοι Χρήστες

Ένα άλλο αίτιο για εσφαλμένη λειτουργία του συνολικού συστήματος, μπορεί να προκύψει από την οντότητα (User Mobile Terminal) του κινητού του χρήστη που διασυνδέεται στο δίκτυο των εξυπηρετητών. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική επιτρέπει την ανταλλαγή μηνυμάτων – δεδομένων μόνο μεταξύ του UMDAS και του mobile terminal του χρήστη, αποκλείοντας οποιασδήποτε άλλης μορφής απευθείας επικοινωνία και διασύνδεση του εξωτερικού χρήστη στο τοπικό δίκτυο των εξυπηρετητών. Η διασύνδεση της κινητής συσκευής του χρήστη είναι υποκειμένη σε συνθήκες εξωτερικών δικτύων (ασύρματα δίκτυα), τα οποία δεν μπορούν να διασφαλίσουν και να εγγυηθούν ότι ένας αιτούμενος χρήστης κατά την φάση επεξεργασίας παραμένει μόνιμα συνδεδεμένος και με κάλυψη δικτύου για το συνολικό χρονικό διάστημα που απαιτείται για την ολοκλήρωση των διαδικασιών επεξεργασίας. Επιπρόσθετα, η παραπάνω συνθήκη μπορεί να προκύψει από τη σκόπιμη

αποσύνδεση του χρήστη από την εφαρμογή διασύνδεσης μετά τον τερματισμό της, ακόμη και αν ο χρήστης παραμένει σε δικτυακή κάλυψη για άλλες εφαρμογές της κινητής συσκευής του.

Στις περιπτώσεις αυτές, η αρχιτεκτονική μέσω του εξυπηρετητή UMDAS, που είναι και ο μοναδικός εξυπηρετητής που έρχεται σε απευθείας επαφή με την κινητή συσκευή του εξωτερικού χρήστη, θα πρέπει να διασφαλίσει ότι μη ολοκληρωμένες διαδικασίες που αφορούν ένα χρήστη, δεν θα παρακωλύσουν τη λειτουργία των υπολοίπων χρηστών και κατά συνέπεια τη λειτουργία του συνολικού συστήματος εξυπηρέτησης. Επομένως μία αίτηση που αναφέρεται σε ένα χρήστη ο οποίος δεν είναι διαθέσιμος δικτυακά τη δεδομένη χρονική στιγμή, θα πρέπει να απομακρυνθεί από την τοπική ουρά, χωρίς όμως να χαθεί ως εκκρεμούσα εξυπηρέτηση (pending service request). Αναλυτικά τα μηνύματα που αφορούν στην επικοινωνία UMDAS και User Mobile Terminal, όπως παρουσιάστηκαν με βάση το πρωτόκολλο επικοινωνίας, είναι τα ακόλουθα :

- GET_USER_DATA. Το μήνυμα αποστέλλεται από τη συσκευή του χρήστη προς τον UMDAS για να δηλώσει ότι ο χρήστης έχει διαθέσιμα ιατρικά δεδομένα προς επεξεργασία.
- INSERT_NEW_USER. Το μήνυμα αποστέλλεται από μία συσκευή νέου χρήστη στον UMDAS για την εγγραφή του χρήστη στο σύστημα της ιατρικής βάσης δεδομένων – επεξεργασίας.
- NEW_USER_ADDED. Το μήνυμα αποστέλλεται από τον UMDAS προς τη κινητή συσκευή του χρήστη για να επικυρώσει την εγγραφή ενός νέου χρήστη στο σύστημα.
- USER_MED_STATUS. Το μήνυμα αποστέλλεται από το UMDAS προς την κινητή συσκευή του χρήστη για να τον ενημερώσει για τα νεώτερα επεξεργασμένα ιατρικά δεδομένα του.

Στις παραγράφους που ακολουθούν θα δοθούν αναλυτικές μέθοδοι αντιμετώπισης της απώλειας των συγκεκριμένων μηνυμάτων – αιτήσεων από το σύστημα του εξυπηρετητή UMDAS.

Η γενικότερη βάση για την αντιμετώπιση της έλλειψης διασύνδεσης του κινητού χρήστη (λόγω μη επάρκειας κάλυψης από πλευράς εξωτερικών δικτύων – διαθεσιμότητας – user reachability), μπορεί να αντιμετωπισθεί με την μετάθεση της αίτησης προς επεξεργασία σε ουρά διακίνησης μηνυμάτων περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS. Η ουρά αυτή εξυπηρετεί, με χρονοπρογραμματισμό (χρήση timers) και την τρέχουσα κατάσταση του χρήστη, τις μη εξυπηρετούμενες – εκκρεμείς (pending) αιτήσεις, μεταφέροντας τις από την τοπική ουρά των υπολοίπων αιτήσεων και κάνοντας χρονική απόπειρα για μελλοντική διασύνδεση με την κινητή συσκευή του χρήστη με στόχο την εξυπηρέτησή τους. Στην περίπτωση που η επικοινωνία επιτύχει με την κινητή συσκευή του χρήστη, η αίτηση θεωρείται ως εξυπηρετούμενη και απομακρύνεται από την περιοδική ουρά εξυπηρέτησης, ενώ στην περίπτωση αποτυχίας στην απόπειρα διασύνδεσης, η αίτηση παραμένει στην τρέχουσα ουρά με σκοπό να διεκπεραιωθεί στο άμεσο μέλλον που η συσκευή του χρήστη θα είναι προσπελάσιμη. Προφανώς, η ουρά περιοδικών εξυπηρετήσεων, που ο εξυπηρετητής UMDAS θα πρέπει να χειρίζεται, είναι σαφώς μεγαλύτερου μεγέθους σε σχέση με τις τυπικές κυκλικές ουρές που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό σχήμα επικοινωνίας του τοπικού δικτύου μεταξύ των εξυπηρετητών.

Για το λόγο αυτό προτείνεται η μετατροπή της σε δομή αρχείων, έτσι ώστε να μην υπόκειται σε περιορισμούς φυσικού μεγέθους (εφόσον ένας χρήστης μπορεί να αφήνει τουλάχιστον μία εκκρεμιά προς εξυπηρέτηση αίτηση στο σύστημα όταν δεν είναι προσπελάσιμος για μεγάλο χρονικό διάστημα). Τα αρχεία αυτά περιλαμβάνουν τον τύπο της αίτησης που αναφέρεται στο συγκεκριμένο UI του χρήστη (εφόσον αυτό είναι γνωστό για το χρήστη), καθώς και τα δεδομένα που απαιτούνται για το μήνυμα - αίτηση. Επομένως, η αποθήκευση των περιοδικών μη εξυπηρετούμενων αιτήσεων σε αρχεία, διαθέτει το σύνολο της πληροφορίας προς αποστολή στη συσκευή του χρήστη, χωρίς να απαιτεί περαιτέρω πρόσβαση στο κεντρικό σύστημα της ιατρικής βάσης ή στους άλλους εξυπηρετητές. Οι τυπικές μορφές των μηνυμάτων καθώς και τα πεδία πληροφορίας που περιέχουν παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.3.3.3. Απώλεια Μηνύματος GET_USER_DATA

Η απώλεια ενός μηνύματος GET_USER_DATA μπορεί να συμβεί σε δύο εκδοχές ως προς τις επαγόμενες διαδικασίες. Στην πρώτη εκδοχή, το μήνυμα λόγω απώλειας συνδεσιμότητας χρήστη με το δίκτυο δεν φθάνει ποτέ στον εξυπηρετητή UMDAS. Στην περίπτωση αυτή η κινητή συσκευή είναι υπεύθυνη να επαναλάβει την αίτηση από πλευράς της προς τον UMDAS, όταν διαθέσει δικτυακή κάλυψη διασύνδεσης.

Στην δεύτερη εκδοχή η απώλεια του μηνύματος διαπιστώνεται στη φάση όπου ο UMDAS έχει λάβει την αίτηση για μεταφορά νέων ιατρικών δεδομένων από τη συσκευή του χρήστη, και όταν ξεκινά τη διαδικασία λήψης αυτών από τη συσκευή του χρήστη, διαπιστώνει ότι ο χρήστης δεν είναι προσπελάσιμος (user unreachable). Για να αντιμετωπισθεί η κατάσταση αυτή, συνίσταται η μεταφορά της αίτησης σε ουρά περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS. Ο UMDAS θα αποπειραθεί να επαναεξυπηρετήσει τη δεδομένη αίτηση με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του, δηλαδή όταν έχει ολοκληρώσει όλες τις διεργασίες – αιτήσεις των τοπικών ουρών που διαθέτει από πλευράς εσωτερικού δικτύου.

Message Type	GET_USER_DATA
UII	11223452678
User IPv4	63.140.55.7
User IPv6	2001:0DE8:1243:AFDE:0000:0000:0000:0000
Network	3G Mobile
User Mobile IMEI	861536030196001

ΕΙΚΟΝΑ 41 : Τυπική Μορφή μηνύματος GET_USER_DATA

4.3.3.4. Απώλεια μηνύματος INSERT_NEW_USER

Η απώλεια ενός μηνύματος INSERT_NEW_USER μπορεί να συμβεί σε δύο εκδοχές ως προς τις επαγόμενες διαδικασίες. Στην πρώτη εκδοχή, το μήνυμα λόγω απώλειας συνδεσιμότητας χρήστη δεν φθάνει ποτέ στον εξυπηρετητή UMDAS. Στην περίπτωση αυτή η κινητή συσκευή του χρήστη είναι υπεύθυνη να επαναλάβει την αίτηση εγγραφής από πλευράς της προς τον UMDAS, όταν διαθέσει δικτυακή κάλυψη διασύνδεσης.

Στην δεύτερη εκδοχή, η απώλεια του μηνύματος συνίσταται στη φάση όπου ο UMDAS έχει λάβει την αίτηση για εγγραφή νέου χρήστη στο σύστημα, και όταν ξεκινά τη διαδικασία λήψης των απαιτούμενων δεδομένων εγγραφής από τη συσκευή του χρήστη, διαπιστώνει ότι ο χρήστης δεν είναι προσπελάσιμος (user unreachable). Για να αντιμετωπισθεί η κατάσταση αυτή, συνίσταται η μεταφορά της αίτησης σε ουρά περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS. Ο UMDAS θα αποπειραθεί να επαναεξυπηρετήσει τη δεδομένη αίτηση με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του, δηλαδή όταν έχει ολοκληρώσει όλες τις υπόλοιπες διεργασίες – αιτήσεις των τοπικών ουρών που διαθέτει από πλευράς εσωτερικού δικτύου.

Στην τυπική μορφή του μηνύματος, παρατηρούμε στην ακόλουθη εικόνα ότι το πεδίο του UII είναι κενό δεδομένου ότι ο νέος χρήστης αιτείται την εγγραφή του στην ιατρική βάση δεδομένων – επεξεργασίας (και κατά συνέπεια δεν διαθέτει ακόμη UII).

Message Type	INSERT_NEW_USER
UII	
User IPv4	63.140.55.7
User IPv6	2001:0DE8:1243:AFDE:0000:0000:0000:0000
Network	3G Mobile
User Mobile IMEI	861536030196001
First Name	Alexandros
Last Name	Kostopoulos
Age	32
Sex	Male
Weight (Kgr)	78
Height (cm)	189
Socail Number (AMKA)	14049202345
Vat No (ΑΦΜ)	78560222

ΕΙΚΟΝΑ 42 : Τυπική Μορφή μηνύματος INSERT_NEW_USER

4.3.3.5. Απώλεια μηνύματος NEW_USER_ADDED

Η απώλεια ενός μηνύματος NEW_USER_ADDED μπορεί να συμβεί σε μία εκδοχή ως προς τις επαγόμενες διαδικασίες. Στην εκδοχή αυτή, η απώλεια του μηνύματος συνίσταται στη φάση όπου ο UMDAS επιθυμεί να αποστείλει την επιτυχημένη απάντηση από την αίτηση εγγραφής προς τον νέο χρήστη, και όταν ξεκινά τη διαδικασία, διαπιστώνει ότι ο χρήστης δεν είναι προσπελάσιμος (user unreachable). Για να αντιμετωπισθεί η κατάσταση αυτή, συνίσταται η μεταφορά της αίτησης σε ουρά περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS. Ο UMDAS θα αποπειραθεί να επαναεξυπηρετήσει τη δεδομένη αίτηση με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του, δηλ, όταν έχει ολοκληρώσει όλες τις διεργασίες – αιτήσεις των τοπικών ουρών που διαθέτει από πλευράς εσωτερικού δικτύου.

Message Type	NEW_USER_ADDED
UII	11234526789
User IPv4	63.140.55.7
User IPv6	2001:0DE8:1243:AFDE:0000:0000:0000:0000
Network	3G Mobile
User Mobile IMEI	861536030196001
First Name	Alexandros
Last Name	Kostopoulos
Age	32
Sex	Male
Weight (Kgr)	78
Height (cm)	189
Socail Number (AMKA)	14049202345
Vat No (ΑΦΜ)	78560222

ΕΙΚΟΝΑ 43 : Τυπική Μορφή μηνύματος NEW_USER_ADDED

Από την παραπάνω εικόνα, παρατηρούμε ότι λόγω της επιτυχημένης διαδικασίας της εισαγωγής του νέου χρήστη στην ιατρική βάση δεδομένων – επεξεργασίας, έχει αποδοθεί τιμή στο πεδίο UUI.

4.3.3.6. Απώλεια μηνύματος USER_MED_STATUS

Η απώλεια ενός μηνύματος USER_MED_STATUS μπορεί να συμβεί σε μία εκδοχή ως προς τις επαγόμενες διαδικασίες. Στην εκδοχή αυτή, η απώλεια του μηνύματος συνίσταται στη φάση όπου ο UMDAS αποστέλλει τα επεξεργασμένα ιατρικά δεδομένα προς τον χρήστη, και όταν ξεκινά τη διαδικασία, διαπιστώνει ότι ο χρήστης δεν είναι προσπελάσιμος (user unreachable). Για να αντιμετωπισθεί η κατάσταση αυτή, συνίσταται η μεταφορά της αίτησης σε ουρά περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS. Ο UMDAS θα αποπειραθεί να επαναεξυπηρετήσει τη δεδομένη αίτηση με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του, δηλαδή όταν έχει ολοκληρώσει όλες τις διεργασίες – αιτήσεις των τοπικών ουρών που διαθέτει από πλευράς εσωτερικού δικτύου.

Message Type	USER_MED_STATUS					
UUI	11223452678					
User IPv4	63.140.55.7					
User IPv6	2001:0DE8:1243:AFDE:0000:0000:0000:0000					
Network	3G Mobile					
User Mobile IMEI	861536030196001					
Measure Inc No	Time Stamp (HH:MM:SS -DD/MM/YYYY)	Cardio Pulse (/min)	Systolic Pressure (mm Hg)	Diastolic Pressure (mm Hg)	Glucose Levels (mg/dL)	Blood Oxygen Levels (%)
1	12:34:01 - 15/04/2019	72	110	75	120	95
2	12:38:15 - 15/04/2019	68	115	72	142	94
3	12:44:03 - 15/04/2019	82	120	76	168	96
4	12:52:17 - 15/04/2019	85	122	80	188	92
5	13:04:11 - 15/04/2019	74	112	79	210	94
6	13:14:21 - 15/04/2019	102	122	78	198	95
7	13:21:35 - 15/04/2019	110	120	75	185	91
8	13:32:03 - 15/04/2019	97	110	72	175	90
9	13:42:17 - 15/04/2019	82	112	70	155	89
10	13:54:11 - 15/04/2019	71	110	68	152	92
	Average	84.3	115.3	74.5	169.3	92.8
	Min Range	68	110	68	120	89
	Max Range	110	122	80	210	96
	Min Deviation (%)	-19.34	-4.60	-8.72	-29.12	-4.09
	Max Deviation (%)	30.49	5.81	7.38	24.04	3.45
	Notification	Medical Status Normal				

ΕΙΚΟΝΑ 44 : Τυπική Μορφή μηνύματος USER_MED_STATUS

Από τη μορφή του μηνύματος παρατηρούμε τα αρχικά δεδομένα που έχει αποστείλει η συσκευή του χρήστη σε προηγούμενη φάση καθώς και τα παραγόμενα επεξεργασμένα δεδομένα μαζί με το μήνυμα ειδοποίησης (notification) για την κατάσταση της υγείας με βάση τις τρέχουσες μετρήσεις.

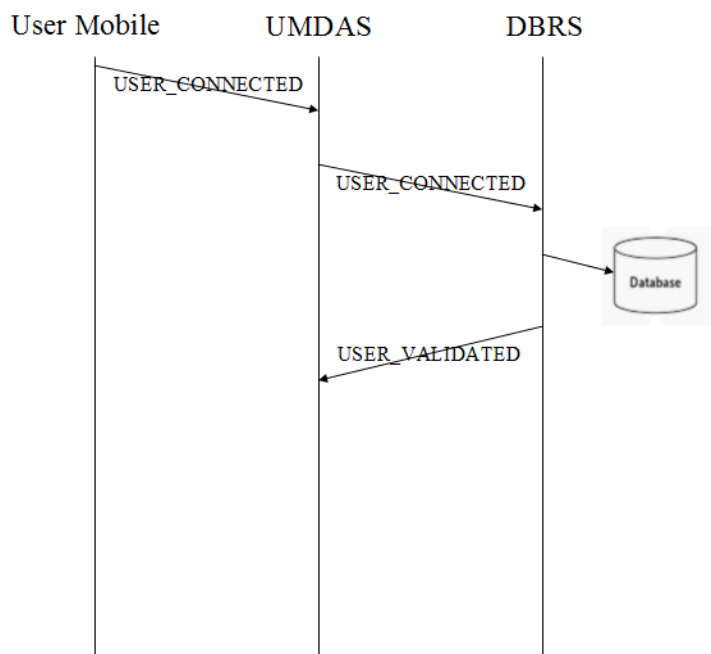
Συνολικά λοιπόν, μελετώντας όλες τις εκδοχές απώλειας μηνυμάτων μεταξύ του UMDAS και του User Mobile Terminal, αξίζει να παρατηρηθεί ότι στην περίπτωση όπου μία αίτηση δεν έχει αφιχθεί στον UMDAS, υπεύθυνη για την επανάληψη της είναι η κινητή συσκευή (user mobile terminal), ενώ στην αντίθετη περίπτωση όπου ο χρήστης είναι μη προσβάσιμος, ο UMDAS χρησιμοποιεί την τεχνική μεταφοράς των αιτήσεων σε περιοδική ουρά εξυπηρέτησεων.

4.3.3.7. Η ουρά διακίνησης μηνυμάτων περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS

Η ουρά διακίνησης μηνυμάτων περιοδικής εξυπηρέτησης διαμορφώνεται με την μορφή αρχείων εκκρεμών διαδικασιών εξυπηρέτησης από τον εξυπηρετητή UMDAS, όπως περιγράφηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Ο στόχος της είναι να αποσυμφορίσει το σύστημα από την ανάγκη αποστολής αιτήσεων σε χρήστες οι οποίοι δεν είναι ενεργοί κατά τη χρονική στιγμή που ο UMDAS αποπειράται να αποστείλει τα δεδομένα μηνύματα – αιτήσεις.

Η εξυπηρέτηση αυτής της ουράς παρουσιάζει το ακόλουθο ειδικό χαρακτηριστικό. Για τον εξυπηρετητή UMDAS δεν έχει νόημα, καθώς αποτελεί σπατάλη δικτυακών και επεξεργαστικών πόρων, να προσπαθεί να αποστείλει την αίτηση που εκκρεμεί για έναν χρήστη της ουράς, εφόσον δεν γνωρίζει αν ο χρήστης είναι ενεργός και προσβάσιμος (user reachable). Κατά συνέπεια ο UMDAS θα πρέπει να αποπειραθεί να διεκπεραιώσει την εκκρεμούσα αίτηση, εφόσον γνωρίζει ότι ο χρήστης είναι ενεργός κατά την τρέχουσα χρονική στιγμή και επίσης γνωρίζει σε ποιό δίκτυο είναι διασυνδεδεμένος. Για να προκύψει η ζητούμενη πληροφορία, κάθε χρήστης ο οποίος ενεργοποιεί την εφαρμογή του και είναι συνδεδεμένος σε ένα δίκτυο, αρχικά αποστέλλει στον UMDAS ένα μήνυμα `USER_CONNECTED`, το οποίο έχει μορφή παρόμοια με το μήνυμα `NEW_USER_ADDED`, απλά το πεδίο `UII` δεν είναι υποχρεωτικό, δεδομένου ότι ο χρήστης μπορεί να είχε ή να μην είχε προλάβει να ολοκληρώσει τη διαδικασία εγγραφής του (registration) στη βάση ιατρικών δεδομένων – επεξεργασίας. Στην περίπτωση που το πεδίο `UII` αναφέρεται, τότε ο χρήστης είναι εγγεγραμμένος στην υπηρεσία.

Με τη λήψη του μηνύματος, ο εξυπηρετητής UMDAS θα πρέπει να προσπελάσει μέσω του εξυπηρετητή DBRS την κεντρική βάση δεδομένων και να ελέγξει το μήνυμα του `USER_CONNECTED` για την ορθότητα των πεδίων, και στην περίπτωση που το πεδίο `UII` στο μήνυμα δεν είναι διαθέσιμο, να λάβει την απαιτούμενη πληροφορία.



ΕΙΚΟΝΑ 45 : Διαδικασία ανταλλαγής μηνυμάτων για υλοποίηση της διεργασίας `USER_CONNECTED`

Το σημαντικό τμήμα πληροφορίας που αναφέρεται στο μήνυμα `USER_CONNECTED` αφορά στην πληροφορία δικτύου και IP διεύθυνσεως Του χρήστη. Μετά τη λήψη του μηνύματος, το σύστημα επεξεργασίας γνωρίζει σε ποιο δίκτυο μπορεί να προσπελάσει τον συνδεδεμένο χρήστη. Η επιστροφή του μηνύματος `USER_VALIDATED` από την πλευρά του DBRS συνεπάγεται τον ορθό

εντοπισμό και τον έλεγχο των πεδίων πληροφορίας του χρήστη. Μετά από τη λήψη του μηνύματος ο εξυπηρετητής UMDAS μπορεί να προχωρήσει στις υπόλοιπες διεργασίες που αφορούν στον χρήστη. Μετά την λήψη του μηνύματος USER_VALIDATED, ο εξυπηρετητής UMDAS διατρέπει τις καταχωρήσεις της ουράς διακίνησης μηνυμάτων περιοδικής εξυπηρέτησης (searching), για να διαπιστώσει εάν για το δεδομένο χρήστη υπάρχει αποστολή αιτήσεων η οποία εκκρεμεί. Στην περίπτωση που προκύπτει κάτι τέτοιο, ο εξυπηρετητής UMDAS διεκπεραιώνει με την αποστολή των εκκρεμών αιτήσεων. Εφόσον για τον τρέχοντα χρήστη δεν εκκρεμούν αιτήσεις προς εξυπηρέτηση, ο εξυπηρετητής UMDAS συνεχίζει τις εξυπηρετήσεις με βάση τον χρονοπρογραμματισμό του.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι :

- ❖ Η ουρά διακίνησης μηνυμάτων περιοδικής εξυπηρέτησης του UMDAS ενεργοποιείται μόνο με την άφιξη μηνυμάτων USER_CONNECTED χωρίς να γίνεται ενεργοποίηση της μόνο με αυστηρό χρονοπρογραμματισμό.
- ❖ Η διαδικασία λήψης ενός μηνύματος USER_CONNECTED μεταφέρει την πληροφορία του ενεργού χρήστη μέχρι την κεντρική βάση δεδομένων, η οποία καταχωρεί όλα τα απαιτούμενα στοιχεία για την προσπέλαση του χρήστη με βάση την τρέχουσα ενεργό κατάσταση του (π.χ. User IP, Network, κλπ). Τα στοιχεία αυτά θα είναι γνωστά και διαθέσιμα σε όλες τις φάσεις αποστολής αιτήσεων εντός του συστήματος και για όλο το χρονικό διάστημα που ο συνδεδεμένος χρήστης παραμένει ενεργός, και προς τον εξυπηρετητή UMDAS.
- ❖ Η πληροφορία διασύνδεσης δικτύου του χρήστη θα αλλάξει καθώς ο χρήστης απενεργοποιεί τη συσκευή του και την ενεργοποιεί ξανά στο μέλλον, χωρίς να είναι σταθερή.

4.3.3.8. Ανίχνευση Εσφαλμένης Λειτουργίας ενός ή περισσότερων εξυπηρετητών

Στην περίπτωση αυτή, οι διαδικασίες δικτυακής παρακολούθησης (monitoring services) έχουν διαπιστώσει ότι μέρος ή το σύνολο των εξυπηρετητών του τοπικού δικτύου δεν είναι διαθέσιμο προς λειτουργία (servers unavailable). Για να αποφευχθεί οποιαδήποτε εσφαλμένη μερική λειτουργία του δικτύου, σε μία τέτοια συνθήκη, το σχήμα συνολικά διακόπτει την παροχή υπηρεσιών προς τους εξωτερικούς χρήστες. Η διακοπή αυτή μπορεί να συνοδεύεται από ένα μήνυμα για μη διαθεσιμότητα εξυπηρέτησης συνολικά από το δίκτυο προς τους εξωτερικούς ενεργούς χρήστες (Service Unavailable). Η κατάσταση αυτή μπορεί να προκύψει από βλάβες στα τοπικά μηχανήματα των εξυπηρετητών, από περιοδικές ανάγκες συντήρησης (maintenance) καθώς και προβλήματα διασύνδεσης μεταξύ τους στο τοπικό δίκτυο, αν και η τελευταία περίπτωση είναι πιο σπάνια σε σχέση με τις προηγούμενες.

4.4. Επεξεργασία (Processing) και Μετα-επεξεργασία Δεδομένων

Όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω, Οι εξυπηρετητές FBBPS αποτελούν τις τοπικές μονάδες που επεξεργάζονται τα ιατρικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί και φτάνει σε αυτές μέσω των αιτήσεων PROC_REQ_DATA από τον DBRS. Τα ιατρικά δεδομένα έχουν συλλεχθεί και καταγραφεί από τις μετρητικές συσκευές που είναι διαθέσιμες σε κάθε χρήστη (medical devices for real time measurements). Όπως αναφέρθηκε και κατά την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής, θεωρούμε ότι όλες οι ιατρικές πληροφορίες από τα καταγραφικά – μετρητικά συστήματα ενός χρήστη, συγκεντρώνονται σε αρχεία με συγκεκριμένη δομή και αποστέλλονται μέσω του συγκεντρωτή επικοινωνίας του

χρήστη, που είναι η κινητή συσκευή του (User Mobile Terminal).). Κάθε εξυπηρετητής FBBPS, επεξεργάζεται μέρος των ιατρικών δεδομένων του λαμβανόμενου αρχείου που σχετίζονται των λειτουργιών ενδιαφέροντος του. Με βάση τις καταγραφικές συσκευές που διατίθενται αυτή τη στιγμή (2020) στο εμπόριο, η καταγραφή ιατρικών δεδομένων, θεωρούμε ότι αφορά στα παρακάτω ιατρικά στοιχεία :

- Αριθμός Καρδιακών Παλμών ανά Λεπτό
- Στιγμιαία Τιμή Συστολικής/Διαστολικής Πίεσης
- Επίπεδο Σακχάρου Αίματος
- Επίπεδα Οξυγόνωσης Αίματος

Οι παραπάνω μετρήσεις είναι ευρύτατα διαδεδομένες στο σύγχρονο φορητό ιατρικό εξοπλισμό, σε μορφή συσκευών χρήστη (Palms, bracelets, κλπ), και επομένως θεωρούμε ότι είναι διαθέσιμες για παραγωγή και επεξεργασία δεδομένων από τους εξυπηρετητές FBBPS. Η δομή των αρχείων που έρχονται ως δεδομένα προς επεξεργασία στους εξυπηρετητές FBBPS, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :

	UII	1223455544				
Measure Inc No	Time Stamp (HH:MM:SS - DD/MM/YYYY)	Cardio Pulse (/min)	Systolic Pressure (mm Hg)	Diastolic Pressure (mm Hg)	Glucose Levels (mg/dL)	Blood Oxygen Levels (%)
1	12:34:01 - 15/04/2019	72	110	75	120	95
2	12:38:15 - 15/04/2019	68	115	72	142	94
3	12:44:03 - 15/04/2019	82	120	76	168	96
4	12:52:17 - 15/04/2019	85	122	80	188	92
5	13:04:11 - 15/04/2019	74	112	79	210	94
6	13:14:21 - 15/04/2019	102	122	78	198	95
7	13:21:35 - 15/04/2019	110	120	75	185	91
8	13:32:03 - 15/04/2019	97	110	72	175	90
9	13:42:17 - 15/04/2019	82	112	70	155	89
10	13:54:11 - 15/04/2019	71	110	68	152	92

ΕΙΚΟΝΑ 46 : Τυπική Μορφή αρχείου καταγραφής ιατρικών μετρήσεων χρήστη

Από τη μορφή του αρχείου οργάνωσης των μετρήσεων, παρατηρούμε ότι αυτό αποτελείται από το μοναδικά οριζόμενο κωδικό UII του χρήστη (με βάση τη διαδικασία εγγραφής στην ιατρική βάση δεδομένων του συστήματος). Το αρχείο περιλαμβάνει το σύνολο ή μέρος από τις προαναφερόμενες μετρήσεις που ορίστηκαν παραπάνω (ανάλογα με τις διαθέσιμες συσκευές από πλευράς χρήστη), συσχετισμένες με τις χρονικές στιγμές λήψεως από το τοπικό βιομετρικό σύστημα. Η χρήση της τοπικής χρονικής υπογραφής (Real Time Stamp) βασίζεται στην ικανότητα λήψεως παγκόσμιας ώρας με διασύνδεση των συσκευών στο διαδίκτυο. Οι χρονικές στιγμές λήψεως καταχωρούν με μοναδικό τρόπο στο χρόνο τις παραγόμενες μετρήσεις, δίνοντας τη δυνατότητα τόσο για την χρονική επεξεργασία όσο και για την κατάταξη τους (sorting) από το σύστημα της βάσεως ιατρικών δεδομένων. Ένα τέτοιο αρχείο θεωρούμε ότι έχει ληφθεί μετά την εκτέλεση της αίτησης PROC_REQ_DATA και είναι διαθέσιμο σε ένα εξυπηρετητή FBBPS από τον DBRS.

Για να κρατήσουμε όσο πιο απλό γίνεται το σχήμα επεξεργασίας των δεδομένων, θεωρούμε ότι κάθε FBBPS λειτουργεί ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους εξυπηρετητές FBBPS και επεξεργάζεται μέρος των ιατρικών μετρήσεων από την παραγόμενη καταγραφή που σχετίζονται με την ιατρική δραστηριότητα του. Με βάση τις παρεχόμενες μετρήσεις σε ένα τέτοιο αρχείο διακρίνουμε κατ' ελάχιστο τα ακόλουθα FBBPS :

- a) Cardio FBBPS. Επεξεργάζεται τα ιατρικά δεδομένα που σχετίζονται με τους καρδιακούς παλμούς και την αρτηριακή πίεση (συστολική - διαστολική).
- b) Glucose FBBPS. Επεξεργάζεται τα ιατρικά δεδομένα που σχετίζονται με τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα.
- c) Oxygen FBBPS. Επεξεργάζεται τα ιατρικά δεδομένα που σχετίζονται με τα επίπεδα οξυγόνωσης του αίματος.

Θα πρέπει να τονισθεί ότι η υλοποίηση κάθε FBBPS βασίζεται στην υλοποίηση αλγορίθμων, σε κατάλληλη γλώσσα προγραμματισμού, η οποία ευνοεί την γρήγορη ανάπτυξη αλγορίθμων για την επεξεργασία των μετρήσεων. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η λειτουργικότητα και η επεξεργαστική ικανότητα των FBBPS δεν περιορίζεται στην σποραδική επεξεργασία μετρήσεων, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες μορφές επεξεργασίας (π.χ. video – εικόνας), εφόσον η παρουσία βιομετρικών συσκευών επιτρέψει ανάλογες μορφές καταγραφής ιατρικών δεδομένων για ανάλυση (π.χ. καρδιογραφήματα, λήψη video υπερήχων, κλπ). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη επιπλέον αλγορίθμων επεξεργασίας στην τρέχουσα λειτουργικότητα κάθε FBBPS.

4.4.1. Περιγραφή Λειτουργιών του Cardio-FBBPS

Ο εξυπηρετητής Cardio-FBBPS βασίζει τη λειτουργικότητα του στην επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν στους παλμούς καρδιακής λειτουργίας, και συστολικής – διαστολικής πίεσης (μέσω μετρήσεων από συσκευή πιεσόμετρου και καρδιακού παλμογράφου). Με βάση την καταγραφή των μετρήσεων, ο Cardio-FBBPS παρέχει επεξεργασία στα ακόλουθα επίπεδα :

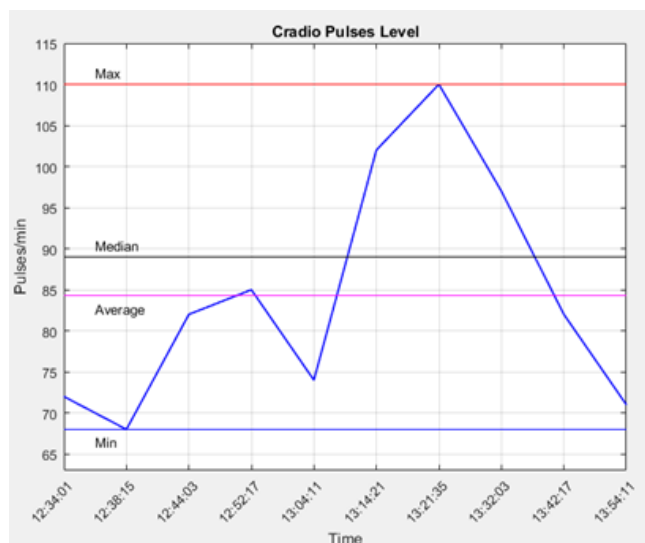
- ✓ Στιγμιαία Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Μέση Χρονική Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Διακυμάνσεις Ανάλυσης Μετρήσεων

Κατά τη στιγμιαία ανάλυση, ο Cardio-FBBPS ελέγχει τα παρεχόμενα επίπεδα των ιατρικών μετρήσεων εξετάζοντας κατά πόσον βρίσκονται σε περιοχές εντός – εκτός φυσιολογικών ορίων. Κατά τη Μέση Χρονική ανάλυση, ο Cardio-FBBPS εκτιμά ένα χρονικό μέσο όρο του επιπέδου των αντίστοιχων μετρήσεων (στο χρονικό παράθυρο περιόδων ώρας – ημέρας), συγκρίνοντας επίσης τους παραγόμενους μέσους όρους με τα επίπεδα φυσιολογικών λειτουργιών ή/και προηγούμενων καταγραφών. Κατά τη φάση της ανάλυσης διακυμάνσεων, ο αλγόριθμος επεξεργασίας του Cardio-FBBPS ελέγχει τα επίπεδα μεταβολών των καταγεγραμμένων μετρήσεων μέσα στο χρόνο, εντοπίζοντας μεταβολές (εξάρσεις – μειώσεις) κατά τη μετάβαση σε κάθε χρονική στιγμή της μέτρησης, σε σχέση με τη μέση τιμή του μεγέθους. Τα επεξεργασμένα αποτελέσματα από τον αλγόριθμο εκτίμησης καρδιακής λειτουργίας του FBBPS, επιστρέφουν προς την ιατρική βάση δεδομένων μέσω αιτήσεως PROC_DATA_COMPLETE προς τον εξυπηρετητή DBRS. Ο Cardio-FBBPS ενημερώνει το χρήστη μέσω του εξυπηρετητή UMDAS, με αίτηση USER_MED_STATUS αιτήσεως για τα επίπεδα εκτίμησης του. Στο μήνυμα αποστολής προς ενημέρωση του χρήστη διακρίνουμε 2 επίπεδα ενημέρωσης :

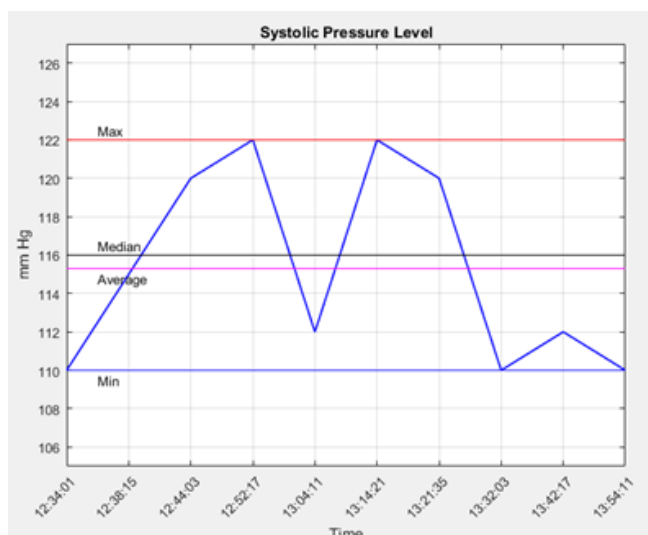
- 1) Notification. Κατά την αποστολή ενός Notification ο χρήστης ενημερώνεται από την ανάλυση των ιατρικών του δεδομένων, κατά πόσον αυτά βρίσκονται εντός φυσιολογικών ή ελαφρά εκτός του φυσιολογικού ορίων.
- 2) Alert. Κατά την αποστολή ενός μηνύματος Alert ο χρήστης ενημερώνεται για ακραίες μεταβολές των ιατρικών του δεδομένων, οι οποίες χρειάζονται προσοχή ή/και ενδεχόμενη άμεση ιατρική φροντίδα/παρακολούθηση.

Επιπρόσθετα ο εξυπηρετητής Cardio-FBBPS απεικονίζει τις σχετιζόμενες μετρήσεις σε διαγράμματα ως προς τις χρονικές στιγμές λήψης. Στο διάγραμμα απεικονίζονται εκτός από τις στιγμιαίες τιμές και τα ακραία επίπεδα (min – max), και η μέση εκτίμηση (average – median) των μετρήσεων. Η ανάλυση των ιατρικών δεδομένων από το Cardio-FBBPS λαμβάνει υπόψη τον ηλικιακό παράγοντα, τις καθημερινές συνήθειες καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και ιατρικά δεδομένα του ατόμου. Τα συγκεκριμένα επίπεδα καρδιακών παλμών κυμαίνονται σε ήπιες περιοχές και κατά συνέπεια προκαλούν την αποστολή ενός μηνύματος notification, για την ενημέρωση του τερματικού του χρήστη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ανάλογα γραφικά διαγράμματα των επιπέδων της συστολικής και διαστολικής (αρτηριακής) πίεσης, σύμφωνα με τις παρεχόμενες μετρήσεις από το

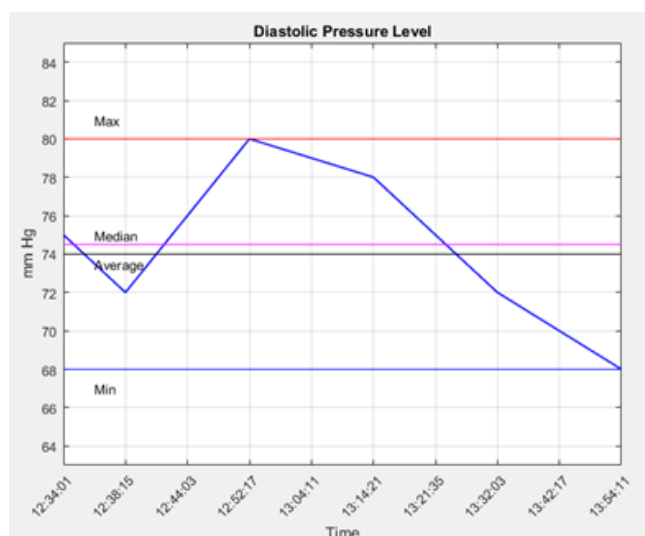
τερματικό του χρήστη, καθώς και ένα τυπικό διάγραμμα ανάλυσης για τους καρδιακούς παλμούς, σύμφωνα με όσα περιγράφηκαν παραπάνω :



ΕΙΚΟΝΑ 47 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων καρδιακών παλμών από το αρχείο του χρήστη



ΕΙΚΟΝΑ 48 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων συστολικής πίεσης από το αρχείο του χρήστη



ΕΙΚΟΝΑ 49 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων διαστολικής πίεσης από το αρχείο του χρήστη

Από την επεξεργασία των επιπέδων της αρτηριακής πίεσης σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα ιατρικά χαρακτηριστικά του ατόμου, μπορεί να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για την εκτίμηση της κατάστασης της υγείας του. Τα επίπεδα αρτηριακής πίεσης με βάση την παρουσιαζόμενη καταγραφή κυμαίνονται σε φυσιολογικά πλαίσια, δικαιολογώντας έτσι την αποστολή ενός μηνύματος notification για την ενημέρωση του τερματικού του χρήστη.

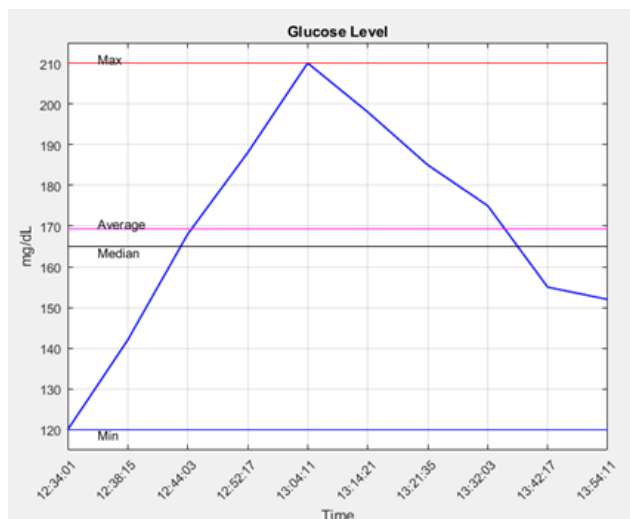
4.4.2. Περιγραφή Λειτουργιών του Glucose-FBBPS

Ο εξυπηρετητής Glucose-FBBPS βασίζει τη λειτουργικότητα του στην επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν στα επίπεδα σακχάρου στο αίμα του χρήστη (μέσω μετρήσεων από συσκευή σακχαρόμετρου). Με βάση την καταγραφή των μετρήσεων, ο Glucose-FBBPS παρέχει επεξεργασία στα ακόλουθα επίπεδα :

- ✓ Στιγμιαία Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Μέση Χρονική Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Διακυμάνσεις Ανάλυσης Μετρήσεων

Οι ερμηνείες των παρεχόμενων αναλύσεων είναι ανάλογες του Cardio-FBBPS. Τα επεξεργασμένα αποτελέσματα από τον αλγόριθμο εκτίμησης επιπέδου σακχάρου του FBBPS επιστρέφουν προς την ιατρική βάση δεδομένων μέσω αιτήσεως PROC_DATA_COMPLETE προς τον εξυπηρετητή DBRS. Ο Glucose-FBBPS ενημερώνει το χρήστη μέσω του εξυπηρετητή UMDAS, με αίτηση USER_MED_STATUS για τα επίπεδα εκτίμησης του. Στο μήνυμα αποστολής προς ενημέρωση του χρήστη διακρίνουμε 2 επίπεδα ενημέρωσης (Notification/Alert) με ανάλογη ερμηνεία όπως και στον Cardio-FBBPS.

Επιπρόσθετα, ο εξυπηρετητής Glucose-FBBPS απεικονίζει τις σχετιζόμενες μετρήσεις σε διαγράμματα ως προς τις χρονικές στιγμές λήψης. Στο διάγραμμα απεικονίζονται εκτός από τις στιγμιαίες τιμές και τα ακραία επίπεδα (min – max), καθώς και η μέση εκτίμηση (average – median) αυτών. Ένα τέτοιο τυπικό διάγραμμα ανάλυσης σε γραφική μορφή, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :



ΕΙΚΟΝΑ 50 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων επιπέδου σακχάρου από το αρχείο του χρήστη

Για τη γενικότερη εκτίμηση του επιπέδου του σακχάρου, θα πρέπει να αξιολογηθούν εκτός από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου και οι συνήθειες – δραστηριότητα του ατόμου. Η γενικότερη εκτίμηση και ο χαρακτηρισμός της κατάστασης της υγείας του ατόμου, αποτελεί ένα ιδιαίτερο θέμα το οποίο θα αποτελέσει και τη βάση ανάλυσης – αξιολόγησης των μετρήσεων από το Meta-FBBPS.

Αμελώντας τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ιατρικού προφίλ του ατόμου, τα επίπεδα μετρήσεων παρουσιάζονται εντός των φυσιολογικών ορίων, με αποτέλεσμα η επεξεργασία τους να αποστέλλει ένα μήνυμα notification για την ενημέρωση του τερματικού του χρήστη.

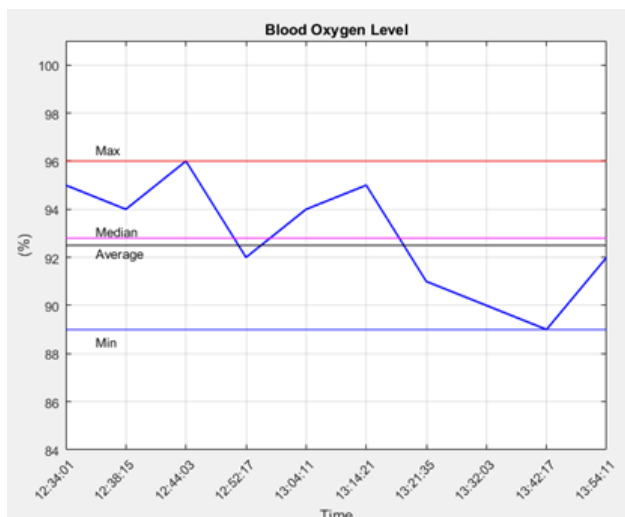
4.4.3. Περιγραφή Λειτουργικών του Oxygen-FBBPS

Ο εξυπηρετητής Oxygen-FBBPS βασίζει τη λειτουργικότητα του στην επεξεργασία των μετρήσεων που αφορούν στα επίπεδα οξυγόνωσης στο αίμα του χρήστη (μέσω μετρήσεων από συσκευή οξύμετρου). Με βάση την καταγραφή των μετρήσεων, ο Oxygen-FBBPS παρέχει επεξεργασία στα ακόλουθα επίπεδα :

- ✓ Στιγμαία Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Μέση Χρονική Ανάλυση Μετρήσεων
- ✓ Διακυμάνσεις Ανάλυσης Μετρήσεων

Οι ερμηνείες των παρεχόμενων αναλύσεων είναι ανάλογες των παραπάνω FBBPS. Τα επεξεργασμένα αποτελέσματα από τον αλγόριθμο εκτίμησης επιπέδου οξυγόνωσης του FBBPS, επιστρέφουν προς την ιατρική βάση δεδομένων μέσω αιτήσεως PROC_DATA_COMPLETE προς τον εξυπηρετητή DBRS. Ο Oxygen-FBBPS ενημερώνει το χρήστη μέσω του εξυπηρετητή UMDAS με αίτηση USER_MED_STATUS για τα επίπεδα εκτίμησης του. Στο μήνυμα αποστολής προς ενημέρωση του χρήστη διακρίνουμε 2 επίπεδα ενημέρωσης (Notification/Alert) με ανάλογη ερμηνεία όπως και στα Cardio-FBBPS και Glucose-FBBPS.

Επιπρόσθετα, ο εξυπηρετητής Oxygen-FBBPS απεικονίζει τις σχετιζόμενες μετρήσεις σε διαγράμματα ως προς τις χρονικές στιγμές λήψης. Στο διάγραμμα απεικονίζονται εκτός από τις στιγμιαίες τιμές και τα ακραία επίπεδα (min – max), καθώς και η μέση εκτίμηση (average – median) αυτών. Ένα τέτοιο τυπικό διάγραμμα ανάλυσης σε γραφική μορφή, παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :



ΕΙΚΟΝΑ 51 : Γραφική απεικόνιση των μετρήσεων επιπέδου οξυγόνου από το αρχείο του χρήστη

Τα επίπεδα οξυγόνωσης είναι σχετικά υψηλά (>90%) και κατά συνέπεια, χωρίς να ληφθούν άλλα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου από το ιατρικό του προφίλ, η επεξεργασία χρειάζεται να αποστέλλει ένα μήνυμα notification για την ενημέρωση του τερματικού του χρήστη.

4.4.4. Περιγραφή Λειτουργιών του Meta-FBBPS

Θέλοντας να επεκτείνουμε τη γενική ικανότητα ιατρικής εκτίμησης με βάση το σύνολο της επεξεργασίας των μετρήσεων που διατίθεται από τους εξυπηρετητές FBBPS, προτείνεται η χρήση ενός Meta-FBBPS εξυπηρετητή. Η σύνδεση του στο δικτυακό σχήμα δεν διαφέρει από το μοντέλο διασύνδεσης που έχουν όλοι οι εξυπηρετητές του συστήματος. Ο ρόλος του Meta-FBBPS θα είναι να επεκτείνει (μετα-επεξεργαστικά) τα παρεχόμενα συμπεράσματα που απορρέουν από τις αναλύσεις των επιμέρους εξυπηρετητών FBBPS. Ο Meta-FBBPS αποκτά πρόσβαση στα επεξεργασμένα ιατρικά δεδομένα μέσω του DRBS και μπορεί να αναλύσει επιπλέον συνολικά τις παραγόμενες εκτιμήσεις. Η συνολική εικόνα που αποκτάται με την εκτίμηση των 3 εξυπηρετητών FBBPS που αναφέρονται στη λειτουργία της καρδιάς, σακχάρου – επίπεδου οξυγόνωσης του αίματος, δίνουν μία πιο γενική βάση εκτίμησης του επιπέδου υγείας του χρήστη.

Ο Meta-FBBPS μπορεί να αποστείλει κατά ανάλογο τρόπο τη συνολική εκτίμηση προς την βάση ιατρικών δεδομένων και τον χρήστη με τις κατάλληλες αιτήσεις σε εξατομικευμένο επίπεδο. Η εκτίμηση της γενικότερης ιατρικής κατάστασης ενός ατόμου εισέρχεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ιατρικού προφίλ για κάθε άτομο ξεχωριστά. Η εκτίμηση της γενικότερης εικόνας απαιτεί την αξιολόγηση της πληροφορίας που αναφέρεται στο ιστορικό καταγραφής ενός χρήστη. Το ιστορικό περιλαμβάνει πληροφοριακά στοιχεία όπως η ηλικία του ατόμου, το φύλο, βιομετρικές εκτιμήσεις βάρους – ύψους και σωματικών χαρακτηριστικών, αλλά και συνήθειες (καθημερινότητας) του ατόμου. Στο ιατρικό ιστορικό, όπως έχει περιγραφεί και σε προηγούμενες ενότητες, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, και η καταγραφή και αξιολόγηση άλλων ιατρικών εξετάσεων – διαγνώσεων καθώς και ιατρικών επεμβάσεων του ατόμου στην πορεία της ζωής του. Κατά συνέπεια, η λειτουργία του Meta-FBBPS θα πρέπει να λάβει ως παράγοντα ανάλυσης την πληροφορία του ιστορικού κάθε ατόμου και να την αναλύσει – αξιολογήσει σύμφωνα με τα παρεχόμενα ιατρικά πρότυπα. Τα ιατρικά πρότυπα εκτίμησης της κατάστασης της υγείας υπόκεινται και αυτά σε διαφορετικές επιδράσεις και κατευθύνσεις ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές και τις κατευθύνσεις των ιατρικών αναλύσεων ανά χώρα – κράτος και περιοχή. Επομένως η προσπάθεια αξιολόγησης και εκτίμησης των ιατρικών δεδομένων του χρήστη φέρνει στην επιφάνεια το θέμα επιλογής των ιατρικών προτύπων για την ανάλυση τους. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα πιο διαδομένα ιατρικά πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τέτοιου επιπέδου αναλύσεις.

4.4.4.1. Ιατρικά Πρότυπα Ανάλυσης Δεδομένων

Στόχος των προτύπων ιατρικής ανάλυσης είναι η δημιουργία Δημογραφικών Συστημάτων Παρακολούθησης (Demographic Surveillance Systems – DSS), τα οποία συνιστούν πλατφόρμες παρακολούθησης των δυναμικών ιατρικών χαρακτηριστικών ενός πληθυσμού. Τα πρότυπα προτείνουν μεθοδολογίες (όπως οι WHO STEPS [163]), για τη μελέτη των επαγόμενων ιατρικών καταστάσεων με βάση τις συνήθειες, την ιατρική παρακολούθηση και το ιστορικό. Τα πρότυπα αυτά αναφέρονται στην ανάπτυξη μη μεταδιδόμενων ασθενειών (Non-communicable Diseases – NCDs) καθώς και στην ανίχνευση και το χαρακτηρισμό των συνθηκών που επιδρούν για την ανάπτυξη και εμφάνιση τους (risk factors). Τα πρότυπα αρχικά επικεντρώνονται σε καθημερινές συνήθειες ζωής (self-reported lifestyle risk factors) οι οποίες συνήθως προέρχονται από περιγραφές που δίνονται από το ίδιο το άτομο. Αυτό συνιστά το πρώτο βήμα των μεθόδων ανάλυσης.

Στη συνέχεια υπεισέρχονται οι ιατρικές μετρήσεις οι οποίες αφορούν στη χρήση ατομικών ιατρικών συσκευών καταγραφής (αίματος, πίεσης, σακχάρου, επιπέδου οξυγόνωσης, κλπ), δίνοντας

ιατρική πληροφορία σε μορφή ποσοστών. Αυτή η ενέργεια αποτελεί το δεύτερο βήμα των μεθόδων. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης θα παράγει πλαίσια εκτίμησης ανάπτυξης των μη μεταδιδόμενων ασθενειών, αποκαλύπτοντας την κατανομή των παραγόντων επίδρασης και τη δυναμική τους τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και στο σύνολο του πληθυσμού. Η προσέγγιση WHO STEPS με τις δυνατότητες προσθηκών για την ανάλυση είναι επιτεύξιμη και προσαρμόσιμη στα συστήματα DSS. Τα συστήματα αυτά καθώς και η παρακολούθηση των επιπέδων των κινδύνων για την εμφάνιση μη μεταδιδόμενων ασθενειών, μπορούν δυναμικά να υποστηρίξουν μελλοντικές έρευνες και για την αναζήτηση απαντήσεων σε ιατρικά ερωτήματα. Κατά συνέπεια, η έρευνα και οι μελέτες πάνω σε αυτόν τον τομέα έχουν καταδείξει ότι τα συστήματα DSS σε συνδυασμό με την προσέγγιση WHO STEPS μπορούν δυναμικά να μελετήσουν την εμφάνιση των μη μεταδιδόμενων νοσημάτων ως βασικά εργαλεία για την αποτροπή της εμφάνισης τους στο γενικότερο πληθυσμό.

4.4.4.2. Το Meta-FBBPS υπό το πρίσμα του DSS

Με βάση τα χαρακτηριστικά ενός DSS συστήματος, οι λειτουργίες του Meta-FBBPs εξυπηρετητή βασίζονται στην υποστήριξη των παρακάτω λειτουργιών :

1. Συλλογή ατομικού ιστορικού, δηλαδή ηλικία, φύλο, σωματομετρικά και βιομετρικά χαρακτηριστικά (βάρος, ύψος, δείκτης μάζας σώματος, περιφέρεια μέσης κ.α.) και καθημερινές συνήθειες/δραστηριότητες, όπως :
 - κάπνισμα
 - κατανάλωση αλκοόλ
 - επίπεδα διατροφής (κατανάλωση κρέατος, φυτικών ινών, φρούτων, λαχανικών, κ.α.)
 - άθληση/hobbies
2. Ιατρικές μετρήσεις από φορητό ιατρικό εξοπλισμό (καρδιολογικές, σάκχαρο αίματος, οξυγόνωση αίματος)

Όλες οι παραπάνω περιγραφόμενες πληροφορίες αποτελούν δεδομένα τα οποία βρίσκονται διαθέσιμα στην εξατομικευμένη κεντρική βάση δεδομένων που φιλοξενεί όλα τα δεδομένα των χρηστών για το σύστημα. Οι ιστορικές ιατρικές πληροφορίες αποτελούν πληροφοριακά στοιχεία που παρατίθενται από τον χρήστη κατά τη διαδικασία της εγγραφής του στο σύστημα ανάλυσης με τη συναίνεση του. Οι επεξεργασμένες ιατρικές μετρήσεις ανακλύπουν με τη χρήση του τερματικού διασύνδεσης του χρήστη στο σύστημα. Η επεξεργασία αυτών των μετρήσεων αποτελεί το παραγόμενο προϊόν από τους εξυπηρετητές FBBPs που περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες.

Στόχος του Meta-FBBPS εξυπηρετητή είναι η διαχείριση όλων των παραπάνω πληροφοριακών δεδομένων, τα οποία εμπλουτίζονται περιοδικά από τη συλλογή ιατρικών δεδομένων από τη συσκευή του χρήστη καθώς και με την προσθήκη νέας και εξατομικευμένης ιατρικής πληροφορίας από τον ίδιο το χρήστη. Ο Meta-FBBPS εξυπηρετητής καλείται με βάση την τρέχουσα ιατρική εικόνα να αξιολογήσει τα επεξεργασμένα δεδομένα από τους άλλους εξυπηρετητές, έχοντας ως στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων σε εξατομικευμένο επίπεδο. Η υλοποίηση των λειτουργιών του απαιτεί την υλοποίηση ενός αλγορίθμου απόφασης με βάση τα κατώφλια (thresholds) που προκύπτουν από το σύνολο της πληροφορίας. Επομένως ο Meta-FBBPS εξυπηρετητής καλείται να σταθμίσει τα επίπεδα των τρεχουσών ιατρικών μετρήσεων και να αποφανθεί κατά πόσον οι μετρήσεις που συλλέχθηκαν συγκαταλέγονται εντός των φυσιολογικών ορίων με βάση την τρέχουσα ιατρική κατάσταση κάθε ατόμου. Για παράδειγμα, ένας καρδιοπαθής ασθενής έχει σαφώς διαφορετικά όρια για τα επίπεδα διακύμανσης της καρδιακής του λειτουργίας σε σχέση με ένα άλλο άτομο που δεν υποφέρει από καρδιολογικά νοσήματα.

Η ανάλυση της κατάστασης με την μετα-επεξεργασία των ιατρικών δεδομένων σε συνδυασμό με το ιστορικό, αποτελεί τη βάση για την αποστολή μηνυμάτων με τους μηχανισμούς που προβλέπονται από το σύστημα. Τα μηνύματα μπορεί να κυμαίνονται από απλές ενημερώσεις (notifications) έως τα

επίπεδα συναγερμού (alerts), στην περίπτωση που οι αναλύσεις καταδεικνύουν ότι τα επίπεδα είναι εκτός των προβλεπόμενων φυσιολογικών ορίων για την εξατομικευμένη ανάλυση. Επιπρόσθετα, η πληροφορία από τον εξυπηρετητή Meta-FBBPS δεν περιορίζεται στην αποστολή μηνυμάτων αλλά και σε γραφική απεικόνιση και εντοπισμό των κρίσιμων περιοχών για τις ιατρικές μετρήσεις. Στην ενότητα του επιλόγου θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα τελικά αποτελέσματα σε γραφήματα καθώς και τα όρια για τα alerts.

4.4.4.3. Ο Meta-FBBPS και η παροχή εξατομικευμένων ιατρικών υπηρεσιών

Όπως παρουσιάστηκε και στις προηγούμενες ενότητες, ο εξυπηρετητής Meta-FBBPs εμπλουτίζει τη λειτουργικότητα του συστήματος των εξυπηρετητών FBBPS με την παροχή εξατομικευμένων ιατρικών αναλύσεων για κάθε χρήστη του συστήματος. Τα επίπεδα χαρακτηρισμού φυσιολογικών και μη μετρήσεων είναι εξατομικευμένα και προκύπτουν με συνδυασμό όλων των παρεχόμενων ιατρικών πληροφοριών με βάση τα ισχύοντα ιατρικά πρωτόκολλα. Η ανάλυση των μετρήσεων του χρήστη προκαλεί τη δημιουργία μηνυμάτων προς το χρήστη στη μορφή notifications – alerts, με στόχο την άμεση ενημέρωσή του. Στα πλαίσια παροχής τηλε-ιατρικών υπηρεσιών, οι παρεχόμενοι μηχανισμοί ανάλυσης μπορούν να αποτελέσουν τη βάση για την εφαρμογή αυτοματοποιημένων μεθόδων παροχής ιατρικής φροντίδας. Στην περίπτωση ατόμων με χρόνια προβλήματα η διαπίστωση μη φυσιολογικών μετρήσεων μπορεί αυτοματοποιημένα να αποτελέσει τη βάση για την παροχή άμεσης ιατρικής φροντίδας προς αυτά. Αυτό μπορεί να γίνει ιδιαίτερα σημαντικό για κατηγορίες ανθρώπων που διαβιώνουν απομονωμένα χωρίς την παράλληλη παρακολούθηση από άλλα άτομα στο οικογενειακό τους περιβάλλον (ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες). Έτσι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS μπορεί να αποτελέσει τη βάση παρακολούθησης και παροχής τηλε-ιατρικών εφαρμογών εφόσον οι μετρητικές διατάξεις, στις οποίες βασίζεται η λήψη των μετρήσεων, διατηρούνται για όλο το χρονικό διάστημα της ημέρας.

4.5. Περιγραφή Αρχιτεκτονικής Συστήματος με χρήση UML

Η περιγραφή ενός συστήματος με χρήση UML (Unified Modeling Language [164]), ειδικά για αρχιτεκτονικές λογισμικού μεγάλης κλίμακας (Large-Scale Software Architectures), έχει ως στόχο την διευκόλυνση των σχεδιαστών αρχιτεκτονικής, των σχεδιαστών κώδικα και των διαχειριστών εργασιών (project managers) ώστε να μπορούν να είναι πιο αποδοτικοί κατά τον σχεδιασμό συστημάτων μεγάλης κλίμακας [165]. Η χρήση της περιγραφής UML περιλαμβάνει ένα πλήθος από αρχές και ιδιότητες για την υλοποίηση μοντέλων – συστημάτων και υποσυστημάτων, με αποτέλεσμα να χρειάζεται να γίνει πολύ προσεκτική επιλογή στις χρήσιμες αρχές της γλώσσας μοντελοποίησης, και κατά συνέπεια ο σχεδιασμός να βασιστεί μόνο σε αυτές αποφεύγοντας άλλες περιγραφές οι οποίες περιπλέκουν την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος. Στη διαδικασία προτυποποίησης της σχεδιαστικής βάσης συνεισφέρουν και τα πρότυπα (standards) για την οργάνωση και το σχεδιασμό λογισμικού μεγάλης κλίμακας (π.χ. το πρότυπο IEEE 1471), όσον αφορά στα σημεία (viewpoints) μέσω των οποίων μπορεί να αποδομηθεί η αρχιτεκτονική υλοποίησης. Στόχος αυτής της προσέγγισης είναι ο σχεδιασμός συστημάτων λογισμικού μεγάλης κλίμακας καθώς αυτά κατανέμουν τις λειτουργίες τους σε αρκετά υποσυστήματα για την υλοποίησή τους. Τα χαρακτηριστικά υλοποίησης λογισμικού μεγάλης κλίμακας περιλαμβάνουν [166]:

- Μεγάλα τμήματα κώδικα (εκατοντάδες έως χιλιάδες γραμμές κώδικα)
- Μεγάλος αριθμός από σχεδιαστές (developers) που ασχολούνται με την υλοποίηση του συνολικού συστήματος
- Υψηλή πολυπλοκότητα κατά την αλληλεπίδραση των υποσυστημάτων της αρχιτεκτονικής
- Εκτεταμένη χρήση έτοιμων υποσυστημάτων (υλοποιημένων σε κώδικα) όπου είναι εφικτό
- Χρήση πολλών και διαφορετικών γλωσσών προγραμματισμού για την υλοποίηση των υποσυστημάτων (ανάλογα με τις ανάγκες σχεδιασμού και επιδόσεων)
- Πληθώρα σχεσιακών μηχανισμών ανταλλαγής πληροφορίας (αρχεία – files, σχεσιακές βάσεις δεδομένων – relational databases, βάσεις αντικειμένων – object-databases)
- Κατανομή των τμημάτων λογισμικού και εκτέλεση τους σε διαφορετικές πλατφόρμες υλικού (hardware platforms)
- Υψηλή διαδραστικότητα

Ο σχεδιασμός συστημάτων λογισμικού μεγάλης κλίμακας συνεπάγεται σημαντική πολυπλοκότητα, η οποία μπορεί να είναι εξαιρετικά απαιτητική στα θέματα σχεδιασμού ακόμη και για πολύ πεπειραμένους σχεδιαστές. Στους παράγοντες πολυπλοκότητας του συνολικού συστήματος συνηγορούν όλες οι παραπάνω παράμετροι καθώς και η εκτέλεση των χρονικά οριζόμενων διεργασιών, όπως αυτές εκτελούνται μέσω των μηχανισμών επικοινωνίας και δικτύων που το σύστημα χρησιμοποιεί.

Στόχος λοιπόν της περιγραφής UML είναι η παρουσίαση της αρχιτεκτονικής, των διασυνδέσεων καθώς και ο ορισμός των υποσυστημάτων που την υλοποιούν. Η παρουσίαση των μοντέλων για το συνολικό σύστημα που πραγματεύεται η εργασία, θα έχει ως αναφορά την αποδόμηση των οντοτήτων που παρουσιάστηκαν σε δικτυακό επίπεδο (UMDAS, DBRS και FBBPS εξυπηρετητές). Η αποδόμηση του συστήματος θα βασιστεί στην οργάνωση των παραπάνω εξυπηρετητών, δεδομένου ότι έχει οριστεί σαφώς η επικοινωνία και η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ τους, για την υλοποίηση του συνολικού αριθμού των διεργασιών που απαιτούνται συνολικά από το σύστημα. Επιπρόσθετα, η παρουσίαση της αρχιτεκτονικής με βάση την αποδόμηση σε επίπεδο εξυπηρετητών, θα προσφέρει επίσης στην αναγνώριση των διαδικασιών καθώς αυτές εκτελούνται σε διαφορετικά συστήματα υλικού πλατφόρμας (H/Y – Servers).

4.5.1. Χρήση Διαγραμμάτων στη UML

Η περιγραφή UML ορίζει εννέα διαφορετικά είδη διαγραμμάτων για την περιγραφή και τη λειτουργική διασύνδεση ενός συστήματος. Αυτά περιλαμβάνουν τα διαγράμματα συνιστωσών (component instance), τα διαγράμματα μηχανών καταστάσεων (statechart), τα διαγράμματα κλάσεων (class), τα διαγράμματα αλληλουχίας (sequence), τα διαγράμματα ανάπτυξης (deployment), τα διαγράμματα συνεργασίας (collaboration) και τα διαγράμματα ενεργότητας (activity). Όλα τα παραπάνω με εξαίρεση τα διαγράμματα αντικειμένων (object) και τα διαγράμματα χρήσης (use case) είναι χρήσιμα για την περιγραφή της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας θα περιοριστούμε μόνο στη συμπερίληψη των 2 πρώτων διαγραμμάτων με στόχο να περιγραφεί η αρχιτεκτονική ενός συστήματος. Επίσης, στην περιγραφή των δομών UML θα γίνει χρήση της έκδοσης 1.4, καθώς η επέκταση στην έκδοση 2.0 δεν τροποποιεί τη χρήση των προς χρήση διαγραμμάτων περιγραφής. Δέσμευση της περιγραφής UML είναι η διατήρηση μηχανισμών συμβατότητας (compatibility) καθώς οι εκδόσεις περιγραφής της εξελίσσονται συνεχώς.

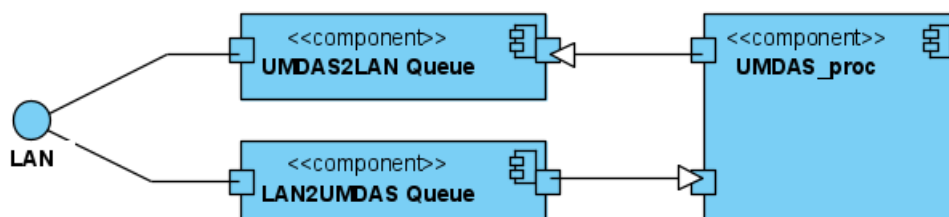
Μία σύνθετη προσέγγιση για την κατανόηση των ιδιοτήτων και των αντικειμένων της UML είναι η διχοτομία (dichotomy) ανάμεσα στο χρόνο σχεδιασμού και υλοποίησης (design/build-time) και του απαιτούμενου χρόνου εκτέλεσης (runtime). Η διχοτομία συνεισφέρει στην μοντελοποίηση «περιγραφών στιγμής» (snapshots) του συστήματος κατά την εκτέλεση, σχετιζόμενη με τα στοιχεία όπως αυτά ορίστηκαν στη φάση του σχεδιασμού. Τα περισσότερα από τα διαγράμματα UML

παρουσιάζουν το σύστημα είτε από πλευράς κατασκευής είτε από πλευράς εκτέλεσης. Ορισμένες, όμως, φορές αυτό προκαλεί σύγχυση, διότι τα διαγράμματα UML συγχέουν την πληροφορία των δομών κατασκευής και εκτέλεσης ενός συστήματος. Έτσι, αντί η περιγραφή UML να διευκολύνει, τελικά περιπλέκει την παρουσίαση ενός μοντέλου, διότι δε βοηθά στην αναγνώριση των δομών που μετέχουν στη σύνθεση του συστήματος και των διεργασιών εκτέλεσης (processes) επί αυτών.

Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική υλοποίησης του συνολικού συστήματος επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων. Η οργάνωση και λειτουργική αποδόμηση του συστήματος θα βασιστεί στην αποδόμηση των εξυπηρετητών που καθορίστηκαν στις προηγούμενες ενότητες. Η ανταλλασσόμενη πληροφορία μεταξύ των οντοτήτων (εξυπηρετητών) είναι σαφώς ορισμένη μέσω δικτυακών μηνυμάτων στα πλαίσια των πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ τους. Η παρουσίαση της αποδόμησης θα γίνει τόσο με διαγράμματα components καθώς και με διαγράμματα statecharts, για την ανάδειξη του συσχετισμού των ενεργειών στα πλαίσια υλοποίησης των διεργασιών. Κάθε διεργασία υλοποιεί την επικοινωνία μεταξύ των εξυπηρετητών με την ανταλλαγή των απαιτούμενων μηνυμάτων. Τα μηνύματα βασίζονται σε δικτυακή βάση ανταλλαγής πακέτων (πακέτα τύπου Ethernet), τα στοιχεία των οποίων είναι σαφώς καθορισμένα (διεύθυνση αποστολής – προορισμού, τύπος μηνύματος και δεδομένων που περιλαμβάνονται σε κάθε πακέτο). Η υλοποίηση των διαγραμμάτων UML έγινε με χρήση του εργαλείου Visual Paradigm® (v16.2) [167].

4.5.2. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή UMDAS με χρήση UML

Ο εξυπηρετητής UMDAS αποτελεί τη μοναδική διεπαφή του συνολικού συστήματος που έρχεται σε άμεση επικοινωνία με το χρήστη (τερματικό χρήστη) αλλά και τους υπόλοιπους εξυπηρετητές του τοπικού δικτύου (LAN). Επομένως ο εξυπηρετητής UMDAS διασύνδεει τον εξωτερικό κόσμο των χρηστών με την εσωτερική υποδομή του συστήματος επεξεργασίας ιατρικών δεδομένων. Το διάγραμμα component του εξυπηρετητή UMDAS παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :



ΕΙΚΟΝΑ 52 : Διάγραμμα component του UMDAS Server

Στο component diagram διακρίνουμε τις οντότητες (components) :

- LAN. Υλοποιεί την κλάση των συναρτήσεων του τοπικού δικτύου για την επικοινωνία Ethernet (ισχύει και για τα διαγράμματα των υπόλοιπων εξυπηρετητών)
- LAN2UMDAS Queue. Υλοποιεί την ουρά όλων των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση που προέρχονται τόσο από τον εξωτερικό χρήστη (User) καθώς και τις αιτήσεις προς εξυπηρέτηση από τους άλλους τοπικούς συνεργαζόμενους εξυπηρετητές (DBRS, FBBPS, Meta-FBBPS). Η συγκέντρωση της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή πακέτων δικτύου με συγκεκριμένη δομή (signature - structure) που δηλώνει τον αποστολέα και τον τύπο του μηνύματος για τον εντοπισμό των ενεργειών προς εξυπηρέτηση από το UMDAS.
- UMDAS_proc. Αποτελεί τον ορισμό του component που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση που έρχονται μέσω του component LAN2UMDAS Queue.

Το component περιλαμβάνει την υλοποίηση και τον χειρισμό των μηνυμάτων με βάση τα καθορισμένα πρωτόκολλα, όπως αυτά περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες (τύποι μηνυμάτων). Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία εγγράφονται στην ουρά εξόδου (component UMDAS2LAN Queue), διότι αποστέλλονται ως αποκρίσεις στις απαιτούμενες ενέργειες προς τους εξωτερικούς χρήστες καθώς και τους υπόλοιπους εξυπηρετητές.

- UMDAS2LAN Queue. Το συγκεκριμένο component συγκεντρώνει τις απαντήσεις του UMDAS από τα πρωτόκολλα εξυπηρέτησης. Τα μηνύματα (πακέτα) αποστέλλονται με βάση τις καθορισμένες IP διευθύνσεις, οι οποίες εντοπίζουν τους τοπικούς εξυπηρετητές αλλά και τους εξωτερικά συνδεδεμένους χρήστες.

Το component UMDAS_proc είναι υπεύθυνο για το χειρισμό των μηνυμάτων που εισέρχονται στον εξυπηρετητή. Η υλοποίηση του αφορά στην υλοποίηση μίας μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων (state machine). Το UMDAS_proc component υλοποιεί μία μηχανή με τις ακόλουθες καταστάσεις :

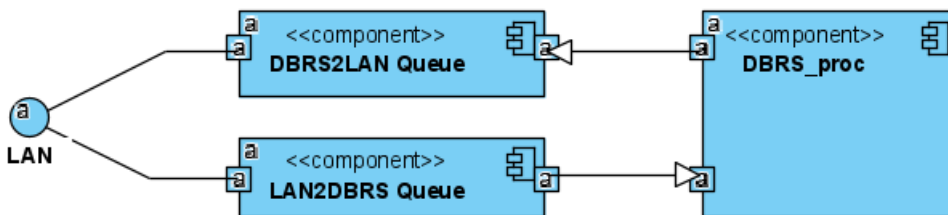
- 1) IDLE. Αρχική κατάσταση της μηχανής όπου αναμένεται άφιξη μηνύματος από την ουρά LAN2UMDAS για ενεργοποίηση της μηχανής. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μήνυμα προς εξυπηρέτηση η μηχανή παραμένει σε αναμονή στην κατάσταση IDLE.
- 2) GET Message from LAN Queue. Σε αυτή την κατάσταση γίνεται άφιξη του πρώτου μηνύματος της ουράς και στην Define Message Type κατάσταση, ελέγχεται ο τύπος του μηνύματος. Στην περίπτωση που το μήνυμα δεν είναι έγκυρο με βάση τους προβλεπόμενους τύπους μηνυμάτων προς επεξεργασία, αποσύρεται από την ουρά (κατάσταση Drop Message from Queue), αλλιώς η μηχανή εισέρχεται ανάλογα με τον τύπο του μηνύματος, σε επεξεργασία.
- 3) GET USER DATA proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία GET_USER_DATA όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 4) INSERT NEW USER proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία INSERT_NEW_USER όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 5) NEWUSER ADDED proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία NEW_USER_ADDED όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 6) USER MED STATUS proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία USER_MED_STATUS όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 7) SYNC proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία SYNC όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 8) USER CONNECTED proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία USER_CONNECTED όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 9) USER VALIDATED proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία USER_VALIDATED όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 10) UMDAS2LAN Queue Add. Στην κατάσταση αυτή καταλήγουν όλες οι επεξεργασίες μηνυμάτων που πρέπει να απευθυνθούν για την ολοκλήρωση τους στο τερματικό του χρήστη είτε στους υπόλοιπους εξυπηρετητές του συστήματος (απαντήσεις στα λαμβανόμενα μηνύματα). Η ουρά με τη χρήση των πεδίων προορισμού των πακέτων δρομολογείται κατάλληλα μέσω του δικτύου. Η διοχέτευση σε αυτήν την ουρά γίνεται με την προϋπόθεση ότι ο χρήστης είναι ενεργός (Active User). Όταν ο χρήστης είναι ανενεργός (Not Active User) όλες οι αιτήσεις δρομολογούνται στην UMDAS Pending Queue μέσω της κατάστασης UMDAS Pending Queue Add.
- 11) UMDAS Pending Queue Add. Σε αυτήν την κατάσταση τα μηνύματα προς επεξεργασία για μη ενεργούς χρήστες εγγράφονται στην Pending ουρά. Η ουρά αυτή τυγχάνει αντικείμενο χειρισμού όταν στην ουρά εισόδου LAN2UMDAS Queue προκύψει μήνυμα USER VALIDATED. Με την άφιξη προς εξυπηρέτηση ενός τέτοιου μηνύματος η pending ουρά ελέγχεται για να εξακριβωθεί κατά πόσον υπάρχουν μηνύματα προς εξυπηρέτηση για το δεδομένο χρήστη που ήταν ανενεργός πριν και τώρα ενεργοποιήθηκε ξανά.

Ακολουθεί η παρουσίαση του διαγράμματος statechart :

Η επιλογή των μεταβάσεων για την ολοκλήρωση των διεργασιών κινείται μεταξύ της UMDAS2LAN και της UMDAS Pending Queue. Η επιλογή για την εισαγωγή του μηνύματος σε μία από τις δύο ουρές γίνεται με βάση την κατάσταση ενεργότητας του χρήστη (User Active or User Not Active). Ένας χρήστης θεωρείται σε ενεργή κατάσταση όταν στη μηχανή καταστάσεως έχει εισέλθει ένα μήνυμα της μορφής USER_VALIDATED, Η μηχανή καταστάσεως του UMDAS διατηρεί έναν πίνακα με την κατάσταση ενεργότητας των χρηστών που διαχειρίζεται (με βάση τα UUI). Η εγγραφή στον πίνακα αυτό κατατάσσει τον χρήστη σε ενεργό κατάσταση με την άφιξη ενός μηνύματος USER_VALIDATE και σε ανενεργό κατάσταση όταν προκύπτει μήνυμα (από αποστολή) USER_NOT_REACHABLE (το μήνυμα σημαίνει ότι τα δεδομένα του μηνύματος δεν έχουν φθάσει ποτέ στο χρήστη). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι καταστάσεις που αναφέρονται σε ολοκλήρωση μίας διεργασίας συνεπάγονται ένα σύνολο από ενέργειες που αφορούν στη διαθέσιμη δομή πληροφορίας από τη μηχανή καταστάσεων. Επομένως αυτές οι καταστάσεις θα μπορούσαν να αναλυθούν σε περαιτέρω υπο-καταστάσεις για την αναλυτική κατάδειξη των ενεργειών που απαιτούνται.

4.5.3. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή DBRS με χρήση UML

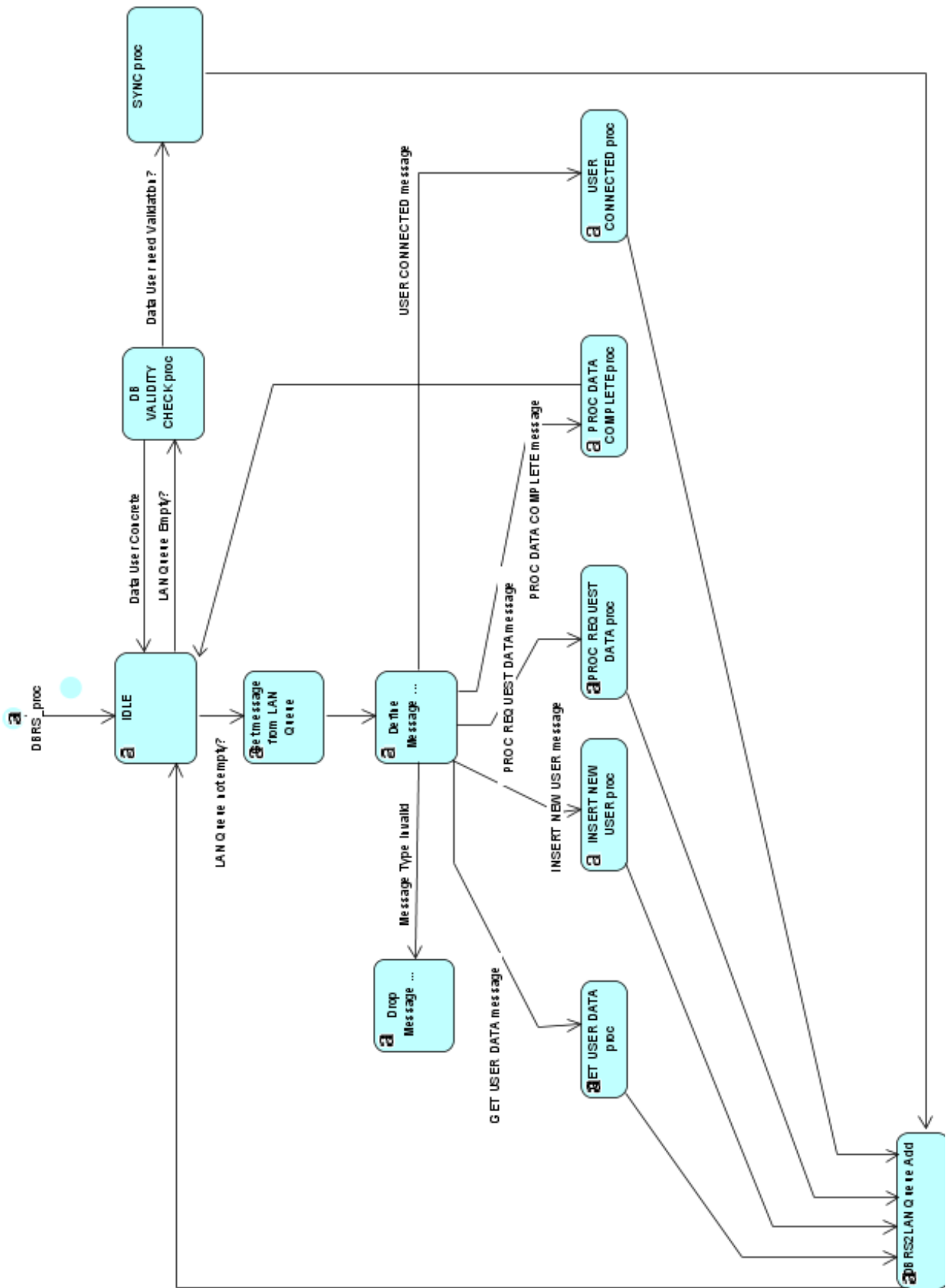
Ο εξυπηρετητής DBRS αποτελεί τη μοναδική διεπαφή που έρχεται σε άμεση επικοινωνία με τη βάση δεδομένων (Database) και τους υπόλοιπους εξυπηρετητές του τοπικού δικτύου (LAN). Το διάγραμμα component σε UML παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :



ΕΙΚΟΝΑ 54 : Διάγραμμα component του DBRS Server

Στο component diagram διακρίνουμε τις οντότητες (components) :

- LAN2DBRS Queue. Υλοποιεί την ουρά (concentrator) όλων των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση από τους άλλους τοπικούς συνεργαζόμενους εξυπηρετητές (UMDAS, FBBPS, Meta-FBBPS). Η συγκέντρωση της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή πακέτων δικτύου με συγκεκριμένη δομή (signature - structure) που δηλώνει τον αποστολέα και τον τύπο του μηνύματος για τον εντοπισμό των ενεργειών προς εξυπηρέτηση από το DBRS.
- DBRS_proc. Αποτελεί τον ορισμό του component που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση που έρχονται μέσω του component LAN2DBRS Queue. Το component περιλαμβάνει την υλοποίηση και τον χειρισμό των μηνυμάτων με βάση τα καθορισμένα πρωτόκολλα, όπως αυτά περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες (τύποι μηνυμάτων). Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία εγγράφονται στην ουρά εξόδου (component DBRS2LAN Queue) που είναι υπεύθυνη για την αποστολή των αιτήσεων απάντησης προς τους υπόλοιπους εξυπηρετητές του συνολικού συστήματος.
- DBRS2LAN Queue. Το συγκεκριμένο component συγκεντρώνει τις απαντήσεις του DBRS από τα πρωτόκολλα εξυπηρέτησης. Τα μηνύματα (πακέτα) αποστέλλονται με βάση τις καθορισμένες IP διευθύνσεις, οι οποίες εντοπίζουν τους τοπικούς εξυπηρετητές (διεύθυνση προορισμού).



EIKONA 55 : Διάγραμμα statechart του component DBRS_proc

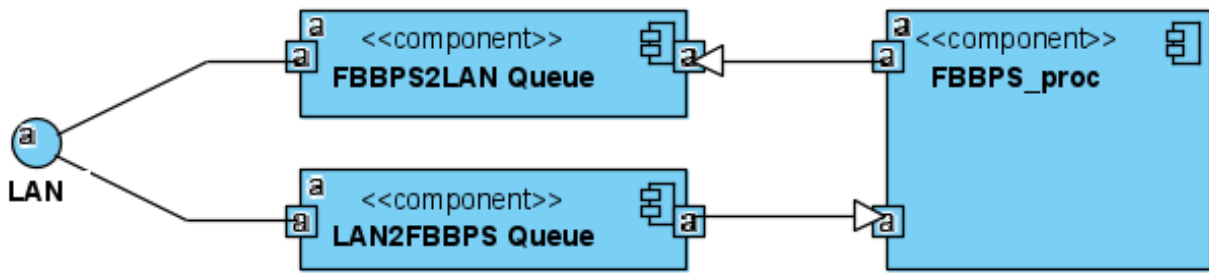
Το component DBRS_proc είναι υπεύθυνο για το χειρισμό των μηνυμάτων που εισέρχονται στον εξυπηρετητή. Η υλοποίηση του αφορά σε υλοποίηση μίας μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων (state machine). Το DBRS_proc component υλοποιεί μία μηχανή με τις ακόλουθες καταστάσεις :

- 1) IDLE. Αρχική κατάσταση της μηχανής όπου αναμένεται άφιξη μηνύματος από την ουρά LAN2DBRS. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μήνυμα προς εξυπηρέτηση η μηχανή οδηγείται στην κατάσταση VALIDITY CHECK proc, αλλιώς εξυπηρετείται το μήνυμα με μετάβαση στην κατάσταση GET Message from LAN Queue.
- 2) VALIDITY CHECK proc. Στην κατάσταση αυτή, εφόσον ο εξυπηρετητής DBRS δεν έχει να διεκπεραιώσει αιτήσεις εξωτερικών μηνυμάτων από την ουρά LAN2DBRS, εξετάζει την κατάσταση των χρηστών στην βάση δεδομένων του. Στην περίπτωση που ένας χρήστης δεν έχει εισάγει στο σύστημα νέα δεδομένα για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα, ο εξυπηρετητής DBRS θα εκτελέσει διαδικασία SYNC για αυτόν τον χρήστη. Αλλιώς όταν ο χρήστης που εξετάστηκε είναι σε ενημερωμένη κατάσταση δεδομένων (υπάρχουν σχετικά χρονικά πρόσφατα δεδομένα για αυτόν), η μηχανή καταστάσεων επιστρέφει στην IDLE για την διεκπεραίωση άλλων αιτήσεων από την ουρά της LAN2DBRS.
- 3) GET Message from LAN Queue. Σε αυτή την κατάσταση γίνεται άφιξη του πρώτου μηνύματος της ουράς και στην Define Message Type κατάσταση ελέγχεται ο τύπος του μηνύματος. Στην περίπτωση που το μήνυμα δεν είναι έγκυρο με βάση τους προβλεπόμενους τύπους μηνυμάτων αποσύρεται από την ουρά (κατάσταση Drop Message from Queue), αλλιώς η μηχανή εισέρχεται ανάλογα με τον τύπο σε επεξεργασία.
- 4) GET USER DATA proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία GET_USER_DATA όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 5) INSERT NEW USER proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία INSERT_NEW_USER όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 6) PROC REQ DATA proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία PROC_REQ_DATA όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 7) PROC DATA COMPLETE proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία PROC_DATA_COMPLETE όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.
- 8) USER CONNECTED proc. Σε αυτήν την κατάσταση εκτελείται η επεξεργασία για τη διαδικασία USER_CONNECTED όπως αναλύθηκε στην αντίστοιχη παράγραφο.

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι ορισμένες από τις διεργασίες του DBRS αποστέλλουν μηνύματα - αιτήσεις επιστροφής προς το τοπικό δίκτυο LAN, ενώ άλλες όπως η διεργασία PROC_DATA_COMPLETE δεν απαιτεί αίτημα προς τους υπόλοιπους εξυπηρετητές του τοπικού δικτύου παρά μόνο την εγγραφή των ενημερωμένων – επεξεργασμένων δεδομένων από τα FBBPS προς την κεντρική βάση δεδομένων. Για το λόγο αυτό η συγκεκριμένη διαδικασία δεν διέρχεται από την κατάσταση DBRS2LAN Queue. Αξίζει, επίσης, να παρατηρηθεί ότι η διαδικασία SYNC εκτελείται όταν ο εξυπηρετητής DBRS είναι σε IDLE κατάσταση, δηλαδή δεν εκκρεμούν εξωτερικές αιτήσεις επεξεργασίας προς εξυπηρέτηση. Η διαδικασία SYNC διατηρεί ένα εσωτερικό δείκτη (pointer) ελέγχου των δεδομένων των χρηστών όπως αυτοί είναι τοποθετημένοι στη βάση με στόχο να ελέγχει σε κάθε φάση εκτέλεσης της τον επόμενο χρήστη στη λίστα.

4.5.4. Υλοποίηση του Εξυπηρετητή FBBPS με χρήση UML

Ο εξυπηρετητής FBBPS, μαζί με τον Meta-FBBPS, αποτελούν τις διεπαφές επεξεργασίας των δεδομένων του χρήστη αποστέλλοντας μηνύματα επιστροφής τόσο προς τον τελικό χρήστη (notifications-alerts) αλλά και προς την βάση δεδομένων, μεταφέροντας σε αυτήν τα επεξεργασμένα δεδομένα. Το διάγραμμα component σε UML παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί :



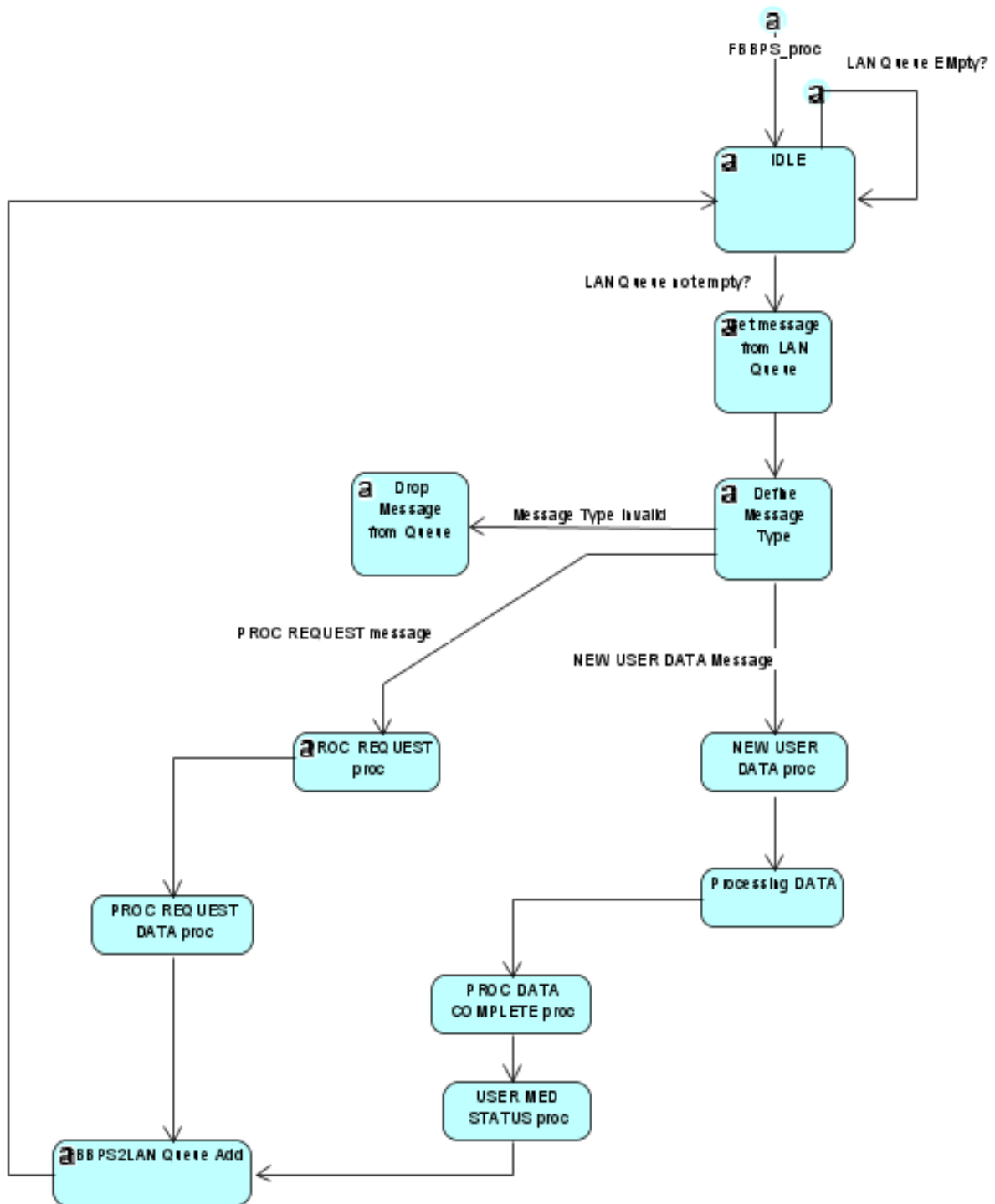
ΕΙΚΟΝΑ 56 : Διάγραμμα component ενός FBBPS Server

Στο component diagram διακρίνουμε τις οντότητες (components) :

- LAN2FBBPS Queue. Υλοποιεί την ουρά (concentrator) όλων των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση από τους άλλους τοπικούς συνεργαζόμενους εξυπηρετητές (DBRS). Η συγκέντρωση της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή πακέτων δικτύου με συγκεκριμένη δομή (signature - structure) που δηλώνει τον αποστολέα και τον τύπο του μηνύματος για τον εντοπισμό των ενεργειών προς εξυπηρέτηση από το FBBPS.
- FBBPS_proc. Αποτελεί τον ορισμό του component που είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία των αιτημάτων προς εξυπηρέτηση που έρχονται μέσω του component LAN2FBBPS Queue. Το component περιλαμβάνει την υλοποίηση και τον χειρισμό των μηνυμάτων με βάση τα καθορισμένα πρωτόκολλα, όπως αυτά περιγράφηκαν στις προηγούμενες ενότητες (τύποι μηνυμάτων). Τα αποτελέσματα από την επεξεργασία εγγράφονται στην ουρά εξόδου (component FBBPS2LAN Queue).
- FBBPS2LAN Queue. Το συγκεκριμένο component συγκεντρώνει τις απαντήσεις του FBBPS από τα πρωτόκολλα εξυπηρέτησης. Τα μηνύματα (πακέτα) αποστέλλονται με βάση τις καθορισμένες IP διευθύνσεις, οι οποίες εντοπίζουν τους τοπικούς εξυπηρετητές (διεύθυνση προορισμού).

Το component FBBPS_proc είναι υπεύθυνο για το χειρισμό των μηνυμάτων που εισέρχονται στον εξυπηρετητή. Η υλοποίηση του αφορά σε υλοποίηση μίας μηχανής πεπερασμένων καταστάσεων (state machine). Το FBBPS_proc component υλοποιεί μία μηχανή με τις ακόλουθες καταστάσεις :

- 1) IDLE. Αρχική κατάσταση της μηχανής όπου αναμένεται άφιξη μηνύματος από την ουρά LAN2FBBPS. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει μήνυμα προς εξυπηρέτηση η μηχανή παραμένει ανενεργή στην κατάσταση IDLE περιμένοντας την άφιξη μηνύματος.
- 2) GET Message from LAN Queue. Σε αυτή την κατάσταση γίνεται άφιξη του πρώτου μηνύματος της ουράς και στην Define Message Type κατάσταση ελέγχεται ο τύπος του μηνύματος προς επεξεργασία. Στην περίπτωση που το μήνυμα δεν είναι έγκυρο με βάση τους προβλεπόμενους τύπους μηνυμάτων, αποσύρεται από την ουρά (κατάσταση Drop Message from Queue), αλλιώς η μηχανή εισέρχεται ανάλογα με τον τύπο, σε επεξεργασία.
- 3) PROC REQUEST proc. Στην κατάσταση αυτή έχει έρθει μήνυμα για νέα δεδομένα χρήστη. Η μηχανή απαντά με μήνυμα – αίτηση PROC_REQUEST_DATA με μετάβαση στην αντίστοιχη κατάσταση και εγγραφή του αιτήματος στην ουρά FBBPS2LAN Queue.
- 4) NEW USER DATA proc. Στην περίπτωση αυτή έχουν ελεγχθεί δεδομένα για τον χρήστη του οποίου προηγήθηκε το μήνυμα PROC_REQUEST. Τα δεδομένα οδηγούνται προς επεξεργασία στην κατάσταση Processing Data. Στη συνέχεια η μηχανή καταστάσεων οδηγείται σε μετάβαση στην κατάσταση PROC_DATA_COMPLETE προκαλώντας την αποστολή μηνύματος για μεταφορά των δεδομένων που έχει επεξεργαστεί προς την κεντρική βάση δεδομένων μέσω του εξυπηρετητή DBRS.
- 5) USER MED STATUS. Σε αυτήν την κατάσταση προκαλείται η εγγραφή του μηνύματος notification – alert που αποστέλλεται στον χρήστη με την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των ιατρικών δεδομένων που συντελέστηκε στην κατάσταση Processing DATA.



ΕΙΚΟΝΑ 57 : Διάγραμμα statechart του component FBPPS_proc

4.5.6. Συμπεράσματα από τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής με χρήση UML

Στις προηγούμενες παραγράφους περιγράφηκαν αναλυτικά τα μοντέλα που υλοποιούν τους εξυπηρετητές UMDAS, DBRS και FBBPS, Meta-FBBPS με χρήση περιγραφής UML. Για την περιγραφή των αναλυτικών μοντέλων προτιμήθηκε η χρήση των διαγραμμάτων component και

statechart, όπως προβλέπονται από την περιγραφή UML. Οι άλλοι προβλεπόμενοι τύποι διαγραμμάτων (όπως οι sequence, collaboration, activation, κ.τ.λ.) πολλές φορές περιπλέκουν την περιγραφή ενός συστήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι υπόλοιπες περιγραφές διαγραμμάτων δίνουν έμφαση στην εκτέλεση και όχι στη διασύνδεση κατασκευής των δομικών εξαρτημάτων – υποσυστημάτων. Έτσι, δημιουργούν σύγχυση στον σχεδιαστή της αρχιτεκτονικής για την ύπαρξη και ενεργότητα των δομών κατά την ολοκλήρωση μίας διεργασίας εκτέλεσης από ένα μεγάλης κλίμακας σύστημα.

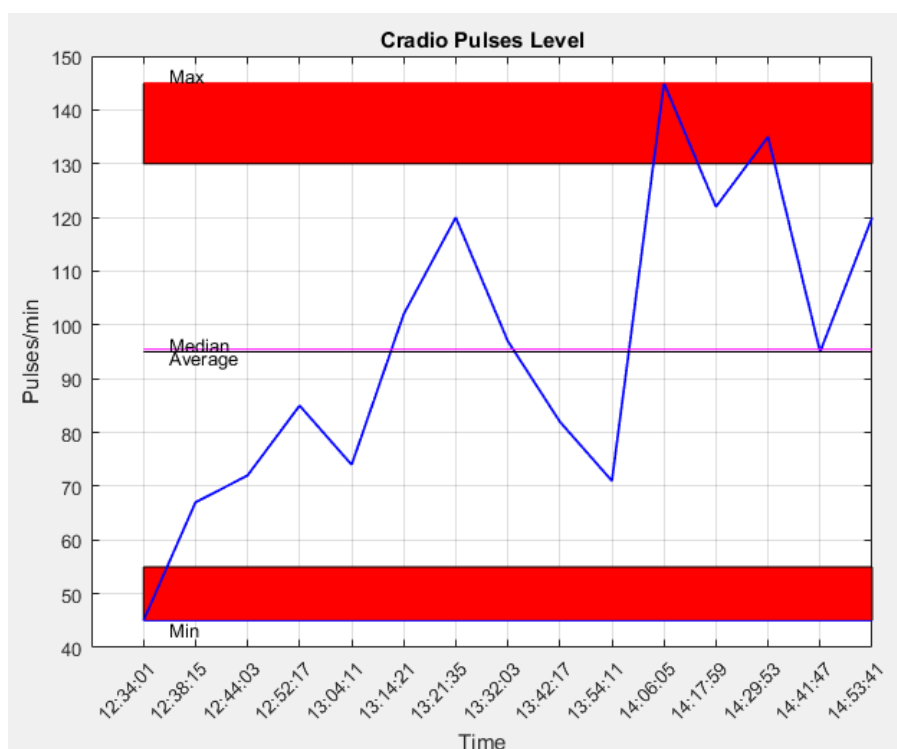
Η πληροφορία που προκύπτει από τα άλλα διαγράμματα, ήδη καλύπτεται επαρκώς από την υλοποίηση των statecharts (μηχανών καταστάσεων), οι οποίες δηλώνουν και τις απαιτούμενες ενέργειες για την ολοκλήρωση κάθε διαδικασίας, αλλά και την αλληλουχία των απαιτούμενων ενεργειών. Κατά συνέπεια οι περιγραφές διαγραμμάτων component και statechart, δίνουν σχεδόν το σύνολο της πληροφορίας που απαιτείται για την εκτίμηση των επεξεργαστικών ενεργειών από το σύστημα. Θα πρέπει, επίσης, να τονιστεί ότι η εκτέλεση των διεργασιών (processes), λόγω της αρχιτεκτονικής που υλοποιείται, είναι ανεξάρτητες και εκτελούνται σε διαφορετικά υλικά πλατφόρμας (HY – Servers). Η αποσύζευξη των διεργασιών βασίζεται στο off-line μοντέλο της ανταλλαγής μηνυμάτων που υλοποιούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας των εξυπηρετητών.

5. Αποτελέσματα Αρχιτεκτονικής και Συμπεράσματα

5.1. Αποτελέσματα Εφαρμογής ΠΦΥ

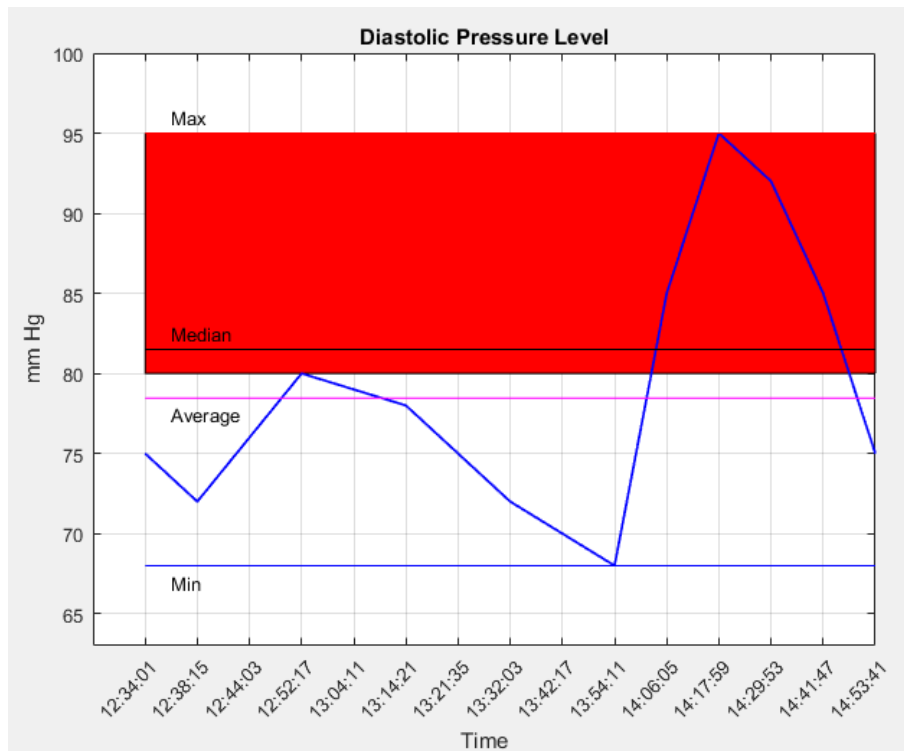
Ως παράδειγμα για τον τρόπο με τον οποίο διαμορφώνονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και της μετα-επεξεργασίας των δεδομένων ΠΦΥ, παρουσιάζουμε τα τελικά γραφήματα με τα όρια επικινδυνότητας καθώς και τα μηνύματα (notifications/alerts) για ένα άτομο με καρδιολογικό ιστορικό. Ο χαρακτηρισμός των περιοχών φυσιολογικής λειτουργίας έχει γίνει με καθορισμό των ορίων για όλες τις μετρήσεις. Ενδεικτικά αυτά τα όρια είναι τα ακόλουθα :

- ❖ Φυσιολογική Καρδιακή Λειτουργία μεταξύ των 55 – 130 παλμών/sec
- ❖ Φυσιολογικά Επίπεδα Συστολικής Πίεσης μεταξύ των 70 – 140 mm Hg
- ❖ Φυσιολογικά Επίπεδα Διαστολικής Πίεσης μεταξύ των 50 – 80 mm Hg
- ❖ Φυσιολογικά Επίπεδα Σακχάρου στο αίμα μεταξύ 50 - 200 mg/dL
- ❖ Κατώτατο φυσιολογικό όριο οξυγόνωσης στο αίμα 75 %



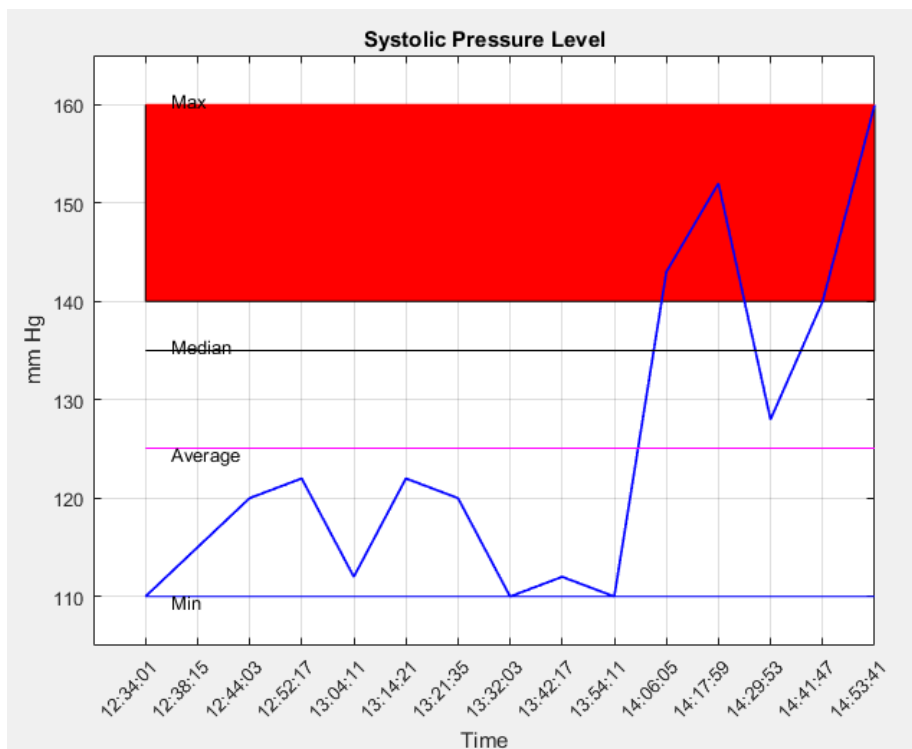
ΕΙΚΟΝΑ 58 : Γράφημα μετρήσεων καρδιακών παλμών για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS με βάση την ανάλυση του ιστορικού χαρακτηρίζει τις ζώνες καρδιακής λειτουργίας παλμών που είναι μεγαλύτερες από 130 και μικρότερες από 55, εξατομικευμένα ως ζώνες εκτός φυσιολογικής λειτουργίας. Οι περιοχές έχουν χρωματισθεί με κόκκινο χρώμα. Η ύπαρξη μετρήσεων εντός των μη φυσιολογικών ζωνών προκαλεί με βάση τους υποστηριζόμενους μηχανισμούς την αποστολή μηνύματος alert προς το χρήστη. Μια ενδεικτική μορφή αυτού του μηνύματος θα μπορούσε να είναι : «ΠΡΟΣΟΧΗ! Οι τιμές των καρδιακών σας παλμών βρίσκονται εκτός των φυσιολογικών ορίων. Η υγεία σας ενδέχεται να βρίσκεται σε κίνδυνο!». Για την οικονομία της ανάλυσης, μηνύματα alerts που αφορούν τα υπόλοιπα μεγέθη θα έχουν παρόμοια μορφή.



ΕΙΚΟΝΑ 59 : Γράφημα μετρήσεων διαστολικής πίεσης για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα

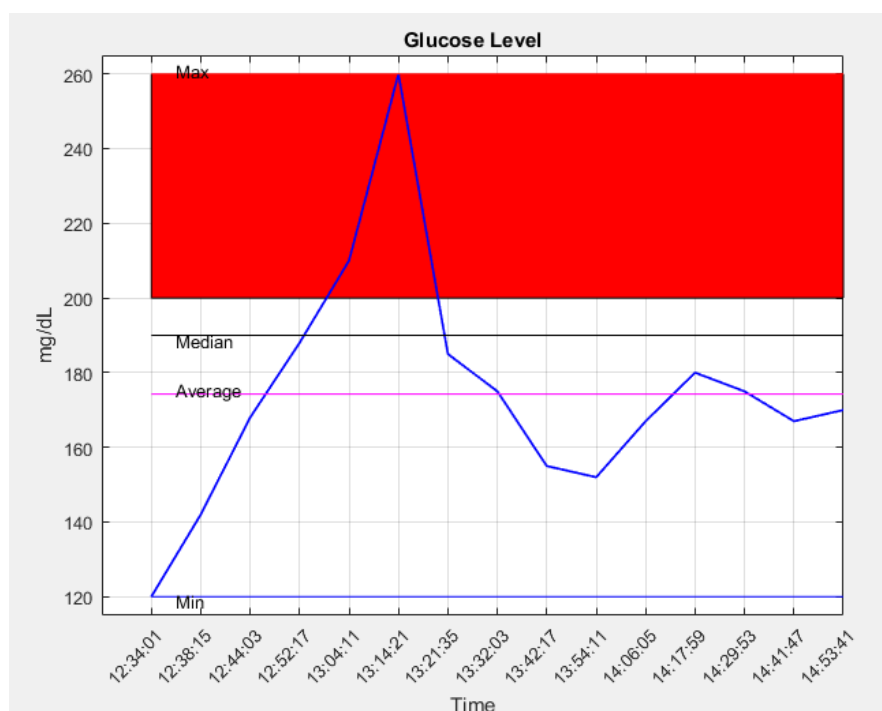
Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS έχει εξατομικευμένα καθορίσει ότι το επίπεδο διαστολικής πίεσης μεγαλύτερο των 80 mmHg συνιστά λειτουργία εκτός φυσιολογικών ορίων. Από τις μετρήσεις του χρήστη παρατηρούμε ότι αυτές έχουν υπεισέλθει εκτός της φυσιολογικής λειτουργίας. Κατά συνέπεια ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS θα κάνει χρήση της δυνατότητας αποστολής μηνύματος alert προς το τερματικό του χρήστη για τη δεδομένη καταγραφή.



ΕΙΚΟΝΑ 60 : Γράφημα μετρήσεων συστολικής πίεσης για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα

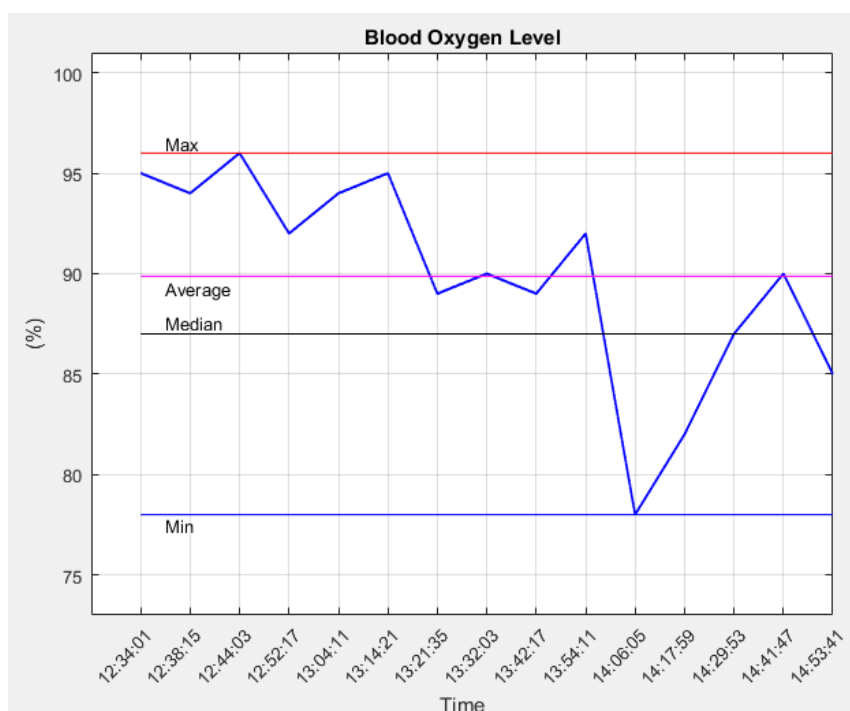
Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS έχει εξατομικευμένα καθορίσει ότι το επίπεδο συστολικής πίεσης μεγαλύτερο των 140 mmHg, συνιστά λειτουργία εκτός

φυσιολογικών ορίων. Από τις μετρήσεις του χρήστη παρατηρούμε ότι αυτές έχουν υπερισέλθει εκτός της φυσιολογικής λειτουργίας. Κατά συνέπεια ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS θα κάνει χρήση της δυνατότητας αποστολής μηνύματος alert προς το τερματικό του χρήστη για τη δεδομένη καταγραφή.



ΕΙΚΟΝΑ 61 : Γράφημα μετρήσεων σακχάρου στο αίμα για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS έχει εξατομικευμένα καθορίσει ότι το επίπεδο σακχάρου στο αίμα μεγαλύτερο των 200 mg/dL, συνιστά λειτουργία εκτός φυσιολογικών ορίων. Από τις μετρήσεις του χρήστη παρατηρούμε ότι αυτές έχουν υπερισέλθει εκτός της φυσιολογικής λειτουργίας. Κατά συνέπεια ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS θα κάνει χρήση της δυνατότητας αποστολής μηνύματος alert προς το τερματικό του χρήστη για τη δεδομένη καταγραφή.



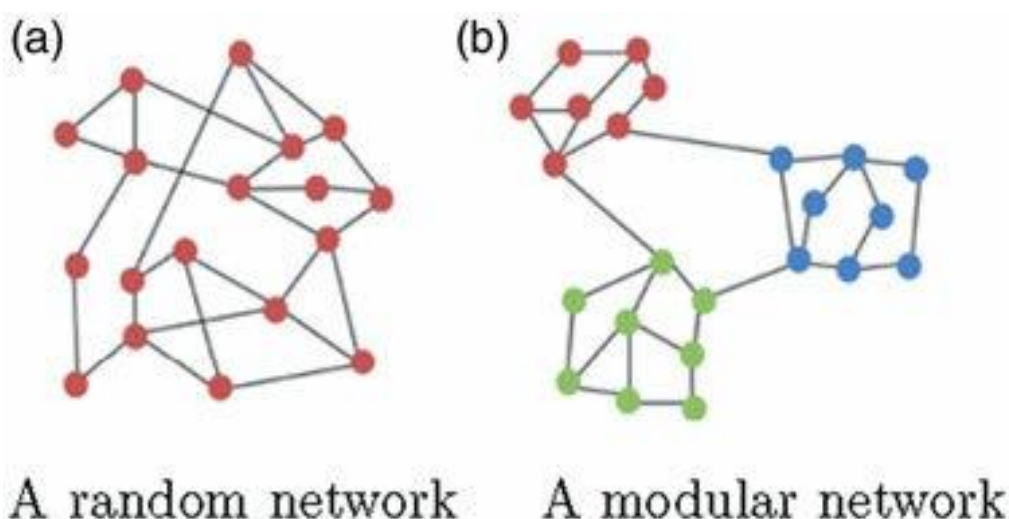
ΕΙΚΟΝΑ 62 : Γράφημα μετρήσεων οξυγόνωσης του αίματος για χρήστη με καρδιολογικά προβλήματα

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι ο εξυπηρετητής Meta-FBBPS δεν διαπιστώνει μετρήσεις για το χρήστη εκτός του κατώτερου ορίου που εξατομικευμένα έχει καθορίσει στο 75% για το δεδομένο άτομο. Κατά συνέπεια η λειτουργία κρίνεται φυσιολογική, οπότε σε αυτή την περίπτωση στο τερματικό του χρήστη θα αποσταλεί ένα μήνυμα notification : «Οι μετρήσεις του επιπέδου οξυγόνου στο αίμα είναι εντός των φυσιολογικών ορίων.». Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, είναι αυτονόητο ότι ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να βλέπει τα γραφήματα μέσω επιλογής που θα δίνεται από το interface της εφαρμογής.

5.2. Τελικά Συμπεράσματα σχετικά με την Αρχιτεκτονική

Σε αυτήν τη διπλωματική εργασία αναπτύξαμε μια αρχιτεκτονική η οποία εκμεταλλεύεται τα δεδομένα Προσωπικών Φακέλων Υγείας, διαμορφωμένα από κατάλληλη εφαρμογή ΠΦΥ στην οποία ο εκάστοτε χρήστης εισάγει προσωπικά δεδομένα, δεδομένα ιστορικού και δεδομένα από καταμετρικές συσκευές, και μέσω εξυπηρετητών πραγματοποιείται η αποθήκευση τους σε βάση δεδομένων, η επεξεργασία και η μετα-επεξεργασία, με τελικό στόχο την αποστολή ειδοποιήσεων στο χρήστη σχετικά με τα αποτελέσματα και τις ενέργειες που ενδεχομένως να πρέπει να πραγματοποιήσει. Η ανάλυση και ο σχεδιασμός αυτής της αρχιτεκτονικής είχε ως θεμελιώδη προϋπόθεση την ευσταθή και γρήγορη λειτουργία του δικτύου, με άμεση αντιμετώπιση κάθε είδους σφάλματος ή/και πρόληψη για την αποφυγή τους και με την βέλτιστη δυνατή επικοινωνία κάθε εξυπηρετητή με κατάλληλα διαμορφωμένες διεργασίες και μηνύματα. Όλα αυτά πετυχαίνονται από τη στιγμή που η αρχιτεκτονική μας χαρακτηρίζεται από τους εξής όρους : “Modularity”, “Scalability” και “Expandability”.

Ο όρος “Modularity” («Αρθρωτότητα», δηλαδή κάτι σε αρθρωτή μορφή) αποτελεί χαρακτηριστικό μέτρο της δομής των δικτύων και σχεδιάστηκε με σκοπό τη μέτρηση της δύναμης του διαχωρισμού ενός δικτύου σε τμήματα (modules). Τα δίκτυα με υψηλό modularity έχουν πυκνές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων σε ένα τμήμα, αλλά αραιές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων σε διαφορετικά τμήματα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται παράδειγμα δικτύου με τυχαίες συνδέσεις και παράδειγμα δικτύου διαχωρισμένο σε modules.



ΕΙΚΟΝΑ 63 : Σύγκριση δικτύων με (a) πολύ χαμηλό και (b) πολύ υψηλό modularity [168]

Το Modularity χρησιμοποιείται συχνά σε μεθόδους βελτιστοποίησης για την ανίχνευση της δομής ενός τμήματος στα δίκτυα, ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί ότι υφίσταται όριο ανάλυσης και, επομένως, δεν είναι σε θέση να εντοπίσει πολύ μικρά modules.

Ο όρος “Scalability” («Κλιμακωσιμότητα», δηλαδή που έχει δυνατότητα κλιμάκωσης) είναι ένα χαρακτηριστικό που περιγράφει την ικανότητα μιας διαδικασίας, δικτύου, λογισμικού ή οργανισμού να αναπτύσσεται και να διαχειρίζεται αυξημένη ζήτηση. Ένα σύστημα, επιχείρηση ή λογισμικό που έχει δυνατότητα να κλιμακωθεί έχει ένα πλεονέκτημα σε σχέση με συστήματα που δεν μπορούν να κλιμακωθούν, επειδή είναι πιο προσαρμόσιμο στις μεταβαλλόμενες ανάγκες ή απαιτήσεις των χρηστών ή των πελατών του. Η δυνατότητα κλιμάκωσης είναι συχνά ένα σημάδι σταθερότητας και ανταγωνιστικότητας, καθώς σημαίνει ότι το δίκτυο, το σύστημα, το λογισμικό ή ο οργανισμός είναι έτοιμος να αντιμετωπίσει την εισροή ζήτησης, αυξημένη παραγωγικότητα, μεταβαλλόμενες ανάγκες και ακόμη και παρουσία ή εισαγωγή νέων ανταγωνιστών.

Ο όρος “Expandability” («Επεκτασιμότητα») είναι ένα χαρακτηριστικό ενός συστήματος που καθορίζει κατά πόσο μπορεί το σύστημα αυτό να αυξήσει την ικανότητά του (capability) διατηρώντας ή αυξάνοντας τον χρόνο απόκρισης και την απόδοση του. Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να υποστηρίξει προσθήκες στην χωρητικότητα και τις δυνατότητές του. Από την μία, στην κατηγορία του υλικού (hardware) αναφέρεται στη δυνατότητα αύξησης ή βελτίωσης σκληρών δίσκων και μνήμης. Από την άλλη, στην κατηγορία του λογισμικού (software) αναφέρεται στη δυνατότητα υποστήριξης περισσότερων χρηστών του δικτύου, επιτρέποντας, για παράδειγμα, μεγαλύτερο αριθμό επισκεπτών σε έναν ιστότοπο.

Έχοντας εξηγήσει τους 3 όρους, μπορούμε ασφαλώς να πούμε ότι η αρχιτεκτονική που αναπτύχθηκε ικανοποιεί αυτά τα χαρακτηριστικά, καθώς :

- είναι διαχωρισμένο σε τμήματα κατάλληλα συνδεδεμένα, μέσω των εξυπηρετητών και των συνδέσεων τους που πραγματοποιούνται από τις διεργασίες και τα μηνύματα
- έχει δυνατότητα κλιμάκωσης ώστε να υποστηρίξει νέα δεδομένα και περισσότερες επεξεργασίες δεδομένων με προσθήκη καινούργιων FBBs
- μπορεί να επεκταθεί, μέσω των πρωτοκόλλων Monitoring, ώστε να ανταποκρίνεται σε πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών, χωρίς να υπάρχουν απώλειες μηνυμάτων.

Κατά συνέπεια, με βάση τις ανωτέρω σχεδιαστικές αρχές, η αρχιτεκτονική για την υλοποίηση του επεξεργαστικού περιβάλλοντος ιατρικών δεδομένων είναι βελτιστοποιημένη και μπορεί να επεκταθεί σε χρήση μικρού, μεσαίου ή ακόμη και μεγάλου αριθμού χρηστών. Ο τρόπος δομής της διασφαλίζει ότι κάθε εξυπηρετητής λειτουργεί ανεξάρτητα χωρίς να επιβαρύνει με τη λειτουργία του τους υπόλοιπους εξυπηρετητές, παρέχοντας μία συνολική διεργασία (service) προς τον τελικό χρήστη. Η επεκτασιμότητα της αρχιτεκτονικής ενδεχομένως να αφορά, σε μελλοντικό χρόνο, και τη χρήση αυτοματοποιημένων τηλε-ιατρικών υπηρεσιών, οι οποίες με βάση τα αναλυόμενα ιατρικά δεδομένα για κάθε χρήστη, προβαίνουν σε άμεσες ενέργειες στον χρόνο, για την προσφορά ιατρικής φροντίδας. Η προσθήκη ενός τέτοιου εξυπηρετητή σε ένα σύστημα, όπως αυτό που αναλύθηκε στην παρούσα εργασία, θα μπορούσε να φανεί ιδιαίτερα σημαντική για ανθρώπους οι οποίοι πάσχουν από χρόνια νοσήματα τα οποία απαιτούν διαρκή παρακολούθηση καθ’ όλη τη διάρκεια μίας ημέρας. Επιπρόσθετα, η παρακολούθηση τους συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση των παρεχόμενων επιπέδων ιατρικής φροντίδας, ειδικότερα για ηλικιωμένα άτομα τα οποία λόγω συνθηκών διαβίωσης δεν μπορούν να έχουν διαρκή φροντίδα και παρακολούθηση (επιμέλεια καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας από συνοδό/φροντιστή). Η παρακολούθηση των ιατρικών δεδομένων που προτείνεται, μπορεί να επεκταθεί σε συνεχή παρακολούθηση εφόσον ο ιατρικός εξοπλισμός που απαιτείται είναι μικρής κλίμακας και η χρήση του δεν επιβαρύνει τον χρήστη στην άσκηση των καθημερινών δραστηριοτήτων του.

6. Βιβλιογραφία - References

- [1] Europe's Information Society, <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-area/information-society>
- [2] Ηλεκτρονική Διακυβέρνηση στην υγεία, <https://docplayer.gr/107332817-Ηλεκτρονικι-diakyvernisi-stin-ygeia.html>
- [3] Information Society and Health: Linking European Policies, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/information-society-and-health-linking-european-policies>
- [4] Ευρωπαϊκή Επιτροπή Προτυποποίησης, CEN/TC25/WG1/N8. Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών, Σπύρος Δευτεραίος/LSD_PC/TELEMED/DOCS/HEATH/VARIOUS/HIF.DOC, <http://asclepion.mpl.uoa.gr/>
- [5] Ηλεκτρονικός Φάκελος Ασθενών – Παρουσίαση του Παθολογικού Ιατρικού Φακέλου 3.x <https://itechnews.gr/σχετικά-με-τον-ηλεκτρονικό-φάκελο-ασθ/ηλεκτρονικός-φάκελος-ασθενών-παρουσ/>
- [6] Electronic Health Records, <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi>
- [7] Hendrickson G, Anderson RK, Clayton PD, Cimino J, Hripesak GM, Johnson SB, et al. The integrated academic information management system at Columbia-Presbyterian Medical Center. MD Comput. 1992;9:35-42
- [8] Tang P.C., Ash J.S., Bates D.W., Overhage J.M. and Sands D.Z.. Personal health records: definitions, benefits, and strategies for overcoming barriers to adoption. Journal of the American Medical Informatics Association, 13(2), 121-126, 2006.
- [9] U.S. Department of Health and Human Services. Personal Health Records and Personal Health Record Systems. A Report Recommendation from the National Committee on Vital and Health Statistics, Washington D.C., February 2006.
- [10] Groen P.J., Goldstein D. and Nasuti J. Personal Health Record (PHR) Systems: An evolving challenge to HER systems. Available at: <http://www.hoise.com/vmw/07/articles/vmw/LV-VM-08-07-26.html>
- [11] Win K.T., Susilo W. and Mu Y. Personal Health Record Systems and their security protection. Journal of Medical Systems, 30, 309-315, 2006.
- [12] Alberta Health Services. Engaging the Patient in Healthcare: An overview of Personal Health Record Systems and Implications for Alberta, White Paper.
- [13] Markle Institute, Connecting for Health: The Personal Health Working Group, 2003. Available at : http://www.connectingforhealth.org/resources/final_phwg_report1.pdf
- [14] Markle Foundation, Connecting for Health: A Public-Private Collaborative, The Personal Health Working Group, Final Report, 2003

- [15] Health Level Seven: An application protocol for electronic data exchange in healthcare environments. Version 2.1 1990. Chicago, Ill.: Health Level Seven, Inc.
- [16] Hammond, W.E. 1991. Health Level 7: An application standard for electronic medical data exchange. *Topics in Health Record Management* 11:59-66.
- [17] DICOM PS3.1 2020b - Introduction and Overview, Scope and Field of Application, http://dicom.nema.org/medical/dicom/current/output/chtml/part01/chapter_1.html#sect_1.1
- [18] Picture archiving and communication system (PACS), https://en.wikipedia.org/wiki/Picture_archiving_and_communication_system
- [19] Transmission Control Protocol, https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol
- [20] Internet Protocol, https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol
- [21] Kahn, Charles E.; Carrino, John A.; Flynn, Michael J.; Peck, Donald J.; Horii, Steven C. (September 2007). "DICOM and Radiology: Past, Present, and Future". *Journal of the American College of Radiology*. 4 (9): 652–657. [https://www.jacr.org/article/S1546-1440\(07\)00322-5/fulltext](https://www.jacr.org/article/S1546-1440(07)00322-5/fulltext)
- [22] Implementation of ICD, <https://www.who.int/classifications/icd/implementation/en/>
- [23] College of American Pathologists, <https://www.cap.org>
- [24] WONCA, Global Family Doctor, <https://www.globalfamilydoctor.com>
- [25] Benson T. Why general practitioners use computers and hospital doctors do not-Part 2: scalability. *BMJ* 2002; 325: 1090-1093
- [26] Nation Health System, England, <https://www.england.nhs.uk>
- [27] Data Protection Policy, <https://www.england.nhs.uk/publication/data-protection-policy/>
- [28] Computer Misuse Act 1990, <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1990/18/contents>
- [29] Meggitt, G. (2008). *Taming the Rays: a history of radiation and protection*. ISBN 1409246671.
- [30] Einthoven, W., Fahr, G., & de Waart, A. (1913). On the direction and manifest size of the variations of the potential in the human heart on the from of the electrocardiogram. *P_uger's Arch. f. d. ges. Physiol.*, 50, 275-315, 1913. (English Translation by Hoff, H. E., & Sekelj, P. (1950). *Amer. Heart J.*, 40, 163-193).
- [31] Berger, H. (1929). *Uber das Elektrenkephalogramm des Menschen (On the EEG in humans)*. *Arch Psychiatr Nervenkr*, 87, 527-70.
- [32] Adrian, E. D., & Bronk, D. W., (1929). The discharge of impulsed in motor nerve fibers II, The freequency of discharge in reflex and voluntary contractions. *J Physiol*, 67, 119-151.

- [33] PQRST Complex Wave,
https://www.researchgate.net/figure/PQRST-Complex-Wave-5_fig2_313082848
- [34] Non-communicable diseases, World Health Organization,
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- [35] The World health report: chapter 1, today's challenges.
[<http://www.who.int/whr/2003/en>]. Geneva, World Health Organization
- [36] Alberti G: Noncommunicable diseases: tomorrow's pandemics. Bulletin of the World Health Organization 2001, 79:906-1004.
- [37] World Health Organisation: Diet, Nutrition and the prevention of Chronic Diseases. In Technical report Series 916 Geneva, World Health Organization; 2003.
- [38] This month's special theme: Tobacco. Bulletin of the World Health Organization 2000, 78:866-948.
- [39] Kenchaiah S, Evans JC, Levy D, Wilson PM, Benjamin EJ, Larson MG, Kannel WB, Vasan RS: Obesity and the risk of heart failure. N Engl J Med 2002, 347:305-313.
- [40] The World Bank: Sustainable development in a dynamic world. In World development Report 2003 The World Bank, Washington, DC; 2003.
- [41] Eichelberg M, Aden T, Riesmeier J, Dogac A, Laleci G: A Survey and Analysis of Electronic Healthcare Record Standards. ACM Comput Surv 37(4):277–315, 2005
- [42] Thamer M. Alenazi and Ahmad A. Alhamed. 2015. A Middleware to Support HL7 Standards for the Integration between Healthcare Applications. IEEE conference on Healthcare Informatics (ICHI).
DOI= <https://doi.org/10.1109/ICHI.2015.93>
- [43] Health Level Seven <http://www.hl7.org> Accessed online: 9/27/2017
- [44] HL7 FHIR: An Agile and RESTful Approach to Healthcare Information Exchange
Duane Bender, P.Eng. Dept. Electrical and Computer Eng. Technology Mohawk College Hamilton, ON, L8N 3T2, Canada, Kamran Sartipi, PhD, P.Eng. Dept. Electrical, Computer, and Software Eng. University of Ontario Institute of Technology Oshawa, ON, L1H 7K4
- [45] Standards in Medical Informatics, <https://slideplayer.com/slide/3227913/>
- [46] <http://hl7-watch.blogspot.com/2011/03/rise-and-fall-of-hl7.html>
- [47] FHIR: Fast healthcare interoperability resources.
<http://hl7.org/implement/standards/fhir> [20 Feb 2013].
- [48] R. T. Fielding. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. PhD thesis, University of California, Irvine, 2000.
- [49] <https://www.hl7.org/FHIR/2013Jan/resources.htm>

- [50] Create, Read, Update and Delete :
https://en.wikipedia.org/wiki/Create,_read,_update_and_delete
- [51] Horiil, Steven C. et al. "DICOM: an introduction to the standard." The meeting material 1994
- [52] Prior, FW. Specifying DICOM compliance for modality interfaces. Report prepared under contract DAMD17-93-M-4464, U.S. Army Medical Research and Development Command.
- [53] ACR–NEMA Committee. Digital imaging and communications. ACR–NEMA standards publication no 300–1988. Washington DC: National Electrical Manufacturers Association
- [54] Bidgood Jr, W. D., and Steven C. Horii. "Introduction to the ACR-NEMA DICOM standard." Radiographics 12.2 (1992): 345-355.
- [55] Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), NEMA Publications, "DICOM Standard", 2008, available at: <ftp://medical.nema.org/medical/dicom/2008/>
- [56] Mustra, Mario, Kresimir Delac, and Mislav Grgic. "Overview of the DICOM standard." 2008 50th International Symposium ELMAR. Vol. 1. IEEE, 2008
- [57] M.O. Güld, M. Kohlen, D. Keysers, H. Schubert, B.B. Wein, J. Bredno, T.M. Lehmann, "Quality of DICOM header information for image categorization", Proceedings of SPIE, Vol. 4685, Medical Imaging 2002: PACS and Integrated Medical Information Systems, May 2002, pp. 280-287
- [58] https://www.researchgate.net/figure/ICD-Revision-organizational-structure_fig1_277564182
- [59] « ΠΡΟΤΥΠΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ ΑΣΘΕΝΗ », Κωτσάκης Π. , Νικολαΐδου Ε.
- [60] "ICD-10: Are You Ready?" , Jonathan Rubenstein
- [61] Understanding the ICD-10 Code Structure, Health Network Solutions
<https://www.healthnetworksolutions.net/index.php/understanding-the-icd-10-code-structure>
- [62] Development of the ICD-10 simplified version and field test, Wansa Paoin, Maliwan Yuenyongsuwa, Yukiko Yokobori
- [63] Rare diseases in ICD-11: making rare diseases visible in health information systems through appropriate coding. Aymé S. Bellet B. Rath A.
- [64] "ICD-11 Timeline". who.int. Archived from the original on 5 May 2019.
<https://www.who.int/classifications/icd/revision/timeline/en/>
- [65] "World Health Assembly Update, 25 May 2019" (Press release). Geneva, Switzerland: WHO. 25 May 2019. Archived from the original on 30 July 2019.
<https://www.who.int/news-room/detail/25-05-2019-world-health-assembly-update>
- [66] WHO (2018). "ICD-11: Classifying disease to map the way we live and die". www.who.int.
<https://web.archive.org/web/20180620014204/https://www.who.int/health-topics/international-classification-of-diseases>

- [67] "Challenges of Implementing Picture Archiving and Communication System in Multiple Hospitals: Perspectives of Involved Staff and Users" Khajouei R, Jahromi ME, Ameri A.
- [68] "Spaced radiology: encouraging durable memory using spaced testing in pediatric radiology." Morin CE, Hostetter JM, Jeudy J, Kim WG, McCabe JA, Merrow AC5, Ropp AM, Shet NS, Sidhu AS, Kim JS.
- [69] "Non-contrast-enhanced magnetic resonance imaging for visualization and quantification of endovascular aortic prosthesis, their endoleaks and aneurysm sacs at 1.5 T." Salehi Ravesh M, Langguth P, Pfarr JA, Schupp J, Trentmann J, Koktzoglou I, Edelman RR, Graessner J, Greiser A, Hautemann D, Hennemuth A, Both M, Jansen O, Hövener JB, Schäfer JP.
- [70] FAQs". Health Level Seven International. Retrieved 10 August 2017. <http://www.hl7.org/about/FAQs/index.cfm>
- [71] "CDA® Release 2". Health Level Seven International. Retrieved 10 August 2017. http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=7
- [72] HL7 Attachment Supplement Specification Release 2 Version 3.5"
- [73] D'Amore, JD; Sittig, DF; Ness, RB (May 2012). "How the continuity of care document can advance medical research and public health". *American Journal of Public Health*. 102 (5): e1–4. doi:10.2105/AJPH.2011.300640. PMC 3483927.
- [74] Standard Specification for Continuity of Care Record (CCR) (Active standard). ASTM International. 2012. doi:10.1520/E2369-12. ASTM E2369 - 12. <https://www.astm.org/Standards/E2369.htm>
- [75] Continuity of Care Record: The Concept Paper of the CCR (Report). American Society for Testing and Materials. 2013.
- [76] Ferranti, Jeffrey M.; Musser, R. Clayton; Kawamoto, Kensaku; Hammond, W. Ed (May–June 2006). "The Clinical Document Architecture and the Continuity of Care Record: A Critical Analysis". *Journal of the American Medical Informatics Association*. 13 (3): 245–252. doi:10.1197/jamia.M1963. PMC 1513652.
- [77] Trotter, Fred; Uhlman, David (2011). "Chapter 10. Interoperability". *Getting to Meaningful Use and Beyond*. O'Reilly Media. ISBN 978-1-4493-0502-4. Archived from the original on 3 September 2011.
- [78] Kibbe, David C. (19 June 2008). "Untangling the Electronic Health Data Exchange". *e-CareManagement Blog*. Better Health Technologies, LLC.
- [79] "Machine Learning textbook". www.cs.cmu.edu . Retrieved 2020-05-28.
- [80] "Paraphrasing Arthur Samuel (1959), the question is: How can computers learn to solve problems without being explicitly programmed?" in Koza, John R.; Bennett, Forrest H.; Andre, David; Keane, Martin A. (1996). *Automated Design of Both the Topology and Sizing of Analog Electrical Circuits Using Genetic Programming*. *Artificial Intelligence in Design '96*. Springer, Dordrecht. pp. 151–170. doi:10.1007/978-94-009-0279-4_9.

- [81] Ethem Alpaydin (2020). Introduction to Machine Learning (Fourth ed.). MIT. pp. xix, 1–3, 13–18. ISBN 978-0262043793.
- [82] "The Elements of AI". University of Helsinki. Dec 2019. Retrieved 7 April 2020.
- [83] "Readmissions-Reduction-Program," 2017. [Online]. Available at : <https://www.cms.gov/Medicare/Medicare-Fee-for-Service-Payment/AcuteInpatientPPS/Readmissions-Reduction-Program.html> [Access 10-Feb2018].
- [84] K. J. Verhaegh, J. L. MacNeil-Vroomen, S. Eslami, S. E. Geerlings, S. E. de Rooij, and B. M. Buurman, "Transitional Care Interventions Prevent Hospital Readmissions For Adults With Chronic Illnesses," *Health Aff.*, vol. 33, no. 9, pp. 1531–1539, Sep. 2014
- [85] J. Futoma, J. Morris, and J. Lucas, "A comparison of models for predicting early hospital readmissions," *J. Biomed. Inform.*, vol. 56, pp. 229–238, Aug. 2015.
- [86] D. Kansagara et al., "Risk prediction models for hospital readmission: A systematic review," *JAMA - J. Am. Med. Assoc.*, vol. 306, no. 15, pp. 1688–1698, Oct. 2011
- [87] «Using Electronic Health Records and Machine Learning to Make Medical-Related Predictions from Non-Medical Data» Stavros Pitoglou, Yiannis Koumpouros, Athanasios Anastasiou, 2018 International Conference on Machine Learning and Data Engineering (ICMLDE)
- [88] N. Cristianini and J. Shawe-Taylor, *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [89] L. Peterson, "K-nearest neighbor," *Scholarpedia*, vol. 4, no. 2, p.1883, 2009
- [90] H. Zhang, "The Optimality of Naive Bayes," *Proc. Seventeenth Int. Florida Artif. Intell. Res. Soc. Conf. FLAIRS 2004*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2004.
- [91] D. Hosmer, S. Lemeshow, and R. X. Sturdivant, "Model-Building Strategies and Methods for Logistic Regression," in *Applied Logistic Regression*, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005, pp. 91–142.
- [92] D. Ravi et al., "Deep Learning for Health Informatics," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 21, no. 1, pp. 4–21, Jan. 2017
- [93] Y. Bengio, "Learning Deep Architectures for AI," *Found. Trends® Mach. Learn.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–127, 2009.
- [94] F. J. Valverde-Albacete and C. Peláez-Moreno, "100% classification accuracy considered harmful: The normalized information transfer factor explains the accuracy paradox," *PLoS One*, vol. 9, no. 1, 2014.
- [95] Tate AR, Martin AGR, Ali A, Cassell JA (2011) "Using free text information to explore how and when GPs code a diagnosis of ovarian cancer: an observational study using primary care records of patients with ovarian cancer." *BMJ Open* 1: e000025. doi:10.1136/bmjopen-2010-000025

- [96] Pakhomov S, Buntrock J, Chute CG (2005) Prospective recruitment of patients with congestive heart failure using an ad-hoc binary classifier. *J Biomed Inform* 38: 145–153. doi:10.1016/j.jbi.2004.11.016.
- [97] Pakhomov S, Hemingway H, Weston S, Jacobsen S, Rodeheffer R, et al. (2007) Epidemiology of angina pectoris: Role of natural language processing of the medical record. *Am Heart J* 153: 666–673. doi:10.1016/j.ahj.2006.12.022.
- [98] DeLisle S, South B, Anthony JA, Kalp E, Gundlapalli A, et al. (2010) Combining free text and structured electronic medical record entries to detect acute respiratory infections. *PLoS One* 5: e13377. doi:10.1371/journal.pone.0013377.
- [99] Friedman C, Shagina L, Lussier Y, Hripcsak G (2004) Automated encoding of clinical documents based on natural language processing. *J Am Med Inform Assoc* 11: 392–402. doi:10.1197/jamia.M1552.
- [100] Savova GK, Ogren PV, Duffy PH, Buntrock JD (2008) Mayo clinic NLP system for patient smoking status identification. *J Am Med Inform Assoc* 15: 25–28. doi:10.1197/jamia.M2437
- [101] Clark C, Good K, Jezierny L, Macpherson M, Wilson B, (2008) Identifying smokers with a medical extraction system. *J Am Med Inform Assoc* 15: 36–39. doi:10.1197/jamia.M2442
- [102] Pakhomov S, Shah N, Hanson P, Balasubramaniam S, Smith SA (2008) Automatic quality of life prediction using electronic medical records. *AMIA Annu Symp Proc*. pp545-549.
- [103] Ginter F, Suominen H, Pyysalo S, Salakoski T (2009) Combining hidden Markov models and latent semantic analysis for topic segmentation and labeling: Method and clinical application. *Int J Med Inform* 78: 1–6. doi:10.1016/j.ijmedinf.2009.02.003.
- [104] Li Y, Lipsky Gorman S, Elhadad N (2010) Section classification in clinical notes using supervised hidden Markov model. In: *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*. pp 744–750.
- [105] Aronson AR, Bodenreider O, Demner-Fushman D, Fung KW, Lee VK, et al. (2007) From indexing the biomedical literature to coding clinical text: experience with mti and machine learning approaches. In: *Proceedings of the Workshop on Biological, Translational, and Clinical Language Processing*. pp 105–112.
- [106] Crammer K, Dredze M, Ganchev K, Talukdar PP, Carroll S (2007) Automatic code assignment to medical text. In: *Proceedings of the Workshop on Biological, Translational, and Clinical Language Processing*. pp 129–136.
- [107] Suominen H, Ginter F, Pyysalo S, Airola A, Pahikkala T, et al. (2008) Machine learning to automate the assignment of diagnosis codes to free-text radiology reports: a method description. In: *Proceedings of the ICML/UAI/COLT Workshop on Machine Learning for Health-Care Applications*.
- [108] Rosales R, Krishnamurthy P, Rao RB (2007) Semi-supervised active learning for modeling medical concepts from free text. In: *Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Applications*. pp 530–536.

- [109] Rosales R, Farooq F, Krishnapuram B, Yu S, Fung G (2010) Automated identification of medical concepts and assertions in medical text. In: Proceedings of the American Medical Informatics Association Annual Symposium. pp 682–686.
- [110] General Practice Research Database (2011) The General Practice Research Database. URL <http://www.gprd.com/home/> Accessed 2011 Dec 22.
- [111] Herrett E, Thomas SL, Schoonen WM, Smeeth L, Hall AJ (2010) Validation and validity of diagnoses in the General Practice Research Database: a systematic review. *Br J Clin Pharmacol* 69: 4–14. doi:10.1111/j.13652125.2009.03537.x.
- [112] NHS Information Centre (2011) The Read Codes. URL <http://www.connectingforhealth.nhs.uk/systemsandservices/data/uktc/readcodes> Accessed 2011 Dec 22.
- [113] Marchand M, Shawe-Taylor J (2002) The set covering machine. *J Mach Learn Res* 3: 723–746.
- [114] Sindhwani V, Keerthi SS (2006) Large scale semi-supervised linear SVMs. In: Proceedings of the 29th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval 477–484.. URL <http://vikas.sindhwani.org/svmlin.html> Accessed 2011 Dec 22.
- [115] “The freetext matching algorithm: a computer program to extract diagnoses and causes of death from unstructured text in electronic health records”, Anoop D Shah, Carlos Martinez & Harry Hemingway, *BMC Medical Informatics and Decision Making* volume 12, Article number: 88 (2012) <https://bmcmidinformedecismak.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6947-12-88>
- [116] “Extracting Diagnoses and Investigation Results from Unstructured Text in Electronic Health Records by Semi-Supervised Machine Learning”, Zhuoran Wang, Anoop D. Shah, A. Rosemary Tate, Spiros Denaxas, John Shawe-Taylor, Harry Hemingway
- [117] “Understanding The 5Vs Of Big Data” By Shanawaz sheriff <https://acuvate.com/blog/understanding-the-5vs-of-big-data/>
- [118] “80 Percent of Your Data Will Be Unstructured in Five Years” Posted on March 28, 2019 by Timothy King in Best Practices, <https://solutionsreview.com/data-management/80-percent-of-your-data-will-be-unstructured-in-five-years/>
- [119] Eagle N, Pentland A. Reality mining: sensing complex social systems. *Pers Ubiquit Comput* 2006; 10: 255–68.
- [120] Using big data for non-communicable disease surveillance, *Lancet Diabetes Endocrinol* 2017 Published Online November 13, 2017 Available at : [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587\(17\)30372-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30372-8)
- [121] Karpati T, Cohen-Stavi CJ, Leibowitz M, Hoshen M, Feldman BS, Balicer RD. Towards a subsiding diabetes epidemic: trends from a large population-based study in Israel. *Popul Health Metr* 2014; 12: 32.

- [122] Saeb S, Zhang M, Karr CJ, et al. Mobile phone sensor correlates of depressive symptom severity in daily-life behavior: an exploratory study. *J Med Internet Res* 2015; 17: e175.
- [123] Althoff T, Sosic R, Hicks JL, King AC, Delp SL, Leskovec J. Large-scale physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature* 2017; 547: 336–39.
- [124] Walsh JA, Topol EJ, Steinhubl SR. Novel wireless devices for cardiac monitoring. *Circulation* 2014; 130: 573–81.
- [125] Murdoch TB, Detsky AS. The inevitable application of big data to health care. *JAMA* 2013; 309: 1351–52.
- [126] European Commission. Shaping the digital single market. 2017. Accessed April 18, 2017 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-single-market>
- [127] UN Development Group. UNDG guidance note on big data for achievement of the 2030 agenda: data privacy, ethics and protection. New York, NY: UN Development Group, 2017.
- [128] Weiskopf NG, Weng C. Methods and dimensions of electronic health record data quality assessment: enabling reuse for clinical research. *J Am Med Inform Assoc* 2013; 20: 144–151
- [129] Afzal Z, Engelkes M, Verhamme KM, et al. Automatic generation of case-detection algorithms to identify children with asthma from large electronic health record databases. *Pharmacoepidemiol Drug Saf* 2013; 22: 826–833.
- [130] Nissen F, Morales DR, Mullerova H, et al. Concomitant diagnosis of asthma and COPD: a quantitative study in UK primary care. *Br J Gen Pract* 2018; 68: e775–e782.
- [131] How to validate a diagnosis recorded in electronic health records, Francis Nissen, Jennifer K. Quint, Daniel R. Morales, Ian J. Douglas, *Breathe* 2019; 15: 64–68
- [132] Brenner H, Gefeller O. Use of the positive predictive value to correct for disease misclassification in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol* 1993; 138: 1007–1015.
- [133] Herrett E, Thomas SL, Schoonen WM, et al. Validation and validity of diagnoses in the General Practice Research Database: systematic review. *Br J Clin Pharmacol* 2010; 69: 4–14.
- [134] Donahue JG, Weiss ST, Goetsch MA, et al. Assessment of asthma using automated and full-text medical records. *J Asthma* 1997; 34: 273–281.
- [135] Wu ST, Sohn S, Ravikumar KE, et al. Automated chart review for asthma cohort identification using natural language processing: an exploratory study. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2013; 111: 364–369.
- [136] Quint JK, Müllerova H, DiSantostefano RL, et al. Validation of chronic obstructive pulmonary disease recording in the Clinical Practice Research Datalink (CPRD-GOLD). *BMJ Open* 2014; 4: e005540.
- [137] Nissen F, Morales DR, Mullerova H, et al. Validation of asthma recording in the Clinical Practice Research Datalink (CPRD). *BMJ Open* 2017; 7: e017474.

- [138] Afzal Z, Schuemie MJ, van Blijderveen JC, et al. Improving sensitivity of machine learning methods for automated case identification from free-text electronic medical records. *BMC Med Inform Decis Mak* 2013; 13: 30.
- [139] Edgren G, Hjalgrim H, Tran TN, et al. A populationbased binational register for monitoring long-term outcome and possible disease concordance among blood donors and recipients. *Vox Sang* 2006; 91: 316–323.
- [140] Hansell A, Hollowell J, McNiece R, et al. Validity and interpretation of mortality, health service and survey data on COPD and asthma in England. *Eur Respir J* 2003; 21: 279–286.
- [141] Andersohn F, Suissa S, Garbe E. Use of first- and second-generation cyclooxygenase-2-selective nonsteroidal antiinflammatory drugs and risk of acute myocardial infarction. *Circulation* 2006; 113: 1950–1957.
- [142] Yang CC, Jick SS, Jick H. Statins and the risk of idiopathic venous thromboembolism. *Br J Clin Pharmacol* 2002; 53: 101–105.
- [143] Jeffreys M, Redaniel MT, Martin RM. The effect of prediagnostic vitamin D supplementation on cancer survival in women: a cohort study within the UK Clinical Practice Research Datalink. *BMC Cancer* 2015; 15: 670.
- [144] “WHAT IS INTEROPERABILITY, AND WHAT ARE THE BENEFITS?”
<https://www.carecloud.com/continuum/what-is-interoperability/>
- [145] American Recovery and Reinvestment Act of 2009,
https://en.wikipedia.org/wiki/American_Recovery_and_Reinvestment_Act_of_2009
- [146] Healthcare Information and Management Systems Society,
https://en.wikipedia.org/wiki/Healthcare_Information_and_Management_Systems_Society
- [147] http://www.sliceware.com/WebHelp/Load_Definition/Definitions/Data_Fields/Data_Fields.htm (Data Fields)
- [148] Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries, New York, NY: 1990.
- [149] HIMSS Dictionary of Healthcare Information Technology Terms, Acronyms and Organizations, 2nd Edition, 2010, Appendix B, p190, original source: HIMSS Electronic Health Record Association.
- [150] Private HIEs and Interoperability: New Connections Demand New Approach,
<https://hitconsultant.net/2014/04/15/private-hies-and-interoperability-new-connections-demand-new-approach/#.XuMtUdrVKUI>
- [151] “What is the Continuum of Care?” by Erica Mitchell,
<http://blog.eoscu.com/blog/what-is-the-continuum-of-care>
- [152] HL7 Version 3 Product Suite,
https://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=186

- [153] Cloud Gaming Latency Analysis: OnLive and StreamMyGame Delay Measurement, <https://www.iis.sinica.edu.tw/~swc/onlive/onlive.html>
- [154] OSI model, https://en.m.wikipedia.org/wiki/OSI_model
- [155] How to implement circular buffer video recording in C#, http://www.camera-sdk.com/p_54-how-to-implement-circular-buffer-video-recording-in-c-onvif.html
- [156] <https://el.wikipedia.org/wiki/TLS> , <https://el.wikipedia.org/wiki/SSL>
- [157] Packet switching, https://en.wikipedia.org/wiki/Packet_switching
- [158] Time to live (TTL), https://en.wikipedia.org/wiki/Time_to_live
- [159] ping (networking utility), [https://en.wikipedia.org/wiki/Ping_\(networking_utility\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ping_(networking_utility))
- [160] What is IP-SLA (Cisco)? - Definition from WhatIs.com, <https://whatis.techtarget.com/definition/IP-SLA-Cisco>
- [161] Using telnet to Test Open Ports, <https://www.acronis.com/en-us/articles/telnet/>
- [162] About WMI, <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/wmisdk/about-wmi>
- [163] Non-communicable diseases and their risk factors, STEPwise approach to surveillance (STEPS), <https://www.who.int/ncds/surveillance/steps/en/>
- [164] What is Unified Modeling Language (UML), <https://www.visual-paradigm.com/guide/uml-unified-modeling-language/what-is-uml/>
- [165] Domain Architectures: Models and Architectures for UML Applications, D. Duffy, 2004, <https://www.wiley.com/en-us/Domain+Architectures%3A+Models+and+Architectures+for+UML+Applications-p-9780470020647>
- [166] Large-Scale Software Architecture: A Practical Guide using UML, J. Garland, R. Anthony, 2003, <https://www.wiley.com/en-us/Large+Scale+Software+Architecture%3A+A+Practical+Guide+using+UML-p-9780470856383>
- [167] Visual Paradigm v16.2 Help online, <https://www.visual-paradigm.com>
- [168] Municipally Owned Enterprises as Danger Zones for Corruption? How Politicians Having Feet in Two Camps May Undermine Conditions for Accountability, Andreas Bergh, Gissur Erlingsson, Anders Gustafsson & Emanuel Wittberg, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10999922.2018.1522182>