



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανασκόπηση πρωτοκόλλων ανταλλαγής ιατρικών  
δεδομένων και κλινικών συστημάτων υποστήριξης λήψης  
απόφασης, με εφαρμογή σε Point of Care και mHealth  
συσκευές**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Θεοδώρου Γ. Αλέξανδρος

**Επιβλέπων :** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2019





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Ανασκόπηση πρωτοκόλλων ανταλλαγής ιατρικών  
δεδομένων και κλινικών συστημάτων υποστήριξης λήψης  
απόφασης, με εφαρμογή σε Point of Care και mHealth  
συσκευές**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Θεοδώρου Γ. Αλέξανδρος

**Επιβλέπων :** Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

.....  
Δ. – Δ. Κουτσούρης  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Π. Τσανάκας  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....  
Γ. Ματσόπουλος  
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2019

.....

Θεοδώρου Αλέξανδρος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Θεοδώρου Αλέξανδρος, 2019.  
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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



# Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανασκόπηση μερικών τεχνολογιών σχετικά με την υγεία. Αρχικά κάνουμε μια εισαγωγή για το ρόλο της υγείας σε μια κοινωνία και πως μπορούμε μέσω της αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών να αναπτύξουμε αποδοτικότερες και πιο ευέλικτες υπηρεσίες. Αναφερόμαστε σε πεδία όπως η κινητή υγεία η οποία εξελίσσεται ραγδαία μέσω της εκμετάλλευσης των έξυπνων τηλεφώνων και άλλων Point-of-care συσκευών, που έχουν μπει στην καθημερινότητα των ασθενών αντικαθιστώντας τις παραδοσιακές μεθόδους για διαγνωστικές εξετάσεις, που γίνονταν σε νοσοκομειακούς χώρους.

Φυσικά για να μπορέσουμε να διαχειριστούμε και να εκμεταλλευτούμε στο έπακρο τα δεδομένα που μας προσφέρουν αυτά τα συστήματα είναι επιβεβλημένη η ανάγκη δημιουργίας ενός ηλεκτρονικού αρχείου υγείας. Κάτι που παρουσιάζουμε στη συνέχεια με ιστορικές αναφορές στα πρώτα συστήματα, αλλά και πως περιμένουμε αυτά να αναπτυχθούν στα επόμενα χρόνια. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε κλινικά συστήματα υποστήριξης απόφασης τα οποία μπορούν να εκμεταλλευτούν όλα αυτά τα δεδομένα από τα αρχεία ηλεκτρονικής υγείας για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων και για την καθοδήγηση του κλινικού ιατρού σε συμβουλές, εκτιμήσεις ή συστάσεις για ένα συγκεκριμένο ασθενή.

Η απαίτηση για επικοινωνία και μεταφορά δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων δημιούργησε την ανάγκη για εφαρμογή προτύπων και πρωτοκόλλων. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με το πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων HL7 και τις διάφορες εκδόσεις του, με παραδείγματα και συγκρίσεις μεταξύ τους. Τέλος παρουσιάζουμε μια βιβλιοθήκη που μπορούν να εκμεταλλευτούν οι προγραμματιστές για αξιοποίηση αυτού του πρωτοκόλλου αλλά και μια πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης.

Λέξεις Κλειδιά: Κινητή Υγεία, Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης, Ηλεκτρονικό Αρχείο Υγείας, CDSS, HL7, FHIR, EHR, mHealth, SMART, HAPI

# Abstract

This presentation, of thesis, aim to review some of the technologies related with the Health files/data. To start with, the introduction explains the health's role within a society and how it is possible to develop new technologies that will increase the efficiency and accessibility of the current services. To be more specific, the mHealth, which is dramatically evolving via exploiting the advantages of smartphones, and other Point-of-Care devices, that had been introduced in the everyday life of the patients replacing the traditional methods of diagnostic examinations of hospitals.

By all means, to reach the level of fully being able to manage and benefit from the data that such systems produce, it is required to create a new Electronic Health Record. In the presentation, not only a historical report of the first systems will be showed, but also, how the system's development is expected to be in the future years. Furthermore, more details are set for the Clinical Decision Support Systems used in the sector of Electronic Health Records, addressing the potential of improving the decision making of the medical doctors as for giving advices and recommendations to a specific patient.

The requirement for communication and data transfer between different information systems issued the need for the application of standards and protocols. In this thesis topic, the data transmission protocol HL7 and its different versions, through comparison and examples act as the focal point with. Finally, a library will be presented enabling other developers to benefit from the protocol among with a platform to develop health care applications.

Key Words: Electronic Health Record, Clinical Decision Support System, CDSS, HL7, FHIR, EHR, mHealth, SMART, HAPI

# Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019 υπό την επίβλεψη του κ. Δημήτριου Κουτσούρη, καθηγητή του Ε.Μ.Π. της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεσή της, δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και χρήσιμο θέμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Ιωάννη Κουρή, μεταδιδακτορικό συνεργάτη του εργαστηρίου βιοϊατρικής τεχνολογίας, για την συνεχώς διαθέσιμη βοήθεια και τη καθοδήγηση που παρείχε. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω κυρίως τους γονείς μου αλλά και όσους ήταν δίπλα μου για τη βοήθεια και την στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.



# Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract .....	6
Ευχαριστίες.....	7
<b>Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή</b> .....	<b>11</b>
1.1 Εισαγωγή.....	11
1.2 mHealth.....	12
1.3 POC.....	14
<b>Κεφάλαιο 2: EHR</b> .....	<b>18</b>
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Κατάσταση των EHRs το 1992.....	18
2.2.1 Χρήση EHR το 1992 .....	21
2.2.2 Συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων .....	22
2.2.3 Η ανάγκη για πρότυπα.....	23
2.2.4 Ανταλλαγή δεδομένων και δίκτυα .....	23
2.3 Χρήση και Εξέλιξη των EHRs σήμερα.....	24
2.3.1 Νέα λειτουργικότητα και χρήση .....	25
2.3.2 Αντιμετώπιση εμποδίων για βέλτιστη χρήση των EHRs.....	28
2.4 Συμπεράσματα και σκέψεις.....	29
2.4.1 Προσδοκίες και υλοποίηση των EHRs το 1992.....	29
2.4.2 Που αναμένεται να υπάρξουν EHR τα επόμενα 25 χρόνια.....	31
<b>Κεφάλαιο 3: CDSS</b> .....	<b>35</b>
3.1 Εισαγωγή.....	35
3.2 Τύποι CDSS .....	36
3.3 Διαδικασία κλινικής λήψης απόφασης .....	36
3.4 Επίλυση προβλημάτων μέσω CDSS .....	38
3.5 Δομή των κλινικών συστημάτων υποστήριξης απόφασης.....	42
3.5.1 Άξονες πλαισίου .....	43
3.5.2 Άξονες γνώσης .....	44
3.5.3 Άξονες υποστήριξης απόφασης .....	45
3.5.4 Άξονες παροχής πληροφοριών.....	47

3.5.5 Δείκτες επιτυχίας ενός CDSS.....	48
3.6 Παραδείγματα CDSS συστημάτων στην πράξη .....	51
3.6.1 IBM Micromedex .....	51
3.6.2 IndiGO .....	52
3.6.3 Elsevier Clinical Decision Support .....	54
3.6.4 DXplain .....	54
3.6.5 PKC .....	55
3.6.6 Isabel .....	56
3.7 Συμπεράσματα.....	58
<b>Κεφάλαιο 4: Πρωτόκολλα Ανταλλαγής Ιατρικών Δεδομένων.....</b>	<b>60</b>
4.1 Εισαγωγή.....	60
4.2 HL7 .....	61
4.2.1 HL7 Κανόνες κωδικοποίησης.....	63
4.2.2 HL7 Προϊόντα του HL7 .....	65
4.3 HL7 FHIR .....	67
4.3.1 HAPI FHIR .....	69
4.3.2 SMART on FHIR .....	72
<b>Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα και σκέψεις.....</b>	<b>76</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>78</b>

## Περιεχόμενα Εικόνων

<b>Εικόνα 1.1:</b> Ροή μεταφοράς δεδομένων για την επικοινωνία γιατρού ασθενή με χρήση εφαρμογών mHealth.....	12
<b>Εικόνα 1.2:</b> Συσκευή CoaguChek XS Pro system από την Roche Diagnostics για τη μέτρηση του INR .....	15
<b>Εικόνα 1.3:</b> Η PICCOLO XPRESS της Abaxis .....	16
<b>Εικόνα 1.4:</b> Συσκευή rocH-100i της Sysmex .....	17
<b>Εικόνα 3.1:</b> Διαδικασία εξαγωγής γνώσης σε ένα ευφυές σύστημα υποστήριξης απόφασης για ασθενείς με ΙΦΠΕ. ....	37
<b>Εικόνα 3.2:</b> Παράδειγμα δέντρου απόφασης εξαγόμενο από δεδομένα διαβητικών ασθενών. ....	40
<b>Εικόνα 3.3:</b> Στιγμιότυπο οθόνης του γραφικού περιβάλλοντος εργασίας του χρήστη IndiGO.....	53
<b>Εικόνα 3.4:</b> Το μοντέλο λειτουργίας του ΡΚC.....	55
<b>Εικόνα 3.5:</b> Αρχική σελίδα της Isabel .....	57
<b>Εικόνα 3.6:</b> Παράθυρο Γνώσης Αμιάντωσης.....	58
<b>Εικόνα 4.1:</b> Η έννοια της διαλειτουργικότητας .....	61
<b>Εικόνα 4.2:</b> Τα επτά επίπεδα του προτύπου OSI. ....	62
<b>Εικόνα 4.3:</b> Παράδειγμα "Resources" ενός ασθενή με χρήση FHIR προτύπου.....	68
<b>Εικόνα 4.4:</b> Ανάλυση από μια συμβολοσειρά .....	71
<b>Εικόνα 4.5:</b> Κωδικοποίηση των δεδομένων.....	71
<b>Εικόνα 4.6:</b> Αποτελέσματα Εικόνας 4.5 .....	71
<b>Εικόνα 4.7:</b> SMART on FHIR κάνει χρήση του OAuth2 για πρόσβαση. ....	72
<b>Εικόνα 4.8:</b> SMART on FHIR εφαρμογές στο HIMSS14 .....	74

## Περιεχόμενα Πινάκων

<b>Πίνακας 2.1:</b> Κατάσταση των EHRs το 1992 και το 2015 .....	19
<b>Πίνακας 2.2:</b> Προσδοκίες από το 1992 για τα EHRs σήμερα και η πραγματικότητα. ....	30

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

Ο χώρος της υγείας αποτελεί εδώ και αρκετά χρόνια πεδίο έρευνας και εφαρμογής νέων τεχνολογικών επιτευγμάτων. Η ανάγκη για δημιουργία ενός λειτουργικού και ευέλικτου συστήματος υγείας, ικανού να υπηρετεί τις ανάγκες των πολιτών χωρίς ωστόσο να απαιτούνται υπέρογκα ποσά, αποτέλεσε την κινητήριου δύναμη για την επιβολή αλλαγών. Έγινε γρήγορα αντιληπτό ότι η αναμενόμενη λειτουργικότητα θα ήταν εφικτή μέσω της αξιοποίησης των νέων τεχνολογιών. Η σταδιακή διείσδυση τους θα ήταν ικανή να βελτιώσει τον τομέα της υγείας επιδρώντας θετικά τόσο για τους ασθενείς όσο και για το ιατρικό προσωπικό καθώς και το κοινωνικό σύνολο. Οι νέες τεχνολογίες προσφέρουν νέες υπηρεσίες και δυνατότητες στο χώρο της υγείας που στο σύνολο τους διευκολύνουν τις διαδικασίες και βελτιώνουν την παρεχόμενη ποιότητα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης.

Η υγεία ανέκαθεν αποτελούσε μείζον θέμα για κάθε κοινωνία ενώ κατά γενική ομολογία αποτελεί δείκτη ευημερίας και εξέλιξης ενός κοινωνικού συνόλου. Η ανάγκη για την βελτίωση της έγινε ιδιαίτερος εμφανής τα τελευταία χρόνια καθώς νέες προσπάθειες και ερευνητικά προγράμματα έλαβαν μέρος προκειμένου να δοθεί τέλος σε χρόνια προβλήματα που αντιμετώπιζε ο χώρος της υγείας και παράλληλα να βελτιωθούν τα επίπεδα διαβίωσης των ανθρώπων.

Κατά κύριο λόγο τα προβλήματα αφορούσαν θέματα αποθήκευσης, διαχείρισης και αξιοποίησης πληροφοριών. Τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών τα προηγούμενα χρόνια δεν ήταν επαρκώς καταγεγραμμένα. Πολλές φορές μάλιστα ήταν διάσπαρτα σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων αλλά και σε χειρόγραφες σημειώσεις. Η έλλειψη μιας κεντρικής βάσης δεδομένων θα επέτρεπε έναν πιο ευέλικτο τρόπο διαχείρισης των πληροφοριών. Ζητήματα όπως η έλλειψη συγκεκριμένης ορολογίας και πρωτοκόλλων για ασθένειες και θεραπείες ήταν επίσης μείζονος ενδιαφέροντος όπως επίσης και η αδυναμία-δυσκολία πρόσβασης σε προσωπικά ιατρικά δεδομένα του ασθενή από τον ίδιο τον ασθενή και από το ιατρικό προσωπικό.

Παράλληλα η έλλειψη φροντίδας σε άτομα που ζουν σε απομονωμένες περιοχές, η αδυναμία υποστήριξης του συνολικού ποσού των ασθενών με τις υπάρχοντες υποδομές, η αδυναμία παρακολούθησης των ασθενών ιδιαίτερα αυτών με χρόνια προβλήματα, τα υπέρογκα χρηματικά ποσά που ήταν προαπαιτούμενο για την κάλυψη του συνόλου των ασθενών, οι λανθασμένες συνταγογραφήσεις καθώς και δεκάδες απάτες σε ιατροφαρμακευτικό υλικό αποτέλεσαν ορισμένα από τα προβλήματα στα οποία έπρεπε να δοθούν λύσεις .

Μια τέτοια προσπάθεια ήταν ευνόητο ότι θα απαιτούσε πολύ μεγάλες προσπάθειες και πρωτοβουλίες προκειμένου να γίνει ένα συνολικό και οργανωμένο σύστημα μέσω του οποίου θα

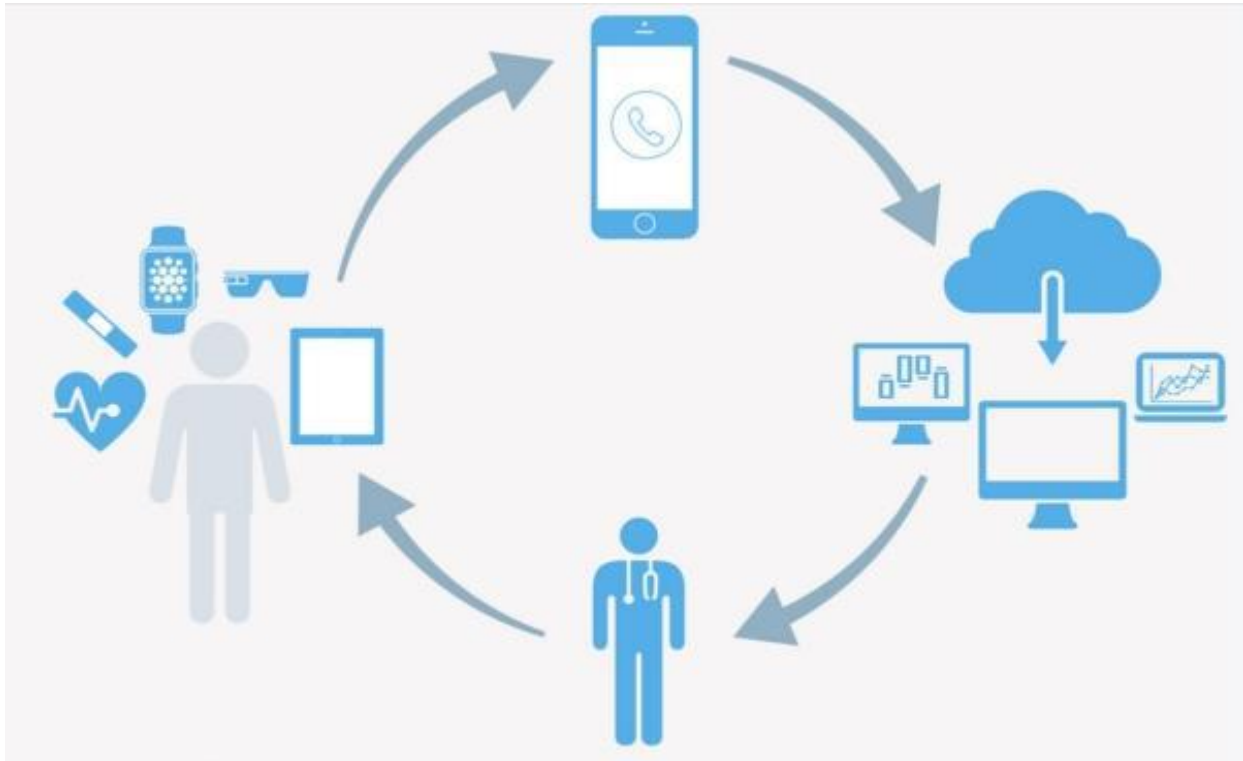
εξυπηρετούνται οι ανάγκες των πολιτών. Νέες υπηρεσίες και τεχνολογίες έπρεπε να συνδράμουν για την επίτευξη του στόχου.

Η ανάγκη για ανάπτυξη αποδοτικών και ευέλικτων υπηρεσιών υγείας προϋποθέτει την αξιοποίηση των νέων τεχνολογικών ανακαλύψεων, των οποίων οι δυνατότητες φαίνεται πως είναι συνεχώς όλο και περισσότερες

Η ροή των γεγονότων δεν αφήνει αμφιβολία ότι οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες για την παροχή φροντίδας με την υποστήριξη της κινητής τεχνολογίας θα συνεχίσουν να εξελίσσονται βελτιώνοντας τις διαδικασίες. Μια νέα εποχή όπου ο τομέας της υγείας συνδυάζεται αναπόσπαστα με τις τεχνολογικές εξελίξεις έχει ήδη δημιουργηθεί και συνεχίζει να εξελίσσεται ανεμπόδιστα.

## 1.2 mHealth

Η κινητή υγεία, ή διαφορετικά mHealth, είναι ένας τομέας που αναπτύχθηκε ως ένας κλάδος της ηλεκτρονικής υγείας (e-Health). Λόγο του ότι πρόκειται για ένα καινούριο και γρήγορα εξελισσόμενο πεδίο, δεν έχει υπάρξει ένας συγκεκριμένος ορισμός για το mHealth. Ωστόσο το American Health Information Management Association (AHIMA) ορίζει το mHealth ως :



**Εικόνα 1.1:** Ροή μεταφοράς δεδομένων για την επικοινωνία γιατρού ασθενή με χρήση εφαρμογών mHealth[3]

“ Την χρήση συσκευών όπως smartphones ή tablet στην πρακτική της ιατρικής, και το κατέβασμα εφαρμογών σχετικών με την υγεία ή «εφαρμογές» ... [για] να βοηθήσουν τη ροή των πληροφοριών μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας και ... να βελτιώσουν την επικοινωνία, ειδικά μεταξύ των απόμων και των κλινικών γιατρών. ”[1].

Η γραμματέας της υγείας και Πρόνοιας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής<sup>2</sup>, Kathleen Sibelius, στην ομιλία της στο συνέδριο mHealth το 2011 στη Washington είπε πως «Το mHealth είναι η μεγαλύτερη επανάσταση της τεχνολογίας στην εποχή μας αποτελώντας εθνική μας πρόκληση». Οι mHealth εφαρμογές βρίσκουν εφαρμογή[2], στην συλλογή ιατρικών πληροφοριών, στην αποστολή ιατρικών πληροφοριών μεταξύ ασθενών και ιατρικού προσωπικού, στην παρακολούθηση της εξέλιξης του ασθενή σε πραγματικό χρόνο, στην εξ αποστάσεως διάγνωση των ασθενών, στην άμεση παροχή ιατρικών συμβουλών μέσω κινητής τηλεϊατρικής, στην επισκόπηση και ανάλυση δεδομένων σε περιπτώσεις επιδημίας, στην ιατρική εκπαίδευση καθώς και σε πολλά άλλα ζητήματα ιατρικού χαρακτήρα.

Με την χρήση προηγμένων συστημάτων τεχνολογίας όπως είναι τα smart-watches, συσκευές μέτρησης βιοσημάτων στο ανθρώπινο σώμα καθώς και smartphones, tablets, οι εφαρμογές mHealth γεφυρώνουν το χάσμα ανάμεσα σε ασθενή και γιατρό, επιτρέποντας μια συνεχόμενη επικοινωνία μεταξύ τους χωρίς να βρίσκονται απαραίτητα στον ίδιο χώρο. Στην εικόνα 1.1 φαίνεται ο μηχανισμός με τον οποίο επιτυγχάνεται η επικοινωνία γιατρού/ασθενή μέσω μιας συνεχόμενης ανατροφοδότησης πληροφοριών (feedback).

Η ταχεία ανάπτυξη και εξάπλωση των εφαρμογών mHealth στον ιατρικό κλάδο, έχει δημιουργήσει ένα μεγάλο εύρος ευκαιριών για την παροχή υπηρεσιών υγείας προς τους ασθενείς αλλά και προς τους ίδιους τους παρόχους. Στην εξάπλωση και εξέλιξη του mHealth βοήθησε η ανάπτυξη της τεχνολογίας καθώς οι παλιότερα ογκώδεις υπολογιστικές συσκευές, έχουν μετατραπεί σε ευέλικτες και μικροσκοπικές συσκευές, ικανές να μετακινηθούν και να προσφέρουν πρόσβαση σε πληροφορίες ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές.

Ενώ το mHealth έχει ευρεία εφαρμογή σε ανεπτυγμένες χώρες με βασικό στόχο την μείωση των κρατικών εξόδων για ιατροφαρμακευτική περίθαλψη[4], τα τελευταία χρόνια σημαντική άνοδος φαίνεται να υπάρχει και στις αναπτυσσόμενες χώρες λόγω της διάδοσης την κινητής τεχνολογίας. Στις αναπτυσσόμενες χώρες σε αντίθεση με τις ανεπτυγμένες η κινητήριος δύναμη είναι η δυνατότητα για πρόσβαση στην υγεία. Φαίνεται λοιπόν ότι διεθνώς αποτελεί αναμφισβήτητο ένα διογκούμενο τομέα που συνεχώς κερδίζει έδαφος παγκοσμίως και όχι τοπικά.

Σημαντική πτυχή της Κινητής Υγείας είναι η συμβολή της σε μία πιο ισότιμη πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη, παρέχοντας λύσεις σε ανθρώπους που κατοικούν σε δυσπρόσιτες περιοχές και χώρες του αναπτυσσόμενου κόσμου. Δύναται επίσης να διευκολύνει την πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας και σε άτομα με αναπηρίες.

Παρά τις ραγδαίες εξελίξεις που υπέστη η υγεία τα τελευταία χρόνια λόγω του mHealth , σήμερα εντοπίζονται αρκετά εμπόδια που δυσκολεύουν την παγκόσμια εξάπλωση της. Ένα βασικό πρόβλημα που εμφανίζεται είναι το κόστος της υλοποίησης mHealth εφαρμογών καθώς και των τεχνολογιών που απαιτούνται για την υποστήριξη των εφαρμογών. Αυτό το κόστος είναι πολλές φορές απαγορευτικό ιδίως για ασθενής οικονομικά χώρες. Εκτός όμως αυτού, εμπόδιο είναι και

οι ίδιοι οι πάροχοι υγείας οι οποίοι διστάζουν να δοκιμάσουν νέες τεχνολογίες και καινοτόμες ιδέες, αλλάζοντά τις καθιερωμένες διαδικασίες.

### 1.3 POC

Τα Point of Care συστήματα χρησιμοποιούνται για διαγνωστικές εξετάσεις στο περιβάλλον του ασθενούς, αντικαθιστώντας κάποιες από τις παραδοσιακές διαγνωστικές μεθόδους που γίνονται σε μικροβιολογικά εργαστήρια και νοσοκομειακούς χώρους. Επίσης, με τα συστήματα Point of Care μπορεί να επιτευχθεί σημαντική πρόοδος στην νοσοκομειακή περίθαλψη, με παροχή πιο αξιόπιστων, και ευρέως προσβάσιμων υπηρεσιών σε σχετικά χαμηλό κόστος[5]. Η χρήση των συστημάτων Point-of-care αυξάνει την πιθανότητα ότι ο ασθενής, ο γιατρός και η ομάδα φροντίδας θα λάβουν τα διαγνωστικά αποτελέσματα πιο γρήγορα, το οποίο επιτρέπει την άμεση λήψη αποφάσεων όσον αφορά την κλινική διαχείριση που πρέπει να γίνει[7]. Μελλοντικά προβλέπεται καλύτερη συνδεσιμότητα όσον αφορά τη συνεργασία των μερών (σημείο περίθαλψης, εργαστήριο, νοσοκομειακό πληροφοριακό σύστημα) όπου πραγματοποιούνται εξετάσεις σε επίπεδο point-of-care, αλλά και ελαχιστοποίηση της επεμβατικότητας στην περίθαλψη.

Ορισμένες από τις ήδη υπάρχουσες συσκευές point-of-care χρησιμοποιούνται για παράδειγμα στη μέτρηση[6]:

- των επίπεδων γλυκόζης στο αίμα και τη διαχείριση του διαβήτη
- των αερίων (pH, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>), των ηλεκτρολυτών (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>), των μεταβολιτών (Glucose, Lactate, Creatinine, Bilirubin), και της οξύμετρίας (ctHb, sO<sub>2</sub>, FO<sub>2</sub>Hb, FCOHb, FMetHb, FHbF) στο αίμα.
- της αιμοσφαιρίνης και τον έλεγχο για την ύπαρξη αναιμίας και για την καταλληλότητα των αιμοδοτών
- λευκών αιμοσφαιρίων για την διάγνωση βακτηριακών λοιμώξεων και τη συνταγογράφηση αντιβιοτικών
- της μικροαλβουμίνης στα ούρα για τη διάγνωση νεφροπαθειών, την φροντίδα των εγκύων, και τον έλεγχο της υπέρτασης

Τα Point-of-care συστήματα συνήθως είναι χειρός και φορητά (π.χ., μετρητή σακχάρου στο αίμα, η συσκευή νεύρων μελέτη αγωγιμότητας) αλλά μπορεί να έχουν την μορφή ενός πακέτου δοκιμών (π.χ., CRP, HbA<sub>1c</sub>, ομοκυστεΐνη, προσδιορισμός των σιελογόνων HIV, κλπ.). Μικροί αναλυτές πάγκου ή σταθερός εξοπλισμός μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί όταν μια φορητή συσκευή δεν είναι διαθέσιμη. Ο στόχος τους είναι να συλλέγουν το δείγμα ώστε να ληφθούν τα αποτελέσματα σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και κοντά στην τοποθεσία του ασθενούς.

Κατά την διαγνωστική με point-of-care συσκευές, ωστόσο, συναντάμε και κάποιες δυσκολίες, όπως οργανωτικές, λειτουργικές ή τεχνικές. Για αυτόν τον λόγο, είναι απαραίτητο το προσωπικό που διαχειρίζεται τα point-of-care συστήματα να είναι εκπαιδευμένο και οι μέθοδοι που

χρησιμοποιούνται για την φροντίδα των ασθενών να είναι πιστοποιημένες. Επίσης, είναι αναγκαίος ο έλεγχος των σημείων παροχής των εν λόγω διαγνωστικών εξετάσεων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συστημάτων point of care τους οποίους αναλύουμε στη συνέχεια [8-11]:

- a) **Ποιοτικές δοκιμές που κάνουν χρήση δοκιμαστικής ταινίας** Οι δοκιμές αυτού του είδους κάνουν διάκριση θετικών και αρνητικών αποτελεσμάτων. Το σήμα λαμβάνεται από τον χρήστη είτε με απλή απεικόνιση είτε με οπτική ανίχνευση χρησιμοποιώντας μια απλή συσκευή απεικόνισης. Οι ταινίες αποτελούνται από μια πορώδη μήτρα αναμεμειγμένη με αντιδραστήρια. Το δείγμα (π.χ. αίμα, ούρα) τοποθετείται επάνω στην ταινία οπότε και ξεκινά αντίδραση καθώς αυτό διαβρέχει την ταινία.
  
- b) **Ποσοτικές δοκιμές που κάνουν χρήση δοκιμαστικής ταινίας** Σε αυτή την κατηγορία, η ανάλυση λαμβάνει χώρα στην εκάστοτε δοκιμαστική ταινία. Το μόνο που απαιτείται από το χρήστη είναι να διαβάσει το αποτέλεσμα από την ταινία όπου έχει ήδη γίνει η αντίδραση. Οι ταινίες είναι μιας χρήσης. Συσκευές αυτού του τύπου είναι οι μετρητές γλυκόζης. Με τέτοιες δοκιμές γίνονται επίσης μετρήσεις που αφορούν το Διεθνή Ομαλοποιημένο Δείκτη (International Normalized Ratio – INR). Ο δείκτης αυτός μετρά την ικανότητα πήξης του αίματος, και μετράτε ειδικά μετά τη χορήγηση αντιπηκτικών. Μετρήσεις για αυτό το δείκτη αυτό μπορούν να γίνουν είτε στο γραφείο του γιατρού είτε από τον ίδιο τον ασθενή στο σπίτι του. Οι μετρητές του δείκτη αυτού παίρνουν ολικό αίμα μέσω τσιμπήματος στο δάχτυλο. Μια σύγχρονη συσκευή για τη μέτρηση του INR είναι η CoaguChek XS Pro system από την Roche Diagnostics.(Εικόνα 1.2).



**Εικόνα 1.2:** Συσκευή CoaguChek XS Pro system από την Roche Diagnostics για τη μέτρηση του INR



- c) **Φασματοφωτομετρία** Η συγκεκριμένη κατηγορία έχει εφαρμογή στην κλινική χημεία. Μια τέτοια συσκευή είναι η PICCOLO XPRESS της Abaxis (Εικόνα 1.3). Η συσκευή αυτή κάνει χρήση των αρχών φωτομετρίας ώστε να παρακολουθεί τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε ειδικές κυψελίδες, που βρίσκονται στον ειδικό δίσκο επάνω στον οποίο τοποθετείται το δείγμα προς εξέταση. Τα αποτελέσματα τυπώνονται μέσω του ενσωματωμένο εκτυπωτή.



Εικόνα 1.3: Η PICCOLO XPRESS της Abaxis

- d) **Πολυκαναλικοί αιματολογικοί αναλυτές** Οι αναλυτές αυτοί χρησιμοποιούν συνήθεις τεχνικές προσαρμοσμένες στις ανάγκες των συστημάτων Point of Care. Ένα παράδειγμα είναι η συσκευή rocH-100i της Sysmex (Εικόνα 1.4), η οποία χρησιμοποιεί σύστημα υδροδυναμικής εστίασης, σύμφωνα με την οποία, κύτταρα εξαναγκάζονται να περάσουν διαμέσου πολύ λεπτής διατομής (της τάξης των μικρομέτρων), προκαλώντας διαταραχές στην πορεία μιας δέσμης laser. Οι διαταραχές μετρούνται με ειδικά όργανα. Επειδή είναι δύσκολη η κατασκευή τόσο λεπτών διατομών, κατασκευάζονται διατομές διαμέτρου εκατοντάδων μικρομέτρων, εντός των οποίων δημιουργείται ροή ενός υγρού (sheath fluid) μέσα στο οποίο εγχέεται το δείγμα. Αν το δείγμα και το υγρό έχουν διαφορετικές πυκνότητες ή ταχύτητες δεν αναμειγνύονται.



**Εικόνα 1.4:** Συσκευή pocH-100i της Sysmex

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, οι εξελίξεις στη διάγνωση της POC ενισχύθηκαν από διάφορες τάσεις, συμπεριλαμβανομένης της μικρογράφισης τεχνικών αναλυτικής χημείας και γονιδιωματικής [12], μεγάλης κλίμακας ενσωμάτωσης των δυνατοτήτων διαχείρισης ρευστών με μια αναλογία προς τη μικροηλεκτρονική [14] και τις παγκόσμιες εφαρμογές υγείας [13]. Τα τελευταία χρόνια, η πιο σημαντική δύναμη για τη διάγνωση POC ήταν η άνοδος των καταναλωτικών ηλεκτρονικών ειδών και των συνδεδεμένων συσκευών. Στη σημερινή εποχή, το οικοσύστημα POC είναι πιο ποικίλο από ποτέ άλλοτε (Σχήμα 1), μια έκπληξη για ένα πεδίο που θα μπορούσε κάποια μέρα να αλλάξει ουσιαστικά την απόδοση της υγειονομικής περίθαλψης σε ολόκληρο τον κόσμο.

Φυσικά για να γίνει αυτό πρέπει να εκμεταλλευτούμε στο έπακρο τις δυνατότητες που μας προσφέρουν τα POC συστήματα δημιουργώντας ένα ηλεκτρονικό αρχείο υγείας (EHR) όπου θα μπορούμε να αποθηκεύουμε και να διαχειριζόμαστε όλα αυτά τα δεδομένα που μας παρέχουν. Έτσι στη συνέχεια μέσω αυτών να μπορούμε να πράξουμε καλύτερα αποτελέσματα και να βελτιώσουμε τις συνθήκες υγειονομικής περίθαλψης. Κάτι που θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, όπου αναλύουμε το EHR και τις δυνατότητες που μας προσφέρει.

# Κεφάλαιο 2

## EHR

### 2.1 Εισαγωγή

Η μετάφραση αρχαίων αιγυπτιακών ιερογλυφικών επιγραφών και παπύρων από το 1.600-3.000 π.Χ. δείχνει τη χρήση ιατρικών αρχείων. Ωστόσο, τα ιατρικά αρχεία σε χαρτί δεν χρησιμοποιήθηκαν σταθερά μέχρι το 1900-1920. Τα ιατρικά αρχεία, ο ιατρικός πίνακας και τα αρχεία υγείας είναι διάφοροι όροι που χρησιμοποιούνται για να το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς. Τα τελευταία χρόνια, οι ιατρικές πληροφορίες ενός ασθενούς περιλαμβάνουν πληροφορίες για την υγεία και τον τρόπο ζωής πέρα από απλώς ιατρικές επισκέψεις. Παραδοσιακά, τα αρχεία υγείας γράφονται σε χαρτί, διατηρούνται σε φακέλους χωρισμένα σε τμήματα με βάση τον τύπο τους και μόνο ένα αντίγραφο ήταν διαθέσιμο. Η νέα τεχνολογία υπολογιστών που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1960 και 1970 έθεσε τα θεμέλια για την ανάπτυξη του Ηλεκτρονικού Αρχείου Υγείας (EHR). Η χρήση EHRs όχι μόνο έχει διευκολύνει την ανάγνωση και τη διάθεση των ιατρικών πληροφοριών των ασθενών από σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία στον κόσμο, αλλά άλλαξε και τη μορφή των ιατρικών φακέλων και έτσι άλλαξε την υγειονομική περίθαλψη.

Χιλιάδες δημοσιευμένες μελέτες αναφέρουν την αύξηση της χρήσης των EHRs, την ικανότητα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων (CDSS) για βελτίωση ή μη βελτίωση της διαδικασίας υγειονομικής περίθαλψης ή κλινικών αποτελεσμάτων, μεθόδων αξιολόγησης, εφαρμογής / υιοθεσίας, ταυτοποίησης ασθενών με κλινικές δοκιμές, πολυάριθμων νέων εφαρμογών και ακούσιων συνεπειών. Οι πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένες μελέτες δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του παρόντος εγγράφου και δεν περιλαμβάνονται. Στη συνέχεια θα επικεντρωθούμε στη συνολική κατάσταση και χρήση των EHR το 1992 και στο πώς έχουν εξελιχθεί μέχρι σήμερα. Επίσης θα παρουσιάσουμε τις προσδοκίες για το EHR το 1992 και τι από αυτά έχει υλοποιηθεί, ποια γεγονότα επιταχύνουν ή διαταράσσουν / εκτροχιάζουν την εξέλιξη των EHRs. Τέλος, θα συζητήσουμε την αναμενόμενη κατάσταση των EHRs στα επόμενα 25 χρόνια.

### 2.2 Κατάσταση των EHRs το 1992

Αρχικά, τα EHR αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε αρκετές ακαδημαϊκές μονάδες νοσοκομειακής περίθαλψης και εξωτερικών ιατρείων [15], αλλά καμία δεν περιείχε όλες τις πληροφορίες σε γράφημα και τα περισσότερα EHR σήμερα εξακολουθούν να είναι μια υβριδική

συλλογή μηχανογραφημένων δεδομένων [16, 17] (Πίνακας 2.1). Ορισμένα EHR που αναπτύχθηκαν μεταξύ του 1971 και του 1992 αναπτύχθηκαν με ιεραρχικές ή σχεσιακές βάσεις δεδομένων, γύρω από, ή προστέθηκαν στα συστήματα χρέωσης και προγραμματισμού νοσοκομείων, ενώ άλλα όπως τα COSTAR, PROMIS, TMR και HELP αναπτύχθηκαν ως κλινικά συστήματα για τη βελτίωση της ιατρικής φροντίδας και για χρήση στην ιατρική έρευνα [15, 18-20]. Ενώ ορισμένα EHR αναπτύχθηκαν σε μικροεπεξεργαστές, τα περισσότερα αναπτύχθηκαν αρχικά σε μεγάλους κεντρικούς υπολογιστές και σε κάθε περίπτωση είχαν περιορισμένη μνήμη, πράγμα που απαιτούσε τη χρήση αφαιρούμενων δίσκων ή / και ταινιών για επιπλέον μνήμη για την αποθήκευση δεδομένων, νυχτερινές διακοπές στην υποστήριξη βάσεων δεδομένων και αποκλειστικά ενσύρματα τερματικά. Μόνο μερικά πρώτα EHR επέτρεψαν στον ιατρό να εισάγει συνταγές και σημειώσεις, η εισαγωγή δεδομένων πραγματοποιούνταν μέσω πληκτρολογίων και εστιαζόταν κυρίως σε εργαστηριακές εξετάσεις και ανασκόπηση φαρμάκων [21]. Πολλά από τα πρώτα EHRs είχαν χαρακτηριστικά και λειτουργίες που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα.

**Πίνακας 2.1:** Κατάσταση των EHRs το 1992 και το 2015

<b>EHRs το 1992</b>	<b>Κατάσταση τους</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κυρίως αναπτυγμένες και χρησιμοποιούμενες σε ακαδημαϊκά κέντρα</li> <li>• Υβριδικό χαρτί και ηλεκτρονικά δεδομένα</li> <li>• Ιεραρχικές και σχεσιακές βάσεις δεδομένων Με βάση τα συστήματα χρέωσης και προγραμματισμού, ορισμένα κλινικά συστήματα</li> <li>• Μεγάλα υπολογιστικά συστήματα και μικροϋπολογιστές με περιορισμένη μνήμη</li> <li>• Προσωπικοί υπολογιστές με γραφικά</li> <li>• Καταχώρηση δεδομένων μέσω πληκτρολογίων και ποντικιού</li> <li>• Χρησιμοποιείται σε χώρους νοσηλείας και εξωτερικών υπηρεσιών</li> <li>• Τοπικά δίκτυα και Internet, web-based</li> <li>• Παραλαβή, φαρμακείο, εργαστήριο, μικροβιολογία, χειρουργική επέμβαση, ακτινολογία, αναπνευστική θεραπεία, λοιμώξεις, ακτινολογία, χαρτογράφηση νοσοκόμων, σημειώσεις / συνταγές γιατρών, μετρήσεις ασθενών, διαδικασίες φροντίδας ασθενών, ηλεκτροκαρδιογράφημα, ηχοκαρδιογράφημα</li> <li>• Σάρωση εικόνων</li> <li>• Εκτυπώσεις χαρτιού</li> <li>• Συστήματα υποστήριξη κλινικής απόφασης</li> <li>• Καταχώρηση συνταγών προμηθευτή με ηλεκτρονικό υπολογιστή</li> <li>• Αναφορές φαρμάκων, κλινικά εγχειρίδια, εγχειρίδια της ιατρικής, αναζήτηση βιβλίων</li> <li>• Φαρμακευτική τεκμηρίωση και ηλεκτρονικές υπογραφές</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HL7 / IEEE P1157</li> <li>• Πανεπιστημιακό σύστημα ιατρικής γλώσσας</li> <li>• Διεπαφές ιατρικής συσκευής</li> <li>• Συστήματα αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνιών (PACS)</li> <li>• Δίκτυα ευρείας περιοχής</li> <li>• Δεοντολογικά ζητήματα: ιδιοκτησία δεδομένων, ευθύνη για δεδομένα, συναίνεση κατόπιν ενημέρωσης, ασφάλεια και προστασία της ιδιωτικής ζωής</li> </ul>
<b>EHRs το 2015</b>	<b>Διαφορές</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EHR που χρησιμοποιούνται σε αίθουσες εξετάσεων πρωτοβάθμιας περίθαλψης, από ασφαλιστικές εταιρείες, νοσοκομεία, γηροκομεία, αστέγους, ιδρύματα σωφρονισμού</li> <li>• Ως επί το πλείστον προμηθευτές EHRs</li> <li>• Τα προσωπικά αρχεία υγείας διασυνδέονται με τα EHRs</li> <li>• Κοινή χρήση δεδομένων εντός εγκαταστάσεων με πιο συνηθισμένα πρότυπα</li> <li>• Χαρτογράφηση δεδομένων σε SMOMED &amp; LOINC</li> <li>• Ψηφιακή παθολογία, ψυχική υγεία, εξωτερικά εργαστήρια, ηλεκτρονική συνταγογράφηση, οικογενειακό ιστορικό, γενετική, βιοτράπεζες, βιολογική παρακολούθηση, δημόσια υγεία</li> <li>• Αυξημένη συστημάτων υποστήριξης κλινικής απόφασης</li> <li>• Επεξεργασία φυσικής γλώσσας</li> <li>• Μεγάλα δεδομένα</li> <li>• Κινητές συσκευές</li> <li>• EHR ανοικτού κώδικα</li> <li>• Ψηφιακές ταυτότητες</li> <li>• Αποθήκες δεδομένων για επιχειρήσεις.</li> <li>• Αυξημένη εκπαίδευση EHR</li> <li>• Infobuttons</li> <li>• Cloud computing</li> <li>• Ειδοποιήσεις μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, κινητών τηλεφώνων</li> <li>• Αντιγραφή και επικόλληση; note bloat</li> <li>• Αθέλητες συνέπειες</li> <li>• Διεπαφές με τις ιατρικές βιβλιοθήκες</li> <li>• Τεχνικά ζητήματα που επισκιάζονται από διαδικαστικά, επαγγελματικά, πολιτικά, κοινωνικά και ιδιαίτερα ηθικά ζητήματα και την ανάγκη συμμόρφωσης με τα πρότυπα και την ασφάλεια των πληροφοριών</li> <li>• Σημαντική αύξηση των δημοσιεύσεων που σχετίζονται με τα EHRs</li> </ul>

Δεδομένου ότι οι ανεπάρκειες του χαρτογραφικού υλικού έγιναν όλο και πιο εμφανείς το 1992, το Ινστιτούτο Ιατρικής υποστήριξε τη μετάβαση από τα χαρτογραφημένα ιατρικά ιστορικά σε ένα ηλεκτρονικό ιατρικό ιστορικό. [17]. Ωστόσο, η εκτεταμένη χρήση των EHR καθυστέρησε λόγω του υψηλού κόστους, των λαθών στην είσοδο δεδομένων, την ανεπαρκή αποδοχή των αρχικών ιατρών και την έλλειψη πραγματικών κινήτρων. Ο στόχος της αντικατάστασης ολόκληρου του χαρτογραφικού συστήματος με ένα ηλεκτρονικό αρχείο θεωρήθηκε προβληματικό λόγω του μεγάλου αρχικού κόστους που οδήγησε στην άποψη ότι μόνο βασικά δεδομένα πρέπει να είναι μηχανογραφημένα. Ως αποτέλεσμα, το EHR θα συμπληρώνει και δεν θα αντικαθιστά το αρχείο χαρτιού. Άλλοι επίσης θεώρησαν ότι το κόστος για την εφαρμογή των EHRs για γενικές πρακτικές θα υπερέβαινε κάθε αύξηση της αποτελεσματικότητας, η οποία θα μπορούσε επίσης να επιτευχθεί με την καλύτερη χρήση του χαρτογραφημένου συστήματος [22].

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990, το υλικό έγινε πιο προσιτό, αξιόπιστο και ισχυρό, και η χρήση προσωπικών υπολογιστών, τοπικών δικτύων και του διαδικτύου παρείχε ταχύτερη και ευκολότερη πρόσβαση σε ιατρικές πληροφορίες, έτσι ξεκίνησε η χρήση διαδικτυακών EHRs (web-based EHRs). Ο προσωπικός υπολογιστής παρείχε διεπαφή χρήστη, η οποία έκανε ευκολότερη τη χρήση τους όσο αφορά τα μενού, τις αναδυόμενες λίστες, τα κουμπιά, τη μορφή πολλαπλών σελίδων κλπ. Άλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν είναι οθόνες βοήθειας, λειτουργίες ελέγχου, διαδρομές ελέγχου και εξαγωγή δεδομένων σε στατιστικά πακέτα για αναλύσεις. Ένα πρώτο εμπόδιο για την ευκολία χρήσης ήταν η ανάγκη για φορητούς υπολογιστές αλλά σύντομα έκαναν την εμφάνιση τους φορητοί υπολογιστές όπως laptop, palmtop, notebook [23]

### **2.2.1 Χρήση EHR το 1992**

Η αρχική χρήση των EHR περιλάμβανε επίσης την ανταλλαγή δεδομένων για την επεξεργασία των αξιώσεων και τη σάρωση εικόνων ως μέθοδο λήψης εγγράφων. Κάθε μία από αυτές τις προσπάθειες εξοικονομούσε χρόνο εξαλείφοντας την αρχειοθέτηση, την ανάκτηση χαρτογραφίας και τη φωτοτυπία. Περισσότερη κλινική χρήση άρχισε όταν στον σταθμό εργασίας του ιατρού ενσωματώθηκαν προσωπικοί υπολογιστές με ενσωματωμένα EHR που επέτρεπαν την πρόσβαση σε ιατρικές σημειώσεις, συνταγές, συμβουλές, εργαστηριακά αποτελέσματα, ακτινολογικές μελέτες, άμεσες μετρήσεις ασθενών, αξιολογήσεις και σημειώσεις νοσηλείας, και διαδικασίες φροντίδας ασθενών. Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται με εργαλεία όπως αναφορές φαρμάκων, κλινικά εγχειρίδια, εγχειρίδια της ιατρικής, μηχανές αναζήτησης βιβλίου, σύστημα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων (CDSS) και ηλεκτρονικής επικοινωνίας [24]. Επίσης, τα δεδομένα θα μπορούσαν να παρουσιάζονται σε μια ποικιλία γραφικών μορφών που διευκόλυναν ιδιαίτερα τη διαχείριση ασθενών σε κρίσιμη κατάσταση. Αν και δεν ήταν ευρέως διαδεδομένες, αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν νέες εφαρμογές και λειτουργίες. Για παράδειγμα, οι γιατροί άρχισαν να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά έγγραφα, αλλά πολλοί δεν πίστευαν ότι η μηχανοργάνωση εξοικονομούσε χρόνο, αν και εκτιμούσαν την αξία της για διοικητικές λειτουργίες και για την παραγωγή εκτυπώσεων. Τα δίκτυα των μικροϋπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν για να γράψουν

όλες τις συνταγές εσωτερικών ασθενών που συνδέονταν με ένα EHR. Ενώ αυτό μείωσε σημαντικά τις δαπάνες των ασθενών και το κόστος των νοσοκομείων, τα συστήματα απαιτούσαν περισσότερο χρόνο του ιατρού από ό, τι τα χαρτογραφημένα [25]. Ομοίως, οι αρχικές προσπάθειες καταγραφής των νοσοκόμων απέτυχαν επειδή χρειάστηκαν χρονοβόρες εισόδους χειροκίνητων δεδομένων. Η αυτοματοποιημένη διαχείριση των αρχείων των ασθενών έγινε διαθέσιμη μέσω της ανάπτυξης συστημάτων διαχείρισης δεδομένων ασθενών τα οποία θα μπορούσαν να συνδεθούν με συσκευές παρακολούθησης των κρεβατιών νοσηλείας για την καταγραφή και ερμηνεία των δεδομένων στο EHR. Ορισμένοι συγκεκριμένοι τομείς όπως η εισαγωγή ασθενών, η φαρμακοβιομηχανία, τα εργαστήρια, η χειρουργική επέμβαση, η ακτινολογία, η αναπνευστική θεραπεία και οι μολυσματικές ασθένειες είτε ήταν διασυνδεδεμένοι είτε αναπτύχθηκαν εξ ολοκλήρου εντός των EHRs [26]. Ωστόσο, οι νόμοι εξακολουθούσαν να απαιτούν τα νοσοκομεία και τους επαγγελματίες να λογοδοτούν για την ακρίβεια και την πληρότητα των ιατρικών αρχείων και συνεπώς όλα τα έγγραφα έπρεπε να αναθεωρηθούν και να υπογραφούν. Ενώ οι ρυθμιστικοί οργανισμοί και οι οργανισμοί διαπίστευσης περιορίζουν τον αυτόματο έλεγχο ταυτότητας των ιατρικών αρχείων, οι ηλεκτρονικές υπογραφές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα EHRs [27].

Σύντομα, η χρήση EHRs παρήγαγε τεράστια ποσά δεδομένων για την υγειονομική περίθαλψη, τα οποία βρέθηκαν πολύτιμα για την επιδημιολογική αναθεώρηση. Ωστόσο, η δευτερογενής χρήση των δεδομένων σύντομα διασαφήνισε πόσο πολύτιμα ήταν τα ποιοτικά δεδομένα αυτά για έρευνα και αξιολόγηση. Η χρήση δεδομένων για σκοπούς άλλους από εκείνους για τους οποίους συλλέχθηκαν τα δεδομένα έδειξε ότι τα δεδομένα χαμηλής ποιότητας συχνά οδήγησαν σε σημαντική παραπληροφόρηση και δυνητική βλάβη των ασθενών [28].

## 2.2.2 Σύστημα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων

Αναγνωρίστηκε ότι οι ιατρικές πληροφορίες σε EHRs θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για CDSS που δημιούργησαν ένα νέο σημαντικό τομέα της ιατρικής πληροφορικής. Οι βάσεις γνώσεων άρχισαν να σχεδιάζονται ως ξεχωριστές βάσεις δεδομένων και να χρησιμοποιούνται μέσα στα EHRs. Ορισμένα ακαδημαϊκά EHR συμπεριλάμβαναν βάσεις γνώσεων για την τροφοδοσία λειτουργιών CDSS ενώ λίγα από τα εμπορικά συστήματα το έκαναν το 1992 [17]. Τα πρώιμα CDSS περιλάμβαναν αλλεργίες των φαρμάκων, αντιδράσεις που προκαλούσε η ταυτόχρονη λήψη φαρμάκων και μη φυσιολογικά αποτελέσματα εργαστηριακών εξετάσεων, ενώ καλύπτονταν και άλλες περιοχές [29]. Ως προσπάθεια να επηρεάσει τις αποφάσεις των ιατρών, τα CDSS κατασκευάστηκε με την Physician Order Entry (POE) και απαιτούσε από τους γιατρούς να ανταποκριθούν σε υπενθυμίσεις που δημιουργήθηκαν από το σύστημα για να βελτιώσουν τη συμμόρφωσή τους με τα πρωτόκολλα προληπτικής φροντίδας. Το πρότυπο Arden [30] ήταν μια αρχική προσπάθεια να αποδειχθεί ότι οι κανόνες CDSS θα μπορούσαν να μοιραστούν μεταξύ διαφορετικών νοσοκομειακών μονάδων και μεταξύ EHRs με διαφορετικές βάσεις δεδομένων και λεξικά δεδομένων. Έτσι, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα για CDSS, τονίσθηκαν πολυάριθμες προσπάθειες για την κωδικοποίηση δεδομένων και αποφεύχθηκε η χρήση δεδομένων

"ελεύθερης μορφής" όποτε είναι δυνατόν. Θα μιλήσουμε στο επόμενο κεφάλαιο αναλυτικά για τα CDSS.

### **2.2.3 Η ανάγκη για πρότυπα**

Η αύξηση των εφαρμογών τρίτων που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο των EHR απαιτούσε την ανάπτυξη πρόσθετων και ειδικών διεπαφών. Σύντομα έγινε φανερό ότι απαιτούνται πρότυπα. Μέχρι το 1992, τα Health Level Seven (HL7) και IEEE P1157 [31] χρησιμοποιήθηκαν ως βασικά πρότυπα διασύνδεσης από τοπικά EHRs και πωλητές για τη διασύνδεση με άλλα συστήματα. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης ήταν να μειωθεί η ασάφεια ορισμών δεδομένων. Καθώς άρχισαν να διασυνδέονται αρκετά EHRs με άλλες εφαρμογές, το πρότυπο HL7 εξευγενίστηκε και επεκτάθηκε σε πρόσθετους τομείς και έγινε η πιο πρακτική λύση για τη συσσωμάτωση βοηθητικών συστημάτων όπως εργαστήρια, μικροβιολογία, ηλεκτροκαρδιογραφήματα, ηχοκαρδιογραφήματα και άλλα αποτελέσματα σε ένα κεντρικό EHR. Η ανάγκη για μια συνεκτική μορφή μηνύματος ή σύνταξης αναγνωρίστηκε ως μέρος μόνο του προβλήματος. Η ανάγκη να χρησιμοποιηθούν τυποποιημένες κώδικες λέξεις ήταν επιτακτική, με επικεφαλής την Εθνική Βιβλιοθήκη Ιατρικής η ανάπτυξη του Συστήματος Ιατρικής Γλώσσας (UMLS), που υπενθυμίζει σήμερα ότι τα συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών έρχονται και πηγαίνουν, αλλά τα δεδομένα διαρκούν για πάντα [32].

Τα δεδομένα από ιατρικές συσκευές όπως οι αναπνευστήρες, οι οθόνες κρεβατιών νοσηλείας και οι αντλίες έγχυσης είναι κρίσιμες για τη φροντίδα των ασθενών. Η μη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων από σποραδικές ιατρικές συσκευές δεν ανταποκρίνεται στις ανάγκες των κλινικών ιατρών. Το πρότυπο IEEE P1073 Medical Information Bus (MIB) που αναπτύχθηκε για να διευκολύνει τη διασύνδεση με οποιοδήποτε είδος ιατρικής συσκευής χρησιμοποιήθηκε μόνο από μικρό αριθμό εγκαταστάσεων λόγω της περιορισμένης συμμετοχής των προμηθευτών ιατρικών συσκευών. Ωστόσο, χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία τα συστήματα αρχειοθέτησης εικόνων και επικοινωνιών (PACS) και βρέθηκε ότι βελτιώνουν την πρόσβαση, την αποθήκευση και τη μεταφορά ψηφιακών εικόνων [33]. Σε επόμενο κεφάλαιο θα μιλήσουμε αναλυτικά για τα διάφορα πρότυπα που αναπτύχθηκαν και σε ποια κατάσταση βρισκόμαστε σήμερα.

### **2.2.4 Ανταλλαγή δεδομένων και δίκτυα**

Η κατοχή δεδομένων και η ιδιωτικότητα έγιναν κοινά ζητήματα όταν προγραμματίστηκε η αποθήκευση και ανταλλαγή δεδομένων μέσω δικτύων υπολογιστών. Παρά τις προκλήσεις αυτές, ορισμένα δίκτυα κοινοτικής ενημέρωσης για την υγεία βρισκόνταν σε αναπτυξιακά στάδια ή σε διαφορετικούς βαθμούς λειτουργικότητας, η Σιγκαπούρη ανέπτυξε ένα εθνικό δίκτυο για την ιατρική και την υγεία. Ωστόσο, η τεχνολογία δημιούργησε αρκετά σημαντικά ηθικά



προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των δεδομένων, σημαντικά θέματα δεοντολογίας που απαιτούν λύσεις, όπως η κατοχή δεδομένων, η ευθύνη για τα δεδομένα, η συνειδητή συναίνεση χρήσης και ανάκτησης, η ασφάλεια και η πρόσβαση [22].

## 2.3 Χρήση και Εξέλιξη των EHRs σήμερα

Οι μεγάλες οργανώσεις υγειονομικής περίθαλψης και οι κυβερνητικές υπηρεσίες αναγνωρίζουν την αξία των πληροφοριών στα EHR και προσπαθούν να καθορίσουν τα βέλτιστα πρότυπα περίθαλψης. Ωστόσο, τα αυξανόμενα ζητήματα που αντιμετωπίζουν όπως η κάλυψη της υγειονομικής περίθαλψης, η προστασία της ιδιωτικής ζωής και ειδικότερα η ασφάλεια των EHR παραμένουν βασικά εμπόδια για την αποδοχή τους. Οι ασθενείς, οι φορείς παροχής υπηρεσιών και οι εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης εξακολουθούν να απαιτούν τη διαβεβαίωση ότι τα αρχεία αυτά προστατεύονται με ασφάλεια [34]. Έτσι, καθώς η χρήση των EHR έχει αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου, τα τεχνικά ζητήματα συνέχισαν να επισκιάζονται από διαδικαστικά, επαγγελματικά, κοινωνικά, πολιτικά και ιδιαίτερα δεοντολογικά ζητήματα και την ανάγκη συμμόρφωσης με τα πρότυπα και την ασφάλεια των πληροφοριών.

Ένα τυχαίο δείγμα 2004 των εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης από όλες τις Η.Π.Α. διαπίστωσε ότι το 13% των ερωτηθέντων διέθετε πλήρως ένα σύστημα EHR, ενώ το 10% δεν είχε ή δεν σχεδίαζε να έχει σύστημα EHR. Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων (62%) χρησιμοποίησε ένα σύστημα EHR και οι περισσότεροι δεν γνώριζαν ή ήταν ελαφρώς ενημερωμένοι για τα πρότυπα ASTM E1384, για τα ελάχιστα δεδομένα που έπρεπε να περιλαμβάνουν τα EHR συστήματα [35]. Ορισμένες εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποίησαν ένα ενιαίο EHR για σχεδόν όλη τη φροντίδα που προσέφεραν, ενώ άλλοι χρησιμοποίησαν EHR από περισσότερους προμηθευτές.

Ο αριθμός των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων που έχουν αναπτύξει τα EHR σε χρήση έχουν μειωθεί και έχουν αντικατασταθεί από μεγάλους προμηθευτές EHR από το 1992. Ωστόσο, ο αριθμός των άρθρων που σχετίζονται με τα EHR συστήματα από ακαδημαϊκά ιδρύματα, έχει αυξηθεί σημαντικά. Από το 1991-2005, τα περισσότερα άρθρα δημοσιεύθηκαν στα αγγλικά και ήταν από τη Βόρεια Αμερική, ακολουθούμενα από το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ελβετία, τις Κάτω Χώρες και τη Νορβηγία. Από το 2005, η καινοτομία, η ανάπτυξη και τα δημοσιευμένα άρθρα έχουν αυξηθεί σταθερά από τις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες, την Αυστραλία και την Ασία, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ενός περιοδικού IMIA αποκλειστικά αφιερωμένο στην εφαρμοσμένη κλινική πληροφορική [36].

Τα περισσότερα EHR είναι πλέον web / client-server-based, χρησιμοποιούν σχεσιακές βάσεις δεδομένων, η πρόσβαση στα δεδομένα και η καταχώρηση αυτών γίνεται μέσω μιας διεπαφής χρήστη εύκολα και γρήγορα. Στις Η.Π.Α., αύξηση της υιοθέτησης των EHR προκάλεσε η πρωτοβουλία τόνωσης του σχεδίου το 2009 (Meaningful Use). Η ηλεκτρονική ανταλλαγή ιατρικών πληροφοριών από τη μία εγκατάσταση στην άλλη έχει γίνει συχνότερη και πολλές ιατρικές οργανώσεις έχουν εφαρμόσει δίκτυα EHR για ανταλλαγή πληροφοριών για την υγεία

[37]. Η διοίκηση των βετεράνων στο Αμερικανικό Υπουργείο Υγείας έχει προωθήσει το πρότυπο διαλειτουργικότητας EHR και πολιτικές συναίνεσης ασθενών. Σε μια προσπάθεια να επιτύχει τον ίδιο στόχο, η Canada Health Infoway βοήθησε στην ανάπτυξη διαλειτουργικών EHR σε εθνικό επίπεδο. Η Αυστραλία ξεκίνησε ένα προσωπικώς ελεγχόμενο EHR σχεδιασμένο γύρω από τις ανάγκες των καταναλωτών. Η Εσθονία εφάρμοσε ένα πανεθνικό σύστημα ηλεκτρονικών μητρώων υγείας που παρέχει πλήρη πρόσβαση στους πολίτες της. Τα EHRs εφαρμόζονται και χρησιμοποιούνται στην περίθαλψη ασθενών στην Υποσαχάρια Αφρική, και το ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής ασθενών του Χονγκ Κονγκ επιτρέπει την κοινή χρήση πληροφοριών βασισμένων σε ασθενείς, σε πραγματικό χρόνο σε κλινικές, σε ιδιωτικά και δημόσια νοσοκομεία [38]. Για την ανταλλαγή ενός κοινού συνόλου στοιχείων δεδομένων, μια κοινή ορολογία όπως SNOMED και LOINC, κοινές δομές δεδομένων και ένα κοινό πρότυπο μεταφοράς, το HL7 Clinical Document Architecture (CDA) και το The American Society for Testing and Materials (ASTM International) Continuity of Care Record (CCR) άρχισαν να χρησιμοποιούνται. Σήμερα, το ASTM CCR εμφανίζεται συνήθως μέσα σε ένα μήνυμα HL7. Η απομακρυσμένη παρακολούθηση των εμφυτευμένων ιατρικών συσκευών μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω δεδομένων που ανταλλάσσονται, μέσω πρωτοκόλλου επικοινωνίας HL7 / XML με κλινικές πληροφορίες ασθενούς που είναι αποθηκευμένες στο τοπικό EHR [39].

### 2.3.1 Νέα λειτουργικότητα και χρήση

Τα αρχεία EHR δημιουργούνται, χρησιμοποιούνται, επεξεργάζονται και προβάλλονται από πολλαπλές ανεξάρτητες οντότητες, συμπεριλαμβανομένων των ιατρών πρωτοβάθμιας περίθαλψης, νοσοκομείων, ασφαλιστικών εταιρειών και ασθενών. Τα EHR χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε αίθουσες εξέτασης πρωτοβάθμιας περίθαλψης για να καταγράφουν, να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία και αρχεία ασθενών, σε εργαλεία λήψης αποφάσεων και για να συνταγογραφούν φάρμακα. Έχουν αλλάξει τη δυναμική της αλληλεπίδρασης ασθενούς-ιατρού μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, εικονικών συμβουλών και τηλεϊατρικής [40].

Πρόσθετα τμήματα του χαρτογραφικού συνεχίζουν να ενσωματώνονται στο EHR από το 1992. Η ψηφιακή παθολογία περιλαμβάνει την τεχνολογία πληροφοριών που επιτρέπει τη διαχείριση δεδομένων και εικόνων. Παρομοίως, τα αποτελέσματα από εργαστήρια που είναι εκτός της επιχείρησης υγειονομικής περίθαλψης ενσωματώνονται στο EHR [41]. Οι προμηθευτές χρησιμοποιούν τώρα αναγνώριση φωνής, γραμμωτούς κώδικες και πρότυπα τεκμηρίωσης για την απευθείας εισαγωγή πληροφοριών στο EHR και οι κανόνες υποστήριξης αποφάσεων μαζί με την ηλεκτρονική καταχώρηση παραγγελίας (CPOE) χρησιμοποιούνται καθημερινά [42]. Οι κινητές συσκευές με κάμερες υψηλής ανάλυσης χρησιμοποιούνται επίσης από τους κλινικούς ιατρούς για τη λήψη εικόνων από τα κρεβάτια νοσηλείας και την εισαγωγή τους στα EHRs. Η συνταγές φαρμάκων συνδέονται πλέον με CDSS και περιλαμβάνουν διεπαφές ηλεκτρονικής συνταγογράφησης στα τοπικά φαρμακεία [43]. Η συμπερίληψη δεδομένων για την ψυχική υγεία και τη συμπεριφορά στα EHRs έχει βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα της ιατρικής περίθαλψης και αύξησε τη χρήση των ιατρικών υπηρεσιών μεταξύ των ασθενών. Ωστόσο, υπάρχει

αυξανόμενη πίεση για τη μείωση ή την εξάλειψη της ανάγκης συγκατάθεσης του ασθενούς για την πρόσβαση στις ιατρικές πληροφορίες. Οι πληροφορίες για την ψυχική υγεία είναι ευαίσθητες και δυνητικά επιζήμιες εάν παραβιαστεί η ιδιωτική ζωή και μπορεί να οδηγήσουν τους ασθενείς στο να διστάζουν να αναζητήσουν θεραπεία, εάν δεν μπορούν να εξασφαλίσουν την εμπιστευτικότητα [44]. Η πρόσβαση στα δεδομένα γίνεται ακόμη πιο περίπλοκη λόγω των διαφορών στις πολιτείες, τις χώρες και τους διεθνείς νόμους.

Ενώ οι περισσότερες πληροφορίες αποθηκεύονται σε EHRs και μοιράζονται με πολλαπλές εγκαταστάσεις, τα EHRs τώρα χρησιμοποιούνται επίσης σε γεροκομεία. Αυτό το πρόσθετο περιβάλλον αποτελεί πρόκληση λόγω της πληθώρας των διαφορετικών παροχών σε ένα γεροκομείο, της φυσικής δομής των εγκαταστάσεων, των οργανώσεων πολλαπλών εγκαταστάσεων και του υψηλού κόστους υλοποίησης και συντήρησης. Ωστόσο, τα EHR σε γεροκομεία έχουν βελτιώσει την επικοινωνία μεταξύ συμβούλων, νοσοκομειακών και νοσηλευτικών στελεχών [45] και όλο και περισσότερα χρησιμοποιούν τα EHRs συστήματα. Επίσης, τα EHR χρησιμοποιούνται στις κατοίκων παρακολούθησεις, τις οργανώσεις που παρέχουν φροντίδα στον άστεγο πληθυσμό και τα ιδρύματα σωφρονισμού[46].

Η αυξημένη ζήτηση των ασθενών για πρόσβαση στα δεδομένα της υγειονομικής περίθαλψης τους οδήγησε σε πιο προσωπική χρήση των EHRs. Τα αρχεία προσωπικής υγείας (PHRs) συνδέονται τώρα με εφαρμογές εντός των EHRs και χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες μεγάλες εγκαταστάσεις και πωλητές [47]. Πολλοί ασθενείς παίρνουν πιο ενεργό ρόλο στη διαχείριση των ιατρικών τους δεδομένων, ο οποίος είναι απαραίτητος για την περίθαλψη με επίκεντρο τον ασθενή. Η περίθαλψη με επίκεντρο τον ασθενή τους επιτρέπει να προσθέτουν προσωπικές ιστορίες, συμβάντα ζωής τόσο ιατρικά όσο και μη ιατρικά που επιτρέπουν στους κλινικούς ιατρούς να κατανοήσουν καλύτερα τι είναι σημαντικό για τους ασθενείς και ποιοι είναι οι προσωπικοί τους στόχοι υγείας αλλά και τις προτιμήσεις τους στην περίθαλψη [48]. Δεν υπάρχουν σφαιρικοί νόμοι ή διαδικασίες σχετικά με τα δικαιώματα πρόσβασης των ασθενών στα EHRs. Ένα άλλο πρόβλημα μπορεί να είναι ότι η χρήση PHRs μπορεί να είναι δύσκολη για μερικούς ηλικιωμένους ή για άτομα με χαμηλότερη κοινωνικοοικονομική κατάσταση και χαμηλό μορφωτικό επίπεδο [49].

Τα οικογενειακά ιστορικά άρχισαν να προθέτονται στα EHRs. Χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθεί ο κίνδυνος για διάφορες ασθένειες και να δοθεί μια εικόνα της αλληλεπίδρασης μεταξύ κληρονομικών και κοινωνικών παραγόντων που σχετίζονται με την περίθαλψη των ασθενών [50]. Επιπρόσθετα, το ανθρώπινο γονιδίωμα έχει τώρα αποκωδικοποιηθεί και τα πλήρη γονιδιώματα αποθηκεύονται τώρα στο EHR. Τα αποτελέσματα των DNA μπορούν πλέον να παρέχονται στους ιατρούς μέσω των EHRs, και καθιστούν τα EHRs πρωταρχική πηγή για γονιδιακές έρευνες. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν προκλήσεις στην εξαγωγή δεδομένων που μερικές φορές πρέπει να συλλεχθούν από πολλαπλές πηγές. Όμως, οι πρόσφατες εργασίες έχουν σημειώσει πρόοδο στη μετάφραση των "omic" δεδομένων για την περίθαλψη των ασθενών και των CDSS χρησιμοποιώντας δεδομένα φαρμακογονιδιωμιακής [51].

Οι εφαρμογές CDSS συνεχίζουν να προωθούνται ως ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των EHRs. Τα συστήματα υποστήριξης διαγνωστικών αποφάσεων ήταν μερικά από τα πρώτα παραδείγματα καινοτομιών ιατρικής πληροφορικής. Τα διαγνωστικά συστήματα που βασίζονται

σε υπολογιστές είναι διαθέσιμα στο εμπόριο και μελέτες έχουν δείξει ότι αυτά τα προγράμματα έχουν πλεονεκτήματα και περιορισμούς [52]. Επιπλέον, έχει αναπτυχθεί και επικυρωθεί μια ολοκληρωμένη ταξινόμηση των εργαλείων CDSS front-end. Μια μεταγενέστερη έρευνα για τους εμπορικούς προμηθευτές CDSS και τα κορυφαία ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης αποκάλυψε ένα μικρό βασικό σύνολο κοινών εργαλείων CDSS, αλλά αναγνώρισε σημαντική μεταβλητότητα στο υπόλοιπο περιεχόμενο [53].

Η σύγχρονη φροντίδα των ασθενών εξαρτάται από μια σειρά από διαφορετικές ιατρικές συσκευές, προκειμένου να παρακολουθούνται τα ζωτικά σημεία του ασθενούς και να χορηγούνται φάρμακα. Τα δεδομένα από ιατρικές συσκευές όπως οι αναπνευστήρες, οι αντλίες έγχυσης, τα κρεβάτια νοσηλείας, οι φορητές οθόνες, και άλλα είναι διασυνδεδεμένα με τα EHRs μέσω προσαρμοσμένων εφαρμογών διεπαφής. Όχι μόνο αυτά τα δεδομένα είναι πολύτιμα για το EHR, αλλά είναι σημαντικό για τις εφαρμογές CDSS ώστε να βοηθήσουν στην πρόληψη του ασθενούς. Τα ενσωματωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης χρησιμοποιούνται πλέον μαζί με νέες γλώσσες προγραμματισμού για να διευκολύνουν και να επιταχύνουν την ανάπτυξη CDSS και άλλων εφαρμογών.

Η αυξημένη ποσότητα πληροφοριών των ασθενών που είναι αποθηκευμένες στο EHR εξακολουθεί να περιλαμβάνει μια μεγάλη ποικιλία εγγράφων ελεύθερου κειμένου. Αυτό δημιούργησε την ανάγκη για τη χρήση της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) για να διαβάσει και να κωδικοποιεί δεδομένα ελεύθερου κειμένου για να γίνουν κοινά στα περισσότερα EHRs. Οι κανόνες NLP έχουν αποδεκτή απόδοση για την κατανόηση και την εξεύρεση προηγουμένως κρυφών πληροφοριών σε υπαγορευμένα έγγραφα και ειδικά για την προσθήκη προβλημάτων [54]. Η αυξανόμενη ποσότητα και η διαθεσιμότητα δεδομένων παρουσιάζουν επίσης νέες ευκαιρίες για την ανακάλυψη νέων γνώσεων σχετικά με τις ασθένειες. Την περασμένη δεκαετία, σημειώθηκε αύξηση των δεδομένων και της εξόρυξης κειμένων με στόχο την αναγνώριση των ασθενειών [55]. Τα μαζικά δεδομένα προσφέρουν την υπόσχεση της μεγάλης κλίμακας ανάλυσης δεδομένων των EHRs για τα αποτελέσματα, τα πρότυπα, τις χρονικές τάσεις και τις συσχετίσεις. Πολλοί πιστεύουν ότι η εξέλιξη των αναλυτικών δεδομένων Big Data θα χρησιμοποιήσει τα δεδομένα των EHRs και θα μας βοηθήσει στην εξέλιξη από την περιγραφή και την αναφορά ασθενειών στην πρόβλεψη, τη μέθοδο πρόβλεψης και τη βελτιστοποίηση των αποφάσεων [56].

Ωστόσο, τα EHR συχνά θεωρούνται ελλιπή. Το 2011, λιγότερες από το 5% των τμημάτων αναισθησίας χρησιμοποίησαν ένα ειδικό για αναισθησία EHR [57], οι λειτουργίες πρωτοβάθμιας φροντίδας παρέμεναν συχνά ανεπηρέαστες [58] και οι παιδίατροι ανέφεραν την απουσία παιδιατρικών δεδομένων και λειτουργιών σε EHR [59]. Δεν έχουν εισαχθεί όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για τους ασθενείς λόγω καταγγελιών των γιατρών και άλλων παρόχων σχετικά με τον αυξημένο φόρτο εργασίας και την έλλειψη ευελιξίας των EHR και CPOE. Αυτές οι καταγγελίες δημιούργησαν τη χρήση ιατρικών γραμματέων, οι οποίοι είναι εκπαιδευμένοι διαχειριστές ιατρικών πληροφοριών ειδικευμένοι στην καταγραφή των επαφών των γιατρών σε πραγματικό χρόνο και στην υποβοήθηση της πλοήγησης στο EHR [60]. Η εφαρμογή εξακολουθεί επίσης να είναι περιορισμένη στις αγροτικές περιοχές λόγω οικονομικών φραγμών [61]. Η τεχνολογία ανοιχτού κώδικα γίνεται μια λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων υψηλού κόστους και ακαμψίας που συνδέονται με τα αποκλειστικά EHR. Τα EHRs ανοιχτού κώδικα

χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο και κυρίως στην Υποσαχάρια Αφρική και τη Νότια Αμερική. Ενώ τα EHRs συστήματα ανοιχτού κώδικα ενδέχεται να έχουν περιορισμένες δυνατότητες επί του παρόντος, προσφέρουν μια καλύτερη επιλογή από τα χαρτογραφημένα συστήματα και συνεχίζουν να βελτιώνουν τις δυνατότητές τους, τις λειτουργικότητες και την αποδοχή από τους χρήστες [62].

Παρόλα αυτά, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης υφίστανται αυξανόμενες πιέσεις για να επιτρέψουν την ευρεία πρόσβαση των EHRs στους ασθενείς τους. Το πρόγραμμα παροχής κινήτρων στις ΗΠΑ αποτελεί σημαντικό οδηγό που ενθαρρύνει αυτή την πρόσβαση. Επίσης τα clouds έχουν γίνει εξαιρετικά αποτελεσματικά και επιτυχημένα στην καθιέρωση ψηφιακών ταυτοτήτων, και καθιστούν τα EHRs διαλειτουργικά σε ετερογενή συστήματα. Καθώς ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης σχεδιάζει να παρέχει στους ασθενείς μεγαλύτερη πρόσβαση στα EHRs τους, η λύση θα μπορούσε να αξιοποιήσει την υπάρχουσα τεχνολογία clouds [63].

Τα δεδομένα που παράγονται στη φροντίδα των ασθενών χρησιμοποιούνται επίσης ευρέως για την υποστήριξη της κλινικής έρευνας και της βελτίωσης της ποιότητας. Το τεράστιο ποσό των δεδομένων που συλλέγονται από τα EHRs έχει δημιουργήσει πρόσθετη αξία όταν ενσωματώνονται και αποθηκεύονται σε αποθήκες δεδομένων επιχειρήσεων (EDWs). Τα EDW επιτρέπουν την ενσωμάτωση και ανάλυση όλων των δεδομένων από οργανισμούς με πολυάριθμες εγκαταστάσεις.[64].

### **2.3.2 Αντιμετώπιση εμποδίων για βέλτιστη χρήση των EHRs**

Ορισμένοι επαγγελματίες του τομέα υγείας εξακολουθούν να αναπτύσσουν εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης και να βασίζονται σε εναλλακτικές λύσεις σε χαρτί και όχι σε EHR. Η κατανόηση των λόγων για τους οποίους ποικίλλουν οι λειτουργίες των EHRs και γιατί υπάρχει ανάγκη για εναλλακτικές λύσεις παραμένει σημαντική για τη διευκόλυνση του σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη και τη δημιουργία της απαραίτητης εκπαίδευσης για τη χρήση των EHRs [65]. Εξακολουθεί επίσης να υπάρχει συζήτηση σχετικά με τη σωστή ισορροπία μεταξύ υπερφόρτωσης των πληροφοριών και των ορθών και χρήσιμων πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης περιορισμού της αντιγραφής και της αυξανόμενης πρόκλησης του "bloat note" [66]. Επιπλέον, πολλές μελέτες έχουν δείξει ακούσιες αρνητικές συνέπειες από τη χρήση των EHRs στην ποιότητα της περίθαλψης [67]. Η έρευνα σχετικά με την εφαρμογή του ανθρώπινου παράγοντα στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των EHRs χρησιμοποιήθηκε για να βελτιώσει τη χρήση τους και να αποτρέψει ακούσιες συνέπειες. Έχει προταθεί ένα συγκεντρωτικό μη κρατικό συμβούλιο με την κατάλληλη νομική υποδομή για τη διασφάλιση των EHRs, ώστε να διευκολυνθεί ο εντοπισμός των ανεπιθύμητων συμβάντων και των σφαλμάτων που σχετίζονται με τα EHRs και, ενδεχομένως, να δημιουργηθεί ένα ασφαλέστερο και αποτελεσματικότερο σύστημα παροχής υγειονομικής περίθαλψης [68].

Με τις προηγμένες δυνατότητες των EHRs, οι τεράστιες ποσότητες πληροφοριών που ίσως δεν είναι πάντα εύκολο να εντοπιστούν και οι δυνατότητες που παρέχουν έχουν κάνει απαραίτητη την εκπαίδευση και τη σωστή κατάρτιση στα συστήματα αυτά. Ορισμένες ιατρικές σχολές περιλαμβάνουν διαλέξεις σχετικά με τη χρήση EHR. Τα εκπαιδευτικά συστήματα έχουν ενσωματωθεί σε αυτό [69]. Οι σπουδαστές των επαγγελματιών υγείας και οι εξειδικευμένοι επαγγελματίες μπορούν να έχουν πρόσβαση και να αλληλοεπιδρούν με ένα σύνολο αντιπροσωπευτικών λύσεων χρησιμοποιώντας μια διεπιστημονική εκπαιδευτική πύλη για το EHR. Παρομοίως, τα κέντρα ιατρικής προσομοίωσης έχουν ενσωματωθεί σε EHRs που παρέχουν ρεαλιστικά περιβάλλοντα για δοκιμές χρηστικότητας, εκπαίδευσης και αξιολόγησης αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-υπολογιστή [70]. Σημαντικός ρόλος της κατάρτισης προσομοίωσης είναι επίσης η δοκιμή της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των διασυνδέσεων χρήστη-EHR, ο προσδιορισμός των κενών ασφαλείας και η βελτίωση της ασφάλειάς τους.

Πολλά προγράμματα σπουδών στην ιατρική σχολή έχουν επίσης προσθέσει περιεχόμενο σχετικά με την ανάκτηση πληροφοριών. Η σύνδεση των EHRs με την ψηφιακή βιβλιοθήκη, για να επιτραπεί έτσι η αυτόματη ενσωμάτωση των κλινικών δεδομένων με τις σχετικές πληροφορίες που βασίζονται στη γνώση, για τη στήριξη τεκμηριωμένων αποφάσεων, υπήρξε ένας σημαντικός στόχος της πληροφορικής [71]. Τα Infobuttons είναι μορφές CDSS και εκπαιδευτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν πληροφορίες σχετικά με το κλινικό πλαίσιο (ίδρυμα, χρήστης, ασθενής) στο οποίο υπάρχει ανάγκη πληροφόρησης για την άμεση πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες από πηγές γνώσης που δέχονται παραμέτρους περιβάλλοντος από ένα EHR. Χρησιμοποιώντας τη βάση γνώσεων για τις ανάγκες σε πόρους και πληροφορίες, αυτά τα εργαλεία δημιουργούν ένα σύνολο δεσμών που κατευθύνουν τον χρήστη στις σχετικές πληροφορίες [72]. Τα Infobuttons είναι βασισμένες σε πρότυπα υπηρεσίες ανοικτού κώδικα που διανέμουν συγκεκριμένες πληροφορίες σε πολλαπλά συστήματα EHR.

## **2.4 Συμπεράσματα και σκέψεις**

### **2.4.1 Προσδοκίες και υλοποίηση των EHRs το 1992**

Οι αλλαγές στη χρήση και τη διαχείριση των πληροφοριών των EHRs που ξεκίνησαν με τη νέα τεχνολογία, ιδίως των μικροϋπολογιστών και του διαδικτύου, θα ήταν δύσκολο να προβλεφθούν πριν από το 1992. Οι νέες τεχνολογίες και τα γεγονότα θα συνεχίσουν να επηρεάζουν σημαντικά την ανάπτυξη και τη χρήση των μελλοντικών EHR (Πίνακας 2.2). Ακόμα και πριν από τη δεκαετία του 1990, αναμενόταν ότι τα EHR θα γίνονταν τεχνικά και οικονομικά εφικτά σε ευρεία κλίμακα και τα δεδομένα τους θα μεταδίδονταν μέσω ψηφιακών δικτύων υψηλής ταχύτητας ανταποκρινόμενα στις ανάγκες των χρηστών και των ασθενών [73]. Κάτι που συμβαίνει σήμερα σε καθημερινή κλίμακα και η σύγχρονη ιατρική φροντίδα εξαρτάται από αυτό. Στο Ινστιτούτου Ιατρικής το 1991 ανέφεραν ότι μέχρι το έτος 2000 κάθε γραφείο του ιατρού θα πρέπει να

χρησιμοποιεί ένα EHR προκειμένου να βελτιώσει την περίθαλψη των ασθενών και οι κανόνες-κανονισμοί του θα επικεντρώνονται στην ιδιωτική ζωή των ασθενών και στην εμπιστευτικότητα, κάτι που έχει υλοποιηθεί μόνο εν μέρει μέχρι σήμερα [17]. Ομοίως, ενώ τα δεδομένα των EHR σε μορφή κειμένου, εικόνων και φωνής είναι διαθέσιμα στιγμιαία μέσω του Διαδικτύου από σχεδόν οπουδήποτε στον κόσμο, οι φορείς παροχής υπηρεσιών εξακολουθούν να μην διαθέτουν όλες τις πληροφορίες ασθενών που χρειάζονται [74]. Ωστόσο, είναι δύσκολο να μειώσουμε τις τεράστιες προόδους που έχουν σημειωθεί. Σημαντική χρήση στις Η.Π.Α. είχε θετική επίδραση στην εφαρμογή των EHRs, στα περισσότερα νοσοκομεία και γραφεία ιατρών πρωτοβάθμιας περίθαλψης [75]. Παρόλο που κάποιοι αισθάνονται ότι η εφαρμογή τους υπερβαίνει τα δημοσιευμένα στοιχεία βελτίωσης της περίθαλψης των ασθενών, υπάρχει ένα αυξανόμενο σύνολο περιγραφικής βιβλιογραφίας σχετικά με τα κίνητρα, τα οφέλη, τους κινδύνους, το κόστος εφαρμογής και τη χρήση.

**Πίνακας 2.2:** Προσδοκίες από το 1992 για τα EHRs σήμερα και η πραγματικότητα.

<b>Προσδοκίες</b>	<b>Πραγματικότητα</b>
Τα EHRs θα καταστούν τεχνικά και οικονομικά εφικτά σε ευρεία κλίμακα	Ναι
Δεδομένα που μεταδίδονται μέσω ψηφιακών δικτύων υψηλής ταχύτητας	Ναι
Κάθε ιατρός χρησιμοποιεί ένα EHR	Εν μέρει
Κανόνες και κανονισμούς για την ιδιωτική ζωή των ασθενών και εμπιστευτικότητα	Εν μέρει
Πρότυπα για τα δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των δευτερογενών χρήσεων για δεδομένα πληθυσμού, επικοινωνίες, υποστήριξη αποφάσεων, ορολογία και ιδίως ανταλλαγή δεδομένων	Εν μέρει
Μείωση των διοικητικών δαπανών της υγειονομικής περίθαλψης	Ναι
Αναγνώριση φωνής	Ναι
Βελτιωμένη και εκτεταμένη χρήση συσκευών λήψης εικόνων	Ναι
Επέκταση χρήσης στην κινητή υγεία	Ναι
Εξάλειψη των διπλών δεδομένων	Όχι
Διάγνωση υπολογιστή	Εν μέρει
Εξοικονόμηση χρόνου, του ιατρού	Όχι
Life-long EHRs	Ναι
Βελτιώστε τη φροντίδα των ασθενών	Ναι
Απαιτείται αλλαγή στην ιατρική πρακτική	Ναι
Αποσυνδεδεμένες υπομονάδες ιατρικής λογικής	Εν μέρει
Πλήρως διαλειτουργικές μονάδες ιατρικής λογικής (CDSS)	Εν μέρει

Η προσδοκία να υπάρχουν πρότυπα για τα δεδομένα των EHRs, περιλαμβανομένων δευτερευουσών χρήσεων για δεδομένα πληθυσμού, επικοινωνίες, υποστήριξη αποφάσεων, ορολογίας και ανταλλαγή δεδομένων, έχει επιδείξει σταθερή πρόοδο, αλλά απαιτεί περαιτέρω εργασία, ιδίως καθώς αναπτύσσεται η τεχνολογία, η καινοτομία και η ανάγκη για ανοικτές υπηρεσίες έχει γίνει πρωταρχικός στόχος [32]. Ωστόσο, ο αριθμός των οργανισμών και

προμηθευτών που υλοποιούν το πρότυπο HL7 έχει αυξηθεί και το πρότυπο συνεχίζει να βελτιώνεται και να επεκτείνεται σε νέες περιοχές [31].

Παρομοίως, πραγματοποιήθηκε η αναμενόμενη μείωση των διοικητικών δαπανών του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιώντας πρότυπα ανταλλαγής δεδομένων. Ταυτόχρονα, το πρότυπο IEEE P1073 MIB που είχε υποσχεθεί να διευκολύνει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των EHR και των ιατρικών συσκευών δεν υποστηρίχθηκε από τους πωλητές ιατρικών συσκευών και επί του παρόντος δεν χρησιμοποιείται.

Η προσδοκία να χρησιμοποιηθούν τα EHRs σε κινητό περιβάλλον έχει πραγματοποιηθεί. Αυτό έχει επιτευχθεί εν μέρει από την αναμενόμενη χρήση φορητών υπολογιστικών, συσκευών που μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες των ασθενών. Επίσης η προσδοκία ότι τα EHRs θα συμπληρώνουν και δεν θα αντικαταστήσουν το παραδοσιακό αρχείο γραφείου, δυστυχώς, εξακολουθεί να είναι πραγματικότητα σε πολλές εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, η προσδοκία είχε υπονοήσει ότι τα EHRs θα μπορέσουν να εφαρμοστούν βήμα προς βήμα και όχι ταυτόχρονα λόγω των υψηλών εξόδων τους.

Αναμενόταν ότι τα EHR θα εξάλειφαν την αλληλοεπικάλυψη δεδομένων και θα εξοικονομούσαν χρόνο με τους αυτοματισμούς τους, τη βελτίωση της κλινικής πρακτικής, την απλούστευση της διασφάλισης της ποιότητας, τη διευκόλυνση της συλλογής δεδομένων, τη δημιουργία αναφορών [76]. Ενώ βλέπουμε κάποιες από αυτές τις προσδοκίες να πραγματοποιούνται σήμερα, εξακολουθούμε να υποφέρουμε από την αλληλοεπικάλυψη δεδομένων και πολλοί κλινικοί γιατροί δεν πιστεύουν ότι τα EHR εξοικονομούν χρόνο.

Τέλος, αναμένουμε ότι η μεταρρύθμιση της υγειονομικής περίθαλψης και το μεταβαλλόμενο περιβάλλον της θα απαιτήσει τα ιατρικά δεδομένα να είναι σε ηλεκτρονική μορφή, τα οποία θα μπορούν να προσεγγιστούν από προμηθευτές. Έτσι, οι «επιτυχημένοι» ιατροί στο μέλλον θα πρέπει να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο παρέχουν φροντίδα και θα είναι εκείνοι των οποίων οι πρακτικές θα συμβαδίζουν με τα EHRs που επιτρέπουν τη συνολική ιατρική αρχειοθέτηση, συμπεριλαμβανομένης της χαρτογράφησης των ασθενών, τιμολόγησης, κωδικοποίησης, τον προγραμματισμό και την αναφορά δεδομένων σε τρίτους [77].

## **2.4.2 Πού αναμένεται να υπάρξουν EHR τα επόμενα 25 χρόνια;**

Τα σημερινά EHR δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σημερινών καταναμημένων συστημάτων και του ταχέως μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος υγείας [78]. Η ικανότητα των εφαρμογών να επικοινωνούν, να ερμηνεύουν και να ενεργούν με έξυπνο τρόπο σε σύνθετες πληροφορίες περί υγειονομικής περίθαλψης έχει αποκτήσει πρωταρχική σημασία. Το μέλλον έγκειται στην ανάπτυξη αρχιτεκτονικών ευέλικτων, που μπορούν να λειτουργούν άσπογα μέσα στη ροή εργασίας ενός περιβάλλοντος υγειονομικής περίθαλψης. Μεγάλο μέρος της υιοθέτησης των EHRs συνεχίζεται σε ένα περιβάλλον που διαμορφώνεται από το χαρτογραφικό σύστημα, το οποίο συνεχίζει να περιορίζει τις επιτυχίες [79]. Απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για να



κατανοηθούν οι λόγοι των ανθρώπων που μπορεί να αναγκάζουν τους κλινικούς γιατρούς να συνεχίσουν να βασίζονται σε εναλλακτικές λύσεις χαρτιού. Απαιτούνται περισσότερες έρευνες για τον προσδιορισμό πιο αποτελεσματικών τρόπων υιοθέτησης από τους ασθενείς και να παρέχουν στους κλινικούς ιατρούς μεγαλύτερο έλεγχο, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ευελιξία ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους [80]. Πολλοί γιατροί είναι αισιόδοξοι για τα μελλοντικά οφέλη των EHRs, αλλά είναι απογοητευμένοι από τις διεπαφές χρήστη..

Ενώ ο στόχος της δημιουργίας ολοκληρωμένων EHR είναι στη διάθεσή μας, η επιτυχία της θα εξαρτηθεί κυρίως από τη δημιουργία και ιδιαίτερα την υιοθέτηση διεθνών προτύπων. Το EHR που θα επιτρέψει την ενσωμάτωση των δεδομένων, τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα και τα CDSS σε πολλαπλά EHRs ήταν ένας επιθυμητός αλλά σε μεγάλο βαθμό μη ικανοποιημένος στόχος της κλινικής πληροφορικής, ειδικά σε εμπορικά συστήματα. Η δυνατότητα ενεργοποίησης τέτοιου κλιμακούμενου CDSS θα απαιτήσει πλατφόρμες ανάπτυξης CDSS που υποστηρίζονται από προμηθευτές, μαζί με τις διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών(API), οι οποίες θα επιτρέπουν τη χρήση καινοτόμων εφαρμογών βασισμένων σε API. Αυτό πιθανότατα θα απαιτήσει αρχικά τη χρήση προσαρμοσμένων API EHR και, στη συνέχεια, θα κινηθεί προς τυποποιημένα API EHR, τα οποία ήδη αρχίζουν να υποστηρίζονται από μεγάλους εμπορικούς προμηθευτές [81]. Οι εφαρμογές Web που λειτουργούν με την πλατφόρμα Substitutable Medical Apps, Reusable Technologies (SMART) αρχίζουν να χρησιμοποιούνται. Η πλατφόρμα SMART είναι ένα παράδειγμα ενός αναδυόμενου πλαισίου που επιτρέπει στα συστήματα να συμπεριφέρονται ως "πλατφόρμες παρόμοιες με το iPhone" εκθέτοντας ένα API για εύκολη προσθήκη και διαγραφή εφαρμογών τρίτων [82].

Τα μελλοντικά EHR θα είναι σε θέση να διαχειριστούν το μέγεθος και την πολυπλοκότητα των αποτελεσμάτων των γενετικών δοκιμών, να χρησιμοποιούν πρότυπα για τον συνδυασμό των κλινικών και γενετικών δεδομένων και να εξαλείψουν τους σημερινούς περιορισμούς στην ικανότητα αποθήκευσης και ανάλυσης τους. Σχετικές προκλήσεις της αβεβαιότητας στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων και των ανησυχιών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής που σχετίζονται με τις γενετικές δοκιμές θα επιλυθούν και τα EHR θα παράσχουν τα γενετικά, περιβαλλοντικά και δεδομένα για τον τρόπο ζωής που απαιτούνται για ιατρική ακρίβεια και τη βελτίωση της περίθαλψης των ασθενών [83].

Οι δυνατότητες του NLP θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται και η χρήση του θα χρειαστεί για την κωδικοποίηση του αυξανόμενου υπαγορευμένου ελεύθερου κειμένου που παράγεται από τις συνακόλουθες προόδους και τη χρήση της φωνητικής αναγνώρισης. Οι δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων για την αντιμετώπιση του τεράστιου όγκου πληροφοριών για τον ασθενή θα αυξηθούν καθώς οι δυνατότητες αποθήκευσης θα αυξηθούν και το σχετικό κόστος θα μειωθεί. Ο μετασχηματισμός των κλινικών δεδομένων σε γνώση για τη βελτίωση της περίθαλψης των ασθενών υπήρξε στόχος των επαγγελματιών της βιοϊατρικής πληροφορικής [84]. Με την αύξηση του αριθμού των δεδομένων ηλεκτρονικής υγειονομικής περίθαλψης, οι δυνατότητες ανακάλυψης νέων γνώσεων θα είναι σημαντικές εάν η διαχείριση των δεδομένων γίνεται με καινοτόμους και αποτελεσματικούς τρόπους [85]. Ορισμένα σύνολα δεδομένων θα είναι τόσο μεγάλα ή πολύπλοκα που οι παραδοσιακές εφαρμογές επεξεργασίας δεδομένων θα είναι ανεπαρκείς. Αυτό θα απαιτήσει τη δημιουργία νέων μεγάλων εφαρμογών δεδομένων ειδικά για την κοινή χρήση δεδομένων. Οι

αναλύσεις αυτών των "μεγάλων δεδομένων" θα αποτελέσουν το επόμενο βήμα για τη μετατροπή των στοιχείων της υγειονομικής περίθαλψης σε πρακτική γνώση.

Η εμφάνιση μεγάλων ποσοτήτων άσχετων πληροφοριών ασθενούς μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτωση πληροφοριών και σφάλμα χρήστη. Οι διεπαφές επόμενης γενιάς για τα EHRs θα χρησιμοποιούν CDSS σε ολόκληρο το αρχείο για να κατανοήσουν την αιτιολογία μιας νόσου και την κλινική εκδήλωσή της σε μεμονωμένους ασθενείς. Τα EHRs με βάση το περιβάλλον θα χρησιμοποιούν βιοϊατρικές οντολογίες και μοντέλα ασθένειας ως πηγές γνώσης για τον εντοπισμό των σχετικών τμημάτων. Η χρησιμότητα, ο τελικός στόχος της καταγραφής και διαχείρισης δεδομένων ασθενών, θα απαιτήσει βελτιωμένες τεχνικές εκτιμήσεις, επιπλέον των κατάλληλων μεθοδολογιών για τη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων [86]. Δεδομένου ότι τα EHRs θα εξακολουθήσουν να αυξάνουν τα ιατρικά λάθη, θα χρειαστούν κλινικές προσομοιώσεις για την ανάλυση αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή σε πραγματικές εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης [87]. Καθώς θα συνεχίζουν να αλλάζουν και να βελτιώνονται, οι μηχανικοί για την αναδιοργάνωση θα εξακολουθήσουν να χρειάζονται για να αυξήσουν το ευεργετικό τους δυναμικό, βελτιώνοντας ταυτόχρονα την ασφάλειά τους.

Ο θεμελιώδης ρόλος και ο σκοπός τους στο μέλλον θα είναι ένα αποθετήριο δεδομένων βασισμένο σε διεθνή πρότυπα API για την ανάκτηση και την αποθήκευση δεδομένων. Θα συνδυαστεί με τις εγκαταστάσεις και τον προμηθευτή που παρέχονται, και οι επιλεγμένες εφαρμογές από το χρήστη για την αναθεώρηση και την εισαγωγή δεδομένων και ειδικά για τα CDSS. Εκτός από τα δεδομένα για την υγεία, τα κοινωνικά, οικονομικά, περιβαλλοντικά και δεδομένα συμπεριφοράς, θα διαδραματίσουν ζωτικό ρόλο στην παροχή και ιδιαίτερα στη βελτίωση της υγειονομικής περίθαλψης. Οι εφαρμογές θα είναι εναλλάξιμες, δεν θα εξαρτώνται από τις εκδόσεις και τις ενημερώσεις του EHR και θα διευκολύνουν την καινοτομία όπως οι τρέχουσες εφαρμογές έξυπνων τηλεφώνων [88].

Οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια που αφορούν τόσο την μη ασφαλή τεχνολογία όσο και τη μη ασφαλή χρήση θα επιμείνουν στο μέλλον. Η πίεση θα απαιτήσει υλοποιήσεις για τη δημιουργία μιας ισχυρής υποδομής, για την παρακολούθηση και την εκμάθηση από τα ανεπιθύμητα συμβάντα, τα λάθη και τις πιθανές ανεπιθύμητες ενέργειες. Αυτά τα σφάλματα θα υποβάλλονται ηλεκτρονικά και με ασφάλεια σε έναν κεντρικό οργανισμό (όπως ένας οργανισμός ασφάλειας ασθενών), ο σκοπός του οποίου θα είναι να βρει τρόπους για μελλοντική πρόληψη αντί για τιμωρία [68].

Ο τουρισμός καθώς και τα διεθνή επαγγελματικά ταξίδια δημιουργούν κινδύνους για την υγεία των ατόμων και των πληθυσμών. Τα διεθνή πρότυπα EHR, όπως αυτά που προτείνει η Διεθνής Ένωση Ιατρικής Πληροφορικής, θα παρέχουν στους ταξιδιώτες τα πλήρη προσωπικά τους ιατρικά στοιχεία συνδεδεμένα με το πρωτεύον EHR τους [89]. Αυτές οι πληροφορίες θα είναι διαθέσιμες στα κινητά τηλέφωνα και σε άλλες μελλοντικές κινητές συσκευές. Οι εφαρμογές θα επιτρέπουν την ασφαλή φόρτωση αυτών των πληροφοριών σε τυχόν EHR βασισμένα σε πρότυπα, χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες για την παροχή της ιατρικής περίθαλψης. Νέες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των ασθενών που έχουν εισαχθεί, θα αποθηκεύονται στο πρωτεύον EHR. Αυτό θα συνδυαστεί με τηλε-υγεία που θα επιτρέψει στους ιατρούς πρωτοβάθμιας περίθαλψης των ασθενών να βλέπουν άμεσα και να επικοινωνούν με άλλους παρόχους υγειονομικής

περίθαλψης τόσο σε αστικές όσο και σε αγροτικές περιοχές σε όλο τον κόσμο [209]. Έτσι, θα πρέπει να αναπτυχθούν προδιαγραφές για συμφωνίες ιδιωτικού απορρήτου και εμπιστοσύνης μεταξύ διεθνών εταιρών [90].

Η χρήση κινητών συσκευών με κάμερες υψηλής ανάλυσης από κλινικούς ιατρούς για τη λήψη εικόνων από τα κρεβάτια νοσηλείας και την ενσωμάτωσή τους στα EHR θα αυξηθεί. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν ασφαλείς και αποτελεσματικοί τρόποι διαχείρισης και κοινής χρήσης ψηφιακών εικόνων. Οι μελλοντικές εφαρμογές κλινικής εικόνας θα πρέπει να συνδέουν τις κλινικές εικόνες και την τεκμηρίωση και θα πρέπει να εξετάζουν τη δυνατότητα ασφαλούς μετάδοσης μέσω δημόσιων WiFi ή κυψελοειδών δικτύων. Η ικανότητα ανταλλαγής δεδομένων και αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους για τη γρήγορη παραγωγή γνώσεων και την ενημέρωση των αποφάσεων θα έχει μεταμορφωτικά αποτελέσματα που θα βελτιώσουν την υγεία. Είμαστε εξαιρετικά τυχεροί που έχουμε την πρόβλεψη και την επιμονή πολλών πρωτοπόρων βιοϊατρικής πληροφορικής. Ενώ ελπίζουμε ότι ένα πλήρως ηλεκτρονικό και κλινικό ιατρείο θα είναι διαθέσιμο εντός των επόμενων 25 ετών, θα πρέπει να περιμένουμε και να δούμε. Ωστόσο, με βάση την τρέχουσα αύξηση της εκπαίδευσης και της κατάρτισης πολλών ταλαντούχων με καινοτόμες ιδέες ανθρώπων, το μέλλον φαίνεται λαμπρό.

# Κεφάλαιο 3

## CDSS

### 3.1 Εισαγωγή

Τα Κλινικά Συστήματα Υποστήριξης Απόφασης (Clinical Decision Support Systems, CDSS) είναι ηλεκτρονικές εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν τους επαγγελματίες στον τομέα της υγείας με τη λήψη κλινικών αποφάσεων που αφορούν συγκεκριμένους ασθενείς. [91, 92]. Με άλλα λόγια, τα CDSS είναι ενεργά συστήματα γνώσης, τα οποία χρησιμοποιούν δύο ή περισσότερα στοιχεία των παραμέτρων του ασθενούς προκειμένου να παράγουν μια ειδική για κάθε περίπτωση συμβουλή/σύσταση [93].

Αυτά τα είδη των λογισμικών χρησιμοποιούν σχετικές γνώσεις, κανόνες εντός μιας βάσης γνώσεων αλλά και σχετικά κλινικά δεδομένα και δεδομένα ασθενών για τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων σε θέματα όπως η πρόληψη, οξείες και χρόνιες ασθένειες, η διάγνωση, παραπομπές για συγκεκριμένες ιατρικές εξετάσεις και πρακτικά συνταγογράφησης.[94]. Ένα CDSS συσχετίζει τα δεδομένα που αφορούν τα χαρακτηριστικά των ασθενών με μια αξιόπιστη βάση γνώσεων για να καθοδηγήσει τον κλινικό ιατρό σε συμβουλές, εκτιμήσεις ή συστάσεις για ένα συγκεκριμένο ασθενή. Οι κλινικοί γιατροί, το νοσηλευτικό προσωπικό ή οι ασθενείς μπορούν να εισάγουν με το χέρι τα χαρακτηριστικά των ασθενών στα συστήματα πληροφορικής. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι Ιατρικοί Φάκελοι Ασθενούς (EHR) όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο για την ανάκτηση των χαρακτηριστικών του ασθενούς. Αυτά τα είδη των συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων επιτρέπουν στους γιατρούς να εντοπίζουν και να επιλέγουν την πλέον κατάλληλη θεραπεία. Η παρεχόμενη υποστήριξη απόφασης βασίζεται σε διαδικασίες αξιολόγησης μέσω εξελιγμένων αλγορίθμων και τα αποτελέσματά τους χρησιμοποιούνται από βάσεις γνώσης για εξαγωγή ακόμα πιο ενημερωμένων αποφάσεων [95, 96].

Ανεξάρτητα από την επιλογή του CDSS, πρέπει να δεχτούμε ότι το πεδίο των CDSS προχωρεί με ταχείς και άναρχους ρυθμούς. Υπάρχουν προοπτικές σφαλμάτων, αν τα συστήματα δεν είναι καλά σχεδιασμένα και επαρκώς αξιολογημένα, ωστόσο υπάρχουν και τεράστιες δυνατότητες όσον αφορά στα αποτελέσματα και στην ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών αλλά και των αποτελεσμάτων [94, 97].

## 3.2 Τύποι CDSS

Υπάρχει μια πληθώρα συστημάτων που δυνητικά μπορούν να υποστηρίξουν κλινικές αποφάσεις. Ακόμα και οι βάσεις δημοσιεύσεων στον τομέα της ιατρικής μπορούν να υποστηρίξουν κλινικές αποφάσεις. Διάφορα συστήματα DSS έχουν ενσωματωθεί σε πληροφοριακά συστήματα υγείας εδώ και πολύ καιρό, αλλά συνήθως υποστήριζαν μόνο αναδρομική ανάλυση οικονομικών και διοικητικών δεδομένων. Πρόσφατα, όμως, έχουν προταθεί εξεζητημένες προσεγγίσεις εξόρυξης δεδομένων για παρόμοιες αναδρομικές αναλύσεις όχι μόνο διοικητικών, αλλά και κλινικών δεδομένων.

Αν και αυτές οι αναδρομικές προσεγγίσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη κατευθυντηρίων οδηγιών ή πρωτοκόλλων για να καθοδηγήσουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων στο σημείο της φροντίδας, τέτοιες αναδρομικές αναλύσεις συνήθως δεν θεωρούνται CDSS.

Ένας τρόπος κατηγοριοποίησης των CDSS είναι ο χρόνος στον οποίο προσφέρουν υποστήριξη (πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά τη λήψη της κλινικής απόφασης) και πόσο ενεργητική ή παθητική είναι αυτή, κατά πόσο δηλαδή το CDSS παρέχει ενεργά συναγερμούς ή παθητικά αποκρίνεται στις πληροφορίες που του παρέχει ο κλινικός επιστήμονας ή ο φάκελος του ασθενή.

Επίσης, τα CDSS διαφοροποιούνται ανάλογα με την ευκολία με την οποία μπορούν να τα προσπελάσουν οι κλινικοί επιστήμονες. Αν και CDSS αναπτύσσονται για πάνω από 30 χρόνια πολλά από αυτά ήταν αυτόνομα ή μέρος μη εμπορικών ηλεκτρονικών συστημάτων φακέλου ασθενή. Τα CDSS επίσης διαφέρουν στο κατά πόσον η πληροφορία που παρέχουν είναι γενική ή σχετίζεται με συγκεκριμένη ιατρική ειδικότητα.

Μια τελευταία κατηγοριοποίηση έχει να κάνει με το αν βασίζονται σε γνώση (knowledge-based system) ή αντιθέτως εφαρμόζουν μεθόδους μηχανικής μάθησης (machine learning) και προσεγγίσεις στατιστικής αναγνώρισης προτύπων.

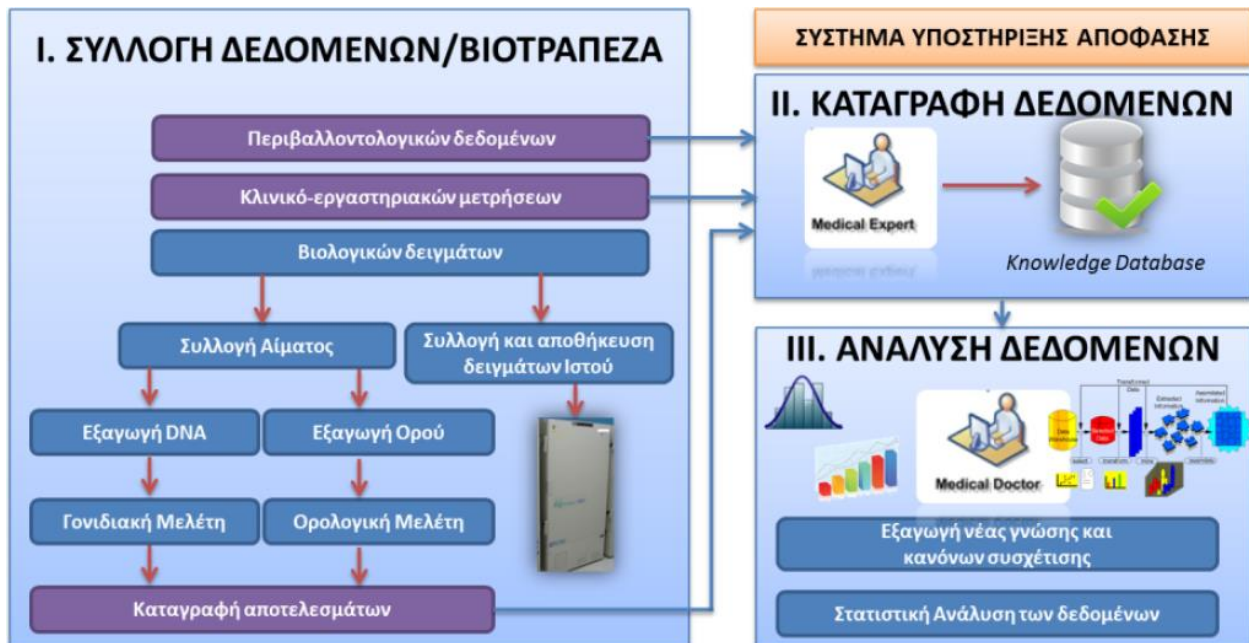
## 3.3 Διαδικασία κλινικής λήψης απόφασης

Υπάρχουν κάποιες βασικές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη, κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης: α) τα ακριβή στοιχεία, β) η ισχύουσα γνώση, γ) οι κατάλληλες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων [91].

Τα δεδομένα του ασθενούς πρέπει να είναι επαρκή προκειμένου να παραχθεί μια αποδεκτή απόφαση. Το πρόβλημα ανακύπτει, όταν ο γιατρός δέχεται πολύ μεγάλη ειδική και μη ειδική πληροφορία, την οποία ο ίδιος δεν μπορεί να επεξεργαστεί ικανοποιητικά. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να εκτιμάται που πρέπει να σταματάει αυτή η ροή πληροφοριών, τότε αυτά τα

πρόσθετα στοιχεία μπορεί να επιφέρουν σύγχυση αντί αποσαφήνιση της περίπτωσης του ασθενούς. Για παράδειγμα, το συνηθισμένο σκηνικό για ένα τέτοιο πρόβλημα είναι οι μονάδες εντατικής θεραπείας, όπου οι γιατροί πρέπει να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από διάφορες θόκες, να γνωρίζουν την κλινική κατάσταση, το ιστορικό του ασθενούς, εάν είχε χρόνιες ασθένειες, τη φαρμακευτική αγωγή του και ανεπιθύμητες αλληλεπιδράσεις φαρμάκων κ.λπ. Στη συνέχεια, με γνώση όλων των παραπάνω θα πρέπει να πάρουν την κατάλληλη απόφαση σχετικά με το πλάνο θεραπείας. Η ποιότητα των διαθέσιμων δεδομένων είναι εξίσου σημαντική. Τα όργανα μέτρησης και παρακολούθησης πρέπει να καταγράφουν με μεγάλη ακρίβεια και αξιοπιστία, δεδομένου ότι λανθασμένα δεδομένα θα μπορούσαν να έχουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στις αποφάσεις περίθαλψης των ασθενών. Η γνώση που χρησιμοποιείται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων πρέπει να είναι ακριβής και ενημερωμένη. Είναι μείζονος σημασίας ο κλινικός ιατρός που παίρνει την απόφαση να έχει ένα ευρύ φάσμα ιατρικών γνώσεων και πρόσβαση σε πηγές πληροφοριών, ενώ, όπου είναι δυνατό να αναθεωρεί συνεχώς και να επικυρώνει αυτή τη γνώση. Προκειμένου ο ασθενής να λάβει την κατάλληλη φροντίδα, ο κλινικός γιατρός πρέπει να είναι ενήμερος για τις τελευταίες εξελίξεις και τις κατευθυντήριες εξελίξεις βάσει στοιχείων στον τομέα της συγκεκριμένης περίπτωσης. Είναι στη ευχέρειά του και πρέπει να εφαρμόζει καινοτόμες θεραπείες από ερευνητικές εργασίες. Το CDSS χρειάζεται κατ' αναλογία μια εκτεταμένη, καλά δομημένη, τρέχουσα πηγή γνώσης για να εξυπηρετήσει σωστά τον κλινικό γιατρό.

Πάνω απ' όλα, απαιτούνται καλές δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν τα διαθέσιμα δεδομένα και οι γνώσεις. Οι κλινικοί γιατροί που αποφασίζουν πρέπει να θέτουν κατάλληλους στόχους για κάθε περίπτωση, να ξέρουν τον λόγο για κάθε στόχο και να λαμβάνουν υπόψη τους συμβιβασμούς μεταξύ του κόστους και του οφέλους της θεραπείας και διάγνωσης. Ωστόσο, δεν πρέπει να αμελούμε ότι οι ειδικευμένοι κλινικοί γιατροί κρίνουν και αποφασίζουν σε μεγάλο βαθμό με βάση την προσωπική τους εμπειρία.



**Εικόνα 3.1.** Διαδικασία εξαγωγής γνώσης σε ένα ευφυές σύστημα υποστήριξης απόφασης για ασθενείς με ΙΦΠΕ.

Με την ενσωμάτωση των δεδομένων συγκεκριμένων ασθενών και τεκμηριωμένων κατευθυντήριων γραμμών η εφαρμοζόμενη βάση γνώσης, το CDSS μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της περίθαλψης με τη βελτίωση της κλινικής διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Προκειμένου να δημιουργηθεί εφαρμοστέο CDSS, είναι επιτακτική ανάγκη να υπάρχει μια ευρύτερη βάση κατανόησης της διαδικασίας λήψης ιατρικών αποφάσεων, όπως συμβαίνει στο φυσικό περιβάλλον. Σχεδιάζοντας CDSS χωρίς κατανόηση των γνωστικών διεργασιών που διέπουν την ιατρική λογική και ανάλυση των αποφάσεων, το CDSS γίνεται ίσως εύκαμπτο στο τομέα της αποτελεσματικότητας αλλά πιθανά αποτυχημένο στην πραγματική εφαρμογή στην καθημερινή κλινική ροή εργασίας [98]. Στην Εικόνα 3.1 φαίνεται η εξαγωγή γνώσης σε ένα κλινικό σύστημα υποστήριξης απόφασης για ασθενείς με Ιδιοπαθή Φλεγμονώδη Πάθηση των Εντέρων (ΙΦΠΕ).

### 3.4 Επίλυση προβλημάτων μέσω CDSS

Η ανάλυση απόφασης είναι μια ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από ένα σύνολο επιλογών σε μια συγκεκριμένη κλινική κατάσταση και είναι η μεθοδολογία που επιλέγεται συνήθως για την κλινική επίλυση προβλημάτων. Αυτή η διαδικασία είναι συχνά αυτονόητη και γίνεται μέσω προσωπικών εμπειριών και ευριστικών “εσωτερικών” αλγορίθμων που ο κάθε κλινικός έχει αναπτύξει και αποκτήσει με την πάροδο του χρόνου. Η ανάλυση απόφασης, απαιτώντας μια συγκεκριμένη δομή του μοντέλου και αξιολόγηση διαφόρων παραμέτρων, τιμών και πιθανοτικών δεικτών της εξόδου, απαιτεί ρητά τη λήψη και την εξέταση, τη συζήτηση αλλά και την εκ νέου επικύρωση των δεδομένων. Τα μοντέλα απόφασης χρησιμοποιούνται συχνά ως αναλυτικά εργαλεία για την ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας, δεδομένου ότι η μεθοδολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση της αναμενόμενης τιμής των προβλεπόμενων αποτελεσμάτων.

Το φάσμα των κλινικών προβλημάτων τα οποία είναι κατάλληλα για εφαρμογές διαδικασιών ανάλυσης απόφασης είναι τεράστιο. Τέτοια προβλήματα επικεντρώνονται σε μια συγκεκριμένη απόφαση, η οποία υπερτερεί για κάποιους συγκεκριμένους λόγους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η συγκεκριμένη είναι κατ’ ανάγκη σαφώς ανώτερη. Για παράδειγμα, ένα διαγνωστικό τεστ φέρει κάποιο κίνδυνο, αλλά εξασφαλίζει καταλληλότερη θεραπεία και καλύτερη έκβαση των ασθενών, όταν η θεραπεία κατευθύνεται από τα αποτελέσματα της δοκιμής. Η λήψη αποφάσεων σπάνια είναι μια σαφή διαδικασία - ως εκ τούτου, συνεπάγεται αναπόφευκτα συμβιβασμούς.

Σε γενικές γραμμές, η ανάλυση απόφασης έχει αναπτυχθεί για:

- Υποστήριξη στη λήψη κλινικών αποφάσεων για συγκεκριμένο ασθενή.
- Εκτίμηση βέλτιστων στρατηγικών για κατηγορίες ασθενών με ειδικά κλινικά χαρακτηριστικά σε δεδομένες καταστάσεις.
- Εκτιμήσεις σύνδεσης τόσο των κλινικών όσο και των οικονομικών αποτελεσμάτων (ανάλυση κόστους-αποτελεσματικότητας), προς βοήθεια στη διαμόρφωση θεμάτων που αφορούν την πολιτική για την υγεία.

- Παροχή εκτιμήσεων των αναμενόμενων αποτελεσμάτων σε καταστάσεις που η εφαρμογή κλασικών μεθοδολογιών, όπως τυχαίες δοκιμές, είναι είτε αδύνατη ή ανέφικτη.

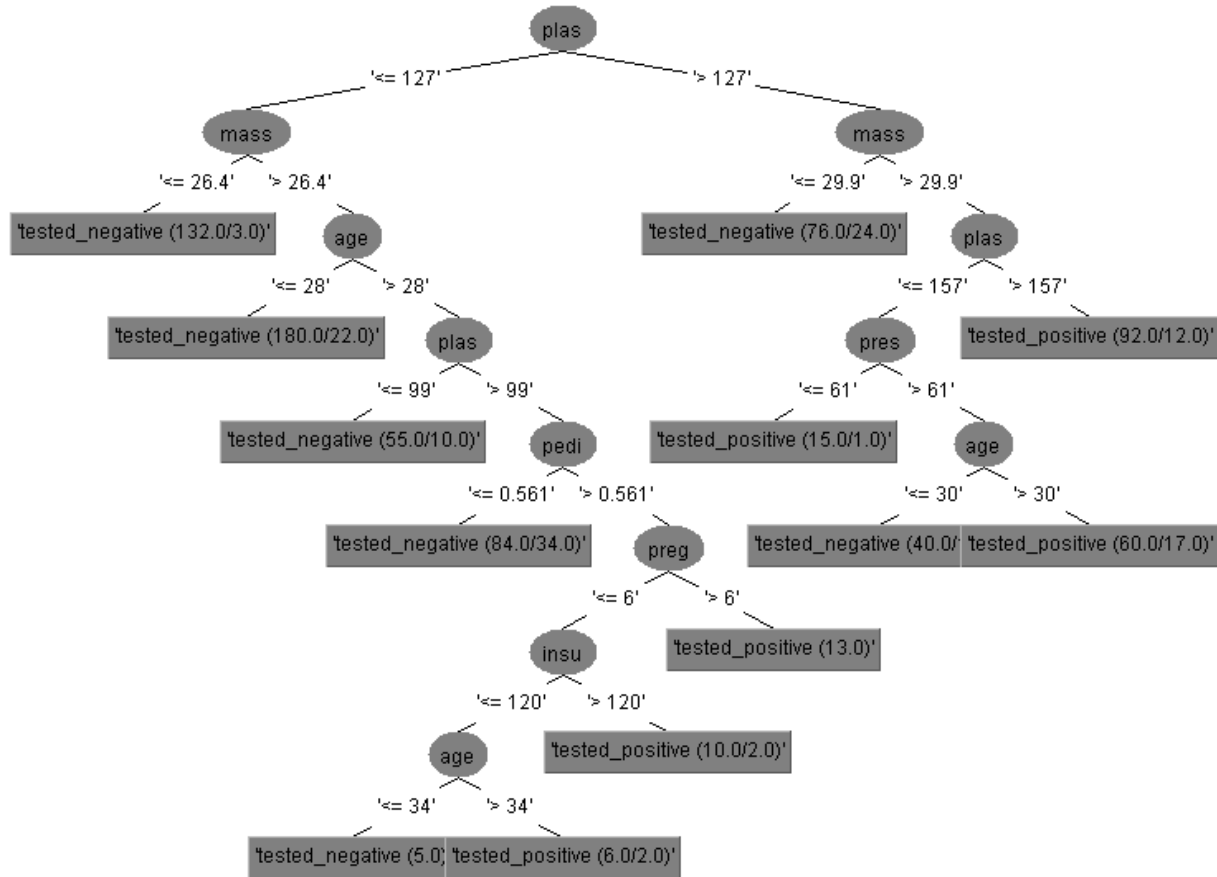
Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση ανάλυσης απόφασης στη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων που αφορούν ένα μόνο ασθενή. Τοποθετώντας το πρόβλημα σε σαφή, αναλυτικό πλαίσιο, βοηθά τους κλινικούς γιατρούς στην επιβεβαίωση ή όχι των υποθέσεών τους. Η ανάλυση απόφασης μπορεί να ενσωματώσει άμεσα θέματα που αφορούν την ποιότητα ζωής και τον τρόπο που οι συγκεκριμένοι υγειονομικοί παράμετροι επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας ανάλυσης απόφασης είναι συγκρίνοντας τους κινδύνους και τα οφέλη της προφυλακτικής μαστεκτομής (αφαίρεση του μαστού) και ωθηκεκτομής (αφαίρεση των ωθηκών) για ασθενείς με μεταλλάξεις BRCA1 ή BRCA2. Κάποιος πρέπει να συνδυάζει διάφορα είδη δεδομένων – τις εκτιμήσεις των αυξημένων κινδύνων των ωθηκών και του καρκίνου του μαστού για τις γυναίκες με τις μεταλλάξεις, τη γενική συχνότητα εμφάνισης καρκίνου και τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, τους κινδύνους που παρουσιάζουν οι χειρουργικές διαδικασίες. Η ανάλυση σε ένα συγκεκριμένο χρονικό σημείο αποδεικνύει, χρησιμοποιώντας τα καλύτερα διαθέσιμα σήμερα στοιχεία, ότι το προσδόκιμο ζωής για τις γυναίκες που φέρουν τέτοιες μεταλλάξεις αυξήθηκε κατά τουλάχιστον 5.3 χρόνια με την προφυλακτική μαστεκτομή και μέχρι 1.7 χρόνια με την προφυλακτική ωθηκεκτομή.

Η ανάπτυξη και κατασκευή μιας ανάλυσης απόφασης ακολουθεί μια λογική σειρά βημάτων (επίλυσης προβλημάτων). Προβλήματα ή σφάλματα σε κάθε βήμα μπορεί να αλλάξουν τα ενδεχόμενα αποτελέσματα. Ως εκ τούτου, η ορθή τήρηση καθενός από αυτά τα βήματα είναι σημαντική τόσο από την άποψη του ερευνητή, που κάνει μια ανάλυση, όσο και ενός κλινικού που προσπαθεί να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα. Τα βήματα είναι τα ακόλουθα [99]:

**Πλαισίωση της ερώτησης:** Η διαδικασία καθορισμού του σκοπού και των ορίων της συγκεκριμένης κλινικής κατάστασης που πρόκειται να αναλυθεί. Με άλλα λόγια, αυτό το στάδιο εμπεριέχει ανάλυση των νέων δεδομένων που υποδηλώνουν πρόβλημα και εντοπισμό του εμφανιζόμενου προβλήματος.

**Δομή του κλινικού προβλήματος:** Δόμηση του προβλήματος με απλά λόγια σημαίνει κατασκευή ενός μοντέλου απόφασης που αντιπροσωπεύει τις σχετικές συνιστώσες του προβλήματος. Πρέπει λοιπόν να γίνει ένας υποθετικός προσδιορισμός των προβλημάτων και να δημιουργηθεί μια λίστα των εναλλακτικών λύσεων - υποθέσεων. Στο κλινικό περιβάλλον αυτές μπορεί να είναι εν δυνάμει θεραπευτικές επιλογές για τη συνολική διάγνωση. Η μαθηματική αναπαράσταση ενός μοντέλου απόφασης ονομάζεται δέντρο απόφασης και αποτελείται από πολλά διαφορετικά στοιχεία (Εικ. 3.2). Τα στοιχεία που συνδυάζονται σε δέντρα εμπεριέχουν ένα σύνολο λεπτομερειών που ορίζονται αυθαίρετα. Υπάρχει μια μόνιμη ένταση ανάμεσα στην αύξηση του επιπέδου λεπτομέρειας ώστε να είναι κλινικά όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστική σε σχέση με τη σκοπιμότητα της κατασκευής μοντέλων, στην επικύρωση και στην παρουσίαση. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιθυμητή λεπτομέρεια, τόσο πιο δύσκολο για το μοντέλο να συνθέσει, να επικυρώσει και να παρουσιάσει. Ωστόσο, όσο λιγότερο λεπτομερής είναι η ανάλυση και μεγαλύτερος ο αριθμός των απλοποιημένων υποθέσεων, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα η ανάλυση να στερείται κλινικά σημαντικών στοιχείων.





**Εικόνα 3.2** Παράδειγμα δέντρου απόφασης εξαγόμενο από δεδομένα διαβητικών ασθενών.

**Υπολογισμός των σχετικών πιθανοτήτων:** Όταν έχει δομηθεί ένα δέντρο απόφασης, πρέπει να προσδιοριστούν οι αριθμητικές τιμές των διαφόρων πιθανοτήτων. Υπάρχουν πολλές πηγές δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν αυτούς τους προσδιορισμούς. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια γενικά αποδεκτή ιεραρχία στην ποιότητα της μελέτης (τυχαία ελεγχόμενη δοκιμή, μελέτη ομάδας, διαχείριση βάσεων δεδομένων, συστηματικές ανασκοπήσεις), τέτοιες εκτιμήσεις δεν είναι πάντα χρήσιμες στη διαδικασία ανάλυσης απόφασης, δεδομένου ότι ο συγκεκριμένος τύπος μελέτης μπορεί να μην είναι ευνοϊκός για την εκτίμηση μιας δεδομένης παραμέτρου. Ως παράδειγμα, μία τυχαία ελεγχόμενη δοκιμή είναι μια εξαιρετική πηγή για τη σύγκριση μίας θεραπείας έναντι άλλης, αλλά είναι μια φτωχή πηγή στοιχείων σχετικά με τη συχνότητα μιας συγκεκριμένης ασθένειας. Έτσι, είναι σημαντικό να προσαρμόσουμε τη πηγή δεδομένων στον τύπο των δεδομένων που απαιτούνται.

Ωστόσο, υπάρχει περίπτωση να μην υπάρξουν αρκετά στοιχεία για να εκχωρηθούν σχετικές πιθανότητες στις υποψήφιες λύσεις ή ακόμα για να δομηθεί το κλινικό πρόβλημα και για να βρεθούν κατάλληλες εναλλακτικές λύσεις στο πρώτο στάδιο. Έτσι, η διαδικασία είναι προορισμένη να αναμορφωθεί με ένα νέο έλεγχο προκειμένου να γεμίσει το υπαρκτό «χάσμα γνώσης». Δυνητικά μπορεί να συμβούν πολλές επαναλήψεις αυτού του κύκλου συλλογής δεδομένων και υποθέσεων, έως ότου ο γιατρός λήψης αποφάσεων να έχει αρκετή σαφήνεια ώστε να κινηθεί σε κάποια συγκεκριμένη διαδικασία. Η κλινική ανάλυση απόφασης είναι ως εκ τούτου θεμελιώδης προσθήκη για περαιτέρω έρευνα, συλλογή αποδεικτικών στοιχείων και

επαναξιολόγηση του προβλήματος - όλα με σκοπό την εξεύρεση κατάλληλων λύσεων που θα βοηθήσουν την επίλυση της κλινικής κατάστασης. Το CDSS μπορεί να προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε το ίδιο να κάνει αναδιάταξη για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, αναζήτηση των σχετικών αποδεικτικών στοιχείων ακόμη και δημιουργία νέας γνώσης [100].

**Υπολογισμός των τιμών των αποτελεσμάτων:** Διαφορετικές λύσεις σε ένα πρόβλημα οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Η δομή του προβλήματος ορίζει το ειδικό μέτρο αποτελέσματος που θα χρησιμοποιηθεί. Για παράδειγμα, αν ο θάνατος ήταν ένα πιθανό αποτέλεσμα μίας ή περισσότερων στρατηγικών, το προσδόκιμο ζωής θα ήταν ένα κατάλληλο μέτρο αποτελέσματος. Η πιο σημαντική αρχή για την ταξινόμηση των αποτελεσμάτων είναι ότι αξιολογούνται στις ίδιες μονάδες σε όλες τις διακλαδώσεις. Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό της ανάλυσης απόφασης είναι ότι ένα δεδομένο μοντέλο μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας διάφορα μέτρα αποτελέσματος. Ως ένα παράδειγμα, εκτός της διερεύνησης, ο κλινικός ιατρός μπορεί να θέλει να παρακολουθεί την επίδραση των διαφόρων θεραπειών σε σχέση με το βαθμό του εγκεφαλικού επεισοδίου, του εμφράγματος του μυοκαρδίου, της πνευμονικής εμβολής, κ.λπ., σε διάφορες θεραπευτικές επιλογές. Το μοντέλο απόφασης μπορεί να αναλυθεί χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από αυτά τα αποτελέσματα.

**Ανάλυση του δέντρου:** Ο προτιμώμενος τύπος της ανάλυσης ενός προβλήματος χρησιμοποιεί τη στρατηγική που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη τιμή του αποτελέσματος. Για παράδειγμα, εάν το αποτέλεσμα του ενδιαφέροντος ήταν το προσδόκιμο ζωής, το αποτέλεσμα της ανάλυσης απόφασης θα είναι της μορφής: «το μέσο προσδόκιμο ζωής με τη στρατηγική A είναι 12 χρόνια έναντι 7 χρόνια με τη στρατηγική της B. Ως εκ τούτου, η στρατηγική A είναι η καλύτερη στρατηγική». Ένα τέτοιο δέντρο θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει την επιλογή μεταξύ δύο θεραπειών, όπου η μία προτιμάται όσον αφορά στο προσδόκιμο ζωής.

**Έλεγχος των παραδοχών του μοντέλου:** Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποφάσεων εξαρτώνται από την ακρίβεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για να εκτιμήσουν τις πιθανότητες και τα αποτελέσματα. Είναι σπάνια η περίπτωση όπου οι εκτιμήσεις είναι γνωστές με απόλυτη βεβαιότητα. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των μοντέλων ανάλυσης αποφάσεων είναι η ικανότητά τους να δοκιμάζουν γρήγορα τις υποθέσεις τους, να εισάγουν δεδομένα και να επικυρώνουν την απόφαση του μοντέλου πραγματοποιώντας μια ανάλυση ευαισθησίας. Η απάντηση του μοντέλου μπορεί να συγκριθεί με την “αληθινή” απάντηση για να επικυρώσει τη δομή του υποδείγματος αξιολογώντας ένα δέντρο με τη χρήση παραμέτρων για τις οποίες το αποτέλεσμα είναι γνωστό εκ των προτέρων. Για παράδειγμα, σε μια επιλογή ανάμεσα σε μία πιο αποτελεσματική (αλλά πιο επικίνδυνη) χειρουργική θεραπεία και σε μία λιγότερο αποτελεσματική (αλλά ασφαλέστερη) ιατρική θεραπεία, μια ανάλυση ευαισθησίας που υποθέτει ένα μηδενικό συντελεστή θνησιμότητας για τη χειρουργική επέμβαση θα πρέπει να υποστηρίζει τη χειρουργική θεραπεία (χειρουργημένος βραχίονας), αφού δεν υπάρχει κίνδυνος επιδείνωσης της κατάστασης.

**Ερμηνεία των αποτελεσμάτων:** Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της ανάλυσης απόφασης είναι συχνά η πιο σύνθετη διαδικασία. Είναι η ικανότητα της ανάλυσης απόφασης να διερευνά πως η βέλτιστη στρατηγική σε μια συγκεκριμένη κλινική κατάσταση μεταβάλλεται με μεταβολή των υποθέσεων (και ως εκ τούτου, να εντοπιστούν τομείς για περαιτέρω ανάγκες δεδομένων). Πολλά στοιχεία της ανάλυσης θα πρέπει να εξετάζονται πριν τη χρήση των αποτελεσμάτων για αλλαγή

της πρακτικής: α) Ο πληθυσμός των ασθενών θα πρέπει να ταιριάζει με τις ασθένειες που εξετάζονται από τον κλινικό ιατρό. β) Ο αναγνώστης θα πρέπει να αξιολογεί την αντοχή του αποτελέσματος (ανάλυση ευαισθησίας). Εάν οι αναλύσεις ευαισθησίας δείξουν ότι η βέλτιστη επιλογή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μια δεδομένη παράμετρο, πρέπει να αναπτυχθούν ακριβείς μετρήσεις της εκτίμησης της συγκεκριμένης παραμέτρου.

Η αιτιολόγηση σε ιατρικό πλαίσιο περιλαμβάνει την αβεβαιότητα σε υψηλό βαθμό, συνδυαζόμενη με περιορισμό πόρων, κατά συνέπεια, οδηγεί σε αυξημένη χρήση των ευριστικών στρατηγικών. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των ευριστικών είναι ο περιορισμός της έκτασης της σκόπιμης αναζήτησης μέσω συνδυασμού βάσεων δεδομένων και γνώσεων. Με μείωση του πλεονασμού αυτού, οι ευριστικοί έχουν σημαντική πρακτική αξία. Ένα σημαντικό μέρος της γνωστικής προσπάθειας του κλινικού γιατρού βασίζεται στην ευριστική σκέψη, ο λόγος είναι επαγωγικός με προσδιορισμό πιθανότητας για κάθε πιθανή επιλογή. Ωστόσο, η χρήση των ευριστικών εισάγει σημαντική πόλωση (bias) στην ιατρική συλλογιστική, οδηγούμενη συχνά σε εννοιολογικά και διαδικαστικά λάθη. Αυτές περιλαμβάνουν εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τους κανόνες που διέπουν τις πιθανότητες αλλά και εσφαλμένη αντίληψη της εκδήλωσης των γενικών κανόνων σε ένα συγκεκριμένο ασθενή στο πλαίσιο φροντίδας, παραμέλησης και ψευδών επικυρώσεων των πρότερων πιθανοτήτων και θεραπευτικών δράσεων. Πάνω απ' όλα, οι γνωστικές αντιλήψεις που επηρεάζουν αναπόφευκτα έναν σχεδιαστή αποφάσεων είναι συχνά το σήμα κατατεθέν της απόφασης αβεβαιότητας [101].

Εάν οι σχεδιαστές των CDSS θέλουν να δημιουργήσουν αποτελεσματικά συστήματα, τα οποία να εφαρμοστούν με επιτυχία σε πραγματικές συνθήκες εργασίας, παρέχοντας στους ιατρούς την απαραίτητη υποστήριξη στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων τους, θα πρέπει να ακολουθούν τις αρχές δημιουργίας κλινικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων, που περιγράφονται παραπάνω. Η αποτελεσματική και ορθή σχεδίαση CDSS μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένες θετικές εξωγενείς επιδράσεις στην υγεία των εργαζομένων και βελτίωση στην κατάληξη των ασθενών, κάτι που επηρεάζει θετικά την ποιότητα της υγειονομικής περίθαλψης.

### **3.5 Δομή των κλινικών συστημάτων υποστήριξης απόφασης**

Τα CDSS διαφέρουν πολύ στο σχεδιασμό τους. Οι βασικές αρχές της δομής και του σχεδιασμού τους έχουν επίσης μεταβληθεί σημαντικά κατά την τελευταία δεκαετία. Υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά των CDSS που σχετίζονται ή έχουν άμεση επίδραση στην κλινική αποτελεσματικότητα, όπως είναι η λειτουργικότητα, η πρόληψη των σφαλμάτων, η δυναμική για την αποδοχή στον κλινικό κόσμο, η φορητότητα του συστήματος, η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας κ.λπ. Είναι, επομένως, σημαντικό να χαρακτηριστεί ένα CDSS κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να κατανοηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η ποικιλομορφία των CDSS. Η γνώση της ταξινόμησης, σε συνδυασμό με τη γενική διαδικασία λήψης κλινικών αποφάσεων που περιγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζει ένα ισχυρό σύνολο βασικών στοιχείων που είναι χρήσιμα για σχεδιαστές και αξιολογητές των CDSS.

Εν συνεχεία, γίνεται χαρακτηρισμός των CDSS, συνδυάζοντας διάφορους παραμέτρους προκειμένου να δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη κατάταξη που να ενσωματώνει όλα τα κύρια συστατικά-οντότητες του σχεδιασμού και λειτουργίας των CDSS [91, 92, 100, 102, 103]. Σύμφωνα με τους Sim και Berlin το 2003, τα CDSS μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 5 άξονες, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω.

### 3.5.1 Άξονες πλαισίου

#### 1. Κλινική ρύθμιση.

- Ρύθμιση εσωτερικών ασθενών
- Ρύθμιση εξωτερικών ασθενών

#### 2. Κλινικό έργο.

- **Διαγνωστική υποστήριξη:** Με βάση τα στοιχεία του ασθενούς και της γνωστικής βάσης του συστήματος, το CDSS προβλέπει πιθανή διάγνωση. Η διαγνωστική βοήθεια μπορεί να συνδυαστεί με πολύπλοκα συστήματα ανάκτησης δεδομένων, όπως το ΗΚΓ. Επιδιώκει να προσδιορίσει το 'τι είναι αλήθεια' για έναν συγκεκριμένο ασθενή.
- **Κριτική θεραπείας και συμβουλευτικές υπηρεσίες:** Αυτή η λειτουργία μπορεί για παράδειγμα να ενσωματώνει την εισαγωγή των παραπομπών των κλινικών ιατρών. Περιλαμβάνει ενδεικτικά αξιολόγηση της θεραπείας, αναζήτηση ασυνεπειών, λάθη, παραπομπές για αλληλεπιδράσεις φαρμάκων και εμπόδιση στη συνταγογράφηση αλλεργιογόνων φαρμάκων. Έχει αποδειχθεί ότι η αναγκαιότητα ενός κλινικού να παράσχει μια γνώματευση για κάποιο συγκεκριμένο λόγο, αν αυτός ή αυτή δε θέλει να ακολουθήσει τις συστάσεις, αυξάνει σημαντικά την κλινική σημασία του CDSS. Το CDSS μπορεί να χρησιμοποιήσει τα πρωτόκολλα και τις τεκμηριωμένες κατευθυντήριες οδηγίες (guidelines), σε συνδυασμό με τις ενδείξεις του ασθενούς, που αποκτήθηκε από τον ΗΦΑ, για να παράσχει ένα βέλτιστο σχέδιο θεραπείας και να βοηθήσει στην εφαρμογή του σε όλη τη διάρκεια. Αυτά τα είδη των CDSS αντιμετωπίζουν ερωτήματα σχετικά με την αντιμετώπιση ενός ασθενούς και συχνά συνδυάζονται με συστάσεις για περαιτέρω διαγνωστική επεξεργασία (π.χ. σε ποιες εξετάσεις να γίνει παραπομπή, ακτίνες Χ, CT κλπ). Το εν λόγω λογισμικό μπορεί να δημιουργήσει πρόσθετα ερωτήματα, όπως να παράσχει ακόμη πιο συγκεκριμένες συμβουλές σχετικά με την περαιτέρω θεραπεία και τη διάγνωση.
- **Χορήγηση του φαρμάκου ή συνταγογράφηση:** Τα CDSS έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τα τοξικά επίπεδα του φαρμάκου, να μειώσουν τα ιατρικά λάθη, να αλλάξουν τη συνταγογράφηση σύμφωνα με τις προτάσεις των οδηγιών (guidelines) και να μειώσουν το χρόνο για την επίτευξη του θεραπευτικού ελέγχου. Εάν συνδεθεί με τον ΗΦΑ, το σύστημα μπορεί να αποτρέψει συνταγογράφηση φαρμάκων που προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις. Τέτοια συστήματα είναι ευρέως αποδεκτά, δεδομένου ότι έχουν ενσωματωθεί ορθά στη ροή εργασίας του ιατρού και παρέχουν αυτοματοποιημένες μορφές παραπομπής-λήψης και ηλεκτρονικής διαβίβασης προς τα φαρμακεία. Η συνολική συνταγογράφηση

της θεραπευτικής αγωγής αποτελεί από τα συχνότερα καθήκοντα του ιατρού αλλά και μία από τις συχνότερες κλινικές εργασίες, όπου εφαρμόζονται τα CDSS.

- **Επιλογή δοκιμασίας (test).**
- **Ειδοποιήσεις και υπενθυμίσεις:** Ένα έμπειρο σύστημα που είναι ενσωματωμένο σε μια συσκευή παρακολούθησης ή σε ένα Πληροφοριακό Σύστημα Υγείας (π.χ. Πληροφοριακό Σύστημα Εργαστηρίου, ΗΦΑ) μπορεί να παράσχει ήχο σε πραγματικό χρόνο, οπτικές ή απτικές ειδοποιήσεις μέσω διαφόρων εργαλείων επικοινωνίας (π.χ. e-mail, SMS, τηλεειδοποίηση). Τα συστήματα υπενθύμισης έχουν σχεδιαστεί για να θυμίζουν στον ιατρό κρίσιμα καθήκοντα που πρέπει να γίνουν πριν από ένα συγκεκριμένο γεγονός (π.χ. νηστεία πριν από την ενδοσκόπηση, όχι αντιπηκτικά πριν από εγχείρηση στην κοιλιακή χώρα).
- **Ανάκτηση πληροφοριών:** Ανάκτηση σχετικών πληροφοριών μέσω του World Wide Web ή των ολοκληρωμένων βάσεων γνώσης.
- **Αναγνώριση εικόνας και ερμηνεία:** Οι κλινικές εικόνες από αξονική τομογραφία (CT), μαγνητική τομογραφία (MRI), αγγειογραφήματα κ.λ.π. μπορούν σήμερα να ερμηνεύονται εν μέρει αυτόματα. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι το CDSS μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο μαζικής ανίχνευσης, καθώς το λογισμικό μπορεί να ανιχνεύσει/προσδιορίσει κρίσιμες εικόνες, οι οποίες απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή από τον κλινικό ιατρό.
- **Πρόληψη.**
- **Εξέταση.**
- **Έξυπνο εργαστηριακό σύστημα.**
- **Διαχείριση χρόνιων ασθενειών.**

### 3.5.2 Άξονες γνώσης

Αυτοί οι άξονες ασχολούνται με τις πηγές, την ποιότητα και την προσαρμογή των γνώσεων και των δεδομένων των CDSS.

**1. Γνώση κλινικής πηγής:** Μπορεί να προέρχεται από πηγές υψηλής ποιότητας (π.χ. τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες, συστηματικές ανασκοπήσεις, εθνικές ή επαγγελματικές οδηγίες της κοινωνίας) και/ή από τη συμμετοχή των κλινικών γιατρών που θα χρησιμοποιήσουν τελικά το σύστημα.

**2. Πηγή δεδομένων:** Τα προσωποποιημένα για τον ασθενή δεδομένα μπορούν να ανακτηθούν από την ηλεκτρονικά καταχωρημένη παραπομπή, τα ιατρικά μηχανήματα (π.χ. συσκευή μέτρησης αρτηριακής πίεσης), τον ΗΦΑ ή άλλα αποθηκευμένα δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση τα

δεδομένα θα πρέπει να εισάγονται στο σύστημα χρησιμοποιώντας ένα ενδιάμεσο σύστημα καταχώρησης δεδομένων. Το χαρακτηριστικό αυτό επηρεάζει την πιθανότητα υιοθέτησης του CDSS στην πράξη σε μεγάλο βαθμό. Έχει δειχθεί ότι προτιμάται η αυτόματη ηλεκτρονική εισαγωγή δεδομένων στο σύστημα (π.χ. από τον ΗΦΑ).

**3. Ενδιάμεση πηγή δεδομένων** είναι ο κλινικός ιατρός που εισάγει δεδομένα στην πηγή δεδομένων του συστήματος. Ενδιάμεσοι φορείς θα μπορούσαν επίσης να είναι οι ίδιοι οι ασθενείς.

**4. Δεδομένα κωδικοποίησης:** Για διάφορους λόγους (π.χ. χρηματοδότηση, επιδημιολογία) είναι επιθυμητό να χρησιμοποιείται ένα ευρείας χρήσης σχήμα κωδικοποίησης, π.χ. ICD-10, SNOMED. Προφανώς τα δεδομένα θα μπορούν επίσης να είναι σε μορφή απλού κειμένου.

**5. Προσαρμογή δεδομένων:** Όσο πιο στοχευμένες συστάσεις παράγει το CDSS ειδικά για τον ασθενή, οι οποίες να είναι προσαρμοσμένες στην ηλικία, το φύλο, τις ταυτόχρονες διαγνώσεις κτλ. τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα αποτελεσματικότητας σε επίπεδο κλινικής σημασίας.

**6. Μηχανισμός ενημέρωσης:** Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η βάση γνώσης θα πρέπει να είναι σύγχρονη και συνεχώς ενημερωμένη. Μπορούμε να χωρίσουμε τα CDSS σε συστήματα που βασίζονται στη γνώση (knowledge based systems) και σε συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση (non-knowledge based systems).

Τα βασιζόμενα στη γνώση συστήματα (π.χ τα έξυπνα συστήματα) ως επί το πλείστον αποτελούνται από τρία μέρη: τη βάση γνώσης, το μηχανισμό εξαγωγής συμπερασμάτων και το μηχανισμό επικοινωνίας. Περιέχουν ειδική κλινική γνώση για πολύ συγκεκριμένα γεγονότα και δραστηριότητες και είναι ικανά να ελέγχουν την εισαγωγή δεδομένων από όλες τις πηγές που προαναφέρονται. Τα συστήματα αυτά συνήθως χρησιμοποιούν τη γνώση με τη μορφή κανόνων IF-THEN και πιθανοτικών συσχετίσεων μεταξύ των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί. Ο επαγωγικός μηχανισμός βρίσκεται στο επίκεντρο της τεχνητής νοημοσύνης, αποτελεί μέρος των συστημάτων που βασίζονται στη γνώση - συνδυάζει και συσχετίζει κανόνες βάσης γνώσεων με τα δεδομένα του ασθενούς. Βασικά ο επαγωγικός μηχανισμός συνδυάζεται με την δεδομένη πληροφορία για σχηματισμό νέων συμπερασμάτων.

Τα συστήματα που δε βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιούν τις αρχές της μηχανικής μάθησης, με τη μορφή π.χ. νευρωνικών δικτύων ή γενετικών αλγορίθμων, όπου οι υπολογιστές μαθαίνουν από την εμπειρία του παρελθόντος και/ή βρίσκουν πρότυπα σε κλινικά δεδομένα ενός ατόμου-ασθενούς.

### 3.5.3 Άξονες υποστήριξης απόφασης

Δηλώνοντας μία κατάλληλη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι ίσως η πιο σημαντική διάσταση του CDSS.

**1. Μέθοδος συλλογισμού.** Μερικές μηχανές συλλογισμού του CDSS είναι:

- Συστήματα που βασίζονται σε κανόνες (Rule-based systems). Ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες χρησιμοποιεί διάφορες εξειδικευμένες βάσεις γνώσης σε μορφή εκφράσεων που μπορούν να αξιολογηθούν ως κανόνες IF-THEN (κανόνες

παραγωγής). Ένα τέτοιο σύστημα είναι ένα παράδειγμα ευριστικής προσέγγισης, στην οποία παράγονται διακριτές λογικές εκφράσεις με τη μορφή κανόνων παραγωγής προερχόμενοι από την εμπειρία και τις παρατηρήσεις των ανθρώπινων εμπειρογνομόνων. Όλες αυτές στη συνέχεια συνδυάζονται σε μια προσπάθεια να γίνει προσομοίωση και αναπαράσταση των συλλογιστικών διαδικασιών των εμπειρογνομόνων. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην MYCIN [104], με στόχο την επιλογή κατάλληλης αντιμικροβιακής θεραπείας για ασθενή.

- Νευρωνικά δίκτυα. Τεχνητό νευρωνικό δίκτυο είναι ένα μη βασιζόμενο στη γνώση προσαρμοστικό CDSS που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης, με δυνατότητα να μαθαίνει από τις εμπειρίες και να αναγνωρίζει πρότυπα σε κλινικές πληροφορίες.
  - Bayesian δίκτυο. Ένα τυπικό σύστημα λήψης αποφάσεων που βασίζεται στη γνώση είναι το Bayesian δίκτυο (γνωστό και ως δίκτυο πεποιθήσεων ή δίκτυο πιθανολογικής συνάφειας) που δείχνει πιθανολογικές σχέσεις μεταξύ των συνόλων μεταβλητών - ασθενειών και συμπτωμάτων, με βάση τις υπό όρους πιθανότητες, σύμφωνα με το θεώρημα του Bayes. Πρόκειται για ένα δίκτυο με ρητή απαίτηση οι σχέσεις να είναι αιτιολογημένες. Ένα τέτοιο δίκτυο βοηθά στη διαμόρφωση της εξέλιξης μιας ασθένειας με την πάροδο του χρόνου και την αλληλεπίδραση μεταξύ των ασθενειών. Ένα μεγάλο μειονέκτημα ωστόσο είναι ότι οι ιατρικές γνώσεις μερικές φορές είναι δύσκολο να προσδιορίσουν άμεσα ποια είναι η επίδραση και ποια είναι η αιτία.
  - Συστήματα που βασίζονται σε μοντέλα. Η τελευταία εξέλιξή τους είναι η προσωποποιημένη μοντελοποίηση του ασθενούς, που θα αναλυθεί στη συνέχεια.
  - Λογική συνθήκη. Ο λογικός συλλογισμός παίρνει αποφάσεις ανάλογα με την τιμή μιας δεδομένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα μιας διαδικασίας λήψης αποφάσεων είναι διαφορετικά, αν η τιμή είναι εντός ή εκτός των ορίων που έχουν τεθεί.
  - Εξόρυξη δεδομένων και μηχανική μάθηση. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται σε πιθανοτικές λήψεις αποφάσεων σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του συστήματος. Οι ιδανικές βάσεις δεδομένων θα πρέπει να είναι πλήρεις και καλά δομημένες, ώστε να επιτρέπουν την ακριβή ανάκτηση δεδομένων ασθενών παρόμοιων με τον τρέχοντα ασθενή. Χρησιμοποιείται η ανάλυση της ανταπόκρισης των ασθενών σε διάφορες θεραπείες προκειμένου να αποφασιστεί η καλύτερη θεραπεία για τον τρέχοντα ασθενή.
  - Γενετικοί αλγόριθμοι. Ως μέθοδοι μη βασιζόμενοι στη γνώση, χρησιμοποιούν επαναληπτικές διαδικασίες προς επαναπροσδιορισμό της μορφής της προς εύρεση βέλτιστης λύσης με βάση τα δεδομένα του ασθενούς.
2. **Κλινικά επείγουσα κατάσταση:** Παροχή υποστήριξης λήψης αποφάσεων για τις αποφάσεις που πρέπει να παρθούν επείγοντως. Το CDSS πρέπει να δίνει προτεραιότητα σε θέματα με σαφή κλινική προτεραιότητα, σύμφωνα με την αρχή “θεραπεία πρώτα σε αυτό που σκοτώνει πρώτο”. Αυτό το χαρακτηριστικό οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα για τους ασθενείς και καλύτερη απόδοση των γιατρών.
3. **Σύσταση με σαφήνεια:** Οι χρήστες συνίσταται να ακολουθούν τις συστάσεις του CDSS ρητά το οποίο παρέχει συγκεκριμένη πορεία δράσης.

- 4. Απαιτήση ανταπόκρισης:** Μπορεί να απαιτείται ο κλινικός να προσκομίζει αιτιολόγηση για τον τρόπο που αυτός/αυτή ανταποκρίθηκε στη σύσταση που παρέχεται από το CDSS. Αυτό θα μπορούσε να γίνει σε μια μορφή αναγνώρισης της σύστασης, με μια δήλωση για ποιες εναλλακτικές ενέργειες έγιναν μαζί με εξήγηση για τη μη συμμόρφωση.

### 3.5.4 Άξονες παροχής πληροφοριών

Αυτοί οι άξονες ασχολούνται με τη μεταφορά των νέων παραγόμενων πληροφοριών στο χρήστη.

- 1. Μορφή παράδοσης:** Αναφέρεται στη μορφή παράδοσης της πληροφορίας π.χ. στο χαρτί, σε απευθείας σύνδεση (μέσω διαδικτύου ή ενσωματωμένους στον ΗΦΑ), μέσω άλλης τεχνολογίας - τηλεφώνου, συσκευή τηλεϊδιοποίησης, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κ.λπ.
- 2. Λειτουργία παράδοσης:** Οι προτάσεις μπορούν να παραδοθούν, αφού ο δημιουργός της απόφασης δεν τις έχει ή δεν τις έχει ζητήσει (χωρίς τη συγκατάθεση) σε μορφή προειδοποίησης, υπενθύμισης ή αιτήματος βελτιστοποίησης. Στην πρώτη περίπτωση, ο κλινικός γιατρός πρέπει να κάνει μια επιπλέον προσπάθεια, να αναγνωρίσει πότε η συμβουλή θα ήταν χρήσιμη, και μέσω του προγράμματος να εισάγει δεδομένα ζητώντας διαγνωστική ή θεραπευτική αξιολόγηση. Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα θεωρείται παθητικό. Τα λεγόμενα “συστήματα ώθησης” που παρέχουν αυτόματα συστάσεις μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικά και ουσιαστικά να χρησιμοποιούνται περισσότερο. Έχουν διαδραματίσει ενεργό ρόλο με την παροχή υποστηρίξης αποφάσεων ως υποπροϊόντα των δραστηριοτήτων δεδομένων διαχείρισης (π.χ. παρακολούθηση, εποπτεία ΗΦΑ). Το σύστημα λογικής απόφασης είναι κατά κάποιον τρόπο ενσωματωμένο στη βάση δεδομένων του ασθενούς, η οποία εμπεριέχει ήδη δεδομένα από διάφορες πηγές και παρέχει εκ νέου δεδομένα και αποτελέσματα στο σύστημα ανάλυσης απόφασης χωρίς πρόσθετη προσπάθεια του κλινικού ιατρού. Ένα έγκυρο σημείο που εξετάζεται εδώ είναι η καταφυγή της λεγόμενης «κόπωσης συναγερμού», όπου ο γιατρός είναι ενημερωμένος για μικρές αποκλίσεις οι οποίες αναφέρονται με διαφορετικό τρόπο και είναι ευρέως κατανοητές.
- 3. Ολοκλήρωσης δράσης:** Είναι επιτακτική ανάγκη, το CDSS να παρέχει τη δυνατότητα στον φορέα λήψης των αποφάσεων να ασκήσει τις προτεινόμενες ενέργειες με ευκολία. Για παράδειγμα, το λογισμικό μπορεί, παρέχοντας ταυτόχρονα προτροπές για θεραπεία-κριτική, να παράσχει επίσης απευθείας συνδέσεις με παραπομπές - φόρμες εισόδου και το τμήμα σχεδιασμού θεραπείας του ΗΦΑ. Η ενέργεια αλλαγής της θεραπείας θα πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε ένα εύρος από λίγα κλικ, για παράδειγμα, με τον έλεγχο ενός δείκτη. Η ολοκλήρωση της ενέργειας προσθέτει σαφήνεια στην ευρύτερη αποδοχή και τη χρηστικότητα του CDSS.



4. Διαθεσιμότητα επεξήγησης: Είναι μια λειτουργία, όπου το σύστημα παρέχει μια εξήγηση των συστάσεών του, μέσω π.χ. συνδέσεων με τεκμηριωμένα άρθρα, βιβλία ή απευθείας από τη βάση γνώσεων.
5. Άξονες ροής εργασίας: Το CDSS μπορεί να θεωρηθεί ως διαδικασία, ωστόσο, στο επίπεδο φροντίδας είναι πρακτικά μια παρέμβαση της τεχνολογίας. Τα συστήματα που συνεργάζονται με τη ροή εργασίας του ιδρύματος είναι πιθανό να παρουσιάσουν υψηλότερη χρήση και να αποδειχθούν πιο αποτελεσματικά στη βελτιστοποίηση των επιδόσεων του ασκούμενου.

### 3.5.5 Δείκτες επιτυχίας ενός CDSS

Παρά το γεγονός, ότι τα ηλεκτρονικά CDSS ήταν συνεχώς σε εξέλιξη από το 1970, τα αποτελέσματά τους στην καθημερινή κλινική πρακτική δεν ήταν τόσο ισχυρά όσο αναμενόταν. Τα πιθανά οφέλη από τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων υποστήριξης λήψης αποφάσεων στην κλινική πρακτική εμπίπτουν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες [100]:

1. Βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών (μείωση των φαρμακευτικών σφαλμάτων και των ανεπιθύμητων παρενεργειών, επιδιορθωμένη παραπομπή φαρμάκων και αναλύσεων).
2. Βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης (αύξηση του χρόνου διάθεσης των κλινικών γιατρών στη φροντίδα των ασθενών, αυξανόμενη εφαρμογή των κλινικών μονοπατιών και των οδηγιών, επιτάχυνση και ενθάρρυνση της χρήσης των τελευταίων κλινικών ευρημάτων, βελτιωμένη κλινική τεκμηρίωση και ικανοποίηση των ασθενών).
3. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας της υγειονομικής περίθαλψης (μείωση του κόστους μέσω της ταχύτερης διεκπεραίωσης των παραπομπών, μείωση των επικαλυπτόμενων δοκιμών, μείωση ανεπιθύμητων ενεργειών και αλλαγή των προτύπων συνταγογράφησης του φαρμάκου, ευνοώντας φθηνότερα, αλλά εξίσου αποτελεσματικά/ισοδύναμα φάρμακα).

Η ανάπτυξη των CDSS είναι μια δύσκολη διαδικασία, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία παρά τις θεωρητικές γνώσεις που υπάρχουν σχετικά με το θέμα. Η κατανόηση των βαθύτερων αιτιών που οδηγούν είτε στην επιτυχία ή είτε στην αποτυχία, μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του CDSS, στην ανάπτυξη και στην εφαρμογή στην καθημερινή πρακτική. Οι αποτυχίες μπορεί να προέλθουν σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης και εφαρμογής: αποτυχία στην ολοκλήρωση τεχνικά του κατάλληλου συστήματος, αδυναμία να γίνει αποδεκτό το σύστημα από τους χρήστες και αποτυχία να ενσωματωθεί το σύστημα στο καθημερινό οργανωτικό περιβάλλον του χρήστη [105].

Υπάρχει εκτίμηση ότι το 45% των ηλεκτρονικών ΠΣΥ αποτυγχάνουν λόγω της αντίθεσης του χρήστη, έστω και αν τα συστήματα αυτά είναι σε τεχνολογικό επίπεδο πλήρη. Μερικοί λόγοι ενός τόσο υψηλού ποσοστού αποτυχίας μπορεί να προέρχονται από ανεπαρκή ικανότητα του υπολογιστή, μειωμένη επαγγελματική αυτονομία, έλλειψη συνειδητοποίησης των μακροπρόθεσμων οφελών της χρήσης του CDSS και έλλειψη επιθυμίας και διάθεσης για αλλαγή

της καθημερινής ροής εργασίας [106]. Υπάρχουν, επίσης, σαφείς ενδείξεις ότι οι υπηρεσίες των CDSS δε χρησιμοποιούνται πάντα, όταν είναι διαθέσιμες, δεδομένου ότι πάρα πολλές ειδοποιήσεις συστημάτων παρακάμπτονται ή αγνοούνται από τους γιατρούς [107].

Παρά τα προβλήματα και τις αποτυχίες που μπορεί να συνοδεύουν τα CDSS, τα συστήματα αυτά έχουν αποδειχθεί ευεργετικά σε πολλούς τομείς: βελτιώνουν την επιλογή του φαρμάκου και τις προτάσεις δοσολογίας, μειώνουν σοβαρά σφάλματα φαρμακευτικής αγωγής, επισημαίνοντας ενδεχόμενες αντιδράσεις του φαρμάκου, φαρμακευτικές αλλεργίες και εντοπισμό επικαλύψεων της θεραπείας, ενισχύουν την παροχή υπηρεσιών προληπτικής φροντίδας και βελτιώνουν τη συμμόρφωση με τα συνιστάμενα πρότυπα φροντίδας.

Μελέτες έδειξαν ότι υπάρχουν κάποια χαρακτηριστικά των CDSS ζωτικής σημασίας για την επιτυχία αυτών των συστημάτων [91, 94, 107, 108]:

- Το CDSS θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη λήψης αποφάσεων αυτόματα ως μέρος της ροής εργασιών των κλινικών γιατρών, δεδομένου ότι τα συστήματα όπου οι κλινικοί γιατροί χρειάζεται να ζητήσουν συμβουλές χειροκίνητα δεν έχουν αποδειχθεί επιτυχή.
- Η υποστήριξη της απόφασης θα πρέπει να παραδοθεί κατά το χρόνο και τον τόπο της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αν ο κλινικός γιατρός πρέπει να διακόψει την κανονική μορφή της φροντίδας του ασθενούς, να προχωρήσει σε ένα ξεχωριστό σταθμό εργασίας ή να ακολουθήσει πολύπλοκες, χρονοβόρες διαδικασίες εκκίνησης, το πιο πιθανό είναι το σύστημα αυτό να μην γίνει αποδεκτό.
- Τα συστήματα που δόθηκαν ως ενσωματωμένα στοιχεία των συστημάτων διαγραμμάτων ή παραπομπών είχαν σημαντικά περισσότερες πιθανότητες να είναι επιτυχή συγκριτικά με αυτά που παρέχονται ανεξάρτητα. Σε γενικές γραμμές, το συστατικό υποστήριξης λήψης απόφασης θα πρέπει να ενσωματώνεται στο συνολικό σύστημα υπολογιστή που είναι ήδη μέρος της επαγγελματικής ρουτίνας των χρηστών, καθιστώντας έτσι την υποστήριξη των αποφάσεων ένα συστατικό της καθημερινής ρουτίνας εργασίας του επαγγελματία υγείας.
- Έχει διαπιστωθεί ότι τα ηλεκτρονικά συστήματα έχουν πλεονεκτήματα έναντι των συστημάτων με βάση το χαρτί.
- Τα συστήματα πρέπει να παρέχουν συστάσεις και όχι να αναφέρουν απλώς μια εκτίμηση για τον ασθενή. Για παράδειγμα, το σύστημα συνιστά στον ιατρό να συνταγογραφήσει διουρητικά για έναν ασθενή και όχι μόνο ότι έγινε εντοπισμός καρδιολογικών ασταθειών στον ασθενή.
- Το CDSS θα πρέπει να ζητάει από τον γιατρό να καταγράψει ένα λόγο μη ακολουθίας των συμβουλών των συστημάτων (ο κλινικός ιατρός καλείται να δικαιολογήσει την απόφαση με έναν λόγο, π.χ. «άρνηση ασθενή»).

- Δεν υπάρχει ανάγκη για εισαγωγή πρόσθετων κλινικών δεδομένων. Λόγω της προσπάθειας των κλινικών γιατρών που απαιτείται για την εισαγωγή νέων δεδομένων ασθενούς, τείνουν να αποφεύγουν τη διαδικασία αυτή, η οποία είναι απαραίτητη για την υποστήριξη νέων αποφάσεων. Είναι προφανές ότι τα συστήματα θα πρέπει να αποκτούν νέα δεδομένα αυτόματα (π.χ. ανάκτηση δεδομένων από ΗΦΑ).
- Το σύστημα θα πρέπει να είναι εύκολο στην πλοήγηση και τη χρήση.
- Ο χρονισμός και η συχνότητα των συστάσεων έχουν μεγάλη σημασία. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν πάρα πολλά μηνύματα, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει μόνο σε πλήρη αγνόηση και, κατά συνέπεια, να χαθούν σημαντικές πληροφορίες. Η χρονική στιγμή έχει επίσης μεγάλη σημασία - οι ειδοποιήσεις δε θα πρέπει να εμφανίζονται σε ακατάλληλες στιγμές και να διακόπτουν τη ροή εργασίας.
- Η παρουσίαση των δεδομένων ή πληροφοριών σχετικά με τα CDSS δεν πρέπει να είναι ούτε πολύ πυκνή αλλά ούτε και πολύ μικρή. Οι ερευνητές προτείνουν επίσης τη χρήση φωτεινών εικονιδίων για σημαντικές λειτουργίες ή τη διάταξη των αλληλεπιδράσεων ανάλογα με το επειγόν του θέματος.
- Τα αποτελέσματα της υποστήριξης απόφασης θα πρέπει να παρέχονται και στους κλινικούς ιατρούς και στους ασθενείς. Μελέτες έχουν δείξει ευεργετικά αποτελέσματα των δράσεων αυτών, επειδή διεγείρουν τους κλινικούς γιατρούς να συζητήσουν τις επιλογές θεραπείας με τους ασθενείς, και κατά συνέπεια οι τελευταίοι να αισθάνονται ότι συμμετέχουν περισσότερο στην ιατρική θεραπεία τους.
- Η περιοδική αξιολόγηση που αφορά τη συμμόρφωση των ιατρών με το σύστημα λήψης αποφάσεων.

Η σημασία όλων αυτών των χαρακτηριστικών έγκειται στην ευκολία που προσφέρουν στον σχεδιασμό και στην υλοποίηση του CDSS, εάν στηριχθούν στις αρχές που αναφέρθηκαν παραπάνω, καθιστώντας έτσι ευκολότερη και τη χρήση τους. Οι κλινικοί γιατροί θεωρούν επίσης πολύ πρακτική τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας των κλινικών αποφάσεων από το CDSS. Από τους ίδιους θεωρήθηκε πολύ χρήσιμη η δυνατότητα ειδοποιήσεων για την ασφάλεια και την αλληλεπίδραση του φαρμάκου. Πάνω απ' όλα οι οργανωτικοί παράγοντες, όπως η διαθεσιμότητα των υπολογιστών στο σημείο της υγειονομικής φροντίδας καθώς και η τεχνική αρτιότητα του υλικού και λογισμικού του CDSS είναι ζωτικής σημασίας για την εφαρμογή [107].

Ο Kawamoto το 2005 πρότεινε ότι η αποτελεσματικότητα των CDSS παραμένει αμετάβλητη κυρίως, όταν οι συστάσεις του συστήματος δηλώνονται πιο έντονα και όταν τα αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν αυτές τις προτάσεις επεκτείνονται και περιλαμβάνουν συγκεκριμένα δεδομένα του ιδρύματος. Ομοίως, η αποτελεσματικότητα και η λειτουργικότητα παραμένει αναλλοίωτη, όταν οι συστάσεις γίνονται πιο συγκεκριμένες. Συνοψίζοντας, κατά την ανάπτυξη των CDSS, υπάρχουν παράγοντες πέρα από το λογισμικό και το περιεχόμενο που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Θεμελιώδη θέματα περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα

του υλικού, την επαρκή τεχνική υποστήριξη και εκπαίδευση στη χρήση του συστήματος, το επίπεδο της ολοκλήρωσης του συστήματος στην κλινική ροή εργασίας καθώς και την καταλληλότητα και επικαιρότητα των παρεχόμενων κλινικών μηνυμάτων.

### **3.6 Παραδείγματα CDSS συστημάτων στην πράξη**

Υπάρχουν πολλά ικανά και αποτελεσματικά συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων που χρησιμοποιούνται σήμερα από τους περισσότερους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης. Όλα αυτά τα συστήματα έχουν ένα κοινό πράγμα: μια βαθιά βάση δεδομένων κλινικών πληροφοριών που έχει ως στόχο να βοηθά τους γιατρούς να λαμβάνουν τις καλύτερες αποφάσεις για τους ασθενείς τους. Εδώ θα παρουσιάσουμε περιληπτικά μερικά από πιο δημοφιλή συστήματα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων

#### **3.6.1 IBM Micromedex**

Για περισσότερο από 45 χρόνια, η Micromedex υπήρξε μία από τις μεγαλύτερες βάσεις δεδομένων αναφοράς για πληροφορίες σχετικά με τα φάρμακα, την τοξικολογία, τις ασθένειες, την οξεία περίθαλψη και την εναλλακτική ιατρική. Παρέχεται μέσω μιας δικτυακής πύλης με αναγνώριση IP, παρέχει στους επαγγελματίες του τομέα υγειονομικής περίθαλψης υποστήριξη με κλινικές αποφάσεις για ενημερωμένες αποφάσεις θεραπείας. Το Micromedex διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων στους τομείς της πληροφόρησης για τα φάρμακα, την διαχείριση των ασθενειών και την κατάσταση της τοξικολογίας και της εναλλακτικής ιατρικής. Απευθύνεται ακόμη και σε συγκεκριμένες ερωτήσεις, όπως η συμβατότητα IV[109].

Οι πληροφορίες που βασίζονται σε στοιχεία Micromedex περιέχουν [109]:

- Δοσολογία φαρμάκων και διαχείριση φαρμάκων για όλα τα φάρμακα που έχουν εγκριθεί από την FDA και επιλέγουν φάρμακα εγκεκριμένα από την EMA και την Health Canada
- Λεπτομερείς πληροφορίες για αλληλεπιδράσεις φαρμάκων και IV συμβατότητα
- Πρωτόκολλα θεραπείας και λίστες ελέγχου για οξεία και χρόνια αντιμετώπιση ασθενειών
- Εργαστηριακές πληροφορίες για να βοηθήσει στην επιλογή κατάλληλων εξετάσεων και στη σωστή ερμηνεία των αποτελεσμάτων

- Πληροφορίες για την εναλλακτική ιατρική σχετικά με τις βοτανικές και εναλλακτικές θεραπείες
- Πληροφορίες νεογνών και παιδιατρικών φαρμάκων για λόγους που σχετίζονται με την ηλικία
- Λεπτομερή πρωτόκολλα για την τοξικολογία και τη διαχείριση της έκθεσης σε αυτά.


### 3.6.2 IndiGO

Οι IndiGO εξατομικευμένες κλινικές κατευθυντήριες γραμμές βασίζονται στο μοντέλο Archimedes, ένα πλήρες, αυστηρά επικυρωμένο μοντέλο βιομαθηματικής προσομοίωσης της ανθρώπινης φυσιολογίας, ασθενειών, συμπεριφοράς, παρεμβάσεων και συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Το IndiGO χρησιμοποιεί εξισώσεις παλινδρόμησης για να προβλέψει την πιθανότητα καρδιακής προσβολής (λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας (LDL) χοληστερόλη, τριγλυκερίδια, πίεση αίματος και δείκτης σωματικής μάζας (BMI) και συμπεριφορές στον τρόπο ζωής. Οι παρεμβάσεις που σχεδιάστηκαν στο IndiGO περιλαμβάνουν τη διακοπή του καπνίσματος, την απώλεια βάρους και τα προληπτικά φάρμακα: σιμβαστατίνη, λισινοπρίλη, ατενολόλη, υδροχλωροθειαζίδη, αμλοδιπίνη και λισινοπρίλη / υδροχλωροθειαζίδη [110].

Χρησιμοποιώντας κλινικές πληροφορίες σε επίπεδο ασθενούς σε ένα EHR, το IndiGO παράγει εξατομικευμένες «βαθμολογίες παροχών» προβλέποντας τη μείωση του κινδύνου από τη διατήρηση κάθε παρέμβασης σε διάστημα 5 ετών. Η βαθμολογία είναι ένας σταθμισμένος συνδυασμός του μειωμένου κινδύνου ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων. Τα βάρη προσεγγίζουν την αναμενόμενη 5ετή μείωση της ποιότητας ζωής που θα προέκυπτε από κάθε αποτέλεσμα. Οι γνωστές παρενέργειες και βλάβες σταθμίζονται και αφαιρούνται από τη βαθμολογία παροχών. Το IndiGO παράγει επίσης ένα «συνολικό όφελος» για κάθε άτομο, το άθροισμα των βαθμών των παροχών για όλες τις παρεμβάσεις. Τέλος, το IndiGO προβλέπει εξατομικευμένο 5ετή κίνδυνο καρδιακής προσβολής ή εγκεφαλικού επεισοδίου κάτω από τρία σενάρια [111]: (1) διατήρηση των τρεχουσών συνθηκών για 5 χρόνια, (2) διακοπή όλων των τρεχουσών π · ή (3) διατήρηση όλων των προσδιορισμένων παρεμβάσεων για 5 χρόνια. Έχουν δημοσιευτεί πλήρεις λεπτομέρειες της πρότυπης μοντελοποίησης. Η αυτοματοποιημένη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του EHR και των βιομαθηματικών μοντέλων επικυρώνει τις βαθμολογίες ημερησίως, οι οποίες εμφανίζονται σε ένα διαδραστικό γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI).

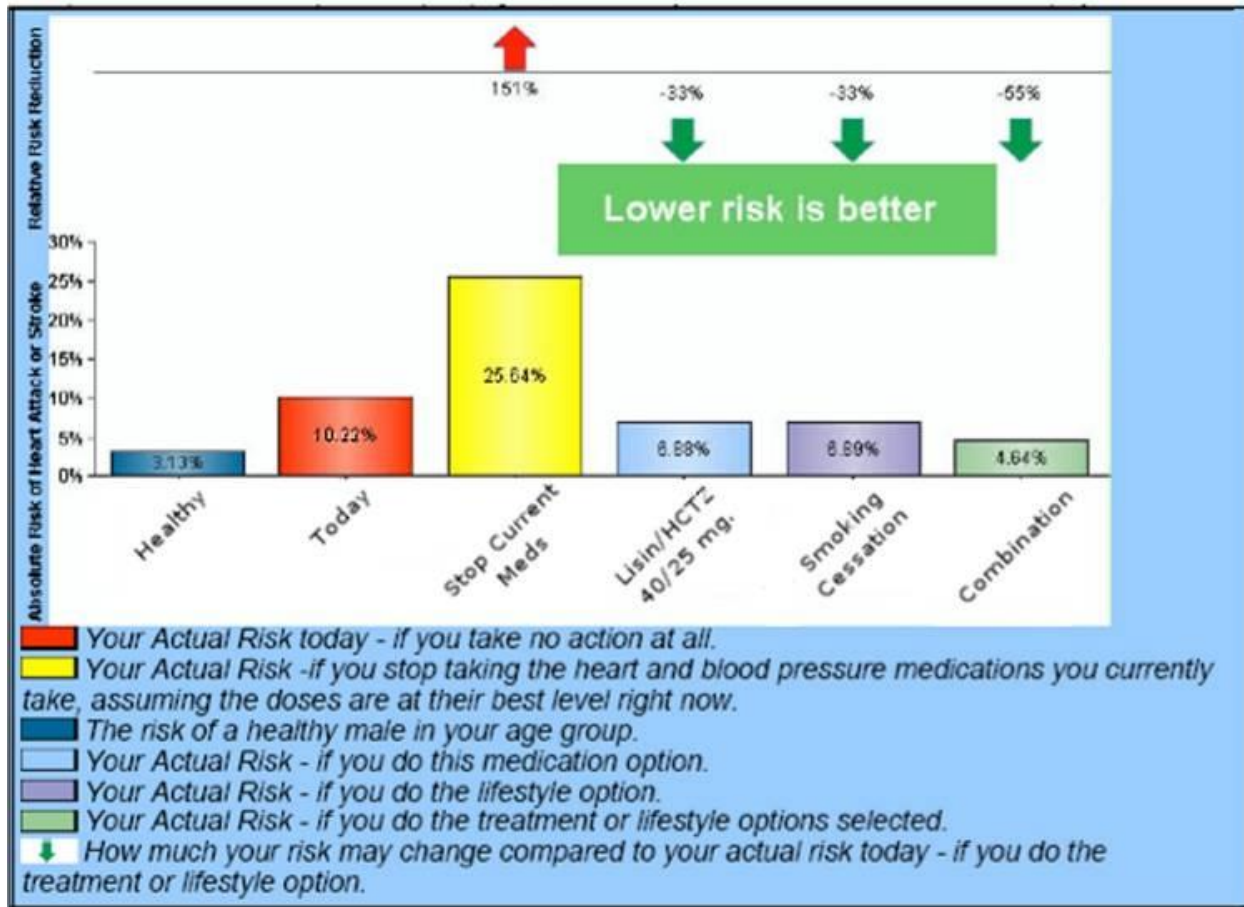
Η δύναμη του IndiGO είναι η αναγνώριση δύο τύπων ατόμων: εκείνων για τους οποίους οι παραδοσιακές κατευθυντήριες γραμμές σχετικά υποδεικνύουν θεραπεία η οποία θα ωφελήσει ελάχιστα για να δικαιολογήσει τις παρενέργειες ή τους κινδύνους, και εκείνους που χάθηκαν από

τις κατευθυντήριες γραμμές βάσει, αλλά που θα αποφέρουν σημαντικά οφέλη. Μια προσομοίωση που εφαρμόζει το IndiGO σε ένα δευτερεύον σύνολο δεδομένων, διαπίστωσε ότι οι εξατομικευμένες οδηγίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε βελτιωμένη ποιότητα φροντίδας και χαμηλότερο κόστος για τους ασθενείς με υπέρταση, σε σύγκριση με τις παραδοσιακές κατευθυντήριες οδηγίες.[112].

**Personal Heart Report for DEMO2001584618 : Risk of Heart Attack or Stroke** 

YOUR DATA					
Age: 65	Smoker: <b>Yes</b>	LDL: <b>80</b>	1/20/09		
Height: 5ft 10inches	HBA1C: no value	Total Cholesterol: <b>141</b>	1/20/09		
Weight: 184.0 lbs	HDL: <b>27.0</b>	GFR: <b>90.0</b>	1/20/09		

Green = Good Red = Needs follow-up



Εικόνα 3.3 Στιγμιότυπο οθόνης του γραφικού περιβάλλοντος εργασίας του χρήστη IndiGO.

### 3.6.3 Elsevier Clinical Decision Support

Το σύστημα υποστήριξης κλινικών αποφάσεων γνωστό ως Elsevier Clinical Decision Support είναι ένα αποτελεσματικό σύστημα που αναπτύχθηκε από την ομάδα Reed Elsevier. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια τεράστια βάση δεδομένων για ιατρικά βιβλία, περιοδικά και ηλεκτρονικά εργαλεία αναφοράς, ιδιαίτερα το MDConsult, το οποίο προσφέρει [113]:

- Κλινικό Περιεχόμενο
- Διαχείριση μάθησης και απόδοσης
- Αναλύσεις
- Αναφορές
- Αναφορά φαρμάκων
- Υποστήριξη λήψης αποφάσεων

### 3.6.4 DXplain

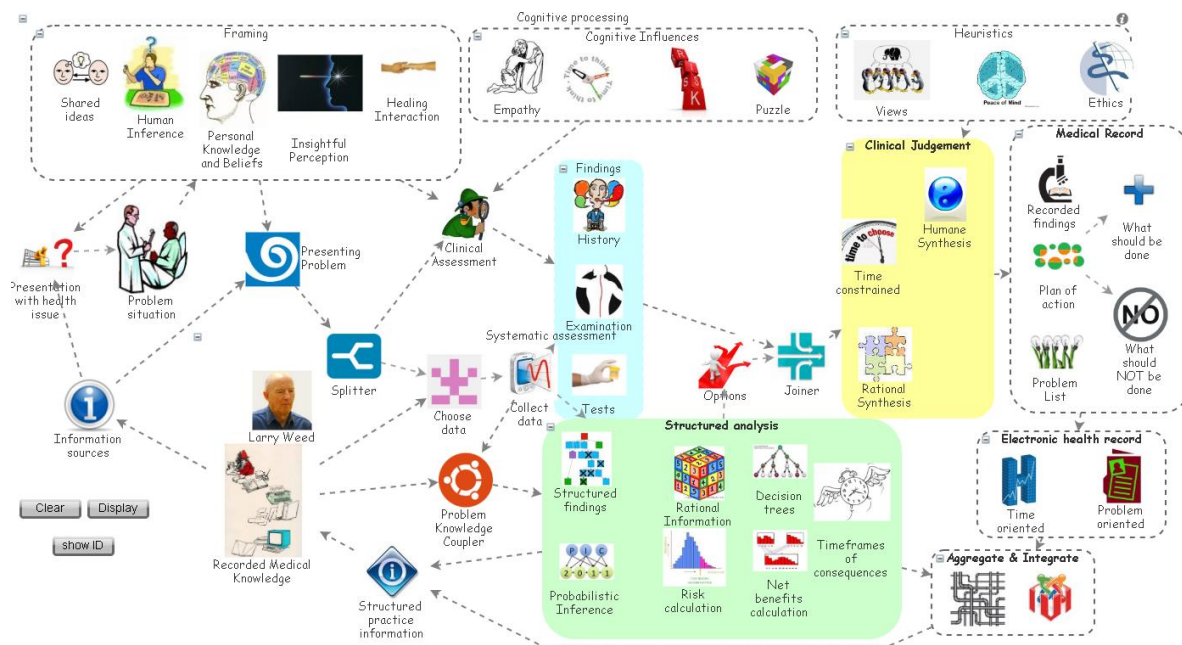
Το DXplain είναι ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που δρα σε ένα σύνολο κλινικών ευρημάτων (σημάδια, συμπτώματα, εργαστηριακά δεδομένα) για να παράγει έναν καταγεγραμμένο κατάλογο διαγνώσεων που μπορεί να εξηγούν (ή να σχετίζονται με) τις κλινικές εκδηλώσεις. Το DX Plain παρέχει αιτιολόγηση για τον λόγο για τον οποίο μπορεί να εξεταστεί καθεμία από αυτές τις ασθένειες, υποδεικνύει ποιες περαιτέρω κλινικές πληροφορίες θα ήταν χρήσιμες για τη συλλογή για κάθε ασθένεια και παραθέτει ποιες κλινικές εκδηλώσεις, αν υπάρχουν, θα ήταν ασυνήθιστες ή άτυπες για κάθε συγκεκριμένη ασθένεια. Το DX Plain δεν προσφέρει οριστική ιατρική συμβουλή και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο για τη λήψη αποφάσεων [114].

Το DX Plain εκμεταλλεύεται μια μεγάλη βάση δεδομένων με τις ακαθάριστες πιθανότητες πάνω από 4500 κλινικές εκδηλώσεις που σχετίζονται με πάνω από 2000 διαφορετικές ασθένειες. Το σύστημα χρησιμοποιεί μια τροποποιημένη μορφή Bayesian logic. Αναπτύχθηκε στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης πριν από δέκα χρόνια και έχει χρησιμοποιηθεί από χιλιάδες χρήστες έκτοτε, τόσο ως αυτόνομη έκδοση όσο και μέσω του διαδικτύου. Η βάση δεδομένων και το σύστημα συνεχώς βελτιώνονται και προσαρμόζονται ως αποτέλεσμα των σχολίων των χρηστών. Το DX Plain χρησιμοποιείται συνήθως σε πολλά νοσοκομεία και ιατρικά σχολεία κυρίως για κλινική εκπαίδευση αλλά και για κλινική διαβούλευση[115].

Το DXPlain έχει τα χαρακτηριστικά τόσο ενός ηλεκτρονικού ιατρικού εγχειριδίου όσο και ενός συστήματος ιατρικής αναφοράς. Στον ρόλο ενός ιατρικού εγχειριδίου, το DX Plain μπορεί να παράσχει μια περιεκτική περιγραφή για πάνω από 2.000 διαφορετικές ασθένειες, υπογραμμίζοντας τα σημεία και τα συμπτώματα που εμφανίζονται σε κάθε νόσο, την αιτιολογία, την παθολογία και την πρόγνωση. Το DX Plain παρέχει επίσης μέχρι και 10 πρόσφατες αναφορές που έχουν επιλεγεί ως κατάλληλο υλικό αναφοράς για κάθε συγκεκριμένη ασθένεια. Επιπλέον, μπορεί να παράσχει έναν κατάλογο ασθενειών που θα πρέπει να εξετάζονται για οποιαδήποτε από τις πάνω από 5.000 διαφορετικές κλινικές εκδηλώσεις [116].

### 3.6.5 PKC

Το Problem Knowledge Couple (PKC) σύστημα γνώσης αναπτύχθηκε από τον Dr Weed για να βοηθήσει να ξεπεραστούν οι εγγενείς περιορισμοί του ανθρώπινου νου στη λήψη αποφάσεων όταν αντιμετωπίζει ένα σύνθετο σύνολο δεδομένων. Οι γνωστικοί ψυχολόγοι έχουν αναγνωρίσει από καιρό αυτή την ανεπάρκεια όταν ο αριθμός των μεταβλητών υπερβαίνει τα επτά. Επισημαίνουν ότι οι υποσυνείδητες προκαταλήψεις στρεβλώνουν τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων όπως συμβαίνει σε όλες τις καταστάσεις της καθημερινής ζωής. Γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι οι κλινικοί γιατροί θα λάβουν μια απόφαση εντός 30 δευτερολέπτων από την ακρόαση ενός ασθενούς. Από εκεί και πέρα, έχουν την τάση να αποκλείουν πληροφορίες που δυσφημίζουν αυτή την υπόθεση και να αναζητούν πληροφορίες που την επιβεβαιώνουν[117].



Εικόνα 3.4 Το μοντέλο λειτουργίας του PKC



Η αρχή του PKC είναι απλή: συγκεντρώστε μεγάλο αριθμό μεταβλητών (ευρήματα ιατρικού ιστορικού, ευρήματα εξετάσεων, εργαστηριακά δεδομένα) και χρησιμοποιήστε έναν υπολογιστή για να τα ταξινομήσετε σε όλες τις διαγνωστικές ή θεραπευτικές δυνατότητες για τη μοναδική κλινική κατάσταση του ασθενούς. Η λογική είναι συνδυαστική παρά πιθανολογική ή αλγοριθμική. Η πιθανολογική θα μας προκαλούσε να χάσουμε τη σπάνια πιθανότητα και η αλγοριθμική λογική αναγκάζει μια απόφαση, αλλά στην πραγματικότητα μπορεί να υπάρχουν δύο ταυτόχρονες επιλογές (ημικρανία και κεφαλαλγία μυϊκής συστολής).

Η τρέχουσα λίστα ζευγών καλύπτει την πλειονότητα των κλινικών προβλημάτων και λειτουργιών σε ένα γραφείο πρωτοβάθμιας φροντίδας: ευεξία, προσυμπτωματικός έλεγχος, διάγνωση και διαχείριση.

Το περιεχόμενο του PKC αναθεωρείται και ενημερώνεται κάθε έξι μήνες και γίνεται ηλεκτρονικά στο σύστημά. Όλες οι τρέχουσες οδηγίες ενσωματώνονται, αλλά η εφαρμογή τους είναι προσαρμοσμένη σε κάθε μοναδική κατάσταση ασθενούς.

### 3.6.6 Isabel

Το 1999, όταν η κόρη του ιδρυτή έγινε σοβαρά άρρωστη ως αποτέλεσμα της λανθασμένης διάγνωσης, εμπνεύστηκε να ιδρύσει το CDSS της Isabel, που πήρε το όνομα του κόρη του. Το 2002, η πρώτη έκδοση, για την παιδιατρική, εγκαινιάστηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο. Η έκδοση ενηλίκων του Isabel έγινε διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο το 2005 και τώρα καλύπτει χιλιάδες διαγνώσεις. Ο πόρος είναι ένα εργαλείο διδασκαλίας για να βοηθήσουν τους καθηγητές, τους φοιτητές και τους κλινικούς γιατρούς να παραμείνουν ενημερωμένοι σε νέες μελέτες (Εικόνα 3.6).

Η Isabel αποτελείται από δύο μέρη, το Isabel Diagnosis Checklist System (IDCS) και το στοιχείο της γνώσης. Το IDCS αποτελείται από μια βάση δεδομένων με περισσότερες από 11.000 διαγνώσεις και 4.000 φάρμακα. Για να χρησιμοποιήσει το IDCS, ένας κλινικός ιατρός εισάγει τα συμπτώματα και τα κλινικά συμπτώματα ενός ασθενούς ή τα δεδομένα από το ηλεκτρονικό ιατρικό αρχείο. Στη συνέχεια, η Isabel ελέγχει τα συμπτώματα και που έχουν εισαχθεί στη βάση δεδομένων της για να παράσχει μια λίστα με πιθανές διαγνώσεις και / ή φάρμακα που μπορεί να προκαλέσουν τα συγκεκριμένα συμπτώματα. Η Isabel χρησιμοποιεί ιδιόκτητο λογισμικό επεξεργασίας φυσικής γλώσσας για να αναζητήσει τη βάση δεδομένων της για ιατρικά εγχειρίδια και περιοδικά. Η βάση δεδομένων και η ποιότητα των αποτελεσμάτων αναζήτησης επικυρώνονται κάθε εβδομάδα από μια ομάδα κλινικών ιατρών [118].

Ένα από τα οφέλη της Isabel είναι ότι δεν απαιτεί επίσημη εκπαίδευση. Έχει σχεδιαστεί για να είναι εύκολη και γρήγορη στη χρήση. Η αρχική σελίδα της Isabel απλοποιείται κατάλληλα και περιλαμβάνει ένα κουτί όπου ο γιατρός εισάγει τις πληροφορίες και τα συμπτώματα του ασθενούς στην αριστερή στήλη και τα αποτελέσματα που βασίζονται σε αυτές τις πληροφορίες εμφανίζονται στη δεξιά στήλη (αυτή είναι η πλευρά χρήστη του IDCS) (Εικόνα 3.5). Στο πρώτο κουτάκι "κλινικά χαρακτηριστικά", το πρώτο αναπτυσσόμενο μενού απαιτεί την ηλικία του ασθενούς (οι

κατηγορίες περιλαμβάνουν το νεογνό, το βρέφος, το νεότερο παιδί, το μεγαλύτερο παιδί, τον έφηβο, τον νεαρό ενήλικα, τον ενήλικα και το γηριατρικό, το καθένα με αντίστοιχες ηλικιακές ομάδες). Αυτός είναι το μόνο χαρακτηριστικό του ασθενούς που απαιτείται στην Isabel.



If this page is not displaying / functioning correctly, please [click here](#)

Εικόνα 3.5 Αρχική σελίδα της Isabel

Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το φύλο του ασθενούς. Αν επιλεγεί γυναίκα μαζί με ένα κατάλληλο κουτί ηλικίας, εμφανίζεται ένα επιπλέον αναπτυσσόμενο μενού που επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει εάν ο ασθενής είναι έγκυος ή όχι. Μόλις εισαχθούν αυτές οι πληροφορίες στο παρασκήνιο, ο χρήστης μπορεί να εισάγει κλινικά χαρακτηριστικά διατηρώντας κατά νου τους «χρυσούς κανόνες» [118]:

- Να είναι όσο το δυνατόν πιο συγκεκριμένη (δηλαδή, η Isabel θα καταλάβει το «επίμονο βήχα», το οποίο είναι προτιμότερο από το «βήχα»).
- Μην χρησιμοποιείτε αρνητικά (π.χ. «χωρίς πυρετό»).

- Μη χρησιμοποιείτε αριθμούς (αντί αυτού περιγράψτε αριθμητικά αποτελέσματα με λέξεις, π.χ. αυξημένο αριθμό λευκών αιμοσφαιρίων) .

Click on diagnoses to browse related content	©The 5 Minute Clinical Consult - 2010 18th Edition, Lippincot, William and Wilkins. All rights reserved.
<b>Asbestosis</b>	 
<b>Related content:</b>	<b>Asbestosis</b>
The 5 Minute Clinical Consult - 2010	Ruben Peralta, MD, FACS Sarah Guzofski, MD
Oxford Textbook of Medicine	BASICS
<b>Journal Abstracts</b>	<b>DESCRIPTION</b>
What's New	Slowly progressive lung disease caused by inhalation of dust from the fibrous silicate asbestos; asbestos is used in insulation, cement, and other building materials. Nodular interstitial fibrotic lung disease is caused by cascade of inflammatory responses to inhaled asbestos fibers. Pleural fibrosis, pleural plaques and interstitial fibrosis develop. Lung cancer risk is increased.
Lessons Learned	Synonym(s): Asbestos pneumoconiosis
<b>Images</b>	<b>GENERAL-PREVENTION</b>
Google Images	Asbestos has been federally regulated by the Occupational Health and Safety Administration since 1972. Primary responsibility of employers to provide safe work environment.
<b>Web Resources</b>	Exposure control: Substitution of safer material or adoption of control technologies
Louis Calder Memorial Library	During high-exposure periods such as building repair, use fit-tested personal respirators for workers
UpToDate	World Health Organization (WHO) recommendations for regular health screening of exposed workers:
DynaMed	Chest radiograph film at baseline
Md Consult	For workers with <10 years since 1st exposure: Chest radiograph every 3–5 years
CDC	>10 years: Chest radiograph every 1–2 years
PubMed	>20 years: Chest radiograph annually
Medline Plus	All workers: Annual respiratory symptom questionnaire, physical examination, and spirometry (alternatively can be done on chest radiograph schedule)
eMedicine (free reg. required)	Reporting of new cases to health authorities
Google	<b>EPIDEMIOLOGY</b>
Wikipedia	In the US, an estimated 1.3 million people who work in maintenance and construction are at risk for exposure (1)[B].
eMedicine Health	Predominant age: Middle age (40–75 years)
<b>Guidelines</b>	Predominant sex: Male > Female, owing to exposure pattern
Institutions can link their own guidelines, protocols, algorithms & orders sets here.	<b>RISK-FACTORS</b>
	Professional exposures most common in construction; those who mine, mill, or remove asbestos; ship builders; textile workers; railroad workers
	Office workers, teachers, and students in buildings with asbestos in place have exposure orders of magnitude below those of construction workers.
	Higher amount of asbestos exposure associated with higher risk of asbestosis (2)[C]
	Cigarette smoking markedly increases risk of radiographic changes and eventual lung cancer risk, thought to be due to decreased clearance of asbestos fibers.
	<b>RISK-FACTORS-Genetics</b>
	No known genetic pattern
	<b>ETIOLOGY</b>
	Asbestos fibers are inhaled. Macrophages engulf the fibers and release inflammatory mediators. Inflammatory mediators cause fibroblast proliferation, leading to fibrosis and remodeling of interstitial lung tissue, including intra-alveolar fibrosis and loss of alveolar capillary units (2) [B].
	Disease continues to slowly progress over the course of years, even if exposure is not ongoing.
	Symptoms may be related to impaired gas exchange and/or a pattern of restrictive lung disease.
	<b>ASSOCIATED-CONDITIONS</b>
	Inhalation of asbestos associated with several lung problems in addition to asbestosis: benign plaques, benign pleural effusions, lung cancer, malignant mesothelioma
	<b>DIAGNOSIS</b>

Εικόνα 3.6 Παράθυρο Γνώσης Αμιάντωσης

### 3.7 Συμπεράσματα

Είναι σαφές ότι τα συστήματα που υποστηρίζουν τη λήψη κλινικών αποφάσεων των γιατρών, νοσηλευτών και άλλων εργαζομένων της υγείας έχουν τεράστιες δυνατότητες προς όφελος της απόδοσής τους, της παροχής φροντίδας υψηλής ποιότητας, της καλύτερης έκβασης των ασθενών. Γενικά, μπορεί κανείς να λάβει την καλύτερη δυνατή φροντίδα των ασθενών, εάν υπάρχει κάποιος που να έχει εξαιρετική γνώση των ιατρικών θεμάτων για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Για παράδειγμα, ένας κλινικός ιατρός με περισσότερες πληροφορίες και γνώσεις έχει μια καλύτερη ευκαιρία για την επίλυση ενός κλινικού προβλήματος με όφελος του ασθενούς, του νοσοκομείου και του ίδιου. Το πρόβλημα είναι ότι στη σημερινή εποχή η παγκόσμια γνώση για ένα θέμα είναι συχνά συντριπτική για ένα γιατρό. Τα CDSS ενσωματώνουν τα προσωποποιημένα δεδομένα

ειδικά για τον ασθενή και είναι εφαρμόσιμα, καλά δομημένα και οι υπάρχουσες γνώσεις ή οδηγίες είναι βασισμένες σε αποδείξεις, εξυπηρετώντας έτσι τον κλινικό γιατρό με κλινική βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων του / της. Η στήριξη αυτή των βασικών γνωστικών διεργασιών που εμπλέκονται στην ιατρική σκέψη, σε κάποιο βαθμό ανακουφίζει τον κλινικό γιατρό και του παρέχει νέες, καλύτερα διαμορφωμένες και ενδεχομένως ανώτερες μεθόδους προκειμένου να παράσχει καλύτερη θεραπεία της ασθένειας.

# Κεφάλαιο 4

## Πρωτόκολλα Ανταλλαγής Ιατρικών Δεδομένων

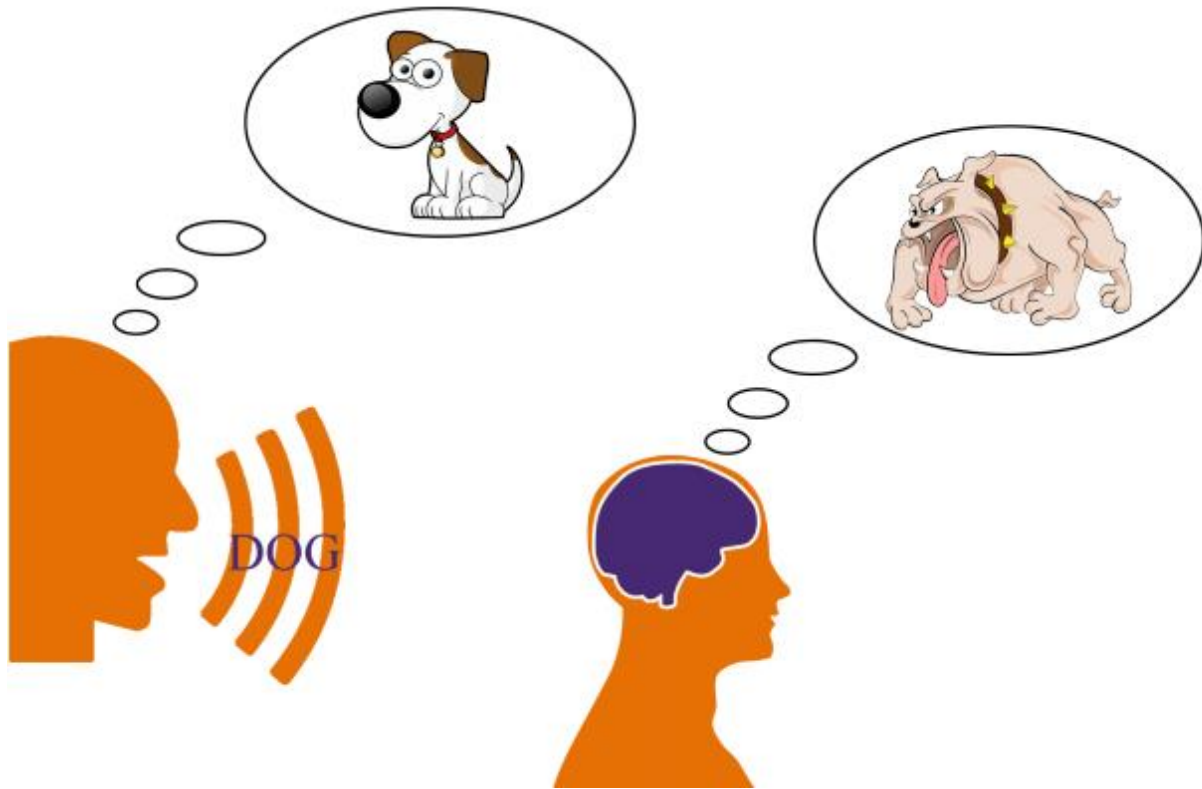
### 4.1 Εισαγωγή

Η απαίτηση για επικοινωνία και μεταφορά δεδομένων μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων δημιούργησε την ανάγκη για εφαρμογή προτύπων και πρωτοκόλλων. Μέσω αυτών επιτυγχάνεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων καθώς γίνεται εφικτή η συνεχής και απροβλημάτιστη επικοινωνία τους. Το σύνολο αυτών των προτύπων και πρωτοκόλλων βοηθάει στη επίτευξη μιας κοινής βάσης πάνω στην οποία τα δεδομένα θα στηρίζονται και θα διαμορφώνονται. Αυτή η βάση πρέπει να παρέχει μια σειρά από κανόνες και προδιαγραφές που πρέπει να πληρούνται από ιατρικές εφαρμογές και λογισμικά, με σκοπό την έγκυρη και ασφαλή διάδοση της ιατρικής πληροφορίας μεταξύ ιατρικών δομών. Προκειμένου οι ειδικοί να καταλαβαίνουν τα μηνύματα αυτά αλλά και τα συστήματα να μπορούν να επεξεργάζονται τα δεδομένα, απαιτείται ομοιογένεια των μεταδιδόμενων δεδομένων. Παράλληλα σημαντική πτυχή για τις μεταδιδόμενες πληροφορίες είναι η πλήρης ασφάλειά τους.

Ένα από τα βασικότερα προβλήματα για την επίτευξη της επιθυμητής διαλειτουργικότητας αποτελεί η έλλειψη μιας και μοναδικής κωδικοποίησης και ταξινόμησης των ιατρικών όρων και διαδικασιών. Το μέγεθος των παραγόμενων ιατρικών δεδομένων είναι υπέρογκο και συνεχώς αυξανόμενο, όταν την ίδια στιγμή το περιεχόμενο των πληροφοριών τους ποικίλει. Συγκεκριμένα, οι πληροφορίες από τα ιατρικά δεδομένα ενός ασθενή μπορεί να είναι τα δημογραφικά του στοιχεία, οι εργαστηριακές εξετάσεις, τα βιοσήματα, οι ενδοσκοπικές εξετάσεις, οι κλινικές εικόνες κτλ.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από την Ε.Ε. [119] «Η διαλειτουργικότητα συνεπάγεται ότι δύο ή περισσότερες εφαρμογές ηλεκτρονικής υγείας (π.χ. ηλεκτρονικοί φάκελοι υγείας) μπορούν να ανταλλάσσουν, να κατανοούν και να ενεργούν βάσει πληροφοριών πολίτη/ασθενή και άλλων συναφών με την υγεία πληροφοριών, και γνώσεων μεταξύ διαφορετικών - γλωσσικά και πολιτισμικά - κλινικών επιστημόνων, ασθενών και άλλων φορέων ή οργανισμών εντός και μεταξύ των διαφόρων συστημάτων υγείας, σε πλαίσιο συνεργασίας». Έτσι, η διαλειτουργικότητα θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια ευρύτερη έννοια η οποία περιλαμβάνει την ικανότητα των οργανισμών να συνεργάζονται και να αλληλοεπιδρούν προς την κατεύθυνση αμοιβαία επωφελών και κοινώς συμφωνημένων στόχων, οι οποίοι αφορούν την ανταλλαγή πληροφοριών και γνώσεων μεταξύ των εν λόγω οργανισμών δια μέσου των εργασιακών διαδικασιών που υποστηρίζουν, μέσω

της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των αντίστοιχων συστημάτων τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνίας [120].



**Εικόνα 4.1:** Η έννοια της διαλειτουργικότητας

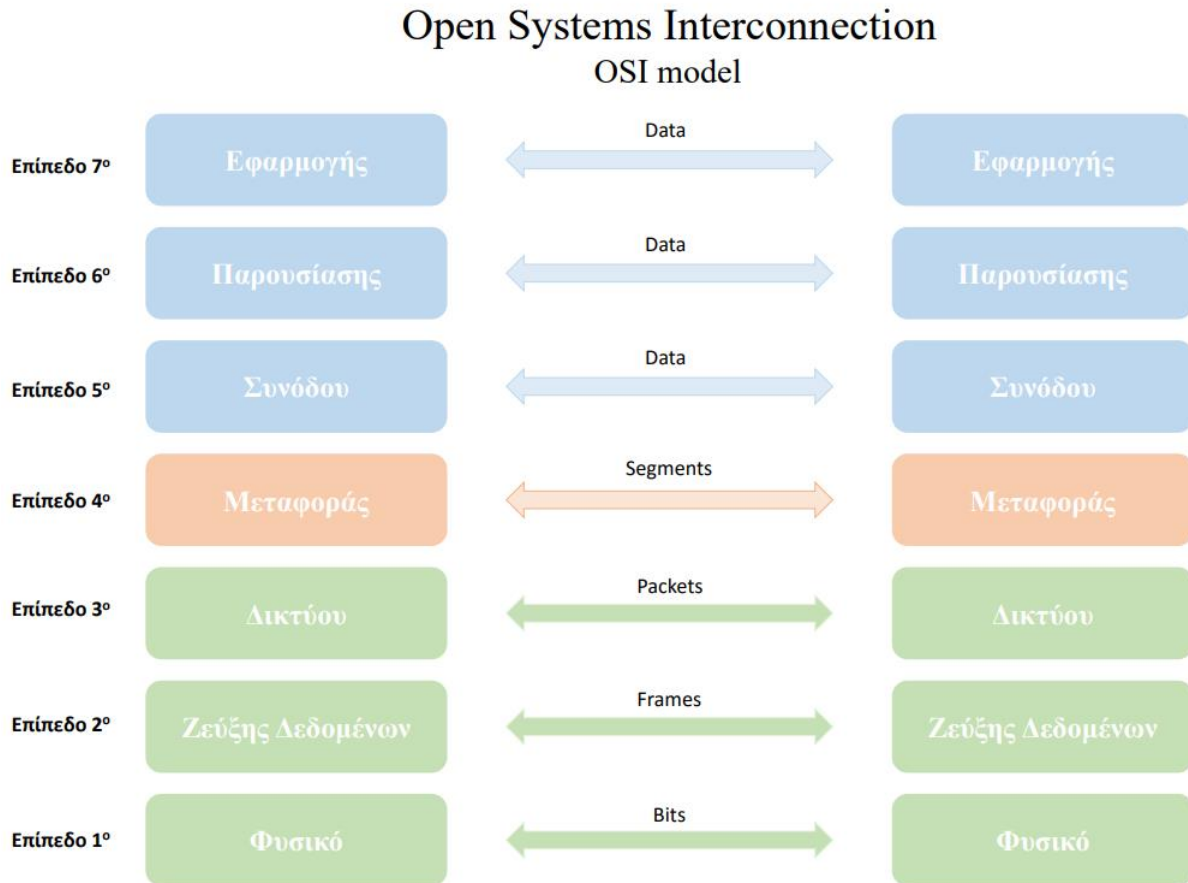
Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετήσουμε ένα από τα πιο γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα πρότυπα μετάδοσης, το πρότυπο για τη μετάδοση ιατρικής πληροφορίας HL7 και τις διάφορα παραλλαγές και εκδόσεις του προτύπου αυτού.

## 4.2 HL7

Το πρότυπο HL7 (Health Level Seven) είναι ένα πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων εξειδικευμένου πεδίου (specific domain) όπως αναφέρεται, διότι αφορά συγκεκριμένα στη μετάδοση δεδομένων στο πεδίο της ιατρικής. Στόχος του είναι η εύκολη μεταφορά ιατρικών δεδομένων, ανεξαρτήτως της ιατρικής εφαρμογής, ή του λειτουργικού συστήματος [121]. Αυτό επιτυγχάνεται με τυποποιημένα μηνύματα, τα οποία ανταλλάσσουν τα υπολογιστικά συστήματα μεταξύ τους. Η παρέμβασή του υλοποιείται στο υψηλότερο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων, όπως αυτό περιγράφεται από το μοντέλο διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων OSI (Open System Interconnection model). Το μοντέλο OSI, το οποίο προτάθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (International Organization for Standardization – ISO), είναι θεμελιώδες για την επιστήμη της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών και εισάγει μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική



που τυποποιεί τα επίπεδα εξυπηρέτησης και τους τύπους αλληλεπίδρασης μεταξύ υπολογιστών που συνδέονται μέσω δικτύου. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.2 το μοντέλο OSI αποτελείται από 7 επίπεδα, ξεκινώντας από το χαμηλότερο που αφορά στο φυσικό επίπεδο, δηλαδή τη συνδεσμολογία που υπάρχει ανάμεσα σε δύο υπολογιστές και καταλήγει στην ανταλλαγή δεδομένων σε επίπεδο εφαρμογών λογισμικού. Το έβδομο επίπεδο δηλαδή είναι αυτό το οποίο διερευνά τους τρόπους που μπορούν δύο ανεξάρτητες εφαρμογές λογισμικού να ανταλλάξουν μεταξύ τους δεδομένα και αυτά να είναι κατανοητά και από τις δύο. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, το πρότυπο HL7 υλοποιείται επάνω στο 7 ο επίπεδο.



**Εικόνα 4.2:** Τα επτά επίπεδα του προτύπου OSI.

Ο οργανισμός HL7 (Health Level 7) [122] δημιουργήθηκε στις Η.Π.Α. το 1987 με σκοπό την προτυποποίηση των μηνυμάτων σχετικά με την εισαγωγή, καταχώρηση, μεταφορά και χρέωση ασθενών, την επικοινωνία μεταξύ νοσοκομείων και ασφαλιστικών εταιριών καθώς και τη γενική διαχείριση φαρμακευτικών συνταγών. Το πρότυπο HL7 έχει αναγνωριστεί από διάφορα εθνικά ιδρύματα προτυποποίησης, όπως το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων (American National Standards Institute - ANSI) [123] και το Γερμανικό Ινστιτούτο για Προτυποποίηση (German Institute for Standardization – DIN) [124], ενώ χρησιμοποιείται καθημερινά σε εκατοντάδες νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο, συνδέοντας μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών και

συστημάτων. Οι περισσότερες συσκευές ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού έχουν τη δυνατότητα πλέον να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας HL7 μηνύματα, ενώ σχεδόν όλα τα πληροφοριακά συστήματα μπορούν να στείλουν και να λάβουν αντίστοιχα μηνύματα μέσω του πρωτοκόλλου ανταλλαγής μηνυμάτων HL7. Το HL7 αφορά τόσο τα κλινικά όσο και τα διοικητικά δεδομένα. Η αποστολή του οργανισμού HL7 είναι η δημιουργία αξιόπιστων προτύπων ανταλλαγής, διαχείρισης και ολοκλήρωσης δεδομένων που αφορούν την κλινική φροντίδα του ασθενή, καθώς και τη διαχείριση, οργάνωση και αξιολόγηση των υπηρεσιών ιατρικής περίθαλψης. Ο οργανισμός ενθαρρύνει τη δημιουργία ευέλικτων προτύπων, οδηγιών, μεθοδολογιών, πρωτοκόλλων και άλλων συναφών υπηρεσιών και προϊόντων, προκειμένου να καταστεί εφικτή η διαλειτουργικότητα πληροφοριακών συστημάτων στην υγεία και η ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών, από και προς τον ηλεκτρονικό φάκελο του ασθενή.

### 4.2.1 HL7 Κανόνες κωδικοποίησης

Οι τύποι μηνυμάτων που ορίζονται στους κανόνες κωδικοποίησης του HL7 αποτελούνται από πεδία δεδομένων μεταβλητού μήκους τα οποία διαχωρίζονται με έναν διαχωριστή πεδίων. Οι κανόνες περιγράφουν πώς οι διάφοροι τύποι δεδομένων κωδικοποιούνται μέσα σε ένα πεδίο και τότε ένα μεμονωμένο πεδίο μπορεί να επαναληφθεί.

Τα πεδία δεδομένων ομαδοποιούνται και απαρτίζουν τα αποκαλούμενα τμήματα (segments). Τα τμήματα διαχωρίζονται με τους διαχωριστές τμήματος. Κάθε τμήμα αρχίζει με ένα κωδικό τριών χαρακτήρων που το προσδιορίζει μέσα σε ένα μήνυμα. Τα τμήματα μπορεί να οριστούν ως απαιτούμενα ή προαιρετικά, ενώ μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενα. Τα μεμονωμένα πεδία δεδομένων εντοπίζονται στο μήνυμα από τη θέση τους μέσα στα σχετικά τμήματά τους.

Όλα τα δεδομένα αναπαριστώνται με ένα επιλεγμένο σύνολο χαρακτήρων. Ο ASCII κώδικας αποτελεί το σύνολο χαρακτήρων προεπιλογής. Η ευρωπαϊκή ένωση έχει ορίσει ως προδιαγραφή ενός 8-bit συνόλου χαρακτήρων, οι αλφαβητικοί δηλαδή χαρακτήρες ανάγονται σε κώδικες, με διάφορες παραλλαγές. Η ISO 8859 είναι μια συμβολοσειρά 256 χαρακτήρων (8-bit), η οποία περιλαμβάνει όλα τα απαιτούμενα ευρωπαϊκά γράμματα και προτείνεται στην ομάδα ευρωπαϊκών προτύπων. Στην περίπτωση αυτή που ορίζεται μια 8-bit συμβολοσειρά, το HL7 προσαρμόζεται σε αυτό το περιβάλλον και διαχειρίζεται τα δεδομένα χωρίς περιπλοκές.

Οι κανόνες κωδικοποίησης κάνουν διαχωρισμό μεταξύ των πεδίων δεδομένων που έχουν μηδενική αξία και εκείνων που δεν υπάρχουν. Τα πρώτα αντιπροσωπεύονται από δύο παρακείμενα εισαγωγικά, τα τελευταία από κανένα δεδομένο (δηλ., δύο διαδοχικοί χαρακτήρες διαχωριστών.) Η διάκριση μεταξύ των μηδενικών τιμών και εκείνων που δεν είναι παρούσες είναι σημαντική όταν ενημερώνεται ένα αρχείο. Στην πρώτη περίπτωση το πεδίο στη βάση δεδομένων χάνει τα δεδομένα του, ενώ στην τελευταία περίπτωση διατηρεί την προγενέστερη τιμή του.



Οι κανόνες κωδικοποίησης διευκρινίζουν ότι εάν από μια εφαρμογή λείπει ένα πεδίο δεδομένων (χωρίς αυτό να αντιπροσωπεύεται από διαδοχικούς διαχωριστές), το πεδίο αυτό το πρότυπο διαχειρίζεται ως παρόν αλλά μηδενικό.

Προς την καλύτερη κατανόηση, ακολουθεί ένα παράδειγμα μηνύματος HL7 από τον χώρο της υγείας μαζί με την επεξήγησή του. Ένα σύνηθες μήνυμα θα αφορούσε την εισαγωγή ενός ασθενή στο νοσοκομείο. Για το λόγο αυτό θα χρειαζόμασταν κατ' ελάχιστο κάποια βασικά στοιχεία, όπως το ονοματεπώνυμο του ασθενή, τα δημογραφικά του στοιχεία, την ημερομηνία γέννησης, το φύλο, τα κοντινά πρόσωπα επικοινωνίας, τα στοιχεία του σε περίπτωση που υπάρξουν επιπλοκές, ένα αναγνωριστικό του ασθενούς, τον τόπο νοσηλείας του (δωμάτιο και κρεβάτι), τα στοιχεία του ιατρού που ολοκλήρωσε την εισαγωγή καθώς και την αιτία εισαγωγής. Εάν τέτοιο μήνυμα θα ήταν το ακόλουθο:

```
MSH|^~\&|EPICADT|DH|LABADT|DH|201409101118||ADT^A01|HL7MSG00001|P|2.3|
EVN|A01|201409101115||
PID|||MRN12345^5^M11||ΤΥΧΑΙΟΠΟΥΛΟΣ^ΑΝΤΩΝΗΣ^III||19711010|M||C|10
ΦΩΚΙΩΝΟΣ^ΑΙΓΑΛΕΩ^ΤΚ^11442|GR|6969357696||S||MRN12345001^2^M10|123456789
|987654^NC|NK1|1|ΤΥΧΑΙΟΠΟΥΛΟΥ^ΜΑΡΙΑ|WIFE||||NK^NEXT OF KIN
PV1|1||3000^313^01|||004789^ΙΑΤΡΟΠΟΥΛΟΣ^ΔΙΟΝΥΣΗΣ||SUR|||ADM|A0|
```

Το ανωτέρω μήνυμα αναφέρεται στον ασθενή ΤΥΧΑΙΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ, στον οποίο έγινε εισαγωγή στις 10 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ του 2014, στις 11:15 το πρωί από τον ιατρό ΙΑΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΗΣ (με αριθμό μητρώου #004789) για χειρουργείο. Ο ασθενής νοσηλεύτηκε στο δωμάτιο 313, στο κρεβάτι 01 στην κλινική 3000.

Το πρότυπο HL7 αποσκοπεί στο να τυποποιήσει την ανταλλαγή των δεδομένων και όχι τα υποκείμενα συστήματα εφαρμογών. Με αυτό συνεπάγεται ότι υπάρχει και μια ποικιλία στον τρόπο που εφαρμόζεται το πρότυπο στους διάφορους οργανισμούς. Η απαίτηση να υποστηριχθεί η ποικιλομορφία μέσω του προτύπου κατευθύνεται με τους εξής τρόπους:

α) Ως απαιτούμενα πεδία δεδομένων ορίζονται εκείνα που υποστηρίζουν τη λογική των σχέσεων μεταξύ των μηνυμάτων ή του βασικού σκοπού τους. Πολλά άλλα πεδία περιγράφονται αλλά θεωρούνται προαιρετικά.

β) Υπάρχει η δυνατότητα, μέσα στις προδιαγραφές, να προστεθούν μηνύματα ή τμήματα μηνυμάτων που είναι τοπικά σε έναν οργανισμό. Οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται για αυτό το λόγο αποσκοπούν στο να αποτρέψουν σύγκρουση με μελλοντικές εκδόσεις της προδιαγραφής.

Όλα τα πρότυπα πρέπει να εξελίσσονται καθώς οι εφαρμογές που υποστηρίζουν αλλάζουν και ως αποτέλεσμα της εμπειρίας από την χρήση τους. Υποστηρίζοντας αυτό το αξίωμα, το πρότυπο HL7 περιλαμβάνει ένα ID ,που αντιπροσωπεύει την έκδοση του προτύπου, σε όλα τα μηνύματα .

Το πρότυπο επιτρέπει την προσθήκη νέων συναλλαγών ή δεδομένων στο λειτουργικό περιβάλλον του HL7, όταν αυτές είναι αποτέλεσμα αλλαγών του ίδιου του προτύπου ή οφείλονται σε αλλαγές σε τοπική εφαρμογή. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους κανόνες κωδικοποίησης, είναι δυνατόν να προστεθούν νέα πεδία στο σύστημα αποστολής, όμως το σύστημα παραλαβής θα αγνοήσει τα πεδία αυτά έως ότου αναβαθμιστεί ώστε να τα χρησιμοποιεί. Παρομοίως, οι κανόνες κωδικοποίησης υποστηρίζουν αλλαγές στο μέγεθος των πεδίων δεδομένων. Τα πεδία αναγνωρίζονται μέσα σε ένα μήνυμα με την εξέταση των διαχωριστών, έτσι αλλάζοντας το μέγεθος ενός πεδίου δεν μεταβάλλεται η διαδικασία που ανιχνεύονται επόμενα πεδία.

## 4.2.2 Προϊόντα του HL7

Τα προϊόντα του HL7 κυκλοφορούν σε δύο εκδόσεις HL7 v.3 και HL7 v.2.X (X=8). Πρόκειται για συμπληρωματικά πρότυπα που καλύπτουν διαφορετικές πτυχές τηλεπικοινωνιών στην υγεία. Το HL7 v.3 όπως και το HL7 v.2.X είναι ένα πρότυπο για την ανταλλαγή πληροφοριών υγείας μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων που υποστηρίζουν εφαρμογές ιατρικής φροντίδας. Οι προδιαγραφές του HL7 v.3 επιτρέπουν σε διασυνδεδεμένα πληροφορικά συστήματα να ανταλλάσσουν δεδομένα σε διάφορα πλαίσια παράδοσης συμπεριλαμβανομένων και αυτών που βρίσκονται σε ανόμοιους παρόδους [128].

Στο V3 οι εθελοντές του HL7 έχουν επιχειρήσει να βελτιώσουν τις διαδικασίες και τα αποτελέσματα του V2. Οι αρχές ανάπτυξης για το HL7 V3 προτίθενται να οδηγήσουν σε ένα πιο εύρωστο και πλήρως προδιαγεγραμμένο πρότυπο. Δεν έχουν καλυφθεί ακόμα όλες οι περιοχές του V2 από το V3 και ενδεχομένως κάποιες διαδικασίες μπορεί να μην ωφεληθούν σύντομα από το V3 [127].

Οι εκδόσεις HL7 2.x, παρά την ευρύτερη αποδοχή και τις πολλές υλοποιήσεις, παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα [128]:

- Δεν υπάρχει ένα λογικό μοντέλο αναφοράς της πληροφορίας που ανταλλάσσεται στα μηνύματα, ούτε τρόπος αναπαράστασης της σχέσης μεταξύ των δεδομένων.
- Χρησιμοποιείται πολύ ειδική σύνταξη στα μηνύματα, καθιστώντας δύσκολη την εκμάθησή και την υλοποίηση του προτύπου
- Έχει πολλά προαιρετικά χαρακτηριστικά , κάτι που του παρέχει ευελιξία και συνείσφερε 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 HL7 Version 3 αντιμετωπίζει τα παραπάνω θέματα, και ειδικότερα [127]:

- Αποτελεί οριστικό πρότυπο HL7, αφήνοντας λίγα περιθώρια για προαιρετικά χαρακτηριστικά
- Χρησιμοποιεί αντικειμενοστραφή μεθοδολογία
- Ορίζει ένα κατανοητό και κοινό για όλους μοντέλο πληροφορίας (Reference Information Model - RIM) που εκφράζει σε UML και είναι η σαφής αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα στα δεδομένα που ανταλλάσσουν τα μηνύματα.
- Παρέχει μεθόδους για τη χρήση, μέσα σε μηνύματα κωδικών και ιατρικών λεξικών, από διάφορες εξωτερικές πηγές
- Παρέχει έναν αξιόπιστο τρόπο αξιολόγησης της συμμόρφωσης μια συγκεκριμένης υλοποίησης με το πρότυπο HL7.
- Χρησιμοποιεί XML για τη σύνταξη των μηνυμάτων.

Παρά το ότι ξεκίνησε ως ένα πρότυπο ανταλλαγής μηνυμάτων, το HL7 δεν είναι πια ένα σημειακό πρότυπο μηνυμάτων. Συγκεκριμένα, η Αρχιτεκτονική Κλινικού Κειμένου (Clinical Document Architecture - CDA) έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίζει πρότυπα για αποθήκευση και ανάκληση συνεχών πληροφοριών όπως οι Ιατρικοί Φάκελοι. Το HL7 αναπτύσσει προδιαγραφές, πρότυπα και σε μερικές περιπτώσεις εργαλεία σχετικά με την ηλεκτρονική τεκμηρίωση των προτύπων. Το CDA, γνωστό μέχρι πρόσφατα ως Patient Record Architecture (PRA), παρέχει ένα μοντέλο ανταλλαγής ιατρικών εγγράφων και προσεγγίζει την πραγματοποίηση ενός ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου. Από το Νοέμβριο του 2000, το CDA έχει εγκριθεί ως πρότυπο του οργανισμού ANSI [129].

Το HL7 έχει και άλλες δημοσιεύσεις που καλύπτουν πληθώρα θεμάτων όπως τις ακόλουθες:

- The Clinical Context Object Workgroup – CCOW
- Arden Syntax for Medical Logic Systems
- HL7 Security Service Framework
- Continuity of Care Document – CCD
- Functional Profiles for Personal and Medical Health Records
- A Common Expression Language – GELLO

## 4.3 HL7 FHIR

Επίσης υπάρχει και το πρότυπο HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) το οποίο σκόπιμα δεν παρουσιάσαμε στην προηγούμενη ενότητα καθώς θα αναφερθούμε σε αυτό εκτενώς σε αυτή την ενότητα. Το FHIR αποτελεί ένα ακόμη πρότυπο της HL7 για την ηλεκτρονική ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων [125] μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων και εφαρμογών υγείας.

Το FHIR δημιουργήθηκε από τον οργανισμό HL7 και η κατασκευή του βασίστηκε σε προηγούμενα πρότυπα (όπως HL7 Version 2.x και HL7 Version 3.x). Ο στόχος του FHIR είναι η διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας των συστημάτων ιατρικής περίθαλψης προκειμένου να είναι πιο εύκολη η καταγραφή και η παροχή πληροφοριών για υγειονομική περίθαλψη και εν τούτοις να βελτιστοποιηθεί ο τρόπος όπου οι ηλεκτρονικές πληροφορίες υγείας διαδίδονται. Λόγο του ότι πρόκειται για ένα σχετικά νέο πρότυπο, η γνώση των προβλημάτων και αδυναμιών των προηγούμενων προτύπων του έδωσε την δυνατότητα να εξελιχθεί σε ένα πιο λειτουργικό πρότυπο που θα αντιμετωπίσει πολλές δυσκολίες που υπήρχαν στο παρελθόν σε αντίστοιχα πρότυπα.

Το FHIR είναι ένα εύκολο και γρήγορο πρότυπο. Χρησιμοποίησε την υπάρχουσα λογική και τα αντίστοιχα θεωρητικά μοντέλα προκειμένου να παρέχει ένα συνεπές, εύκολο και αυστηρό μηχανισμό για την ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων. Η δημιουργία του στηρίχθηκε στην ανάγκη για δημιουργία ενός απλουστευμένου προτύπου το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα παρέχοντας ταυτόχρονα πληθώρα δυνατοτήτων. Η ενσωμάτωση διαδικτυακών τεχνολογιών στο FHIR αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα που προσφέρονται. Ένα από τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετώπιζαν τα προηγούμενα πρότυπα ήταν η αδυναμία χρήσης διαδικτυακών δυνατοτήτων. Μέχρι πρότινος, ο τρόπος με τον οποίο τα ιατρικά δεδομένα ήταν δομημένα και ανταλλάσσονταν, βασιζόταν σε μη σύγχρονους τρόπους, πράγμα που έκανε την μεταφορά δεδομένων αρκετά δύσκολη. Συγκεκριμένα, στο σύνολό τους, τα πρότυπα που δημιουργήθηκαν, έγιναν πριν το διαδίκτυο καθιερωθεί ως βασικό μέρος της καθημερινότητάς. Επομένως οι δυνατότητες του διαδικτύου δεν μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Η γνώση αυτού του προβλήματος δημιούργησε την ανάγκη για ενσωμάτωση διαδικτυακών δυνατοτήτων στο FHIR στοχεύοντας στην ένταξη του προτύπου της σε ένα περιβάλλον όπου το internet χρησιμοποιείται ευρέως. Για τον λόγο αυτό δίνονται δυνατότητες για χρήση Restful αρχιτεκτονικής ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν ισχυρές βάσεις στα πρότυπα του Web.

Η δομή του FHIR βασίζεται στην ιδέα των “Resources” [126]. Τα “Resources” περιέχουν το σύνολο των δεδομένων που είναι επιθυμητό να μεταφερθούν. Τα δεδομένα αυτά αφορούν διοικητικά δεδομένα όπως ασθενείς, γιατρούς, οργανισμούς καθώς επίσης και κλινικά δεδομένα όπως διαγνώσεις ασθενειών, φαρμακευτικές αγωγές, πλάνα φροντίδας. Ωστόσο ο τύπος των δεδομένων δεν περιορίζεται μόνο στις δύο προαναφερθείσες επιλογές αλλά επεκτείνεται και σε άλλες όπως αυτή των οικονομικών δεδομένων.

Τα δεδομένα εντός ενός FHIR αρχείου μπορούν να διασπαστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- Metadata : Περιέχουν λεπτομέρειες σχετικά με το “Resource”, με βάση την τελευταία ενημέρωση του αρχείου που πραγματοποιήθηκε.
- Narrative : Περιέχει το XHTML έτσι ώστε ο πόρος να μπορεί να διαβαστεί στα προγράμματα περιήγησης χωρίς να χρειάζεται να αναλυθεί όλο το περιεχόμενο
- Extensions: Χρησιμοποιείται για να συμπεριλάβει δεδομένα που δεν αποτελούν μέρος της συγκεκριμένης δομής του πόρου.
- Elements : Περιέχει τα δομημένα δεδομένα του πόρου



**Εικόνα 4.3:** Παράδειγμα "Resources" ενός ασθενή με χρήση FHIR προτύπου.

Η Εικόνα 4.3 αναπαριστά ένα αρχείο FHIR ενός ασθενή, με τα δεδομένα του κατηγοριοποιημένα με βάση τις προηγούμενες τέσσερις κατηγορίες που αναφέρθηκαν.

Σε σύγκριση του FHIR με υπάρχοντα πρότυπα το FHIR προσφέρει πληθώρα βελτιώσεων σε σχέση με τα προηγούμενα πρότυπα. Αυτές μπορούν να συγκεντρωθούν στα ακόλουθα [126]:

- Ισχυρή Εστίαση στην υλοποίηση / γρήγορη και εύκολη
- Πολλές βιβλιοθήκες υλοποίησης, πολλά παραδείγματα διαθέσιμα για την εκκίνηση ανάπτυξης εφαρμογών
- Δωρεάν για χρήση χωρίς περιορισμούς
- Διαλειτουργικότητα, τα Resources μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν, αλλά μπορούν επίσης να προσαρμοστούν για τοπικές απαιτήσεις
- Δυνατότητα συνύπαρξης και αλληλοσυμπλήρωσης με τα πρότυπα HL7 της έκδοσης 2 και του CDA
- Ισχυρές βάσεις στα πρότυπα του Web, όπως XML, JSON, HTTP, OAuth κ.λπ..
- Υποστήριξη REST αρχιτεκτονικής, αδιάλειπτη ανταλλαγή πληροφοριών με τη χρήση μηνυμάτων ή εγγράφων και αρχιτεκτονικές βασισμένες σε υπηρεσίες
- Συνοπτικές και εύκολα κατανοητές προδιαγραφές
- Εύκολα αναγνώσιμη, σειροποιημένη μορφή που μπορεί να διαβαστεί από άνθρωπο για ευκολία χρήσης από τους προγραμματιστές
- Στέρεια εννοιολογική μορφοποίηση των δεδομένων με χρήση αυστηρής φόρμας.

### 4.3.1 HAPI-FHIR

Η βιβλιοθήκη HAPI FHIR είναι μια εφαρμογή της προδιαγραφής HL7 FHIR για την Java.[131]. Η κοινότητα HAPI επικεντρώθηκε στη δημιουργία μιας βιβλιοθήκης FHIR που επιτρέπει τόσο την κατανάλωση όσο και την έκθεση των API FHIR. Το έργο περιλαμβάνει αρκετά χαρακτηριστικά, όπως: ο διακομιστής (server), ένα καλό εγχειρίδιο, μια υποστηρικτική κοινότητα και οι συχνές εκδόσεις (αποκατάσταση σφαλμάτων, προσθήκη χαρακτηριστικών και επέκταση υποστήριξης για νεότερους πόρους και πρότυπα FHIR). Επιπλέον, η βιβλιοθήκη HAPI FHIR είναι συμβατή με την έκδοση Java 6 και νεότερες εκδόσεις, η οποία επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωσή της σε παλαιότερες εφαρμογές. Η Java 6 κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2006 και η Java βρίσκεται στην έκδοση 9.

Ένα εξαιρετικό παράδειγμα ενός έργου ανοιχτού κώδικα που χτίστηκε πάνω από το HAPI FHIR είναι ο "FHIR Broker" που αναπτύχθηκε από κοινού από το πρόγραμμα NIH Sync for Science και το RSNA Image Share Network, το οποίο δέχεται κλήσεις RESTful FHIR και τις μετέχει σε υπάρχοντα PACS χρησιμοποιώντας το παραδοσιακό DICOM [130].

Η βιβλιοθήκη HAPI FHIR υποστηρίζεται πρωτίστως από το Πανεπιστημιακό Δίκτυο Υγείας (UHN), ένα μεγάλο πολυδύναμο δίκτυο διδακτικών νοσοκομείων στο Τορόντο, στο Οντάριο του Καναδά. Η βιβλιοθήκη είναι ανοιχτού κώδικα με άδεια Apache v2, επιτρέποντας στον χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί το λογισμικό για δικούς του σκοπούς και να διανέμει τροποποιημένες εκδόσεις του λογισμικού χωρίς να ανησυχεί για τα δικαιώματα.

Η ομάδα HAPI θέλει να τονίσει, η βιβλιοθήκη HAPI FHIR δημιουργήθηκε για να είναι ευέλικτη πάνω από όλα. Μερικά παραδείγματα σεναρίων χρήσης όπως περιγράφονται από την ομάδα HAPI περιλαμβάνουν τα εξής:

- Χρησιμοποιήστε τον αναλυτή και τον κωδικοποιητή HAPI FHIR για μετατροπή μεταξύ του FHIR και του μοντέλου δεδομένων της εφαρμογής σας
- Χρησιμοποιήστε το πρόγραμμα-πελάτη HAPI FHIR σε μια εφαρμογή για να μεταφέρετε ή να αποθηκεύσετε πόρους σε έναν εξωτερικό διακομιστή
- Χρησιμοποιήστε το διακομιστή HAPI FHIR σε μια εφαρμογή για να επιτρέψετε σε εξωτερικές εφαρμογές να έχουν πρόσβαση ή να τροποποιήσουν τα δεδομένα της εφαρμογής σας
- Χρησιμοποιήστε τον HAPI JAP / Βάση δεδομένων για την ανάπτυξη ενός πλήρως λειτουργικού εξυπηρετητή FHIR στον οποίο μπορείτε να αναπτύξετε εφαρμογές

Στις εικόνες που ακολουθούν βλέπουμε ένα παράδειγμα για να καταλάβουμε πόσο εύκολη είναι η χρήση της βιβλιοθήκης HAPI. Στην Εικόνα 4.4 βλέπουμε την ανάλυση μιας συμβολοσειράς (msgString) και πως περνούμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε από αυτήν. Στην Εικόνα 4.5 κάνουμε ακριβώς τα αντίθετο δηλαδή έχουμε τους πόρους μας ( τα δεδομένα μας ) και τους κωδικοποιούμε σε ένα string. Τέλος στην εικόνα 4.6 βλέπουμε το αποτέλεσμα της κωδικοποίησης του κώδικα που φτιάξαμε.

```

1 // The following is an example Patient resource
2 String msgString = "<Patient xmlns=\"http://hl7.org/fhir\">"
3   + "<text><status value=\"generated\" /><div xmlns=\"http://www.w3.org/1999/xhtml\">John Cardinal</div></text>"
4   + "<identifier><system value=\"http://orionhealth.com/mrn\" /><value value=\"PRP1660\" /></identifier>"
5   + "<name><use value=\"official\" /><family value=\"Cardinal\" /><given value=\"John\" /></name>"
6   + "<gender><coding><system value=\"http://hl7.org/fhir/v3/AdministrativeGender\" /><code value=\"M\" /></coding></gender>"
7   + "<address><use value=\"home\" /><line value=\"2222 Home Street\" /></address><active value=\"true\" />"
8   + "</Patient>";
9
10 // The hapi context object is used to create a new XML parser
11 // instance. The parser can then be used to parse (or unmarshal) the
12 // string message into a Patient object
13 IParser parser = ctx.newXmlParser();
14 Patient patient = parser.parseResource(Patient.class, msgString);
15
16 // The patient object has accessor methods to retrieve all of the
17 // data which has been parsed into the instance.
18 String patientId = patient.getIdentifier().get(0).getValue();
19 String familyName = patient.getName().get(0).getFamily().get(0).getValue();
20 String gender = patient.getGender();
21
22 System.out.println(patientId); // PRP1660
23 System.out.println(familyName); // Cardinal
24 System.out.println(gender); // M

```

Εικόνα 4.4: Αναλυση απο μια συμβολοσειρά

```

1 /**
2  * FHIR model types in HAPI are simple POJOs. To create a new
3  * one, invoke the default constructor and then
4  * start populating values.
5  */
6 Patient patient = new Patient();
7
8 // Add an MRN (a patient identifier)
9 IdentifierDt id = patient.addIdentifier();
10 id.setSystem("http://example.com/fictitious-mrns");
11 id.setValue("MRN001");
12
13 // Add a name
14 HumanNameDt name = patient.addName();
15 name.setUse(NameUseEnum.OFFICIAL);
16 name.addFamily("Tester");
17 name.addGiven("John");
18 name.addGiven("Q");
19
20 // We can now use a parser to encode this resource into a string.
21 String encoded = ctx.newXmlParser().encodeResourceToString(patient);
22 System.out.println(encoded);

```

Εικόνα 4.5: Κωδικοποίηση των δεδομενων

```

1 <Patient xmlns="http://hl7.org/fhir">
2   <identifier>
3     <system value="http://example.com/fictitious-mrns"/>
4     <value value="MRN001"/>
5   </identifier>
6   <name>
7     <use value="official"/>
8     <family value="Tester"/>
9     <given value="John"/>
10    <given value="Q"/>
11   </name>
12 </Patient>

```

Εικόνα 4.6: Αποτελέσματα Εικόνας 4.5

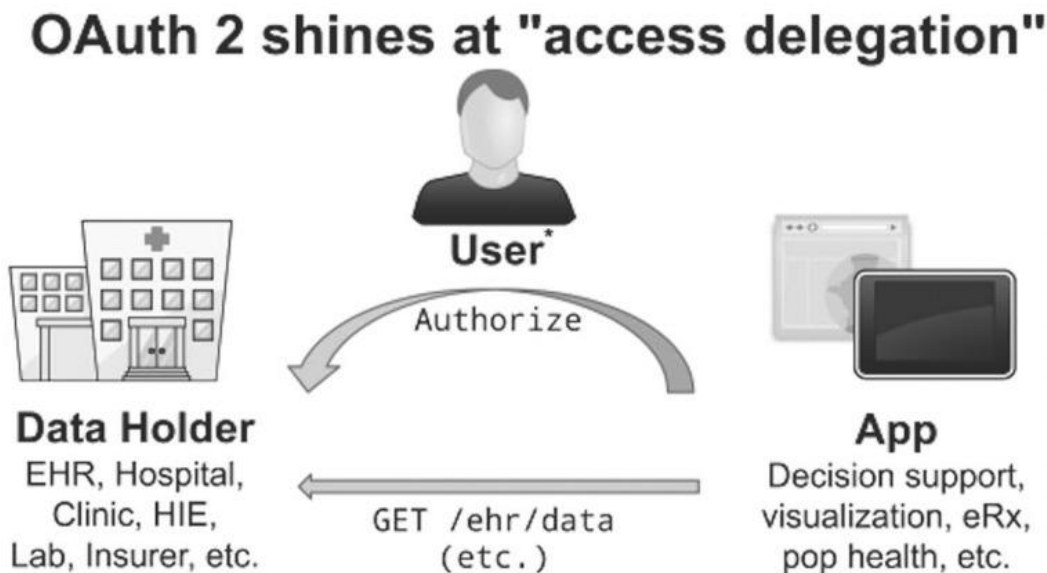


Το να ξεκινήσετε με το FHIR συνδυάζοντας ένα διακομιστή HAPI είναι μια σχετικά εύκολη προσπάθεια χάρη στη διαθεσιμότητα και την ευκολία εγκατάστασης πακέτων ανοιχτού κώδικα όπως αυτά που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο. Πιστεύομαι ότι αυτή η βιβλιοθήκη θα είναι χρήσιμη για τους Certified Imaging Informatics Professionals (CIIPs) αλλά και σε άλλους επαγγελματίες στην τομέα της πληροφορικής για να μάθουν αυτές τις νέες εξελίξεις στον τομέα της πληροφορικής απεικόνισης και γενικότερα της υγείας στην πληροφορική.

### 4.3.2 SMART on FHIR

Η πλατφόρμα SMART την οποία είχαμε αναφέρει και στο κεφάλαιο 2.4.2 είναι μια ανοιχτή τεχνολογική πλατφόρμα βασισμένη στα πρότυπα που επιτρέπει την δημιουργία εφαρμογών που λειτουργούν άψογα και ασφαλώς σε όλο το σύστημα της υγειονομικής περίθαλψης. Χρησιμοποιώντας ένα σύστημα ηλεκτρονικής καταγραφής δεδομένων ή μια αποθήκη δεδομένων που υποστηρίζει το πρότυπο SMART, οι ασθενείς, οι γιατροί και οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να αξιοποιήσουν αυτή τη βιβλιοθήκη εφαρμογών για τη βελτίωση της κλινικής περίθαλψης, της έρευνας και της δημόσιας υγείας.

Η πλατφόρμα SMART αποτελείται από ανοικτά πρότυπα, εργαλεία ανοιχτού κώδικα για εφαρμογές ανάπτυξης προγραμματιστών και μια γκαλερί εφαρμογών που προσφέρεται από το κοινό. Μέχρι σήμερα έχουν κατασκευαστεί δεκάδες κλινικές εφαρμογές σε αυτήν την πλατφόρμα και οι εφαρμογές SMART χρησιμοποιούνται για την παροχή κλινικής περίθαλψης σε ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης [132].



**Εικόνα 4.7:** SMART on FHIR κάνει χρήση του OAuth2 για πρόσβαση.

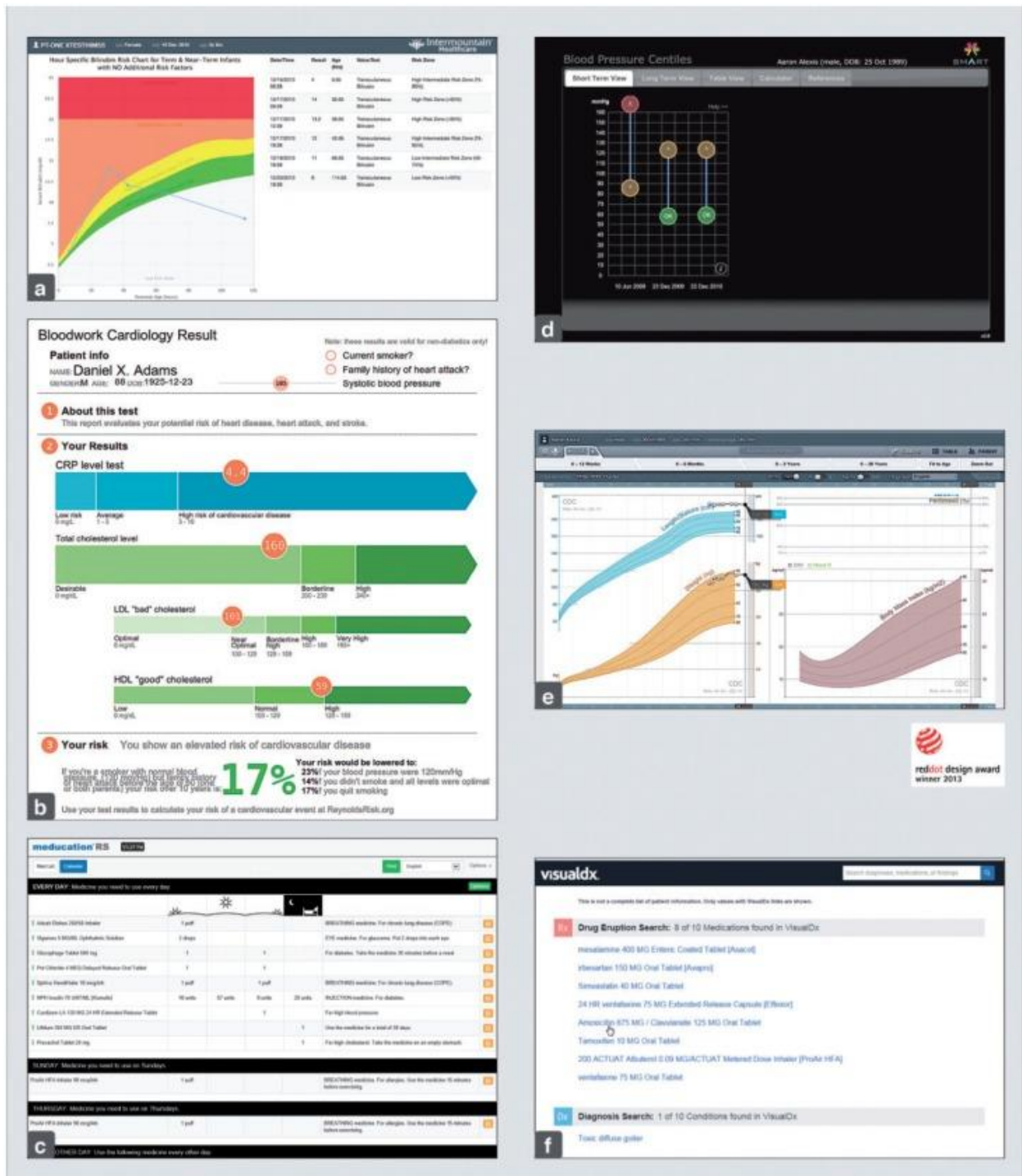
Το πρόγραμμα τελεί υπό την αιγίδα των μη κερδοσκοπικών ιδρυμάτων, του Boston Children's Hospital Computational Health Informatics Program και του Harvard Medical School.

Τα ανοιχτά πρότυπα επιτρέπουν στους προγραμματιστές να δημιουργούν εφαρμογές που μπορούν να συνδεθούν με συστήματα δεδομένων υγείας, όπως EHR και αποθήκες δεδομένων, χωρίς να απαιτείται εξειδικευμένη γνώση για κάθε σύστημα. Για τους κλινικούς γιατρούς, τους ασθενείς και τους ερευνητές, τα πρότυπα διευκολύνουν ένα οικοσύστημα εφαρμογών τρίτων που μπορούν να προσφέρουν μονάδες EHR προσαρμοσμένες στις ανάγκες τους, καθώς και να επεκτείνουν συστήματα με νέες δυνατότητες. Το έργο SMART ορίζει ένα στρώμα δεδομένων υγείας που βασίζεται στο αναδυόμενο API και τους ορισμούς των δεδομένων του FHIR. Το FHIR παρέχει ένα λεπτομερές σύνολο βασικών μοντέλων δεδομένων. Επιπρόσθετα, τα πρότυπα SMART περιγράφουν ένα ισχυρό μοντέλο εξουσιοδότησης για εφαρμογές βάσει του προτύπου OAuth, παρέχοντας ένα βασικό στοιχείο που επιτρέπει την καινοτομία, ενώ διατηρεί τον έλεγχο των δεδομένων των ασθενών και των παρόχων (Εικόνα 4.7).

Για να είναι εύκολο για τους προγραμματιστές να ξεκινήσουν να χτίζουν εφαρμογές βάσει των προτύπων SMART, το έργο SMART Health IT δημιούργησε, συντηρεί και υποστηρίζει μια σειρά βιβλιοθηκών ανοιχτού κώδικα που απλοποιούν τη χρήση αυτών των προτύπων σε εφαρμογές πραγματικού κόσμου. Επί του παρόντος, οι βιβλιοθήκες είναι διαθέσιμες για HTML5 / Javascript, iOS και Python. Η ομάδα SMART προσφέρει επίσης δωρεάν διακομιστές "sandbox" API για προγραμματιστές για να δοκιμάσουν τις εφαρμογές τους (μαζί με μια τοπικά εγκατεστημένη έκδοση που οι χρήστες μπορούν να τρέξουν στα δικά τους συστήματα) [132].

Έξι εφαρμογές SMART on FHIR παρουσιάστηκαν στο HIMSS14 (Health Information Management Systems Society). Στην Εικόνα 4.8 βλέπουμε αυτές τις 6 εφαρμογές [133]:

- a) Η εφαρμογή Bilirubin από την Intermountain Healthcare χρησιμοποιεί χρόνο γέννησης και τα επίπεδα της χολερυθρίνης για να παρακολουθεί και να επισημαίνει τον κίνδυνο για τον πυρηνικό ίκτερο.
- b) Το Cardiac Risk από την SMART Health IT χρησιμοποιεί το εργαστήριο χοληστερόλης, τα δημογραφικά στοιχεία και άλλους παράγοντες κινδύνου για την εκτίμηση των συνολικών κινδύνων.
- c) Η εφαρμογή Meducation από την Polyglot Systems, Inc. χρησιμοποιεί έναν κατάλογο φαρμάκων για την παραγωγή φιλικών προς τον ασθενή οδηγιών σε 12 γλώσσες.
- d) Η Εφαρμογή Pediatric Blood Pressure Centiles από το SMART Health IT χρησιμοποιεί δεδομένα ηλικίας, φύλου, ύψους και αρτηριακής πίεσης για να καταγράψει τις τάσεις και την υπέρταση σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες του NIH.



Εικόνα 4.8: SMART on FHIR εφαρμογές στο HIMSS14

e) Η Pediatric Growth Chart αναπτύχθηκε από την SMART Health IT και χρησιμοποιεί το φύλο, την ημερομηνία γέννησης, το ύψος, το βάρος, την περιφέρεια της κεφαλής και τα δεδομένα του δείκτη μάζας σώματος για να φτιάξει ένα γράφημα έναντι των CDC, WHO και ειδικών για την ασθένεια στατιστικών κανόνων.

- f) Το VisualDx από την VisualDx, Inc. χρησιμοποιεί ηλικία, φύλο, λίστα προβλημάτων και έναν κατάλογο φαρμάκων για την παροχή διαγνωστικών CDS (ασθένεια που προκαλείται από φάρμακα και ανεπιθύμητα συμβάντα) και γενική διαφορική διάγνωση μέσω απεικόνισης της νόσου.

Το SMART στοχεύει στην παραγωγή προδιαγραφών που λειτουργούν για προγραμματιστές ιατρικών εφαρμογών με προσανατολισμό προς τα εμπρός και μπορούν να υλοποιηθούν στο πλαίσιο του σημερινού εξελισσόμενου τοπίου τεχνολογίας υγείας. Το SMART Classic άφησε ικανοποιημένους τους προγραμματιστές εφαρμογών, αλλά εξασφάλισε μόνο περιορισμένο ενδιαφέρον από πωλητές. Η προδιαγραφή του σχεδίου FHIR προέκυψε σε εύθετο χρόνο, επιτρέποντάς μας να δημιουργήσουμε το SMART on FHIR, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες των τελικών χρηστών και των προγραμματιστών εφαρμογών, παρέχοντας ταυτόχρονα μια πλατφόρμα βασισμένη σε ανοικτά πρότυπα που ευθυγραμμίζεται με τις ανάγκες των πωλητών κλινικών συστημάτων. Βλέπουμε πολλά υποσχόμενα σημάδια ότι οι πωλητές αντιμετωπίζουν σοβαρά αυτή την ευκαιρία. Για να αξιοποιήσουμε τη δυναμική, συνιστούμε μια ισχυρή ώθηση στην έγκαιρη υιοθέτηση πλατφόρμας σε λειτουργία επιχειρηματικών υποθέσεων που προσφέρουν αξία σήμερα.

# Κεφάλαιο 5

## Συμπεράσματα και σκέψεις

Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή μας η ανάγκη για ανάπτυξη αποδοτικών και ευέλικτων υπηρεσιών υγείας προϋποθέτει την αξιοποίηση των νέων τεχνολογικών ανακαλύψεων, των οποίων οι δυνατότητες φαίνεται πως είναι συνεχώς όλο και περισσότερες. Ζητήματα όπως η απομακρυσμένης περίθαλψης ασθενών, απομακρυσμένη διάγνωση από τους γιατρούς και η επισκόπηση του ιατρικού ιστορικού του ασθενή πλέον βρίσκουν λύση μέσω τη τεχνολογίας δίνοντας ισάξιες δυνατότητες σε όλα τα άτομα για πρόσβαση σε ιατρικό προσωπικό. Το πρόβλημα λύθηκε σε μεγάλο βαθμό με την ένταξη των smartphones στην αγορά, τα οποία έγιναν ευρέως αποδεκτά και ιδιαίτερος αξιοποιήσιμα στον χώρο της υγείας. Οι δυνατότητες των smartphones είναι πολυάριθμες ενώ μπορούν να εμπλουτιστούν ακόμα περισσότερο με την προσάρτηση μικροσυσκευών ιατρικού σκοπού πάνω σε αυτά (π.χ. ενσωματωμένοι μετρητές σακχάρου, διάφοροι τύποι αισθητήρων). Σε συνεργασία με διάφορες διαδικτυακές υπηρεσίες, βάσεις δεδομένων και άλλο τεχνολογικό εξοπλισμό, αυτές οι τεχνολογίες είναι ικανές να αλλάξουν τον χώρο της υγείας βελτιώνοντας την παρεχόμενη ποιότητα υπηρεσιών. Η ροή των γεγονότων δεν αφήνει αμφιβολία ότι οι ηλεκτρονικές υπηρεσίες για την παροχή φροντίδας με την υποστήριξη της κινητής τεχνολογίας θα συνεχίσουν να εξελίσσονται βελτιώνοντας τις διαδικασίες. Μια νέα εποχή όπου ο τομέας της υγείας συνδυάζεται αναπόσπαστα με τις τεχνολογικές εξελίξεις έχει ήδη δημιουργηθεί και συνεχίζει να εξελίσσεται ανεμπόδιστα.

Όπως είδαμε τα σημερινά EHR δεν ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σημερινών καταναμημένων συστημάτων και του ταχέως μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος υγείας. Η ικανότητα των εφαρμογών να επικοινωνούν, να ερμηνεύουν και να ενεργούν με έξυπνο τρόπο σε σύνθετες πληροφορίες περί υγειονομικής περίθαλψης έχει αποκτήσει πρωταρχική σημασία. Το μέλλον έγκειται στην ανάπτυξη αρχιτεκτονικών ευέλικτων, που μπορούν να λειτουργούν άψογα μέσα στη ροή εργασίας ενός περιβάλλοντος υγειονομικής περίθαλψης. Το EHR που θα επιτρέψει την ενσωμάτωση των δεδομένων, τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα και τα CDSS σε πολλαπλά EHRs ήταν ένας επιθυμητός αλλά σε μεγάλο βαθμό μη ικανοποιημένος στόχος της κλινικής πληροφορικής, ειδικά σε εμπορικά συστήματα. Η δυνατότητα ενεργοποίησης τέτοιου κλιμακούμενου CDSS θα απαιτήσει πλατφόρμες ανάπτυξης CDSS που υποστηρίζονται από προμηθευτές, μαζί με τις διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (API), οι οποίες θα επιτρέπουν τη χρήση καινοτόμων εφαρμογών βασισμένων σε API. Αυτό πιθανότατα θα απαιτήσει αρχικά τη χρήση προσαρμοσμένων API EHR και, στη συνέχεια, θα κινηθεί προς τυποποιημένα API EHR, τα οποία ήδη αρχίζουν να υποστηρίζονται από μεγάλους εμπορικούς προμηθευτές. Ήδη είδαμε να γίνονται τα πρώτα βήματα σε αυτό τον τομέα μέσω της πλατφόρμας SMART και την υλοποίηση της πάνω στο πρότυπο FHIR.

Ο μετασχηματισμός των κλινικών δεδομένων σε γνώση για τη βελτίωση της περίθαλψης των ασθενών υπήρξε στόχος των επαγγελματιών της βιοϊατρικής πληροφορικής. Με την αύξηση του αριθμού των δεδομένων ηλεκτρονικής υγειονομικής περίθαλψης, οι δυνατότητες ανακάλυψης νέων γνώσεων θα είναι σημαντικές εάν η διαχείριση των δεδομένων γίνεται με καινοτόμους και αποτελεσματικούς τρόπους. Ορισμένα σύνολα δεδομένων θα είναι τόσο μεγάλα ή πολύπλοκα που οι παραδοσιακές εφαρμογές επεξεργασίας δεδομένων θα είναι ανεπαρκείς. Αυτό θα απαιτήσει τη δημιουργία νέων μεγάλων εφαρμογών δεδομένων ειδικά για την κοινή χρήση δεδομένων. Οι αναλύσεις αυτών των "μεγάλων δεδομένων" θα αποτελέσουν το επόμενο βήμα για τη μετατροπή των στοιχείων της υγειονομικής περίθαλψης σε πρακτική γνώση.

Είναι σαφές ότι τα συστήματα που υποστηρίζουν τη λήψη κλινικών αποφάσεων των γιατρών, νοσηλευτών και άλλων εργαζομένων της υγείας έχουν τεράστιες δυνατότητες προς όφελος της απόδοσής τους, της παροχής φροντίδας υψηλής ποιότητας, της καλύτερης έκβασης των ασθενών.. Το πρόβλημα είναι ότι στη σημερινή εποχή η παγκόσμια γνώση για ένα θέμα είναι συχνά συντριπτική για ένα γιατρό. Τα CDSS ενσωματώνουν τα προσωποποιημένα δεδομένα ειδικά για τον ασθενή και είναι εφαρμόσιμα, καλά δομημένα και οι υπάρχουσες γνώσεις ή οδηγίες είναι βασισμένες σε αποδείξεις, εξυπηρετώντας έτσι τον κλινικό γιατρό με κλινική βελτίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων του / της. Η στήριξη αυτή των βασικών γνωστικών διεργασιών που εμπλέκονται στην ιατρική σκέψη, σε κάποιο βαθμό ανακουφίζει τον κλινικό γιατρό και του παρέχει νέες, καλύτερα διαμορφωμένες και ενδεχομένως ανώτερες μεθόδους προκειμένου να παράσχει καλύτερη θεραπεία της ασθένειας.

Οι ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια, την κατοχή δεδομένων και η ιδιωτικότητα έγιναν κοινά ζητήματα όταν προγραμματίστηκε η αποθήκευση και ανταλλαγή δεδομένων μέσω δικτύων υπολογιστών. Η τεχνολογία δημιούργησε αρκετά σημαντικά ηθικά προβλήματα, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου των δεδομένων, σημαντικά θέματα δεοντολογίας που απαιτούν λύσεις, όπως η κατοχή δεδομένων, η ευθύνη για τα δεδομένα, η συνειδητή συναίνεση χρήσης και ανάκτησης, η ασφάλεια και η πρόσβαση. Στις μέρες μας βλέπουμε πως η ιδιωτικότητα και ο έλεγχος των δεδομένων από τους ίδιους τους ασθενείς είναι πολύ σημαντικά προβλήματα και έχουν γίνει τεράστια βήματα για την εξασφάλισή τους. Αυτούς τους κανόνες και νόμους πρέπει να σεβαστούν και τα διάφορα συστήματα EHRs για να μπορέσουν να εξελιχθούν περαιτέρω και να συμβαδίσουν με την εξέλιξη της τεχνολογίας.

# Βιβλιογραφία

1. Donna Malvey DJS. *mHealth: Transforming Healthcare*. Florida Alabama: Springer US; 2014. doi:10.1007/978-1-4899-7457-0.
2. Efthymiou-Eggleton I. *TRENDS in HEALTH CARE: A Global Challenge*. Xlibris Corporation; 2016.
3. Aitken M. *Patient Adoption of mHealth.*; 2015.
4. Steinhubl SR, Muse ED, Topol EJ. The emerging field of mobile health. 2015;5.
5. College of American Pathologists. *Point of care testing: Policy synopsis*. 1993. Accessed June 14, 2013. Updated September 2013. Published November 1993.
6. O’Kelly RA, Brady JJ, Byrne E, et al. A survey of point of care testing in Irish hospitals. *Ir J Med Sci*. 2011;180(1):237-240.
7. National Academy of Clinical Biochemistry (NACB). *Laboratory medicine practice guidelines: Evidence-based practice for point of-care testing*. 2006. Accessed June 14, 2014. Updated November 2007. Published November 2006.
8. Kratz A, McKenzie-McKie C, Guo TW, Sia SK. *Point of Care*. 2015;14:124–126.
9. Loo J, Kwok H, Leung C, Wu S, Law I, Cheung Y, Cheung Y, Chin M, Kwan P, Hui M. *Biosensors and Bioelectronics*. 2016
10. Yang J, Selvaganapathy PR, Gould TJ, Dwivedi DJ, Liu D, Fox-Robichaud AE, Liaw PC. *Lab on a Chip*. 2015;15:3925–3933.
11. Prieto JL, Su HW, Hou HW, Vera MP, Levy BD, Baron RM, Han J, Voldman J. *Lab on a Chip*. 2016
12. Whitesides GM. *Nature*. 2006;442:368–373.
13. Hong JW, Quake SR. *Nat Biotechnol*. 2003;21:1179–1183.
14. Yager P, Edwards T, Fu E, Helton K, Nelson K, Tam MR, Weigl BH. *Nature*. 2006;442:412–418.
15. Pryor TA, Gardner RM, Clayton PD, Warner HR. The HELP system. *J Med Syst* 1983. April;7(2):87-102.
16. Kuperman GJ, Maack BB, Bauer K, Gardner RM. Innovations and research review: the impact of the HELP computer system on the LDS Hospital paper medical record. *Top Health Rec Manage* 1991. November;12(2):76-85.
17. Institute of Medicine. *The Computer-based Patient Record: An Essential Technology for Health Care*. Revised Edition. Dick RS, Steen EB, Detmer DE, editors. , editors. Washington, DC: National Academy Press; 1997.
18. Barnett GO. *Computer-stored ambulatory record (COSTAR)* U.S. Dept. of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Health Resources Administration, National Center for Health Services Research in [Rockville, Md.]; 1976. 40 p.
19. Schultz JR, Cantrill SV, Morgan KG. An Initial Operational Problem Oriented Medical Record System—For Storage, Manipulation and Retrieval of Medical Data. *AFIPS—Conference Proceedings*. 1971;38.

20. Stead WW, Hammond WE. Computer-based medical records: the centerpiece of TMR. *MD Comput* 1988. Sep-Oct;5(5):48-62.
21. McDonald CJ, Tierney WM. The Medical Gopher--a microcomputer system to help find, organize and decide about patient data. *Western J Med* 1986. December;145(6):823-9.
22. Regan BG. Computerised information exchange in health care. *Med J Aust* 1991. January 21;154(2):140-4.
23. Salenius SA, Margolese-Malin L, Tepper JE, Rosenman J, Varia M, Hodge L. An electronic medical record system with direct data-entry and research capabilities. *Int J Radiat Oncol, Biol, Phys* 1992;24(2):369-76.
24. Litt HI, Loonsk JW. Digital patient records and the medical desktop: an integrated physician workstation for medical informatics training. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care* 1992:555-9.
25. Tierney WM, Miller ME, Overhage JM, McDonald CJ. Physician inpatient order writing on microcomputer workstations. Effects on resource utilization. *JAMA* 1993. January 20;269(3):379-83.
26. Burke JP, Classen DC, Pestotnik SL, Evans RS, Stevens LE. The HELP system and its application to infection control. *J Hops Infect* 1991. June;18 Suppl A:424-31.
27. Kadzielski MA, Reynolds MB. Legal review: auto-authentication of medical records raises verification concerns. *Top Health Inf Manage* 1993. August;14(1):77-82.
28. Hierholzer WJ., Jr. Of guides and guidelines. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1992. June;13(6):329-30.
29. Johnston ME, Langton KB, Haynes RB, Mathieu A. Effects of computer-based clinical decision support systems on clinician performance and patient outcome. A critical appraisal of research. *Ann Intern Med* 1994. January 15;120(2):135-42.
30. Hripcsak G. Arden Syntax for Medical Logic Modules. *MD Comput* 1991. Mar-Apr;8(2):76,8.
31. Hammond WE. Health Level 7: an application standard for electronic medical data exchange. *Top Health Rec Manage* 1991. June;11(4):59-66.
32. McDonald CJ, Martin DK, Overhage JM. Standards for the electronic transfer of clinical data: progress and promises. *Top Health Rec Manage* 1991. June;11(4):1-16.
33. Lemke HU. Communication networks for medical image transmission. *Strahlenther Onkol* 1993. September;169(9):512-20.
34. Almulhem A. Threat modeling for electronic health record systems. *J Med Syst* 2012. October;36(5):2921-6.
35. Watzlaf VJ, Zeng X, Jarymowycz C, Firouzan PA. Standards for the content of the electronic health record. *Perspect Health Inf Manag* 2004;1:1.
36. Lehmann CU, Altuwaijri MM, Li YC, Ball MJ, Haux R. Translational research in medical informatics or from theory to practice. A call for an applied informatics journal. *Methods Inf Med* 2008;47(1):1-3.
37. Ben-Assuli O, Shabtai I, Leshno M. Using electronic health record systems to optimize admission decisions: The Creatinine case study. *Health Informatics J* 2015. March;21(1):73-88.
38. Sek AC, Cheung NT, Choy KM, Wong WN, Tong AY, Fung VH, et al. A territory-wide electronic health record--from concept to practicality: the Hong Kong experience. *Stud Health Technol Inform* 2007;129(Pt 1):293-6.
39. van der Velde ET, Foeken H, Witteman TA, van Erven L, Schaliij MJ. Integration of data from remote monitoring systems and programmers into the hospital electronic health record system based on international standards. *Neth Heath J* 2012. February;20(2):66-70.



40. Asan O, Young HN, Chewning B, Montague E. How physician electronic health record screen sharing affects patient and doctor non-verbal communication in primary care. *Patient Educ Couns* 2015. March;98(3):310-6.
41. Rojo MG, Castro AM, Goncalves L. COST Action "EuroTelepath": digital pathology integration in electronic health record, including primary care centres. *Diagn Pathol.* 2011;6 Suppl 1:S6.
42. Cowansage CB, Green RA, Kratz A, Vawdrey DK. An application for monitoring order set usage in a commercial electronic health record. *AMIA Annu Symp Proc* 2012:1184-90.
43. Abramson EL, Patel V, Malhotra S, Pfoh ER, Nena Osorio S, Cheriff A, et al. Physician experiences transitioning between an older versus newer electronic health record for electronic prescribing. *Int J Med Inform* 2012. August;81(8):539-48.
44. Clemens NA. Privacy, consent, and the electronic mental health record: The Person vs. the System. *J Psychiatr Pract* 2012. January;18(1):46-50.
45. Brandeis GH, Hogan M, Murphy M, Murray S. Electronic health record implementation in community nursing homes. *J Am Med Dir Assoc* 2007. January;8(1):31-4.
46. Madison LG, Phillip WR. A case study of user assessment of a corrections electronic health record. *Perspect Health Inf Manag* 2011;8:1b.
47. Li YC, Lee PS, Jian WS, Kuo CH. Electronic health record goes personal world-wide. *Yearb Med Inform* 2009:40-3.
48. Buckley A, Fox S. Know me - a journey in creating a personal electronic health record. *Stud Health Technol Inform* 2015;208:93-7.
49. Tavakoli N, Isfahani SS, Piri Z, Amini A. Patient access to electronic health record: a comparative study on laws, policies and procedures in selected countries. *Med Arch* 2013;67(1):63-7.
50. Feero WG, Bigley MB, Brinner KM, Family Health History Multi-Stakeholder Workgroup of the American Health Information C New standards and enhanced utility for family health history information in the electronic health record: an update from the American Health Information Community's Family Health History Multi-Stakeholder Workgroup. *J Am Med Inform Assoc* 2008. Nov-Dec;15(6):723-8.
51. Krishnamoorthy P, Gupta D, Chatterjee S, Huston J, Ryan JJ. A review of the role of electronic health record in genomic research. *J Cardiovasc Transl Res* 2014. November;7(8):692-700.
52. Berner ES. Diagnostic decision support systems: why aren't they used more and what can we do about it? *AMIA Annu Symp Proc* 2006:1167-8.
53. Wright A, Sittig DF, Ash JS, Feblowitz J, Meltzer S, McMullen C, et al. Development and evaluation of a comprehensive clinical decision support taxonomy: comparison of front-end tools in commercial and internally developed electronic health record systems. *J Am Med Inform Assoc* 2011. May 1;18(3):232-42.
54. Friedman C, Hripcsak G. Natural language processing and its future in medicine. *Acad Med* 1999. August;74(8):890-5.
55. Chen ES, Sarkar IN. Mining the electronic health record for disease knowledge. *Methods Mol Biol* 2014;1159:269-86.
56. Peters SG, Buntrock JD. Big data and the electronic health record. *J Ambul Care Manage* 2014. Jul-Sep;37(3):206-10.
57. Springman SR. Integration of the enterprise electronic health record and anesthesia information management systems. *Anesthesiol Clin* 2011. September;29(3):455-83.

58. Krist AH, Beasley JW, Crosson JC, Kibbe DC, Klinkman MS, Lehmann CU, et al. Electronic health record functionality needed to better support primary care. *J Am Med Inform Assoc* 2014. Sep-Oct;21(5):764-71.
59. Spooner SA Council on Clinical Information Technology AAO. Special requirements of electronic health record systems in pediatrics. *Pediatrics* 2007. March;119(3):631-7.
60. Doods J, Botteri F, Dugas M, Fritz F, Ehr4Cr WP. A European inventory of common electronic health record data elements for clinical trial feasibility. *Trials* 2014;15:18.
61. Bahensky JA, Jaana M, Ward MM. Health care information technology in rural America: electronic medical record adoption status in meeting the national agenda. *J Rural Health* 2008. Spring;24(2):101-5.
62. Aminpour F, Sadoughi F, Ahamdi M. Utilization of open source electronic health record around the world: A systematic review. *J Res Med Sci* 2014. January;19(1):57-64.
63. Coats B, Acharya S. Leveraging the cloud for electronic health record access. *Perspect Health Inf Manag* 2014;11:1g.
64. Evans RS, Lloyd JF, Pierce LA. Clinical use of an enterprise data warehouse. *AMIA Annu Symp Proc* 2012;2012:189-98.
65. Flanagan ME, Saleem JJ, Millitello LG, Russ AL, Doebbeling BN. Paper- and computer-based workarounds to electronic health record use at three benchmark institutions. *J Am Med Inform Assoc* 2013. June;20(e1):e59-66.
66. Shoolin J, Ozeran L, Hamann C, Bria W., 2nd Association of Medical Directors of Information Systems consensus on inpatient electronic health record documentation. *Appl Clin Inform* 2013;4(2):293-303.
67. Middleton B, Bloomrosen M, Dente MA, Hashmat B, Koppel R, Overhage JM, et al. Enhancing patient safety and quality of care by improving the usability of electronic health record systems: recommendations from AMIA. *J Am Med Inform Assoc* 2013. June;20(e1):e2-8.
68. Singh H, Classen DC, Sittig DF. Creating an oversight infrastructure for electronic health record-related patient safety hazards. *J Patient Saf* 2011. December;7(4):169-74.
69. Borbolla D, Gorman P, Del Fiol G, Mohan V, Hersh W, Otero C, et al. Physicians perceptions of an educational support system integrated into an electronic health record. *Stud Health Technol Inform* 2013;186:125-9.
70. Landman AB, Redden L, Neri P, Poole S, Horsky J, Raja AS, et al. Using a medical simulation center as an electronic health record usability laboratory. *J Am Med Inform Assoc* 2014. May-Jun;21(3):558-63.
71. Humphreys BL. Electronic health record meets digital library: a new environment for achieving an old goal. *J Am Med Inform Assoc* 2000. Sep-Oct;7(5):444-52.
72. Cimino JJ, Jing X, Del Fiol G. Meeting the electronic health record “meaningful use” criterion for the HL7 infobutton standard using OpenInfobutton and the Librarian Infobutton Tailoring Environment (LITE). *AMIA Annu Symp Proc* 2012;2012:112-20.
73. Lindberg C. The national networks--present and future. *J AHIM* 1993. February;64(2):59-60.
74. Ceusters W, De Moor G, Bonneu R, Schilders L. Training of health care personnel towards the implementation and use of electronic health care records using integrated imaging technology. *Medical Inform (Lond)* 1992. Oct-Dec;17(4):215-23.
75. Adler-Milstein J, Furukawa MF, King J, Jha AK. Early results from the hospital Electronic Health Record Incentive Programs. *Am J Manag Care* 2013. July;19(7):e273-84.

76. Modai I, Rabinowitz J. Why and how to establish a computerized system for psychiatric case records. *Hosp Community Psychiatry* 1993. November;44(11):1091-5.
77. Peters DF, Fitzpatrick KT. Automating the medical practice--promise and peril. *Physician Assist* 1993. September;17(9):91-4, 97.
78. Ober KP, Applegate WB. The electronic health record. Are we the tools of our tools? *The Pharos Alpha Omega Alpha Honor Med Soc* 2015. Winter;78(1):8-14.
79. Baron RJ. Quality improvement with an electronic health record: achievable, but not automatic. *Ann Intern Med* 2007. October 16;147(8):549-52.
80. Senathirajah Y, Bakken S, Kaufman D. The clinician in the Driver's Seat: part 1 - a drag/drop user-composable electronic health record platform. *J Biomed Inform* 2014. December;52:165-76.
81. Zhang M, Velasco FT, Musser RC, Kawamoto K. Enabling cross-platform clinical decision support through Web-based decision support in commercial electronic health record systems: proposal and evaluation of initial prototype implementations. *AMIA Annu Symp Proc* 2013;2013:1558-67.
82. Bosl W, Mandel J, Jonikas M, Ramoni RB, Kohane IS, Mandl KD. Scalable decision support at the point of care: a substitutable electronic health record app for monitoring medication adherence. *Interact J Med Res* 2013;2(2):e13.
83. Kohane IS. HEALTH CARE POLICY. Ten things we have to do to achieve precision medicine. *Science* 2015. July 3;349(6243):37-8.
84. Ross MK, Wei W, Ohno-Machado L. "Big data" and the electronic health record. *Yearb Med Inform* 2014;9(1):97-104.
85. West VL, Borland D, Hammond WE. Innovative information visualization of electronic health record data: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc* 2015. March;22(2):330-9.
86. Haux R, Knaup P, Leiner F. On educating about medical data management - the other side of the electronic health record. *Methods Inf Med* 2007;46(1):74-9.
87. Ancker JS, Kern LM, Edwards A, Nosal S, Stein DM, Hauser D, et al. How is the electronic health record being used? Use of EHR data to assess physician-level variability in technology use. *J Am Med Inform Assoc* 2014. Nov-Dec;21(6):1001-8.
88. Mandl KD, Mandel JC, Kohane IS. Driving Innovation in Health Systems through an Apps-Based Information Economy. *Cell Syst* 2015. July;1(1):8-13.
89. Li YC, Detmer DE, Shabbir SA, Nguyen PA, Jian WS, Mihalas GI, et al. A global travelers' electronic health record template standard for personal health records. *J Am Med Inform Assoc* 2012. Jan-Feb;19(1):134-6.
90. Bouhaddou O, Bennett J, Teal J, Pugh M, Sands M, Fontaine F, et al. Toward a Virtual Lifetime Electronic Record: the Department of Veterans Affairs experience with the Nationwide Health Information Network. *AMIA Annu Symp Proc* 2012;2012:51-60.
91. Shortliffe, E. H. and J. J. Cimino (2006). *Biomedical informatics : computer applications in health care and biomedicine*. New York, Springer.
92. Berner, E. S. (2007). *Clinical decision support systems : theory and practice*. New York, Springer.
93. Wyatt, J. and D. Spiegelhalter (1991). "Field trials of medical decision-aids: potential problems and solutions." *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care*: 3-7.

94. Pearson, S.-A., A. Moxey, et al. (2009). "Do computerised clinical decision support systems for prescribing change practice? A systematic review of the literature (1990-2007)." *BMC Health Services Research* 9(1): 154.
95. Remmlinger, E. (2002). Next generation clinical systems: is it time to jump? Annual Healthcare Information and Management Systems Society's Conference. Atlanta, USA. Session 49.
96. Garg, A. X., N. K. Adhikari, et al. (2005). "Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review." *JAMA* 293(10): 1223-1238.
97. Delaney, B. C., D. A. Fitzmaurice, et al. (1999). "Can computerised decision support systems deliver improved quality in primary care?. Interview by Abi Berger." *BMJ* 319(7220): 1281.
98. Patel, V. L., D. R. Kaufman, et al. (2002). "Emerging paradigms of cognition in medical decision-making." *J Biomed Inform* 35(1): 52-75.
99. Roberts, M. S. (2011). Decision analysis. Up to date. M. D. Aronson. Waltham, MA, Up to date.
100. Coiera, E. (2003). Guide to health informatics. London : New York, NY :, Arnold; Distributed in the USA by Oxford University Press.
101. Holyoak, K. (2005). The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning, Cambridge University Press.
102. Sim, I. and A. Berlin (2003). "A framework for classifying decision support systems." *AMIA Annu Symp Proc*: 599-603.
103. Greenes, R. A. (2007). Clinical decision support : the road ahead. Amsterdam ; Boston, Elsevier Academic Press.
104. Shortliffe, E. H. (1976). Computer-based medical consultations, MYCIN. New York, Elsevier.
105. Brender, J., E. Ammenwerth, et al. (2006). "Factors influencing success and failure of health informatics systems--a pilot Delphi study." *Methods Inf Med* 45(1): 125-136.
106. Zheng, K., R. Padman, et al. (2005). "Understanding technology adoption in clinical care: clinician adoption behavior of a point-of-care reminder system." *Int J Med Inform* 74(7-8): 535-543.
107. Moxey, A., J. Robertson, et al. (2010). "Computerized clinical decision support for prescribing: provision does not guarantee uptake." *J Am Med Inform Assoc* 17(1): 25-33.
108. Kawamoto, K., C. A. Houlihan, et al. (2005). "Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success." *BMJ* 330(7494): 765.
109. <https://www.ibm.com/watson-health/learn/micromedex>
110. Jim Bellows, Samir Patel, Scott S Young, *J Am Med Inform Assoc*. 2014 May; 21(3): 432-437.
111. Eddy DM, Adler J, Morris M. The 'global outcomes score': a quality measure, based on health outcomes, that compares current care to a target level of care. *Health Aff (Millwood)* 2012;31:2441-
112. Eddy DM, Adler J, Patterson B, et al. Individualized guidelines: the potential for increasing quality and reducing costs. *Ann Intern Med* 2011;154:627-34.
113. <https://www.elsevier.com/clinical-solutions>
114. Barnett GO, Famiglietti KT, Kim RJ, Hoffer EP, Feldman MJ. DXplain on the Internet, *Proc AMIA Symp* 1998;:607-11.
115. Elhanan G, Socratous SA, Cimino JJ. Integrating DXplain into a clinical information system using the World Wide Web. *Proc AMIA Annu Fall Symp*. 1996;:348-52.

116. Feldman MJ, Barnett GO. An approach to evaluating the accuracy of DXplain. *Comput Methods Programs Biomed.* 1991 Aug;35(4):261-6.
117. Burger C1. The use of problem-knowledge couplers in a primary care practice. 2010 Spring;14(1):47-50.
118. Vardell E1, Moore M. Isabel, a clinical decision support system. 2011;30(2):158-66. doi: 10.1080/02763869.2011.562800.
119. European Commission, “eHealth Action Plan 2012-2020 - Innovative healthcare for the 21st century”, COM (2012), 736 final, Brussels, 6. Dec., 2012.
120. EIF, “Article 2 of Decision No 922/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 16 September 2009 on interoperability solutions for European public administrations”, (ISA) OJ L 260, p. 20, 3 Oct., 2009.
121. Rodrigues, J. (2010). *Health Information Systems: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 1. IGI Global. ISBN 978-1-60566-988-5.
122. Official Journal of the European Union, Commission Recommendation of 2 July 2008 on cross-border interoperability of electronic health record systems (notified under document number C(2008) 3282) (2008/594/EC), 2008.
123. American National Standards Institute, “Overview of the U.S. Standardization System”. 2015.
124. Din.de, “DIN – German Institute for Standardization”, 2015.
125. Introducing HL7 FHIR. <https://www.hl7.org/fhir/summary.html>.
126. FHIR Overview. <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>.
127. HL7 Version 3 [http://www.hl7.org/implement/standards/product\\_brief.cfm?product\\_id=22](http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=22)
128. HL7 Version 2 [http://www.hl7.org/implement/standards/product\\_brief.cfm?product\\_id=185](http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=185)
129. CDA® Release 2 [http://www.hl7.org/implement/standards/product\\_brief.cfm?product\\_id=7](http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=7)
130. <https://github.com/RSNA/s4s-fhir-broker>
131. [http://hapifhir.io/doc\\_intro.html](http://hapifhir.io/doc_intro.html)
132. What Is SMART? <https://smarthealthit.org/an-app-platform-for-healthcare/about/>
133. Joshua C Mandel, David A Kreda, Kenneth D Mandl, Isaac S Kohane, and Rachel B Ramoni (2016) “SMART on FHIR: a standards-based, interoperable apps platform for electronic health records” 2016 Sep; 23(5): 899–908.