



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

Ο ρόλος της m-health, της Τηλεϊατρικής και της e-health σε ένα ψηφιακό σύστημα υγείας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΣΑΒΒΑ ΣΑΒΒΙΔΗ

Επιβλέπων: Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2016



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

Ο ρόλος της m-health, της Τηλεϊατρικής και της e-health σε ένα ψηφιακό σύστημα υγείας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΣΑΒΒΑ ΣΑΒΒΙΔΗ

Επιβλέπων: Δημήτριος-Διονύσιος Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 4^η Οκτωβρίου 2016 .

.....

Δ-Δ. Κουτσούρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Γ. Ματσόπουλος

Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....

Π. Τσανάκας

Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2016

.....
Σάββας Σαββίδης

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

Copyright © Σάββας Σαββίδης, 2016.

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 το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Τα σύγχρονα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης χαρακτηρίζονται από την ευρεία διείσδυση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών, με στόχο την παροχή ποιοτικότερων υπηρεσιών στον ασθενή, την ασφάλεια των ευαίσθητων δεδομένων υγείας, αλλά και τον περιορισμό των δαπανών. Στην κατεύθυνση αυτή συνδράμουν τεχνολογίες όπως το Cloud Computing, αλλά και η διεύρυνσή του, το Intercloud, παρέχοντας υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους κατ' απαίτηση. Βασική συνιστώσα κάθε συστήματος Ηλεκτρονικής Υγείας αποτελεί ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας, χάρη στον οποίο καθίσταται εφικτή η διάθεση υπηρεσιών όπως η ηλεκτρονική συνταγογράφηση. Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται εκτενής αναφορά στην ηλεκτρονική συνταγογράφηση, καθώς και στην εφαρμογή τεχνολογιών αιχμής, όπως ο Σηματολογικός Ιστός, προς βελτιστοποίησή της. Έμφαση δίνεται στις επικρατούσες χρόνιες παθήσεις που πλήττουν τη σημερινή κοινωνία. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στη σύγχρονη τάση εξατομίκευσης της υγειονομικής περίθαλψης, καθώς και στην συμβολή του Προσωπικού Φακέλου Υγείας στην κατεύθυνση αυτή. Στις μέρες μας, πέραν της απλής αντιμετώπισης των ασθενειών, ιδιαίτερη αξία έχει αποκτήσει η πρόληψη και το ευ ζην. Ως εκ τούτου, γίνεται στροφή στη λεγόμενη «Ολοκληρωμένη Φροντίδα», η οποία αφορά στην ενοποίηση υπηρεσιών αμιγούς υγειονομικής περίθαλψης με υποστηρικτικές υπηρεσίες κοινωνικής φροντίδας. Ιδιαίτερη σημασία έχει η εισαγωγή επιχειρηματικών μοντέλων, με στόχο τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των συστημάτων Ηλεκτρονικής Υγείας.

Η Ηλεκτρονική Υγεία αποτελεί ένα υπερσύνολο στο οποίο, μεταξύ άλλων, εμπεριέχονται και σύγχρονες ή ασύγχρονες υπηρεσίες Τηλεϊατρικής. Επιπλέον, περιλαμβάνεται η σχετικά πρόσφατη Κινητή Υγεία, η οποία δύναται να βελτιώσει τις ήδη υπάρχουσες λύσεις Ηλεκτρονικής Υγείας, χάρη στην εγγενή φορητότητά της. Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζονται οι Φορητές συσκευές και η σύνδεσή τους με εφαρμογές λογισμικού (apps) των smartphones, ώστε να κατανοηθεί ο ρόλος αμφότερον τόσο στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων ασθενειών, όσο και στην πρόληψη και την ευεξία. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στα Σοβαρά Παιχνίδια, τα οποία πέραν της ψυχαγωγίας, επιδιώκουν την εκμάθηση του χρήστη σε θέματα που άπτονται διαφόρων πεδίων του τομέα υγείας. Ακολούθως, γίνεται μια διάκριση μεταξύ των στόχων της Κινητής Υγείας ανάλογα με το επίπεδο εισοδήματος μιας χώρας. Ενδεικτικά, στον αναπτυσσόμενο κόσμο η Κινητή Υγεία στοχεύει στο να καταστήσει προσβάσιμες τις υπηρεσίες υγείας στους οικονομικά ασθενέστερους, αλλά και σε όσους κατοικούν σε δυσπρόσιτες περιοχές. Καταληκτικά, συνοψίζονται οι κυριότερες προκλήσεις των τεχνολογιών Κινητής Υγείας. Από αυτές ξεχωρίζουν τα Big Data, λόγω των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που διακινούνται πλέον από τα εκατομμύρια κινητών συσκευών, καθώς επίσης και η Διαλειτουργικότητα που απαιτείται ώστε οι τεχνολογίες Κινητής Υγείας να εναρμονιστούν με τα υφιστάμενα πρότυπα στην Ηλεκτρονική Υγεία.

Λέξεις κλειδιά:

ηλεκτρονική υγεία, ηλεκτρονική συνταγογράφηση, χρόνιες παθήσεις, σηματολογικές συνταγές, προσωπικός φάκελος υγείας, ολοκληρωμένη περίθαλψη, διαλειτουργικότητα, βιώσιμα επιχειρηματικά μοντέλα, βιοτηλεμετρία, κινητή υγεία, φορητές συσκευές, εφαρμογές λογισμικού, σοβαρά παιχνίδια, δίκτυα 5G, αναπτυσσόμενες χώρες, big data

Abstract

Modern healthcare systems are characterized by the broad pervasiveness of Information and Communications Technologies, in order to provide higher quality services to the patient, security of the sensitive health data, and to limit expenditures. In this direction, assisting technologies like Cloud Computing and the wider Intercloud, provide computing and storage resources on demand. Basic component of any Electronic Health (eHealth) system is the Electronic Health Record, thanks to which the provision of services such as electronic prescribing is made possible. In this thesis, extensive reference is made to electronic prescribing and the application of advanced technologies such as the Semantic Web, towards its optimization. Emphasis is given to the prevailing chronic diseases that afflict contemporary society. Subsequently, reference is made to the modern trend of personalizing healthcare, and the contribution of the Personal Health Record in this direction. Nowadays, beyond merely coping with the diseases, prevention and wellbeing have gained special value. Therefore, there is a turning to the so-called “Integrated Care”, which relates to the integration of pure healthcare services with supportive social care services. Of particular importance is the introduction of new business models to ensure sustainability of eHealth systems.

eHealth is a superset in which, inter alia, synchronous or asynchronous telemedicine services are contained. In addition, the relatively recent Mobile Health (mHealth) is also included, which may improve the existing eHealth solutions, thanks to its inherent portability. As part of this thesis, wearable medical devices are examined, along with their connection with software applications (apps) for smartphones, so as to understand the role of both in the treatment of specific diseases, as well as the prevention and wellness. Particular reference is made to Serious Games, which in addition to entertainment, seek teaching users issues concerning various fields of health. Subsequently, a distinction is made between the objectives of mHealth depending on a country's income level. Indicatively, in the developing world, mHealth aims to make health services accessible to economically disadvantaged, but also to those living in inaccessible areas. Concluding, the main challenges of mHealth technologies are summarized. Big Data stand out of these challenges due to the huge amounts of data being transferred among millions of mobile devices, as well as the interoperability required so that the mHealth technologies align with existing standards in eHealth.

Keywords:

e-health, e-prescribing, chronic diseases, semantic prescriptions, personal health record, integrated care, interoperability, sustainable business models, biotelemetry, m-health, wearables, apps, serious games, 5G networks, developing countries, big data

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Κουτσούρη Δημήτριο για την ανάθεση της παρούσας εργασίας και την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου. Επίσης, την οικογένεια και τους φίλους μου για τη στήριξη και συμπαράσταση που έδειξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές που πίστεψαν σε εμένα κατά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Το υπερσύνολο της Ηλεκτρονικής Υγείας και οι συνιστώσες της.....	2
Εικόνα 2: Υπηρεσίες Cloud στην υγειονομική περίθαλψη.....	4
Εικόνα 3: Αποψη του Intercloud.....	6
Εικόνα 4: Δείγμα Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας της Practice Fusion.....	8
Εικόνα 5: Δείγμα ηλεκτρονικής συνταγής.....	9
Εικόνα 6: Παράδειγμα Υπεργράφου.....	15
Εικόνα 7: Αναπαράσταση γνώσης με τριάδα RDF.....	17
Εικόνα 8: Οι επιστρώσεις ενός Σηματολογικού Εγγράφου.....	19
Εικόνα 9: Παράδειγμα Mashup χάρτη.....	20
Εικόνα 10: Γραφική αναπαράσταση των Σηματολογιών της συνταγής.....	22
Εικόνα 11: Ροή της «τέλειας» e-συνταγής.....	23
Εικόνα 12: Παράδειγμα απλοποίησης οδηγιών φαρμακευτικής αγωγής, με χρήση του UMS.....	25
Εικόνα 13: Οι σημερινές προκλήσεις στο χώρο της υγείας.....	30
Εικόνα 14: Σύστημα PINCLOUD: Οι εμπλεκόμενοι και οι διαθέσιμες υπηρεσίες.....	31
Εικόνα 15: Το μοντέλο τριών επιπέδων υπηρεσιών στην περίπτωση του PINCLOUD.....	32
Εικόνα 16: Προαπαιτούμενα για υλοποίηση της Ολοκληρωμένης Φροντίδας.....	33
Εικόνα 17: Προσέγγιση freemium.....	39
Εικόνα 18: Προσέγγιση πολύπλευρης αγοράς.....	40
Εικόνα 19: Προσέγγιση βασισμένη στο πλήθος.....	41
Εικόνα 20: Επισκόπηση των τεχνολογιών ασύρματων επικοινωνιών.....	48
Εικόνα 21: e-health, Τηλεϊατρική και m-health σε ένα σύγχρονο σύστημα υγείας.....	49
Εικόνα 22: Ευρέως υιοθετημένη αρχιτεκτονική δικτύωσης στην Κινητή Υγεία.....	50
Εικόνα 23: Αρχιτεκτονική τυπικής Φορητής συσκευής τηλεμετρίας.....	51
Εικόνα 24: Φορητές συσκευές σε διάφορες περιοχές του ανθρώπινου σώματος.....	53
Εικόνα 25: Ποσοστό της αγοράς που κατέχει κάθε πλατφόρμα.....	58
Εικόνα 26: Πλήθος apps ανά ασθένεια.....	58
Εικόνα 27: Το iBGStar app μετράει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα.....	59
Εικόνα 28: Χρήστες στους οποίους στοχεύουν τα apps.....	60

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις της έρευνας	12
Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των Ηλεκτρονικών, των Προσωπικών και των Δια Βίου Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας.....	35
Πίνακας 3: Όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.....	70

Περιεχόμενα

Περίληψη
Abstract
Ευχαριστίες
Πίνακας Εικόνων.....
Πίνακας Πινάκων
Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρονική Υγεία (e-health).....	1
2.1 Επικρατούσες τεχνολογίες.....	2
2.1.1 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)	2
2.1.1.1 Ζητήματα	4
2.1.2 Intercloud	6
2.1.2.1 Αρχιτεκτονική και Διαλειτουργικότητα	7
2.2 Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας	7
2.3 Ηλεκτρονική Συνταγογράφηση	8
2.3.1 Πλεονεκτήματα	10
2.3.2 Μειονεκτήματα	11
2.3.3 Case Study: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Newham (National Health Service).....	11
2.3.4 Πολλαπλή Φαρμακευτική Αγωγή.....	13
2.3.4.1 Χρόνιες Παθήσεις.....	13
2.3.4.2 Case Study: Institut Catala de la Salut	14
2.3.5 Σημασιολογικές συνταγές	15
2.3.5.1 Σημασιολογικός Ιστός	16
2.3.5.2 Οντολογίες	16
2.3.5.3 Γλώσσες Αναπαράστασης Γνώσης.....	17
2.3.5.4 Διασυνδεδεμένα Δεδομένα	18
2.3.5.5 Συγγραφή Σημασιολογικού Περιεχομένου.....	18
2.3.5.6 Εφαρμογή PHARMER	21
2.3.6 Βελτιστοποίηση Συνταγογράφησης.....	23
2.3.6.1 Πρότυπο SCRIPT	24
2.3.7 Απόψεις ασθενών για την e-Συνταγογράφηση	26
2.3.8 Υφιστάμενα ζητήματα στην e-Συνταγογράφηση.....	27
2.4 Ηλεκτρονική Υγεία με επίκεντρο τον ασθενή.....	29
2.4.1 Προσωπικός Φάκελος Υγείας.....	29

2.4.2 PINCLOUD	30
2.5 Ολοκληρωμένη Περίθαλψη (Integrated Care, IC)	32
2.5.1 Δια Βίου Ηλεκτρονικοί Φάκελοι Υγείας	34
2.6 Διαλειτουργικότητα	36
2.6.1 Έγγραφο Συνεχούς Περίθαλψης (Continuity of Care Document, CCD).....	36
2.6.2 ICD -10	36
2.6.3 ICD -11	37
Κεφάλαιο 2: Επιχειρηματικά Μοντέλα στην Ηλεκτρονική Υγεία.....	38
3.1 Η έννοια του επιχειρηματικού μοντέλου	38
3.2 Βιωσιμότητα	38
3.3 Ο ρόλος των επιχειρηματικών μοντέλων.....	38
3.4 Στρατηγικές Χρηματοδότησης	39
3.4.1 Ηλεκτρονική Υγεία ως freemium	39
3.4.2 Ηλεκτρονική Υγεία ως πολύπλευρη αγορά	40
3.4.3 Ηλεκτρονική Υγεία βασισμένη στο πλήθος.....	41
3.5 Μια διαφορετική οπτική γωνία.....	41
3.6 Εμπειρικό μοντέλο & Κινητήριες Δυνάμεις.....	42
3.7 Το επιχειρηματικό μοντέλο «αλυσίδας αξίας».....	43
3.8 Συμπεράσματα	44
Κεφάλαιο 3: Τηλεϊατρική.....	45
4.1 Βιοτηλεμετρία.....	45
4.1.1 Κανονισμοί Φάσματος	46
4.1.2 Προτυποποίηση και Διαλειτουργικότητα	47
Κεφάλαιο 4: Κινητή Υγεία (m-health)	49
5.1 Ο ρόλος της Κινητής Υγείας σε ένα σύστημα υγείας.....	50
5.2 Φορητές συσκευές (Wearables)	51
5.2.1 Αρχιτεκτονική τυπικής φορητής συσκευής και περιβάλλον αλληλεπίδρασης	51
5.2.1.1 Αισθητήρες	52
5.2.2 Εφαρμογές σε υγιή άτομα	54
5.2.3 Εφαρμογές σε άτομα με καθορισμένη ασθένεια.....	54
5.2.4 Σχεδιαστικές προκλήσεις	55
5.2.4.1 Φορητότητα και Εργονομία	55
5.2.4.2 Τεχνικά Ζητήματα	55
5.3 Smartphones στην υπηρεσία της Υγείας	57
5.4 Εφαρμογές Λογισμικού (Apps)	57

5.5 Παιγνιδοποίηση & Σοβάρá Παιχνίδια (Gamification & Serious Games)	61
5.5.1 Εφαρμογές στον τομέα υγείας	62
5.6 Τεχνολογία 5G.....	63
5.6.1 Δίκτυα 5G στην Κινητή Υγεία.....	64
5.7 Κινητή Υγεία ανά τον κόσμο.....	65
5.7.1 Χώρες με υψηλό εισόδημα	65
5.7.2 Αναπτυσσόμενες χώρες	66
5.7.2.1 Προκλήσεις στον αναπτυσσόμενο κόσμο.....	68
5.8 Γενικές Προκλήσεις στην Κινητή Υγεία	68
5.8.1 Ασφάλεια Ασθενή.....	68
5.8.2 Big Data	70
5.8.3 Διεθνής συνεργασία	71
5.8.4 Διαλειτουργικότητα	71
Κεφάλαιο 5: Επίλογος	72
Βιβλιογραφία	73

Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρονική Υγεία (e-health)

Αναφερόμενος στην Ηλεκτρονική Υγεία (e-health), ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας δίνει τον εξής ορισμό: «Η Ηλεκτρονική Υγεία αποτελεί την οικονομικά αποδοτική και ασφαλή χρήση τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) ή Information and Communications Technology (ICT) στην υποστήριξη της υγείας, και συγκεκριμένα σε πεδία όπως η υγειονομική περίθαλψη, η παρακολούθηση της υγείας, η εκπαίδευση σε θέματα υγείας, η έρευνα» [37].

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή περιγράφει την Ηλεκτρονική Υγεία ως υπερσύνολο των ακόλουθων αλληλοσχετιζόμενων κατηγοριών [38]:

- Κλινικά Πληροφοριακά Συστήματα: Περιλαμβάνουν εξειδικευμένα εργαλεία (tools) για τους επαγγελματίες υγείας πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας περίθαλψης, αλλά και για κινητές μονάδες. Ενδεικτικά, υπάρχουν Πληροφοριακά Συστήματα ραδιολογίας, νοσηλευτικής, ιατρική απεικόνιση, υποβοηθούμενη από υπολογιστή διάγνωση, εκπαίδευση στη χειρουργική, καθώς και συστήματα οργάνωσης.
- Τηλεϊατρική και συστήματα κατ' οίκον φροντίδας: Περιλαμβάνουν συστήματα εξατομικευμένης υγειονομικής περίθαλψης και υπηρεσίες όπως διαχείριση ασθενειών, απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, τηλε-συμβουλευτική, τηλε-ραδιολογία.
- Ολοκληρωμένα τοπικά/εθνικά πληροφοριακά δίκτυα υγείας: Περιλαμβάνουν καταναμημένα συστήματα Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας και σχετικές υπηρεσίες όπως e-συνταγές ή e-παραπεμπτικά.
- Δευτερογενή μη-κλινικά συστήματα: Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη συγκαταλέγονται τα συστήματα για εκπαίδευση σε θέματα υγείας και προαγωγή της υγείας. Η δεύτερη περιλαμβάνει εξειδικευμένα συστήματα για ερευνητές, καθώς και συλλογή και ανάλυση δεδομένων δημόσιας υγείας. Τέτοιου είδους συστήματα υποστηρίζουν κλινικές διαδικασίες αλλά δεν χρησιμοποιούνται άμεσα από τους ασθενείς ή τους επαγγελματίες υγείας.

Στην «Στρατηγική για την Ψηφιακή Ενιαία Αγορά της Ευρώπης», η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κάνει ιδιαίτερη μνεία στην Ηλεκτρονική Υγεία και τις βασικές της συνιστώσες, όπως η Τηλεϊατρική. Κεντρικός άξονας της στρατηγικής αυτής είναι η επέκταση των ελευθεριών που διέπουν την ενιαία αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και στον ψηφιακό τομέα. Απώτερο στόχο αποτελεί η προώθηση της διαλειτουργικότητας και των προτύπων των ψηφιακών τεχνολογιών στην Ε.Ε., με γνώμονα το όφελος του ασθενή, του επαγγελματία του τομέα υγείας, αλλά και της βιομηχανίας [39]. Η επίτευξη της διαλειτουργικότητας θα αποτελέσει θεμέλιο για την ουσιαστική πραγμάτωση της διασυνοριακής υγειονομικής περίθαλψης.



Εικόνα 1: Το υπερσύνολο της Ηλεκτρονικής Υγείας και οι συνιστώσες της.

Η ευρεία υιοθέτηση της Ηλεκτρονικής Υγείας έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ποιότητα των δεδομένων, να μειώσει τα σφάλματα και το κόστος και τελικά, να αυξήσει την ασφάλεια του ασθενή. Πιο αναλυτικά, η Ηλεκτρονική Υγεία [112]:

- Επιτρέπει στον πάροχο υγείας να έχει παραπάνω από μία διαπροσωπική αλληλεπίδραση με τον ασθενή.
- Συμβάλλει στη διανομή απαραίτητης ιατρικής πληροφορίας διαμέσου ηλεκτρονικών μέσων, όπως το Ίντερνετ, κάτι που βελτιώνει την εκπαίδευση του ασθενή και στηρίζει τη λήψη πιο εμπεριστατωμένων αποφάσεων από πλευράς παρόχων υγείας.
- Διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ παρόχων υγείας, μέσω διαμοιρασμού αρχείων, Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας και e-mails.
- Βελτιώνει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών τόσο τοπικά, όσο και απομακρυσμένα. Με την προσπέραση των γεωγραφικών εμποδίων, όλο και περισσότεροι άνθρωποι αποκτούν πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας.

1.1 Επικρατούσες τεχνολογίες

1.1.1 Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το Cloud computing αποτελεί την 5^η γενιά στο πεδίο της Υπολογιστικής. Οι προηγούμενες γενιές περιλαμβάνουν τις Κεντρικές Μονάδες Επεξεργασίας, την προσωπική Υπολογιστική, την Υπολογιστική πελάτη-εξυπηρετητή και τα συστήματα που βασίζονται στο διαδίκτυο. Ουσιαστικά, το Cloud φιλοξενεί και παρέχει, μέσω του διαδικτύου, υπηρεσίες κατ' απαίτηση (on-demand) [40].

Το αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προδιαγραφών και Τεχνολογίας (National Institute of Standards & Technology, NIST) δίνει τον εξής ορισμό: «Το Cloud Computing είναι ένα μοντέλο που καθιστά εφικτή την κατ' απαίτηση δικτυακή πρόσβαση σε μία κοινή δεξαμενή ρυθμιζόμενων υπολογιστικών πόρων, οι οποίοι μπορούν να παρασχεθούν και να απελευθερωθούν ταχύτατα με ελάχιστη διαχειριστική προσπάθεια και συμμετοχή του παρόχου υπηρεσίας» [41].

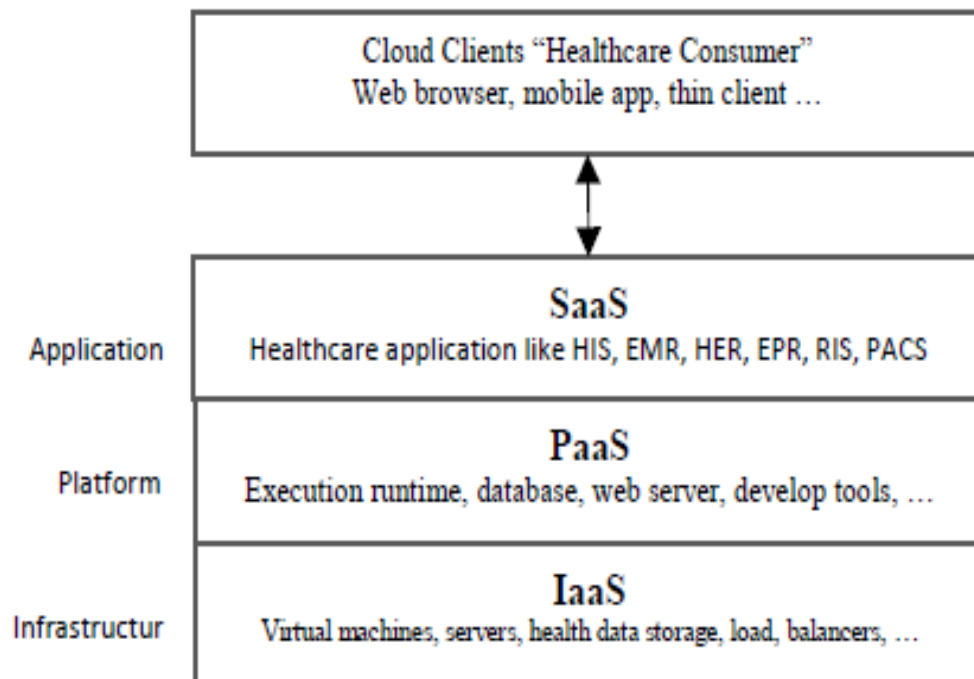
Το NIST αποδίδει στο Cloud τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Κατ' απαίτηση self-service: Ο πελάτης μπορεί να δεσμεύσει και να αποδεσμεύσει υπολογιστικούς πόρους όπως χρόνο εξυπηρετητή και εύρος ζώνης δικτύου.
- Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο: Οι πόροι είναι προσβάσιμοι μέσω καθιερωμένων μηχανισμών που προωθούν τη χρήση από ετερογενείς πλατφόρμες πελατών.
- Διαμοιρασμός πόρων: Οι πάροχοι του Cloud εξυπηρετούν πολλαπλούς καταναλωτές, διαμοιράζοντας τους πόρους και τα κόστη. Έτσι, η υποδομή μπορεί να συγκεντρωθεί, κάτι που αυξάνει την χωρητικότητα και βελτιώνει την απόδοση χρησιμοποίησης.
- Ταχεία ελαστικότητα: Συνώνυμο της ταχείας κλιμάκωσης. Το Cloud δυνητικά μπορεί να έρθει αντιμέτωπο με μεγάλες/γρήγορες μεταβολές στις απαιτήσεις χρηστών.
- Μετρούμενη υπηρεσία: Το Cloud computing μπορεί να χρηματοδοτηθεί βάσει ενός μοντέλου πληρωμής «ανάλογα με τη χρήση».

Το Cloud διαχωρίζεται επίσης στα εξής αναπτυξιακά μοντέλα:

- Ιδιωτικό Cloud: Ο καταναλωτής (συνήθως και ιδιοκτήτης) λειτουργεί και διαχειρίζεται κατ' αποκλειστικότητα αυτό το είδος Cloud.
- Κοινοτικό Cloud: Διαμοιράζεται μεταξύ αρκετών οργανισμών εντός μιας κοινότητας, όπως την κοινότητα υγείας ή την εκπαιδευτική, ακόμη και κυβερνητικούς οργανισμούς.
- Δημόσιο Cloud: Ανήκει σε έναν οργανισμό (πάροχο υπηρεσίας) και διατίθεται σε όλους τους πελάτες.
- Υβριδικό Cloud: Αποτελεί σύνθεση δύο ή περισσότερων εκ των προαναφερθέντων τύπων cloud.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί, το Cloud computing βασίζεται στο πασίγνωστο μοντέλο τριών επιπέδων υπηρεσιών: Λογισμικό ως Υπηρεσία (Software as a Service, SaaS), Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (Platform as a Service, PaaS) και Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service, IaaS). [40]



Εικόνα 2: Υπηρεσίες Cloud στην υγειονομική περίθαλψη

- 1) Infrastructure as a Service (IaaS): Προσφέρει κατ' απαίτηση δομικούς πόρους. Οι πόροι αυτοί είναι είτε λογικές δομές, όπως εικονικές μηχανές (virtual machines, VMs), είτε φυσικές όπως επεξεργαστές, αποθηκευτικός χώρος, πρόσβαση στο δίκτυο. Η πολιτική χρέωσης που ακολουθείται είναι ο καταναλωτής να πληρώνει βάσει χρήσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις γνώμονας είναι η ποσότητα του πόρου που χρησιμοποιήθηκε, ενώ σε άλλες το χρονικό διάστημα.
- 2) Platform as a Service (PaaS): Παρέχει πόρους-πλατφόρμες, όπως λειτουργικά συστήματα και πλαίσια ανάπτυξης λογισμικού, που επιτρέπουν στο χρήστη να αναπτύξει τις δικές του εφαρμογές ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης, βασιζόμενες στο Cloud.
- 3) Software as a Service (SaaS): Παρέχει κατ' απαίτηση εφαρμογές στο διαδίκτυο. Ο πάροχος του Cloud είναι ο κάτοχος των εφαρμογών, και οι χρήστες πληρώνουν μια πάγια συνδρομή.

1.1.1.1 Ζητήματα

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τα ανακύπτοντα ζητήματα σε τρεις βασικές κατηγορίες: Τεχνικά, οργανωτικά και ζητήματα ποιότητας υπηρεσίας [1]. Πιο αναλυτικά:

(i) Τεχνικά Ζητήματα

- Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα

Σε οποιοδήποτε μοντέλο Cloud επιλεγεί (π.χ. ιδιωτικό, δημόσιο), υφίστανται θέματα ασφαλείας. Για παράδειγμα, οι πάροχοι του Cloud επιτρέπουν στους πελάτες να αλληλεπιδρούν με τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης μέσω των APIs (Application

Programming Interfaces). Τα APIs θα πρέπει να έχουν ένα επίπεδο διασφάλισης, ώστε να ελέγχεται η πρόσβαση στα δεδομένα. Η πρόσβαση να επιτρέπεται αφότου ο αιτών καθορίσει το ρόλο και τις ιδιότητές του και λάβει έγκριση από παραπάνω της μίας, αρμόδιες αρχές.

Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να επεξηγηθεί η έννοια του API: Πρόκειται για ένα σύνολο κανόνων, το οποίο καθορίζει πώς ένα πρόγραμμα, που εκτελείται σε ένα τερματικό σύστημα, ζητά από την υποδομή του διαδικτύου να παραδώσει δεδομένα σε πρόγραμμα που εκτελείται σε άλλο τερματικό σύστημα [42].

- Διαλειτουργικότητα και Φορητότητα

Ένα ζήτημα που εγείρεται είναι το κατά πόσο δύνανται να ενοποιηθούν οι υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Υγείας που παρέχονται από διαφορετικούς παρόχους. Στην κατεύθυνση αυτή, είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός ικανοποιητικού βαθμού διαλειτουργικότητας. Με την επίτευξη της επιθυμητής διαλειτουργικότητας, ανοίγει ο δρόμος για την απλοποίηση της «μετανάστευσης» δεδομένων από μια παρωχημένη τοπική εφαρμογή, στο Cloud. Αυτό που θα χρειαστεί, είναι η παροχή ανοιχτών πρωτοκόλλων και APIs.

Μία πιθανή προσέγγιση αποτελεί η «Προσανατολισμένη σε Υπηρεσία Αρχιτεκτονική» (Service Oriented Architecture, SOA). Ουσιαστικά το SOA στοχεύει στο να καταστήσει τις υπηρεσίες διαθέσιμες και εύκολα προσβάσιμες μέσω τυποποιημένων μοντέλων, χωρίς να υπάρχει εξάρτηση από την εκάστοτε υποδομή.

- Διαχείριση Δεδομένων

Στόχος του Cloud είναι η βελτιωμένη πρόσβαση από διαφορετικές τοποθεσίες κατά μήκος μεγάλων γεωγραφικών αποστάσεων.

(ii) Οργανωτικά Ζητήματα

- Αλλαγή των Οργανισμών Υγειονομικής Περίθαλψης

Κατά τη μετάβαση προς οποιαδήποτε νέα τεχνολογία, κάθε οργανισμός οφείλει να λάβει σοβαρά υπόψιν το πώς θα επηρεαστεί το ανθρώπινο δυναμικό.

- Επανασχεδιασμός Επιχειρηματικής Διαδικασίας (Business Process Re-engineering, BPR)

Ο Επανασχεδιασμός Επιχειρηματικής Διαδικασίας αφορά στην ανάλυση και τον επανασχεδιασμό της ροών εργασίας εντός, αλλά και μεταξύ οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης.

(iii) Ζητήματα Ποιότητας Υπηρεσίας

- Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

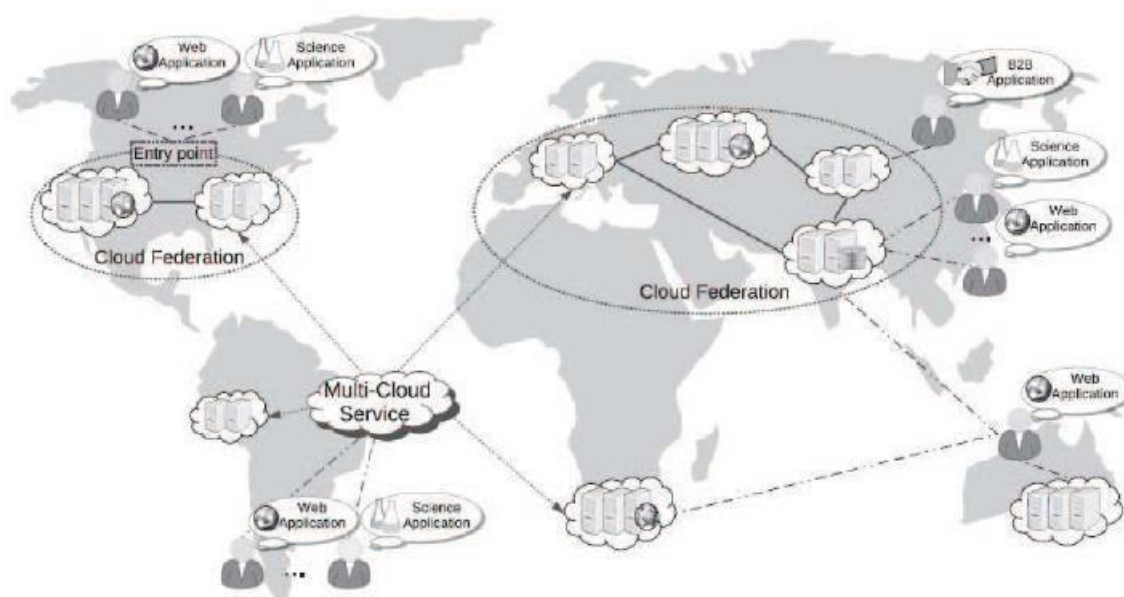
Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης υπάρχουν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις αναφορικά με την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις τα δεδομένα αυτά είναι καθοριστικής σημασίας για την ανθρώπινη ζωή. Επομένως, ασκείται συνεχώς πίεση στους παρόχους Cloud ώστε να εξασφαλίζεται η απαραίτητη αξιοπιστία.

1.1.2 Intercloud

Έως τώρα, κάθε πάροχος Cloud λειτουργούσε ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους. Λόγω όμως της ραγδαίας ανάπτυξης του Cloud, καθίσταται σαφής η αναγκαιότητα διερεύνησης εναλλακτικών αρχιτεκτονικών με στόχο τη διασύνδεση και αφομοίωση ετερογενών υπηρεσιών.

Ένα σύστημα Cloud διαθέτει διεπαφές μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η επικοινωνία με άλλα συστήματα Cloud ή μεμονωμένες υπηρεσίες, δημιουργώντας έτσι τη βάση για την εφαρμογή των λεγόμενων «Interclouds». Η βασική ιδέα στο Intercloud είναι ότι ένα ενιαίο κεντρικό Cloud θα μπορούσε να συνδυάσει περισσότερα μεμονωμένα Clouds, δημιουργώντας μία συνεργατική πλατφόρμα για την παροχή και τη μονομερή διαχείριση υπηρεσιών Cloud. Ουσιαστικά, καθιστά εφικτή την επικοινωνία τόσο μεταξύ διαφορετικών παρόχων, όσο και μεταξύ διαφορετικών επιπέδων του ίδιου Cloud (IaaS, PaaS, NaaS και SaaS) [30].

Για να μπορέσει το ενιαίο αυτό μοντέλο να εγγυηθεί ποιότητα υπηρεσίας (όπως π.χ. απόδοση και διαθεσιμότητα), επιτρέπει την κατ' απαίτηση επανανάθεση πόρων και μεταφορά του φόρτου εργασίας εντός του δικτύου των Clouds [111]. Ένα πλεονέκτημα του μοντέλου του Intercloud αποτελεί η αυξημένη προστασία δεδομένων, καθώς τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πολλαπλές γεωγραφικές τοποθεσίες (Εικόνα 3). Στους βασικούς στόχους περιλαμβάνεται ο διαμοιρασμός πόρων (υπολογιστικών και αποθηκευτικών) μεταξύ διαφορετικών παρόχων, ούτως ώστε να είναι διαχειρίσιμη ακόμη και τεράστια αύξηση στην ποσότητα δεδομένων. Σαφώς, όπως και στο απλό Cloud συνεχίζει να υφίσταται και εδώ η απαίτηση για αδιάλειπτη λειτουργία.



Εικόνα 3: Άποψη του Intercloud

1.1.2.1 Αρχιτεκτονική και Διαλειτουργικότητα

Η βασική αρμοδιότητα ενός συστήματος Intercloud είναι να δημιουργήσει ανοιχτές διεπαφές, οι οποίες θα διαχειρίζονται την ανταλλαγή και φορητότητα των δεδομένων μεταξύ των επιμέρους Clouds. Ο σχεδιασμός των διεπαφών έγκειται στη δημιουργία κατάλληλου πρωτοκόλλου.

Στην αρχιτεκτονική του Intercloud θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η διαλειτουργικότητα και το ζήτημα της ενοποίησης υπηρεσιών διαφορετικών επικρατειών ή παρόχων, τόσο στις σημερινές δομές, όσο και στις μελλοντικές.

Όπως και στα συμβατικά δίκτυα υπολογιστών, έτσι και σε ένα δίκτυο με Clouds, η κύρια πρόκληση έγκειται στην «εκπαίδευση» των επιμέρους συνιστωσών ώστε να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Όπως ένας μεμονωμένος υπολογιστής δεν έχει πρότερη επίγνωση της ύπαρξης άλλων υπολογιστών, έτσι και ένα μεμονωμένο cloud [30].

Στην προσπάθεια εύρεσης λύσεων για το μείζον ζήτημα της διαλειτουργικότητας, η IEEE εργάζεται επί της προτυποποίησης των APIs και των πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Με αυτό τον τρόπο θα καταστεί εφικτή η αλληλεπίδραση μεταξύ ετερογενών Clouds [43], [6].

Το ζήτημα της Διαλειτουργικότητας εξετάζεται εκτενέστερα παρακάτω στην διπλωματική εργασία.

1.2 Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας

Ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας (ΗΦΥ), γνωστός και ως Ηλεκτρονικό Ιατρικό Μητρώο (Electronic Medical Record, EMR), είναι μία από τις βασικές συνιστώσες κάθε συστήματος Ηλεκτρονικής Υγείας.

Ο ΗΦΥ αποτελεί μια συστηματοποιημένη συλλογή πληροφοριών υγείας για έναν ασθενή, αποθηκευμένων σε ψηφιακή μορφή, με στόχο την υποστήριξη της συνέχειας της περίθαλψης, της εκπαίδευσης και της έρευνας, διασφαλίζοντας σε κάθε περίπτωση την εχεμύθεια. Ο ΗΦΥ διατηρείται από τον πάροχο, ενώ το περιεχόμενό του καθορίζεται από τον αρμόδιο οργανισμό υγειονομικής περίθαλψης. Ένας τέτοιος φάκελος περιέχει μεταξύ άλλων: Δημογραφικά στοιχεία, παρατηρήσεις για την πρόοδο που σημειώνεται, προβλήματα, φαρμακευτικές αγωγές, ζωτικά σήματα, ιατρικό ιστορικό, εμβολιασμούς, αποτελέσματα εργαστηριακών εξετάσεων, ραδιολογικές αναφορές, ασφαλιστικό φορέα κ.ά. Κύριο στόχο του ΗΦΥ αποτελεί η εποπτεία της κατάστασης του ασθενή στο πέρασμα του χρόνου [44].

Ο ΗΦΥ δύναται να διαμοιράζεται μεταξύ διαφορετικών παρόχων υγείας άμεσα, αφού δεν υπόκειται σε γεωγραφικούς περιορισμούς. Στο ενιαίο αρχείο τα δεδομένα αποθηκεύονται με ακρίβεια, ασφάλεια, είναι ευανάγνωστα, καθώς και άμεσα διαμορφώσιμα, π.χ. επικαιροποιούνται με ευκολία. Επιπλέον, η εξαγωγή δεδομένων ενδιαφέροντος είναι σαφώς πιο αποδοτική χάρη στα εργαλεία αναζήτησης. Ευκολότερες είναι πλέον και οι πληθυσμιακές μελέτες για εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων, χάρη στην ευρεία υιοθέτηση των Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας.

Στη συνέχεια απεικονίζεται ένα δείγμα Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας από την Practice Fusion, μία από τις μεγαλύτερες πλατφόρμες παροχής δωρεάν ΗΦΥ, με βάση το Cloud [45].

Εικόνα 4: Δείγμα Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας της Practice Fusion

Παρά τις πρόσφατες εξελίξεις στην τήρηση του ΗΦΥ, οι βασικές πληροφορίες παραμένουν ίδιες. Στο παραπάνω δείγμα παρατηρούμε επιλογές όπως:

- Προβολή διαγραμμάτων (Chart)
- Ιατρικό ιστορικό (Past Medical History, PMH)
- Λίστα συνταγογραφήσεων (Rx List)
- Αλλεργίες σε φάρμακα
- Εμβολιασμοί
- Ραντεβού
- Παραπεμπτικά

1.3 Ηλεκτρονική Συνταγογράφηση

Η τήρηση του Ηλεκτρονικού Φακέλου Υγείας καθιστά εφικτή μεταξύ άλλων, και την Ηλεκτρονική Συνταγογράφηση (e-Συνταγογράφηση). Στη συνέχεια θα μελετηθεί εκτενώς η e-Συνταγογράφηση, ως μια υπηρεσία με πολλές προοπτικές στο πλαίσιο της Ηλεκτρονικής Υγείας.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αυξανόμενη τάση μετάβασης από την συμβατική συνταγογράφηση, στην ηλεκτρονική. Η e-Συνταγογράφηση (σε σύντμηση: Rx), κερδίζει έδαφος χάρη στο πλήθος πλεονεκτημάτων που προσφέρει έναντι της κλασικής συνταγογράφησης (χάρτινης ή μέσω φαξ). Πρόκειται για υπολογιστική εφαρμογή, η οποία δημιουργεί, συμπληρώνει και μεταδίδει διαδικτυακά μία φόρμα ιατρικής συνταγής. Στόχος της e-Συνταγογράφησης είναι η αποδοτική διαχείριση των συνταγών, με γνώμονα την ασφάλεια του ασθενή καθώς και την εξοικονόμηση χρόνου και χρημάτων.

Στην εικόνα που ακολουθεί απεικονίζεται ένα δείγμα ηλεκτρονικής συνταγής [46]:

Rx Pad for [BERT SCHNUR,4/19/1945,66,Male,TEST MATCH 1,Allergies: Has Allergies] Issue Hold

Prescriber: Mayfield, William Supervisor: Mayfield, William

Diagnosis:

Drug: Lipitor 10 mg Tab Alt.

Preferred, Level 1 (See Copay below)

SIG: take 1 tablet (10 mg) by oral route once daily

take 1 tablet (10 mg) by oral route once daily

Quantity: 30 Units of Measure: Wt: 250 lb

Days Supply: 30 Refills: 2 DAW

Comments:

Max comment size is 210

Issue To: RX RETAIL PHARMACY[380 SAINT PETER STREET, SAINT PAUL]

Issue Via: Electronic

Do not save as preference
 Save as prescriber preference
 Save as facility preference

Rx History Reported Rx

DUR Warnings
1 3
View

View Monograph
View Dosage
PDR.net
Drugs.com

Click to add patient allergies to comments
Add Allergy

Εικόνα 5: Δείγμα ηλεκτρονικής συνταγής

Η συνταγή περιλαμβάνει τα εξής πεδία:

- Όνομα ιατρού που συνταγογραφεί
- Όνομα επιβλέποντα
- Διάγνωση
- Φάρμακο
- SIG. Η σύντμηση προέρχεται από τη λατινική λέξη “signetur” που παραπέμπει σε «επισήμανση». Ο ιατρός συμπληρώνει τη συνιστώμενη δοσολογία φαρμάκου, τη συχνότητα που πρέπει να λαμβάνεται, και τον τρόπο χρήσης του [47].
- Ποσότητα φαρμάκου
- Τις μέρες που αντιστοιχούν σε ολοκλήρωση της αγωγής
- Το πόσες φορές πρέπει να επαναχορηγηθεί το φάρμακο (Refills)
- Ελεύθερα σχόλια
- Σημείο έκδοσης (φαρμακείο)
- Ιστορικό συνταγογραφήσεων
- Προσθήκη αλλεργίας
- Προειδοποιήσεις DUR (Drug Utilization Reviews ή Medication Utilization Evaluations). Περιλαμβάνεται μια συνολική επισκόπηση της συνταγής πριν, κατά

τη διάρκεια και μετά τη χορήγηση του φαρμάκου. Στόχος είναι η διασφάλιση σωστής λήψης αποφάσεων για τη φαρμακευτική αγωγή [101].

Ακολουθούν τα κυριότερα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα της e-Συνταγογράφησης, όπως περιγράφονται στο [4].

1.3.1 Πλεονεκτήματα

- **Ασφάλεια Ασθενών**

Η ασφάλεια των ασθενών αποτελεί τον βασικό πυλώνα γύρω από τον οποίο δραστηριοποιείται η βιομηχανία της υγειονομικής περίθαλψης. Για το λόγο αυτό, πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη οι Ανεπιθύμητες Ενέργειες Φαρμάκων (Adverse Drug Effects) που παρατηρούνται καθημερινά. Οι Ανεπιθύμητες Ενέργειες αποτελούν απόρροια της μη παρατήρησης όλων των σφαλμάτων. Στα συνήθη σφάλματα των συμβατικών συνταγών περιλαμβάνονται: λάθος φάρμακο, φάρμακο που δεν βρίσκεται στο απόθεμα, εσφαλμένη δοσολογία, μη προβλεπόμενη επαναχορήγηση φαρμάκου, παράλειψη πληροφορίας ή κακογραμμένες συνταγές. Χάρη στην e-Συνταγογράφηση, πολλά από αυτά τα λάθη έχουν πλέον εκλείψει ή τουλάχιστον, περιοριστεί σε σημαντικό βαθμό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διάθεση επιλογών όπως: Καταγραφή αλλεργιών του ασθενή, επιβεβαίωση της ακρίβειας της δοσολογίας, επισήμανση πιθανών αντιδράσεων μεταξύ των συνταγογραφημένων φαρμάκων κ.ά. Οι επιλογές αυτές επηρεάζουν ουσιαστικά τη λήψη αποφάσεων. Έτσι, εντοπίζονται πολλά από τα σφάλματα έγκαιρα, προτού η συνταγή αποσταλεί για εκτέλεση.

Μία ακόμη καινοτομία αποτελεί η δυνατότητα κοινοποίησης της ανάκλησης ενός φαρμάκου, καθώς και η άμεση επικοινωνία με τους ασθενείς στους οποίους έχει ήδη χορηγηθεί.

- **Μείωση κόστους**

Ο τομέας υγείας αποτελεί σημαντικό τμήμα του προϋπολογισμού μιας κοινωνίας. Το λογισμικό της e-Συνταγογράφησης είναι ιδιαίτερα οικονομικό, ενώ επιτυγχάνεται εξοικονόμηση και από το μειωμένο κόστος ανά συνταγή. Επίσης, μειώνονται τα κόστη κοινωνικής ασφάλισης.

- **Βελτιωμένες ροές εργασιών**

Με την e-Συνταγογράφηση βελτιώνεται η οργάνωση ενός συστήματος ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Αρχικά, ο ιατρός μπορεί να ανακαλέσει ή να στείλει τη συνταγή απευθείας στον φαρμακοποιό, χωρίς τη μεσολάβηση του ασθενή. Οι φαρμακοποιοί εξοικονομούν πολύτιμο χρόνο από τις αποσαφηνιστικές κλήσεις προς τον ιατρό, εξαιτίας κακού γραφικού χαρακτήρα ή αναγκαιότητας για περαιτέρω διευκρινίσεις. Το χρόνο αυτό μπορούν να διαθέσουν στην παροχή πολύτιμων συμβουλών στον ασθενή. Επίσης, με κατάλληλη επιλογή εξασφαλίζεται ότι τα απαραίτητα φάρμακα θα επανασυμπληρώνονται έγκαιρα, ούτως ώστε να μην παρουσιάζονται ελλείψεις στο νοσοκομείο. Ευρύτερα, επωφελούνται σώματα όπως ο ασφαλιστικός φορέας, εφόσον με την e-Συνταγογράφηση αξιολογούνται ταχύτερα οι φάκελοι των ασθενών. Τέλος, οι ηλεκτρονικές συνταγές είναι διαχειρίσιμες τόσο μέσω συμβατικών υπολογιστών, όσο και κινητών συσκευών, γεγονός που προσδίδει ευελιξία στο σύστημα.

1.3.2 Μειονεκτήματα

Σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα της e-Συνταγογράφησης αποτελεί ο λεγόμενος «Κίνδυνος Απόδοσης της Επένδυσης». Στις δαπάνες περιλαμβάνεται η αγορά κατάλληλου Hardware, καθώς και η εφαρμογή και υποστήριξη μιας τέτοιας εφαρμογής. Πολλά μικρά νοσοκομεία και κλινικές μπορεί να μην είναι σε θέση να αντέξουν τέτοια έξοδα.

Επιπλέον προβλήματα διαχειριστικής φύσης μπορεί να προκύψουν κατά τη μετάβαση στο ηλεκτρονικό σύστημα συνταγογράφησης. Για παράδειγμα, ο απαιτούμενος χρόνος προσαρμογής του ανθρώπινου δυναμικού στις αλλαγές. Επίσης, η επιλογή σωστού τύπου Hardware που να υποστηρίζει το λογισμικό της e-Συνταγογράφησης.

Για τον άρτιο χειρισμό του λογισμικού της e-Συνταγογράφησης είναι απαραίτητη η εκπαίδευση για την απόκτηση τεχνογνωσίας. Όμως η εκπαίδευση αυτή ίσως συνοδεύεται από υψηλό κόστος.

Φυσικά, έστω και μειωμένη, πάντα υπάρχει η πιθανότητα να εισαχθούν λάθος δεδομένα στη φόρμα της ηλεκτρονικής συνταγής (π.χ. λάθος ασθενής ή δοσολογία φαρμάκου). Για το λόγο αυτό, απαιτείται διαρκής εποπτεία και σχόλια από τους ειδικούς του τομέα υγείας.

Τέλος, όπως σε κάθε εφαρμογή που χρησιμοποιεί το Ίντερνετ, έτσι και στην περίπτωση της e-Συνταγογράφησης υφίσταται το ζήτημα της ασφάλειας των δεδομένων [48].

Παρά τα μειονεκτήματα που εξετάστηκαν, η e-Συνταγογράφηση έχει αναμφίβολα μεγάλες προοπτικές. Όλο και περισσότεροι οργανισμοί υγείας αναγνωρίζουν την αξία της και σταδιακά, την υιοθετούν. Έτσι, βελτιώνεται η εικόνα των οργανισμών, καθώς δίνουν την αίσθηση της καινοτομίας, της φιλικότητας προς το περιβάλλον κ.ά.

1.3.3 Case Study: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Newham (National Health Service)

Η εφαρμογή μιας νέας τεχνολογίας προς βελτίωση των υφιστάμενων υποδομών, απαιτεί μια πρότερη σφυγμομέτρηση. Έτσι, κατά τη μετάβαση από τη συμβατική στην ηλεκτρονική συνταγογράφηση, πρέπει να ληφθεί υπόψιν ο ανθρώπινος παράγοντας. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα σε πανεπιστημιακό νοσοκομείο του Λονδίνου. Επιλέχθηκε να παρατεθεί η συγκεκριμένη έρευνα λόγω του ότι διεξήχθη σε οργανισμό που υπάγεται στο διεθνούς φήμης Εθνικό Σύστημα Υγείας (National Health Service) του Ηνωμένου Βασιλείου [4].

Οι βασικοί λόγοι για τους οποίους, σύμφωνα με την έρευνα, το σύνολο των ιατρών, νοσηλευτών και παραϊατρικού προσωπικού θα προτιμούσε τη μετάβαση στην e-Συνταγογράφηση συνοψίζονται στους εξής:

- Το προσωπικό εξοικονομεί χρόνο.
- Μειώνονται τα έξοδα που προκύπτουν από την εκτεταμένη χρήση χαρτιού.
- Οι κλινικοί ιατροί παρέχουν στους ασθενείς πιο αξιόπιστη πληροφόρηση σχετικά με την φαρμακευτική αγωγή.
- Υποστηρίζεται η άμεση επικοινωνία με τα φαρμακεία.
- Αυξάνεται η διαθέσιμη πληροφορία του ασθενή, π.χ. προστίθενται οι προτιμήσεις του, αλλεργίες κ.ά.

Στον πίνακα που ακολουθεί, συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα των ερωτημάτων της έρευνας, σε μορφή ποσοστών:

Πίνακας 1: Οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις της έρευνας

1.	Are you satisfied with the current prescribing system?	No 80%
2.	Are you familiar with the e-prescribing system which is in use at Kings College Hospital in some departments?	No 65%
3	Do you think e-prescribing system should be introduced in the Newham University hospital (NUH)?	Yes 71%
4	Do you know that e-prescribing system can play an important role in improving the quality of care?	Yes 82%
5	Does u know that e-prescribing system can record drug administration?	No 63%
6	Are you familiar with the latest technology?	Yes 58%
7	Will you be happy if this system is launched in the NUH?	Yes 68%
8	Will you be happy to take the required training if this system is launched in the NUH?	Yes 84%

Μία από τις ερωτήσεις ήταν εάν οι ιατροί, οι νοσηλευτές και το παραϊατρικό προσωπικό πιστεύουν ότι το σύστημα e-Συνταγογράφησης πρέπει να εισαχθεί στο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Newham. 71% του προσωπικού απάντησε θετικά, ενώ 82% συμφώνησε ότι ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης. Επιπλέον, η πλειοψηφία του προσωπικού (84%) δήλωσε ότι ευχαρίστως θα λάμβανε την απαιτούμενη εκπαίδευση εάν το σύστημα εισαχθεί στο νοσοκομείο τους.

Η έρευνα έδειξε επίσης ότι άνθρωποι κάτω των 40 ετών έχουν μεγαλύτερη τάση προς αποδοχή της εκπαίδευσης, αφού είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις, ενώ έχουν ήδη επίγνωση του αντίστοιχου συστήματος που είναι σε εφαρμογή στο νοσοκομείο King's College. Εν αντιθέσει, οι ερωτώμενοι ηλικίας περί τα 50 τείνουν να φοβούνται την προσαρμογή στη νέα τεχνολογία. Ο ερευνητής διαπίστωσε ότι ο δισταγμός αυτός οφείλεται στο ότι οι μεγαλύτεροι δεν μαθαίνουν γρήγορα, ενώ ταυτόχρονα αισθάνονται ότι με την εισαγωγή της νέας τεχνολογίας ίσως χάσουν τις δουλειές τους.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα σημαντικότερα στοιχεία που δόθηκαν κατά τις συνεντεύξεις με τον διευθυντή του νοσοκομείου, ιατρικούς συμβούλους από τρία διαφορετικά τμήματα, δύο προϊστάμενους νοσηλευτές, καθώς και το φαρμακοποιό του νοσοκομείου:

Ο διευθυντής του νοσοκομείου αποκάλυψε ότι πριν από δύο χρόνια το σύστημα e-Συνταγογράφησης είχε εισαχθεί στη Μονάδα Εντατικής Θεραπείας, όμως απέτυχε λόγω

έλλειψης εκπαίδευσης. Σύμφωνα με τον διευθυντή, υπάρχει πολιτική βούληση για «απαλλαγή του Εθνικού Συστήματος Υγείας από χαρτιά», με χρονικό ορίζοντα το τέλος του 2018.

Κατά τα λεγόμενα του ιατρικού συμβούλου οι ιατροί έδειχναν ικανοποιημένοι με το ενδεχόμενο εισαγωγής του συστήματος e-Συνταγογράφησης στο νοσοκομείο, καθώς δεν θα εξοικονομήσει απλώς χρόνο, αλλά θα μειώσει κρίσιμα σφάλματα.

Σύμφωνα με τον προϊστάμενο νοσηλεύτη ενός εκ των τμημάτων, το σύστημα θα είναι αποδοτικό καθώς θα μειώσει τόσο το χρόνο αναμονής των ασθενών, όσο και το συνολικό χρόνο μέχρι το εξιτήριο. Ο δεύτερος προϊστάμενος νοσηλεύτης σημείωσε ως μεγάλο πλεονέκτημα την εξοικονόμηση χρόνου από την καθημερινή αποστολή χάρτινων συνταγών μέσω φαξ στους κατ' οίκον νοσηλευτές, για τους ασθενείς που βρίσκονται σε μακροχρόνια θεραπεία, όπως για παράδειγμα με βαρφαρίνη ή ινσουλίνη.

Ο φαρμακοποιός δήλωσε ότι πρέπει να επισκέπτεται πολλές φορές ημερησίως την πτέρυγα, απλώς για να συλλέξει τις χάρτινες συνταγές και να λάβει επιβεβαίωση από το νοσηλεύτη/ιατρό ώστε να χορηγήσει τα φάρμακα ενός ασθενή. Τα εμπόδια γίνονται αντιληπτά σε περιπτώσεις όπου υπάρχει επείγουσα ανάγκη για ένα φάρμακο, αλλά πρέπει να τηρηθεί το πρωτόκολλο του ισχύοντος συστήματος. Η εγγενής καθυστέρηση του συστήματος αυτού δύναται να αποβεί μοιραία για τον ασθενή.

Κατά τη διεξαγωγή των συνεντεύξεων, διαπιστώθηκε ότι εάν το νοσοκομείο ξεκινήσει να καταγράφει επιπλέον στον Ηλεκτρονικό Φάκελο κάθε ασθενή την παρακολουθούμενη αιματική πίεση, θερμοκρασία, αναπνοή, σφυγμό, καρδιακό ρυθμό κλπ., θα διευκολυνθούν σημαντικά οι διαδικασίες κατά την έλευση του συστήματος e-Συνταγογράφησης.

Τέλος, η νέα γενιά νοσηλευτών υποστηρίζει γενικά την τεχνολογία αυτή ως φιλική προς το περιβάλλον, αφού εξοικονομούνται τεράστιες ποσότητες χαρτιού.

1.3.4 Πολλαπλή Φαρμακευτική Αγωγή

1.3.4.1 Χρόνιες Παθήσεις

Η προοδευτική γήρανση του πληθυσμού αποτελεί φαινόμενο παγκόσμιας εμβέλειας, το οποίο οδηγεί στην επικράτηση των χρόνιων παθήσεων. Ως «χρόνια πάθηση» χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε ασθένεια έχει μακροχρόνιες επιδράσεις στην υγεία του ασθενή, συνήθως για περισσότερο από τρεις μήνες. Οι παθήσεις αυτές διαφέρουν τόσο από τις οξείες, όσο και από αυτές που εμφανίζουν περιοδικότητα. Στις συνηθέστερες χρόνιες παθήσεις περιλαμβάνονται η αρθρίτιδα, το άσθμα, ο καρκίνος, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, ο διαβήτης [49]. Μάλιστα, περίπου το 75% των θανάτων από χρόνιες παθήσεις παρατηρείται σε χώρες χαμηλού ή μέσου εισοδήματος [50].

Χαρακτηριστικό των χρόνιων παθήσεων αποτελεί το ότι σε πολλές χώρες του δυτικού κόσμου, μόλις το 5% του πληθυσμού καταναλώνει το 50% των πόρων του συστήματος υγείας, δηλαδή φάρμακα, πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια (νοσοκομειακή) περίθαλψη. Γίνεται επιτακτική, επομένως, η ανάγκη βελτιστοποίησης των πόρων αυτών με γνώμονα την ποιότητα ζωής του ασθενή, αλλά και το οικονομικό όφελος [36].

Ιδιαίτερο προβληματισμό δημιουργεί το φαινόμενο της πολλαπλής φαρμακευτικής αγωγής (Polymedication). Πρόκειται για την ταυτόχρονη συνταγογράφηση πολλών φαρμάκων στον ασθενή, κάτι που συνεπάγεται υψηλές δαπάνες, πιθανές παρενέργειες, σύγχυση των ασθενών και μειωμένη προσήλωση στις θεραπείες. Στην περίπτωση αυτή, είναι αναγκαία η συμμετοχή όλων των επαγγελματιών υγείας στον εξορθολογισμό της

φαρμακευτικής αγωγής, με στόχο την ασφάλεια του ασθενή. Για παράδειγμα, ένας ιατρός δεν έχει πάντα τις απαραίτητες γνώσεις για να τροποποιήσει τη συνταγή που δόθηκε από ιατρό διαφορετικής ειδικότητας, ώστε να αποφευχθούν πιθανές αλληλεπιδράσεις των φαρμάκων.

1.3.4.2 Case Study: Institut Catalá de la Salut

Το Institut Catalá de la Salut καλείται να διαχειριστεί τις προκλήσεις που απορρέουν από την ταυτόχρονη συνταγογράφηση πολλαπλών φαρμάκων σε ασθενείς με χρόνιες, συνήθως, παθήσεις. Στο [36] περιγράφεται το εγχείρημα ανάπτυξης κατάλληλου λογισμικού που θα επιτρέψει στους υπεύθυνους σχεδιασμού του συστήματος υγείας και τους κλινικούς ιατρούς να αναλύσουν, οπτικοποιήσουν και χρησιμοποιήσουν δεδομένα που θα αντλούνται από τον Ηλεκτρονικό Φάκελο Υγείας των ασθενών, με έμφαση στους ασθενείς με πολλαπλή φαρμακευτική αγωγή. Για παράδειγμα, το λογισμικό θα ανιχνεύει ασυνήθιστους συνδυασμούς διαγνώσεων-φαρμακευτικών αγωγών, και θα επισημαίνει λάθη στη συνταγογράφηση ή θα προβάλλει προτεινόμενες φαρμακευτικές αγωγές.

Η ειδοποιός διαφορά της συγκεκριμένης εφαρμογής σε σχέση με παρόμοιες που αναπτύχθηκαν στο παρελθόν, έγκειται στην αναπαράσταση των δεδομένων σε μορφή Υπεργράφου. Τα δεδομένα αποτελούνται από διαγνώσεις και φαρμακευτικές αγωγές, συνυπάρχουν δηλαδή δύο σημασιολογικά ετερογενείς τύποι αντικειμένων.

Στόχοι

Το λογισμικό αυτό έχει ως κύριο στόχο να συνδράμει το Institut Catalá de la Salut στη λήψη κλινικών αποφάσεων. Οι επιθυμητές λειτουργίες είναι οι εξής:

- Πιστοποίηση ποιότητας και συνέπειας των δεδομένων στους Ηλεκτρονικούς Φακέλους Υγείας.
- Χαρτογράφηση διαγνώσεων, ιδίως των επικρατέστερων χρόνιων παθήσεων, και συσχέτισή τους με μοτίβα πολλαπλών φαρμακευτικών αγωγών.
- Προληπτικός εντοπισμός μη φυσιολογικών συνδυασμών διαγνώσεων-φαρμακευτικών αγωγών.

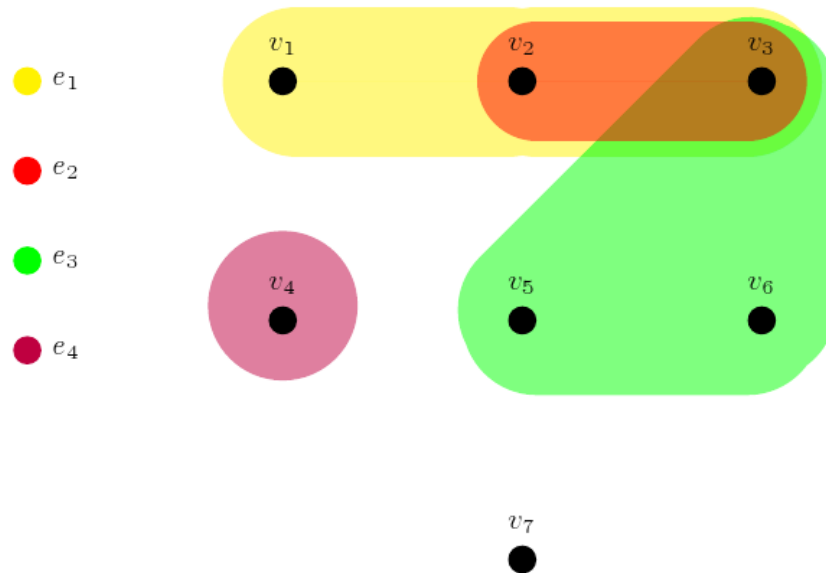
Επιπλέον, καθοριστικής σημασίας είναι η ύπαρξη μιας σχεδόν ευθείας καμπύλης μάθησης. Η εμπειρία έχει δείξει ότι πολλοί επαγγελματίες θα δώσουν το πολύ μία ευκαιρία σε ένα καινούργιο λογισμικό. Εάν δεν τους φανεί σαφές, λόγω του υπερβολικού φόρτου εργασίας τους, πιθανότατα θα το απορρίψουν.

Η Εφαρμογή

Κεντρική ιδέα της εφαρμογής είναι η αναπαράσταση σε μορφή Υπεργράφου, ενός δικτύου συσχετίσεων μεταξύ διαγνώσεων και φαρμάκων. Συγκεκριμένα:

- Κάθε διάγνωση και κάθε φάρμακο από τη βάση δεδομένων, αναπαριστάται ως κόμβος (αντικείμενο).
- Κάθε ακμή μεταξύ δύο κόμβων επισημαίνεται με ένα «βάρος», η τιμή του οποίου εξαρτάται από τη «δύναμη» της συσχέτισης μεταξύ των δύο αντικειμένων.

- Ενώ στον απλό γράφο κάθε ακμή ενώνει ακριβώς δύο κόμβους (κορυφές), στον Υπεργράφο έχουμε μη-ταξινομημένα σύνολα κορυφών, με το «βάρος» να χαρακτηρίζει την από κοινού συσχέτιση μεταξύ όλων των κορυφών. Η ιδιότητα αυτή αποτυπώνεται στον όρο «υπερακμή». Στην (Εικόνα 6) απεικονίζεται ένα σενάριο Υπεργράφου [51].
- Για αναφορά στην έννοια της «υπερακμής» χρησιμοποιείται και ο όρος «στοιχειοσύνολο». Στο παρόν μοντέλο έχει τεθεί ένα κατώφλι βάρους, ώστε μετά από φιλτράρισμα να διατηρούνται μόνον τα στοιχειοσύνολα με τιμή μεγαλύτερη από το κατώφλι. Απομένουν έτσι τα συχνότερα συναντώμενα στοιχειοσύνολα, δηλαδή οι συχνότεροι συνδυασμοί διαγνώσεων-συνταγογραφημένων φαρμάκων.



Εικόνα 6: Παράδειγμα Υπεργράφου

Από το παραπάνω σχήμα γίνεται εύκολα αντιληπτή η αξία της αναπαράστασης ως Υπεργράφο, σε περιπτώσεις πολλαπλής φαρμακευτικής αγωγής. Για παράδειγμα έστω το πράσινο στοιχειοσύνολο, αποτελούμενο από τους v_5, v_6, v_7 . Έστω επίσης ότι ο κόμβος v_5 αντιστοιχεί σε διάγνωση, ενώ οι κόμβοι v_6, v_7 σε φάρμακα. Χάρη στην «υπερακμή», μπορεί να αναπαρασταθεί η συσχέτιση της διάγνωσης v_5 με αμφότερα τα φάρμακα v_6, v_7 .

1.3.5 Σημασιολογικές συνταγές

Κύρια πρόκληση στα σημερινά συστήματα e-Συνταγογράφησης αποτελεί η αντιμετώπιση της ετερογένειας των πηγών πληροφορίας. Λύσεις στο ζήτημα αυτό δύνανται να προσφέρουν οι τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web). Αρχικά θα δοθεί το υπόβαθρο του Σημασιολογικού Ιστού και της τεχνολογίας των Διασυνδεδεμένων Δεδομένων, ώστε στη συνέχεια να γίνει κατανοητή η συμβολή τους στην επίλυση των υφιστάμενων ζητημάτων στο πεδίο της e-Συνταγογράφησης.

1.3.5.1 Σημασιολογικός Ιστός

Ο Σημασιολογικός Ιστός (Web 3.0) αποτελεί επέκταση του σημερινού Ιστού (Web 2.0), που επιδιώκει τη δόμηση του υπάρχοντος περιεχομένου των ιστοσελίδων. Η κεντρική ιδέα είναι ότι στην δημοσιευμένη πληροφορία θα περιλαμβάνονται μεταδεδομένα (περιγραφές άλλων δεδομένων), τα οποία θα είναι κατανοητά τόσο από ανθρώπους, όσο και από μηχανές. Έτσι, οι μηχανές θα συνδράμουν τον άνθρωπο στη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων [52]. Ο Σημασιολογικός Ιστός βασίζεται σε υπάρχουσες τεχνολογίες όπως URIs, HTTP, XML. Εισάγει όμως και νέες τεχνολογίες όπως τα RDF, OWL κ.ά., αποσκοπώντας στη διασύνδεση δεδομένων από διαφορετικά πεδία. Η διασύνδεση δεδομένων διαμέσου λογικών μεταβάσεων προσομοιώνει για τη μηχανή τη σημασία τη πληροφορίας.

Μέσα από το παράδειγμα που ακολουθεί θα γίνει κατανοητό γιατί η υπάρχουσα μορφή των δεδομένων στο Web 2.0 δεν είναι αρκετή για την εξαγωγή αποτελεσμάτων από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα: Στις μέρες μας ο παγκόσμιος Ιστός αποτελείται από ιστοσελίδες, δηλαδή κώδικα HTML που περιέχει ετικέτες με πληροφορία η οποία έχει συγκεκριμένη σημασία για τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, το ζεύγος ετικετών `<h1>`, `</h1>` εσωκλείει κείμενο με μέγεθος μεγαλύτερο από την υπόλοιπη σελίδα. Για έναν επισκέπτη της σελίδας, η ετικέτα αυτή «μεταφράζεται» στο ότι το κείμενο που περιέχεται σε αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντικό και ίσως να περιγράφει το περιεχόμενο ολόκληρης της σελίδας. Για μια μηχανή όμως, δεν είναι τίποτα άλλο παρά απλό κείμενο. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο τίτλος μίας φωτογραφίας, ο οποίος για έναν χρήστη μπορεί να δώσει πληροφορία αρκετή για να καταλάβει τι βλέπει ενώ για μία μηχανή δεν έχει ιδιαίτερη αξία. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται σήμερα από τις μηχανές αναζήτησης για την εξαγωγή αποτελεσμάτων προς απάντηση στα ερωτήματα των χρηστών. Το κύριο πρόβλημα στην προσέγγιση αυτή είναι ότι μία μηχανή δεν μπορεί να εξάγει δικά της συμπεράσματα ώστε να εξειδικεύσει την αναζήτηση όσο το δυνατόν εγγύτερα σε αυτό που θέλει ο χρήστης, καθώς ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί είναι ο εξής: Συλλέγει το ερώτημα του χρήστη, το διασπά σε επιμέρους λέξεις και ψάχνει στον Ιστό για αποτελέσματα με ακριβή αντιστοιχία. Έτσι, υπάρχει το ενδεχόμενο επιστροφής αποτελεσμάτων που περιέχουν τους όρους της αναζήτησης, αλλά αναφέρονται σε άλλους τομείς ενδιαφέροντος.

Στις μέρες μας ο Σημασιολογικός Ιστός έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, ως μια καινοτόμος ιδέα. Αναπτύσσονται διαρκώς έξυπνα εργαλεία τα οποία εκμεταλλεύονται την υπάρχουσα γνώση, ακολουθώντας τη λογική πορεία της πληροφορίας, ούτως ώστε να εξάγουν συμπεράσματα που απαντούν σε σύνθετα ερωτήματα.

1.3.5.2 Οντολογίες

Οι Οντολογίες αποτελούν το δομικό συστατικό του Σημασιολογικού Ιστού. Μια Οντολογία μαζί με ένα σύνολο κλάσεων αποτελεί μια «βάση γνώσης» [102], υπό την έννοια ότι περιγράφει πλήρως τα αντικείμενα και τις έννοιες ενός πεδίου ενδιαφέροντος και εμπεριέχει τις σχέσεις που τις συνδέουν. Η αναζήτηση με λέξεις-κλειδιά δεν ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες της σημερινής εποχής. Έτσι, η πληροφορία μπορεί να ανακτηθεί από τις Οντολογίες απευθύνοντάς τους ερωτήματα σε κάποια γλώσσα ερωτημάτων (π.χ. SPARQL). Η ουσιαστική τους διαφορά από τις βάσεις δεδομένων έγκειται στο ότι οι Οντολογίες μπορούν να επιστρέψουν αποτελέσματα σε πιο σύνθετα ερωτήματα, επομένως ανταποκρίνονται καλύτερα σε συγκεκριμένες απαιτήσεις ενός χρήστη.

1.3.5.3 Γλώσσες Αναπαράστασης Γνώσης

Η Κοινοπραξία Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web Consortium, W3C), αποτελεί διεθνή οργανισμό που ως αντικείμενο έχει την προτυποποίηση του Ιστού. Ο W3C ανέπτυξε γλώσσες οι οποίες θα βοηθήσουν στην αναπαράσταση γνώσης μέσω Οντολογιών (RDF, RDFS, OWL). Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα επεξηγηθεί μόνον η RDF ως μία απλή, αλλά ταυτόχρονα εκφραστική γλώσσα [53].

Resource Description Framework (RDF)

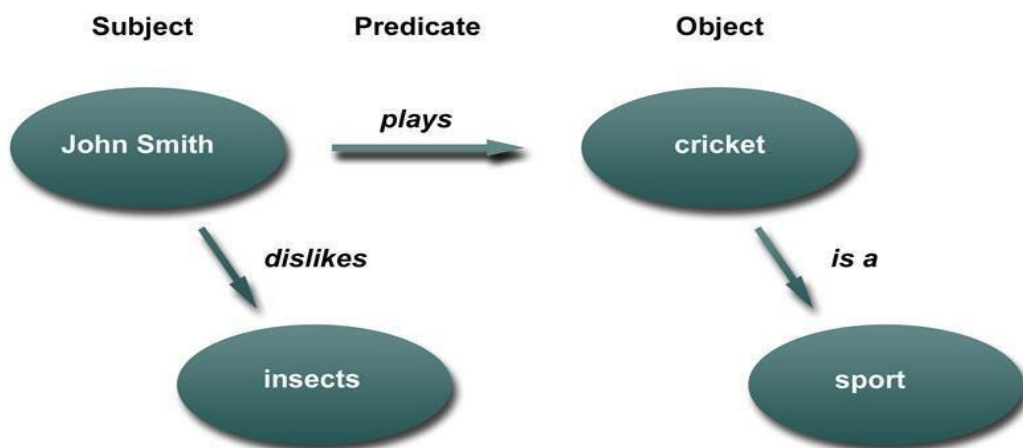
Η RDF είναι μια γλώσσα περιγραφής πληροφοριών (μεταδεδομένων) που αφορούν πόρους. Ως πόρος μπορεί να θεωρηθεί για παράδειγμα ένα βιβλίο το οποίο μπορεί να ταυτοποιηθεί στο διαδίκτυο, ενώ μεταδεδομένο είναι ο τίτλος του. Ουσιαστικά, η RDF προσδίδει Σημασιολογία στην πληροφορία.

Η δομή της RDF αποτελείται από τρία στοιχεία:

- Πόροι: Είναι οντότητες που χαρακτηρίζονται από το URI (Ενιαίο Αναγνωριστικό Πόρων), το οποίο μπορεί να είναι ένα URL.
- Ιδιότητες πόρων: Αποτελούν χαρακτηριστικά ή ιδιότητες των πόρων που τον περιγράφουν, αποφεύγοντας ομωνυμίες δεδομένων.
- Δηλώσεις: Απεικονίζονται ως γράφοι. Ως κόμβοι απεικονίζονται οι πόροι και οι τιμές και ως ακμές απεικονίζονται οι ιδιότητες.

Συγκεκριμένα οι δηλώσεις έχουν μορφή τριάδας, όπως φαίνεται και στο σχήμα:

- Πόροι = Υποκείμενο (Subject)
- Ιδιότητες = Κατηγορημα (Predicate).
- Τιμές = Αντικείμενο (Object). Τα αντικείμενα μπορεί να είναι είτε URI-παραπομπές, είτε σταθερές τιμές.



Εικόνα 7: Αναπαράσταση γνώσης με τριάδα RDF [103]

1.3.5.4 Διασυνδεδεμένα Δεδομένα

Τα Διασυνδεδεμένα Δεδομένα (Linked Open Data) αποτελούν μία μέθοδο του Σημασιολογικού Ιστού για διασύνδεση δομημένων δεδομένων ώστε να καθίστανται πιο εύχρηστα. Τον όρο επινόησε ο Tim Berners-Lee, εμπνευστής του Σημασιολογικού Ιστού, ο οποίος σκιαγράφησε τη διαδικασία ως εξής [54]:

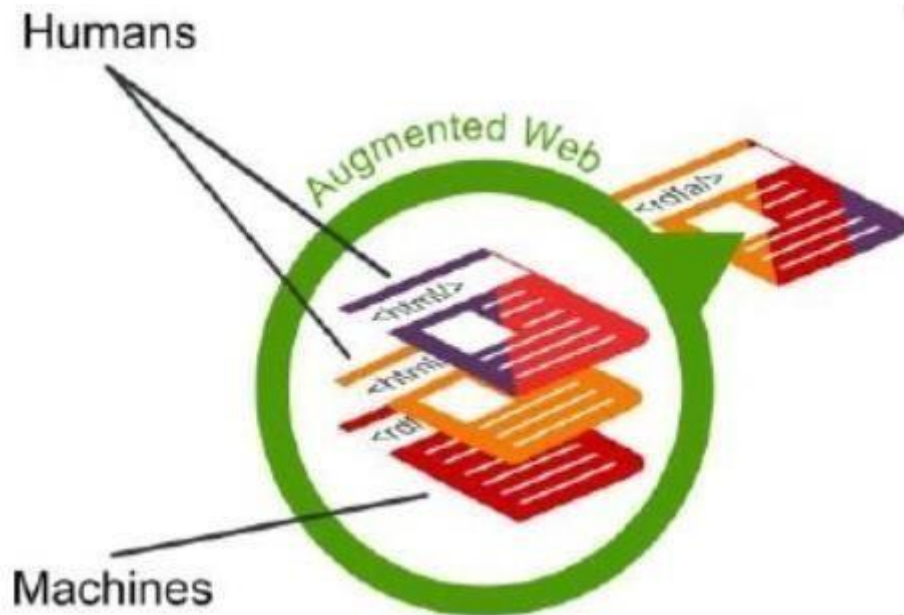
- Διάθεση του περιεχομένου στο διαδίκτυο υπό ανοιχτή άδεια
- Τα δεδομένα να είναι δομημένα (π.χ. αρχείο Excel αντί για εικόνα ενός πίνακα), ώστε να είναι αναγνώσιμα από μηχανή
- Χρησιμοποίηση μη-κατοχυρωμένων μορφών (π.χ. CSV αντί για Excel)
- Χρησιμοποίηση προτύπων όπως το RDF ώστε να μπορεί να εντοπιστεί το περιεχόμενο (ταυτοποίηση με URIs)
- Σύνδεση των δεδομένων με άλλα δεδομένα ώστε να παραχθεί νόημα

1.3.5.5 Συγγραφή Σημασιολογικού Περιεχομένου

Ένα Σημασιολογικό Έγγραφο είναι ένα ευφύες έγγραφο, το οποίο συμβάλλει στην απλούστευση της διαχείρισης πληροφορίας. Οι επιμέρους διαδικασίες έχουν ως εξής [21]:

Αναζήτηση και ανάκτηση: Το Σημασιολογικό Έγγραφο παρέχει πιο αποδοτικές μεθόδους αναζήτησης, όπως την πολύπλευρη αναζήτηση (faceted search).

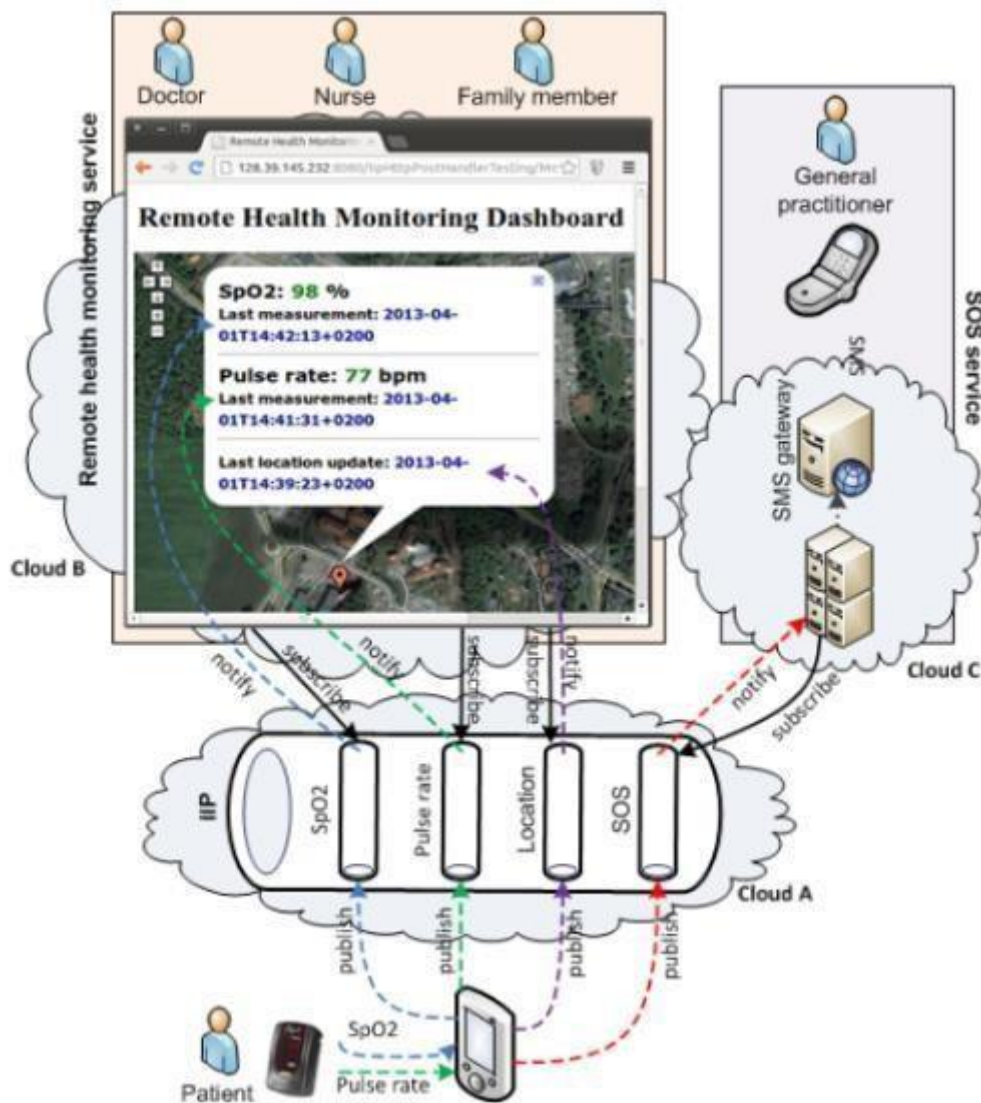
Παρουσίαση πληροφορίας: Υποστηρίζει πιο εκλεπτυσμένη οπτικοποίηση της πληροφορίας, για παράδειγμα με χρήση Σημασιολογικών Επιστρώσεων (Semantic Overlays) (Εικόνα 8): Στα ανώτερα επίπεδα βρίσκονται τα έγγραφα που παρέχουν το οπτικό, διαδραστικό αποτέλεσμα στον άνθρωπο (HTML). Στα κατώτερα επίπεδα βρίσκονται έγγραφα που περιέχουν τη Σημασιολογία (RDF), και είναι αναγνώσιμα από τη μηχανή. Το “επαυξημένο” αποτέλεσμα είναι το Σημασιολογικό Έγγραφο που απευθύνεται τόσο στον άνθρωπο, όσο και τη μηχανή [104].



Εικόνα 8: Οι επιστρώσεις ενός Σημασιολογικού Εγγράφου

Ενοποίηση Πληροφορίας: Παρέχει ενιαία άποψη ετερογενών δεδομένων, χάρη σε σύνθετες εφαρμογές όπως οι Σημασιολογικές Μίξεις (Semantic Mashups). Ως Mashup χαρακτηρίζεται μια ιστοσελίδα ή εφαρμογή, που χρησιμοποιεί περιεχόμενο από παραπάνω της μίας, πηγές, για να δημιουργήσει μία νέα υπηρεσία που προβάλλεται σε ενιαίο γραφικό περιβάλλον. Κλασικό παράδειγμα αποτελεί το «Mashup χάρτη». Πρόκειται για έναν χάρτη επαυξημένο με περαιτέρω πληροφορία για σημεία ενδιαφέροντος, π.χ. διεύθυνση, τηλέφωνο, φωτογραφίες. Το παράδειγμα της εικόνας που ακολουθεί καταδεικνύει τη χρησιμότητα της τεχνολογίας Mashup κατά την εξ' αποστάσεως παρακολούθηση ασθενή [55].

Μία ιατρική συσκευή συλλέγει το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα, καθώς και τον καρδιακό παλμό των ασθενών. Στα πλαίσια της εξ' αποστάσεως παρακολούθησης, ο ιατρός ή ο νοσηλευτής έχουν στη διάθεσή τους μία εφαρμογή Mashup χάρτη, όπου έχουν ενοποιηθεί οι πληροφορίες που αποστέλλονται από την ιατρική συσκευή, με την τοποθεσία του εκάστοτε ασθενή.



Εικόνα 9: Παράδειγμα Mashup χάρτη

Εξατομίκευση: Παρέχει εξατομικευμένη πληροφορία, η οποία ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες δεδομένου χρήστη.

Διαλειτουργικότητα: Ευνοεί την ανταλλαγή περιεχομένου μεταξύ ανόμοιων συστημάτων.

Σαφώς, όσο αυξάνονται τα πλεονεκτήματα, τόσο αυξάνεται και η δυσκολία συγγραφής του σημασιολογικού περιεχομένου. Γενικά, η συγγραφή σημασιολογικού περιεχομένου συνίσταται σε μία χειροκίνητη σύνθεση Σημασιολογικών Εγγράφων, που υποστηρίζεται από κατάλληλο εργαλείο.

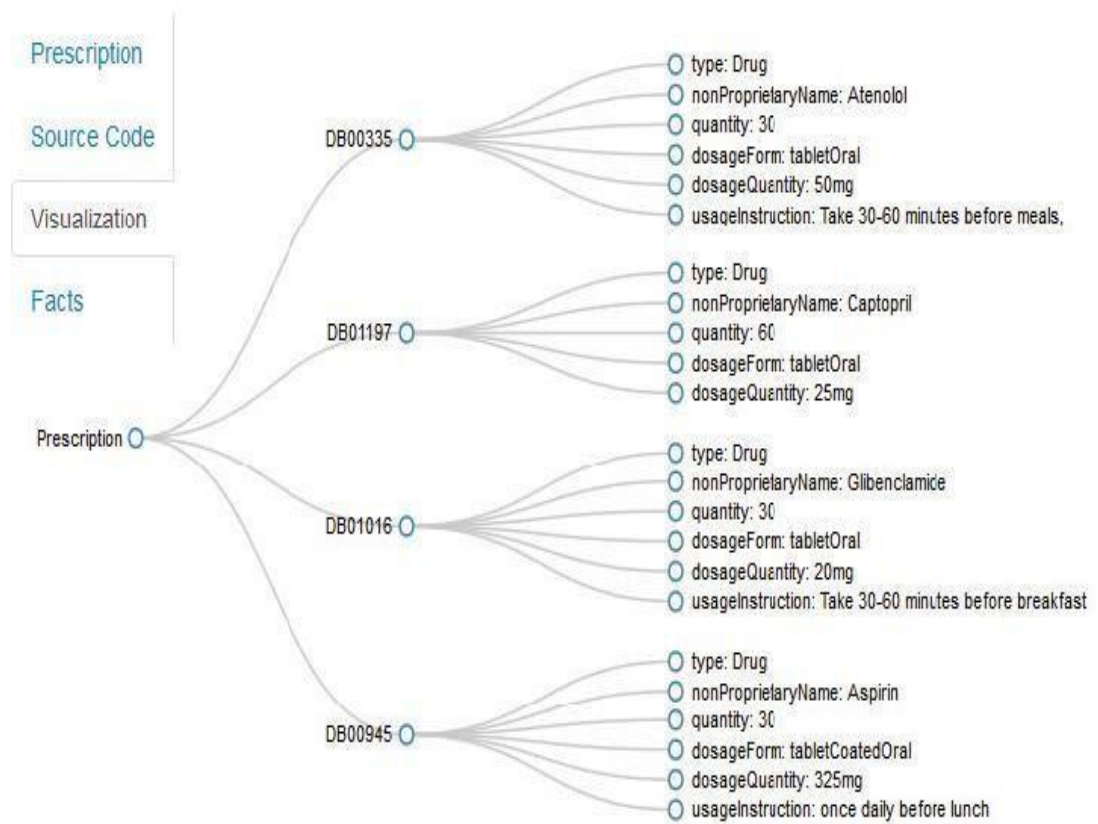
Οι Σημασιολογικές συνταγές είναι e-συνταγές εμπλουτισμένες με μεταδεδομένα, χάρη στα οποία αποκτούν “επίγνωση” του περιεχομένου τους και των πιθανών αλληλοσυσχετίσεων. Ενδεικτικά, οι ευφρείς αυτές συνταγές μπορούν να διαχειριστούν αυτόματα τα ιατρικά λάθη, ενώ παρέχουν αποδοτικότερες μεθόδους αναζήτησης φαρμάκων. Για την παραγωγή Σημασιολογικών συνταγών αναπτύχθηκε το εργαλείο PHARMER [21].

1.3.5.6 Εφαρμογή PHARMER

Η εφαρμογή PHARMER εμπλουτίζει τις απλές e-συνταγές με σημασιολογικές επισημάνσεις («semantic annotations»), χρησιμοποιώντας προκαθορισμένα σύνολα δεδομένων από τα Διασυνδεδεμένα Ανοιχτά Δεδομένα. Τα βασικά συστατικά ενός συστήματος σημασιολογικών επισημάνσεων είναι οι οντολογίες, τα έγγραφα και οι επισημάνσεις, οι οποίες ενώνουν τις οντολογίες με τα έγγραφα [116].

Αρχιτεκτονική

- Επίπεδο Εγγράφου: Περιλαμβάνει το έγγραφο της e-συνταγής συν τις επιλογές «Drug Detection» και «Drug Information Collector». Με την επιλογή «Drug Detection» εφαρμόζεται επεξεργασία φυσικής γλώσσας επί του εγγράφου της e-συνταγής για ανίχνευση των όρων που αναφέρονται σε δεδομένο φάρμακο. Με την αναγνώριση του φαρμάκου, προστίθενται και οι σχετικές επισημάνσεις σε πραγματικό χρόνο. Με την επιλογή «Drug Information Collector» αναζητείται πληροφορία από τις οντολογίες, με την αποστολή ερωτημάτων σε γλώσσα SPARQL.
- Επίπεδο Σημασιολογίας: Περιλαμβάνει δύο επιλογές, τον «Annotator» και την «Authoring UI». Η επιλογή «Annotator» χειρίζεται την αυτόματη επισήμανση και ενσωματώνει τη γενική πληροφορία των φαρμάκων ως μεταδεδομένα στην e-συνταγή. Η επιλογή «Authoring UI» επιτρέπει στους χρήστες να ενσωματώνουν χειροκίνητα τις οδηγίες της συνταγής ως μεταδεδομένα.
- Επίπεδο Εφαρμογής: Στο επίπεδο αυτό βρίσκουμε ένα σύνολο εφαρμογών επί των σημασιολογικών συνταγών που παρήχθησαν. Με την επιλογή «Interaction Finder» γίνεται έλεγχος για πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συνταγογραφημένων φαρμάκων, και προειδοποιείται ο ιατρός. Όπως φαίνεται ακολούθως (Εικόνα 10), η επιλογή «Visualizer» αναπαριστά γραφικά τις Σημασιολογίες μιας συνταγής. Η επιλογή «Fact Extractor» παράγει την RDF αναπαράσταση των συνταγών.



Εικόνα 10: Γραφική αναπαράσταση των Σημασιολογιών της συνταγής

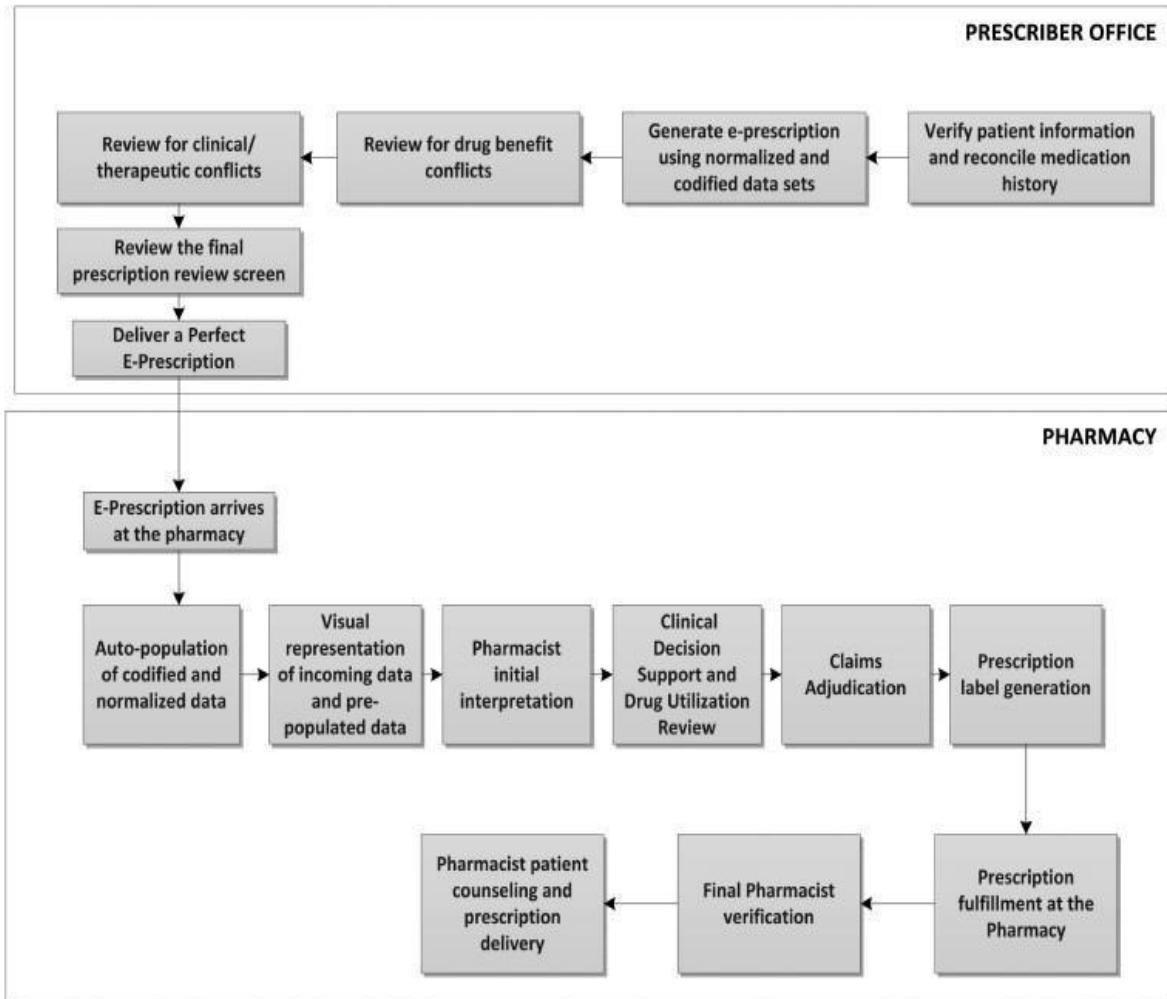
Η γραφική αναπαράσταση της διαθέσιμης γνώσης διευκολύνει την ενοποίηση ετερογενών δεδομένων, που αποτελεί άλλωστε και τον στόχο των τεχνολογιών Σημασιολογικού Ιστού.

Πλεονεκτήματα

- Διαρκώς επικαιροποιημένη πληροφορία φαρμάκων.
- Αποτροπή φαρμακευτικών αλληλεπιδράσεων. Οι αλληλεπιδράσεις διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: φάρμακο με φάρμακο, φαγητό με φάρμακο, και φάρμακο με βότανο (εναλλακτική θεραπεία). Η συνδυαστική πρόσληψη δύναται να περιορίσει την αποτελεσματικότητα του φαρμάκου ή ακόμη και να προκαλέσει ανεπιθύμητες ενέργειες.
- Αντιθέτως με τις e-συνταγές, οι σημασιολογικές συνταγές μπορούν εύκολα να ανταλλαχθούν μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, χωρίς να απαιτείται αλλαγή της δομής τους.
- Αύξηση της επίγνωσης των ασθενών, κάτι που περιορίζει την εσφαλμένη χρήση των φαρμάκων.
- Υποστήριξη της από κοινού λήψης αποφάσεων, συνεκτιμώντας τις επιστημονικές ενδείξεις με τις αξίες και προτιμήσεις των ασθενών.

1.3.6 Βελτιστοποίηση Συνταγογράφησης

Το ακόλουθο διάγραμμα περιγράφει τη ροή που θα πρέπει να έχει η «τέλεια ηλεκτρονική συνταγή» [10]:



Εικόνα 11: Ροή της «τέλειας» e-συνταγής

Σε πρώτη φάση, ο ιατρός που συνταγογραφεί θα πρέπει να επιβεβαιώνει τις προσωπικές πληροφορίες του ασθενή και να συμβουλευτεί το ιστορικό των φαρμακευτικών του αγωγών, σε κάθε επίσκεψη. Επίσης, θα πρέπει να συζητάει με τον ασθενή τις καταλληλότερες και οικονομικότερες επιλογές θεραπείας που υπάρχουν.

Η ιδανική e-συνταγή θα πρέπει να περιλαμβάνει μόνο δεδομένα που είναι δομημένα και κωδικοποιημένα βάσει αναγνωρισμένων βιομηχανικών προτύπων, με αυστηρούς περιορισμούς στο ελεύθερο κείμενο.

Τα δομημένα αυτά, δεδομένα, θα επιτρέψουν την εφαρμογή εργαλείων υποστήριξης κλινικών αποφάσεων, τα οποία θα προειδοποιούν τον ιατρό για αντικρουόμενα συνταγογραφημένα φάρμακα. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να οριστούν τα εν λόγω εργαλεία: Τα Εργαλεία Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής τεχνολογιών Πληροφορικής στον τομέα υγείας. Έχουν σχεδιαστεί

ώστε να συνδράμουν τους ιατρούς και άλλους επαγγελματίες υγείας στη λήψη αποφάσεων κλινικής φύσης. Ο Robert Hayward του Centre for Health Evidence έχει προτείνει τον εξής ορισμό: «Τα Συστήματα Υποστήριξης Κλινικών Αποφάσεων συνδέουν τις ιατρικές παρατηρήσεις με την ιατρική γνώση ώστε να επηρεάσουν τις επιλογές των ιατρών, με στόχο τη βελτίωση της υγειονομικής περιθαλψης».

Το αποτέλεσμα θα είναι μια «τέλεια ηλεκτρονική συνταγή» από πλευράς συνταγογραφούντος, έτοιμη να μεταδοθεί προς το φαρμακείο.

Στο φαρμακείο πλέον, θα συμπληρώνονται αυτόματα τα απαραίτητα πεδία δεδομένων από το αντίστοιχο σύστημα διαχείρισης e-συνταγών, χωρίς να απαιτείται επιπλέον επεξεργασία. Θα πραγματοποιείται μόνον επανέλεγχος του σκοπού της φαρμακευτικής αγωγής, επιβεβαίωση και τελικά, εκτέλεση των συνταγών.

Ενώ η τέλεια ηλεκτρονική συνταγή είναι εφικτή, υπάρχουν ακόμη ανασταλτικοί παράγοντες. Μεταξύ αυτών, ο ακατάλληλος σχεδιασμός των διεπαφών του τελικού χρήστη (π.χ. ιατρού ή φαρμακοποιού), καθώς και η περιορισμένη εκπαίδευση και υποστήριξή του [56].

1.3.6.1 Πρότυπο SCRIPT

Το αμερικανικό National Council for Prescription Drug Programs (NCPDP), αποτελεί έναν οργανισμό ανάπτυξης προτύπων για τον τομέα υγείας. Το NCPDP έχει αναπτύξει το πρότυπο SCRIPT για χρήση μεταξύ ιατρών που συνταγογραφούν και φαρμακοποιών. Οι A. A. Dhavle και M.T. Rupp θεωρούν ότι το πρότυπο αυτό θα οδηγήσει στην επίτευξη της τέλει e-συνταγής. Έτσι, περιέγραψαν τα προβλήματα στα επιμέρους πεδία του προτύπου SCRIPT, ενώ παράλληλα πρότειναν τρόπους αντιμετώπισης [10]:

Πεδίο περιγραφής φαρμάκου

Το πεδίο αυτό περιλαμβάνει ελεύθερο κείμενο, όπου περιέχεται το όνομα του φαρμάκου, η ισχύς και η δοσολογία του.

Προβλήματα

Συχνά εισάγονται μη-τυποποιημένα αλφαριθμητικά ως περιγραφή φαρμάκου, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η αυτόματη ταυτοποίηση του φαρμάκου στο σύστημα του φαρμακείου. Έτσι, ο φαρμακοποιός καλείται να κάνει την αντιστοίχιση χειροκίνητα.

Προτάσεις

- (i) Οι φαρμακευτικές εταιρείες να προτείνουν συγκεκριμένες περιγραφές φαρμάκων.
- (ii) Να απαγορευθεί η εισαγωγή ελεύθερου κειμένου στο πεδίο αυτό.

Πεδίο αναγνωριστικού του φαρμάκου

Από τον πρώτο κιάλας καιρό της e-Συνταγογράφησης εμφανίστηκε η ιδέα ενός αντιπροσωπευτικού «Εθνικού Κωδικού Φαρμάκου» (National Drug Code, NDC), ο οποίος θα αποτελεί την ταυτότητα του φαρμάκου. Το πεδίο αυτό περιέχει τον εν λόγω κωδικό.

Προβλήματα

Ο κατάλογος Εθνικών Κωδικών Φαρμάκων δεν τηρείται σωστά, με αποτέλεσμα να είναι αμφισβητήσιμη η ακρίβεια του κωδικού που βρίσκεται σε κάθε e-συνταγή, αφού συχνά δεν αντιστοιχεί στην περιγραφή φαρμάκου που δόθηκε στο προηγούμενο πεδίο.

Προτάσεις

- (i) κωδικός να επιβεβαιώνεται από τον ιατρό προτού αποσταλεί στο φαρμακείο η συνταγή.
- (ii) Οι φαρμακευτικές εταιρείες να ελέγχουν την ακρίβεια των στοιχείων στις βάσεις δεδομένων.

Πεδίο οδηγιών για τον ασθενή (SIG)

Το πεδίο αυτό περιλαμβάνει ελεύθερο κείμενο 140 χαρακτήρων με οδηγίες του ιατρού για το πώς ο ασθενής πρέπει να λάβει τη φαρμακευτική αγωγή.

Προβλήματα

Όπως και σε πολλές περιπτώσεις χάρτινων συνταγών, παρατηρείται ασάφεια στις οδηγίες που δίνουν οι ιατροί. Επιπλέον, δεν υπάρχει η δυνατότητα υπέρβασης των 140 χαρακτήρων.

Προτάσεις

(i) Το Universal Medication Schedule (UMS) απλοποιεί τις οδηγίες διαχείρισης της φαρμακευτικής αγωγής για τους ασθενείς ή τους ανθρώπους που τους φροντίζουν. Η ευρεία εφαρμογή του UMS στη βιομηχανία ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης θα οδηγήσει στην τυποποίηση του SIG και έτσι, στη μείωση των ασαφειών. Ένα παράδειγμα ασάφειας φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Table 1 Example of Universal Medication Schedule Sig

Sig string variations found in e-prescriptions	Universal Medication Schedule sig
Take one tablet twice a day One tablet twice daily Twice daily Take one tablet by mouth twice a day Take tablet twice a day Take twice daily	Take one tablet in the morning and take one tablet in the evening

Εικόνα 12: Παράδειγμα απλοποίησης οδηγιών φαρμακευτικής αγωγής, με χρήση του UMS

- (ii) Η αύξηση των χαρακτήρων από 140 σε 1000 στην έκδοση V.2012 του SCRIPT.

Πεδίο σημειώσεων

Το πεδίο αυτό περιλαμβάνει προαιρετικό ελεύθερο κείμενο. Επιτρέπει στους ιατρούς να δώσουν πληροφορία για συγκεκριμένο ασθενή. Ένα παράδειγμα αποτελεί η εξής οδηγία προς τον φαρμακοποιό, που αφορά σε ανήλικο ασθενή: «Να τονιστεί στη μητέρα του ασθενή ότι το φάρμακο πρέπει να δοθεί έως ότου εξαντληθεί».

Προβλήματα

Στο πεδίο των σημειώσεων συχνά εισάγεται σημαντική πληροφορία που θα έπρεπε να τονίζεται ξεχωριστά. Για παράδειγμα, η ακύρωση προγενέστερης συνταγής.

Προτάσεις

- (i) Καλύτερη εκπαίδευση των χρηστών, με έμφαση σε «ευαίσθητες» επιλογές όπως «Αλλαγή Συνταγής» και «Ακύρωση Συνταγής».
- (ii) Εισαγωγή σημειώσεων ως δομημένα δεδομένα. Το ελεύθερο κείμενο να επιτρέπεται σε περιπτώσεις όπου είναι αναγκαίο.

1.3.7 Απόψεις ασθενών για την e-Συνταγογράφηση

Λίγες μόνο μελέτες έχουν ασχοληθεί με τις απόψεις των ασθενών σχετικά με την e-Συνταγογράφηση. Οι C. K. Frail, M. Kline και M.E. Snyder πραγματοποίησαν σχετική μελέτη διεξάγοντας δώδεκα συνεντεύξεις. Στη συνέχεια παρατίθενται τα συμπεράσματα [13]:

Θετικές απόψεις

Ως πλεονεκτήματα της e-Συνταγογράφησης οι ασθενείς αναφέρουν τα εξής:

- Άνεση
- Ασφάλεια και ποιότητα
- Μειωμένες δαπάνες

Ένας ασθενής ανέφερε ότι ο ιατρός συνεργάστηκε μαζί του ανατρέχοντας στη βάση δεδομένων του ηλεκτρονικού συνταγολογίου, έτσι ώστε να αποφασίσουν από κοινού για εναλλακτική δραστική ουσία, όταν το κόστος της ινσουλίνης έγινε υπερβολικό.

Αρνητικές απόψεις

Ως μειονεκτήματα της e-Συνταγογράφησης οι ασθενείς αναφέρουν τα εξής:

- Διαπροσωπικές σχέσεις και επικοινωνιακές δυσκολίες με τον φαρμακοποιό ή τον ιατρό που τους συνταγογραφεί την αγωγή
- Αποστολή της συνταγής σε λάθος φαρμακείο
- Αίσθηση μειωμένου ελέγχου επί των συνταγών τους

Επιπλέον, αναφέρθηκε ότι με τις γραπτές συνταγές οι ασθενείς είχαν την ευχέρεια να αναζητήσουν οι ίδιοι πληροφορίες για κάποιο φάρμακο, ακόμη κι αν το μόνο που γνώριζαν ήταν η ονομασία του.

1.3.8 Υφιστάμενα ζητήματα στην e-Συνταγογράφηση

Η έννοια της «Μηχανογραφημένης Καταχώρησης Ιατρικών Εντολών» (Computerized Physician Order Entry, CPOE) χαρακτηρίζει οποιαδήποτε διαδικασία εισαγωγής ιατρικών οδηγιών σε κατάλληλη εφαρμογή υπολογιστή. Συνεπώς, στην κατηγορία αυτή μπορεί να ενταχθεί και η e-Συνταγογράφηση.

Παρά το γεγονός ότι έχουν ξεπεραστεί σε μεγάλο βαθμό πολλά από τα αρχικά εμπόδια, η ευρεία υιοθέτηση της e-Συνταγογράφησης παραμένει μια εξελικτική διαδικασία που επιδέχεται βελτιώσεων. Στα αρχικά εμπόδια συγκαταλέγονταν η αντίσταση των ιατρών, η έλλειψη προτύπων για την ηλεκτρονική μετάδοση συνταγών στα φαρμακεία και η έλλειψη προτύπων για τις φαρμακευτικές βάσεις δεδομένων.

Στο [32], οι συγγραφείς μοιράζονται τα βασικότερα σημεία του [57], καθώς και τη δική τους οπτική γωνία. Το τελευταίο paper περιλαμβάνει τα ευρήματα μιας διετούς έρευνας που διεξήχθη από το Brigham and Women's Hospital (BWH) αναφορικά με την CPOE και κινδύνους που δύνανται να οδηγήσουν σε ιατρικά λάθη. Η έρευνα βασίστηκε στην αξιολόγηση δέκα συστημάτων e-Συνταγογράφησης, στα οποία περιλαμβάνονταν τόσο νοσηλεύόμενοι, όσο και εξωτερικοί ασθενείς. Η ομάδα του BWH απαρτιζόταν από φαρμακοποιούς, ιατρούς, αλλά και ειδικούς πληροφορικής. Για την αξιολόγηση των συστημάτων δημιούργησαν το Εργαλείο Αξιολόγησης CPOE (CPOE Assessment Tool, CAT), το οποίο τροφοδότησαν με αρκετά σενάρια συνταγογραφήσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα ευρήματα της έρευνας:

Ασυνέπειες στην προβολή των ονομάτων των φαρμάκων εντός συστήματος και μεταξύ συστημάτων

- Μεταξύ συστημάτων διαπιστώθηκε προβολή διαφορετικών ονομάτων για το ίδιο φάρμακο. Για παράδειγμα, οι ιατροί χρησιμοποιούν άλλο σύστημα για την συνταγογράφηση των νοσηλευόμενων, και άλλο για τη συνταγογράφηση των εξωτερικών ασθενών.
- Ακόμη και εντός του ίδιου συστήματος, χρησιμοποιείται πλήθος εμπορικών ονομασιών αντί του γενικού ονόματος ενός φαρμάκου (βάσει δραστικής ουσίας). Επίσης, αρκετές φορές εμφανίζονται μόνο συντμήσεις ονομάτων.

Ζητήματα ευκολίας και ακρίβειας στην εύρεση του επιθυμητού φαρμάκου

- Οι αναζητήσεις μπορούν να επιστρέψουν τεράστια ποσότητα αποτελεσμάτων, ακόμη και μη-φαρμακευτικών, όπως για παράδειγμα εργαστηριακές εξετάσεις, σπάνια χρησιμοποιούμενα παρασκευάσματα ή ακόμη και φάρμακα που έχουν αποσυρθεί. Το ελλιπές φιλτράρισμα δεν μπορεί να ανταποκριθεί στην εξατομικευμένη αναζήτηση για συγκεκριμένο ασθενή.
- Πιθανά λάθη λόγω γειννίας παρόμοιων μενού. Ορισμένες εγγραφές μπορεί να παραβλεφθούν λόγω του ότι βρίσκονται κατώτερα σε ένα πτυσσόμενο μενού.

Εσφαλμένη επιλογή ασθενή

- Πιθανότητα εισαγωγής οδηγιών στον λάθος ασθενή, ειδικά όταν είναι ανοιχτοί ταυτόχρονα πολλοί ιατρικοί φάκελοι.

Ζητήματα με τα πεδία ελεύθερου κειμένου της συνταγής

- Σύγκριση σχετικά με το εάν τα σχόλια απευθύνονται στον ιατρό που συνταγογραφεί, το φαρμακοποιό και/ή τον ασθενή.
- Πέρα από κάποια πλεονεκτήματα όπως η περαιτέρω επεξήγηση των προθέσεων του ιατρού στον φαρμακοποιό, το ελεύθερο κείμενο έχει το μειονέκτημα της μη τυποποίησης.
- Η αδυναμία των συστημάτων να «μάθουν» από τα σχόλια του πεδίου SIG, προς βελτίωσή τους.

Ασυνέπειες στην Υποστήριξη Κλινικών Αποφάσεων

- Υπερβολικές ειδοποιήσεις, συμπεριλαμβανομένων πολλών εσφαλμένων ή μη σχετικών. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε παράκαμψη των περισσότερων ειδοποιήσεων.

Ζητήματα διαλειτουργικότητας μεταξύ συστημάτων e-Συνταγογράφησης και φαρμακείων

- Αποστολή συνταγών σε λάθος φαρμακείο.
- Συνεχίζουν να υφίστανται μεταδόσεις συνταγών σε μορφή φαξ, κάτι που απαιτεί τη χειροκίνητη επανεισαγωγή των στοιχείων στα ηλεκτρονικά φαρμακευτικά συστήματα.
- Ανεπάρκεια αμφίδρομης επικοινωνίας (π.χ. ανατροφοδότηση από φαρμακεία σχετικά με τη συμμόρφωση των ασθενών στην αγωγή).
- Η διακοπή ενός φαρμάκου από τους ιατρούς δεν γνωστοποιείται πάντα στα εξωτερικά φαρμακεία. Η συνέχιση χορήγησης του φαρμάκου είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη σε περιπτώσεις όπου η διακοπή οφείλεται σε ανεπιθύμητες ενέργειες.
- Η συνταγογράφηση ελεγχόμενων ουσιών (π.χ. φαρμακευτική κάνναβη) δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αποκλειστικά με ηλεκτρονικά μέσα. Απαιτείται επιπρόσθετη γραφειοκρατία, γεγονός που εγείρει ζητήματα ασφάλειας και αποδοτικότητας.

Γενική αποτυχία κατανόησης, εντοπισμού, διαμοιρασμού και μάθησης από σφάλματα

- Τα λάθη συχνά δεν επισημαίνονται. Ακόμη και εκείνα που εντοπίζονται, δεν αναλύονται με κατάλληλο τρόπο. Συνεπώς, δεν αξιοποιούνται για τη βελτίωση των συστημάτων e-Συνταγογράφησης.

1.4 Ηλεκτρονική Υγεία με επίκεντρο τον ασθενή

Χάρη στην πολυετή εκπαίδευση, την εμπειρία, και την εξειδίκευσή τους, οι επαγγελματίες υγείας έχουν σαφώς περισσότερη ιατρική γνώση από τους ασθενείς. Συνεπώς, τα σημερινά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης έχουν διαμορφωθεί βάσει ενός «πατερναλιστικού» προτύπου [113].

Τελευταία όμως καθίσταται αναγκαία η μετάβαση σε συστήματα Ηλεκτρονικής Υγείας διαχειρίσιμα από τον ίδιο τον ασθενή. Με τον ασθενή στο επίκεντρο, θα επιτυγχάνεται η παροχή εξατομικευμένης πληροφορίας. Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να διέπονται από σαφή όρια στη λήψη αποφάσεων, σαφή καταμερισμό των ευθυνών και πλήρη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

Σε ένα τέτοιο σύστημα Ηλεκτρονικής Υγείας, οι βασικοί άξονες έχουν ως εξής [114]:

- Εστίαση στον ασθενή: Οι απαιτήσεις των ασθενών έχουν αξία. Για παράδειγμα οι νέοι ασθενείς, όντας εξοικειωμένοι με την τεχνολογία, περιμένουν οι εφαρμογές Ηλεκτρονικής Υγείας να ανταποκρίνονται στη συσκευή επιλογής τους (π.χ. κινητό, tablet, κλπ.).
- Δραστηριότητα ασθενή: Απαιτούνται ολοκληρωμένες και διαδραστικές πλατφόρμες για την εισαγωγή πληροφορίας που ο ασθενής κρίνει σημαντική (π.χ. Προσωπικός Φάκελος Υγείας, ο οποίος αναλύεται στη συνέχεια).
- Παρότρυνση ασθενή: Θα πρέπει να δίνονται συνεχώς κίνητρα στους ασθενείς, προς ενδυνάμωσή τους. Για παράδειγμα, να τους παρέχεται οπτική επισκόπηση της προόδου που σημειώνουν στη θεραπεία τους. Επίσης, να τους επιτρέπεται να πραγματοποιούν οι ίδιοι ορισμένες μετρήσεις, και να τους δίνεται η ευκαιρία να εκφράσουν τις απόψεις τους.

1.4.1 Προσωπικός Φάκελος Υγείας

Στις ανεπτυγμένες χώρες, τα περισσότερα προβλήματα του τομέα υγείας αφορούν στις εξής απαιτήσεις [22]:

- Εξειδικευμένες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης (π.χ. για χρόνιες παθήσεις)
- Αυξημένη αποδοτικότητα με περιορισμένους οικονομικούς πόρους
- Αυξημένη προσβασιμότητα στην περίθαλψη εκτός νοσοκομείων (π.χ. κατ' οίκον φροντίδα)

Οι σημερινές προκλήσεις στο χώρο της υγείας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (Εικόνα 13): Παγκοσμιοποίηση, Πολυπλοκότητα, Ολοκλήρωση και τα Ιατρικά Λάθη.

Στην αντιμετώπιση των προκλήσεων αυτών έχουν βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό οι Ηλεκτρονικοί Φάκελοι Υγείας. Ωστόσο, οι ΗΦΥ δεν είναι σε θέση να καλύψουν όλο το εύρος αναγκών των ασθενών. Στο σημείο αυτό συνδράμουν οι Προσωπικοί Φάκελοι Υγείας (ΠΦΥ), τα δεδομένα των οποίων μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές πηγές, όπως ΗΦΥ, παρόχους υγείας ή απευθείας από τον ίδιο τον ασθενή. Χαρακτηριστικό των ΠΦΥ αποτελεί το ότι περιλαμβάνουν και μη κλινική πληροφορία (π.χ. αθλητικές δραστηριότητες, διατροφικές συνήθειες κλπ.). Ευρέως γνωστές πλατφόρμες ΠΦΥ είναι το Dossia [58], καθώς και το Microsoft Health Vault [59].



Εικόνα 13: Οι σημερινές προκλήσεις στο χώρο της υγείας

1.4.2 PINCLOUD

Έχοντας αναφερθεί εκτενώς στην τεχνολογία του Cloud αλλά και στην έννοια του Προσωπικού Φακέλου Υγείας, στο σημείο αυτό θα περιγραφεί ένα ελληνικό εγχείρημα, το project του PINCLOUD. Σκοπός του PINCLOUD είναι η παροχή υπηρεσιών παρακολούθησης ασθένειας και εξατομικευμένων ιατρικών δεδομένων «οποτεδήποτε και από οπουδήποτε». Απώτερο στόχο αποτελεί η ανεξάρτητη διαβίωση σε οποιαδήποτε ηλικία [25].

Τα βασικά σενάρια χρήσης έχουν ως εξής [60]:

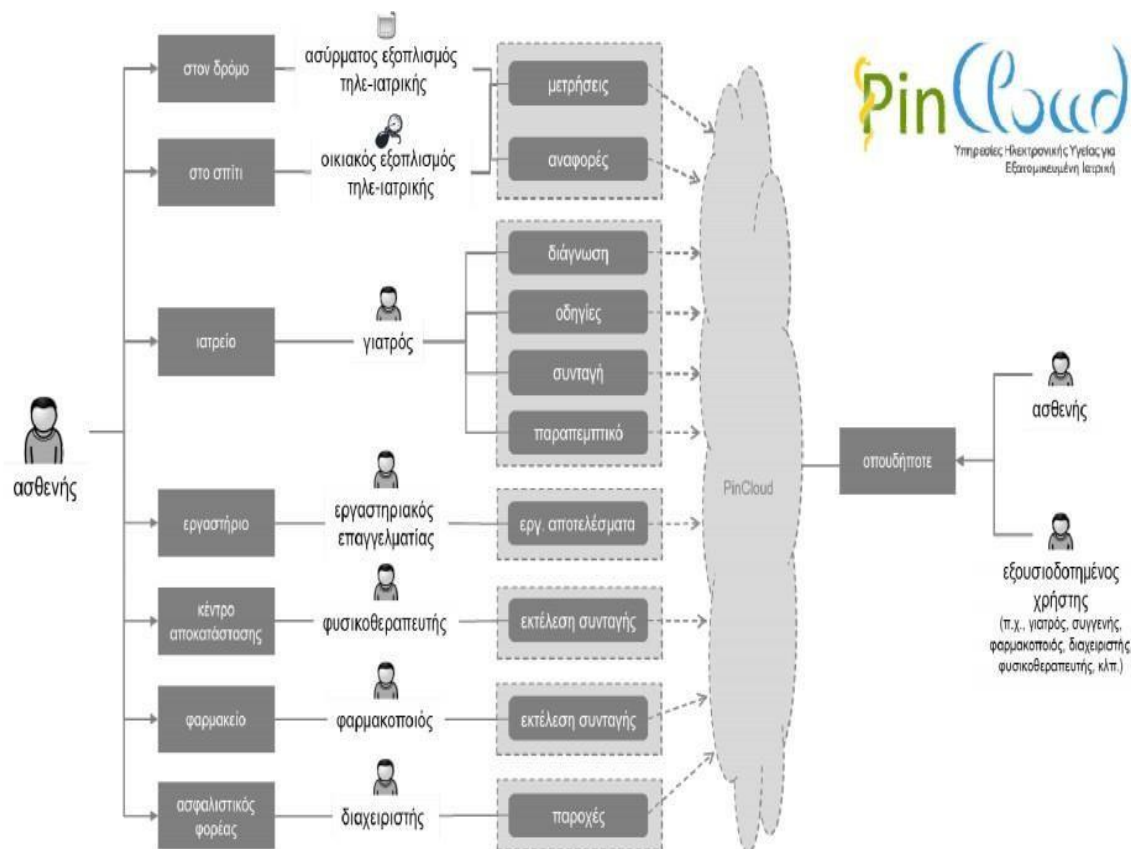
- Δημιουργία και δια βίου ενημέρωση ενός προσωπικού φακέλου
- Τηλεπαρακολούθηση και φροντίδα στο σπίτι από απομακρυσμένους ειδικούς
- Αλληλεπίδραση με την πρωτοβάθμια περίθαλψη/φροντίδα
- Αλληλεπίδραση με την δευτεροβάθμια (νοσοκομειακή) περίθαλψη

Ο Προσωπικός Φάκελος Υγείας παρακολουθείται εξ' αποστάσεως από έναν ιατρό. Χάρη στην ευελιξία του Cloud ο ιατρός μπορεί να βρίσκεται είτε σε νοσοκομείο, είτε στο γραφείο του. Η πρόσβαση στον ΠΦΥ του ασθενή στηρίζει τον ιατρό στη λήψη αποφάσεων σχετικά με δυνατότητες όπως:

- Συνταγογράφηση φαρμάκων
- Συμπλήρωση e-παραπεμπτικού για εξετάσεις (π.χ. αίματος)
- Ενημέρωση και παροχή συμβουλών στον ασθενή
- Προτροπή του ασθενή να επισκεφθεί το νοσοκομείο

Επιπλέον, οι πάροχοι των υπηρεσιών υγείας (ιατροί, νοσοκομεία, διαγνωστικά κέντρα, φαρμακεία) επικοινωνούν με τους ασφαλιστικούς φορείς προκειμένου να αποζημιωθούν με το ποσοστό συμμετοχής των φορέων στα φάρμακα και τις εξετάσεις των ασθενών.

Στο ακόλουθο σχήμα διακρίνονται όλοι οι πιθανοί εμπλεκόμενοι στο σύστημα του PINCLOUD, καθώς και το σύνολο των παρεχόμενων δυνατοτήτων:



Εικόνα 14: Σύστημα PINCLOUD: Οι εμπλεκόμενοι και οι διαθέσιμες υπηρεσίες

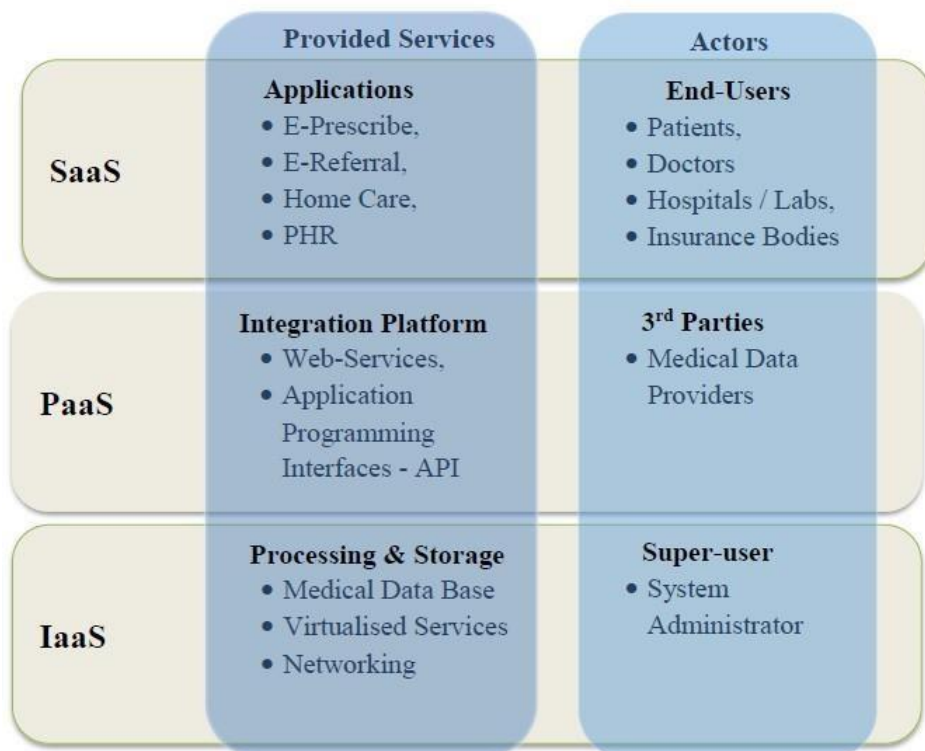
Για την υλοποίηση του PINCLOUD επιλέγεται η τεχνολογία του Cloud αφού παρέχει:

- Οικονομία
- Διαθεσιμότητα
- Ταχύτητα
- Αποδοτικότητα
- Ενοποίηση των πόρων
- Επιχειρηματικές ευκαιρίες
- «Πράσινη» πληροφορική (υπό την έννοια εξοικονόμησης πόρων)

Η προστασία και η ακεραιότητα των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας, τόσο για την ιδιωτικότητα όσο και για την ευημερία του ασθενή. Για το λόγο αυτό επιλέγεται το μοντέλο του ιδιωτικού Cloud, το οποίο διαχειρίζεται μοναδικός οργανισμός που αναλαμβάνει και την αποθήκευση των δεδομένων σε δικές του εγκαταστάσεις.

Το PINCLOUD βασίζεται στο πασίγνωστο μοντέλο τριών επιπέδων υπηρεσιών του Cloud: SaaS, PaaS και IaaS. Πιο συγκεκριμένα:

- SaaS: Το PINCLOUD περιλαμβάνει τέσσερις εφαρμογές: e-Συνταγογράφηση, e-παραπεμπτικό, Κατ' οίκον φροντίδα, Προσωπικός Φάκελος Υγείας. Οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από πλήθος συσκευών, είτε μέσω web browser είτε απευθείας ως app.
- PaaS: Παρέχει τα APIs, τα οποία επιτρέπουν την ενσωμάτωση τρίτων όπως π.χ. ένα νοσοκομείο.
- IaaS: Παρέχει υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους για τα ιατρικά δεδομένα. Στο PINCLOUD χρησιμοποιούνται πολλές εικονικές μηχανές (virtual machines, VMs), με κάθε μία αφιερωμένη σε ξεχωριστή υπηρεσία (π.χ. βάση δεδομένων, έλεγχος πρόσβασης, αντίγραφα ασφαλείας).



Εικόνα 15: Το μοντέλο τριών επιπέδων υπηρεσιών στην περίπτωση του PINCLOUD

1.5 Ολοκληρωμένη Περίθαλψη (Integrated Care, IC)

Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί αρκετοί ορισμοί για την έννοια της Ολοκληρωμένης Φροντίδας (ή Ολοκληρωμένης Περίθαλψης). Ωστόσο είναι κοινώς αντιληπτή ως μία εκδοχή περίθαλψης η οποία στοχεύει στην αύξηση της συνέχειας, της ποιότητας και την αποδοτικότητα της φροντίδας σε περιπτώσεις πολυδιάστατων, μακροχρόνιων και δαπανηρών αναγκών υγείας [61].

Στην Ολοκληρωμένη Φροντίδα, εκτός των παρόχων αμιγούς υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβάνονται και οι ανεπίσημοι περιθάλποντες του ιδιώτη (π.χ. οικογένεια), οι πάροχοι υποστηρικτικών υπηρεσιών που σχετίζονται ως ένα βαθμό με την υγεία (π.χ.

διαιτητικά κέντρα), καθώς και η λεγόμενη «κοινωνική φροντίδα» (π.χ. μονάδες φροντίδας ηλικιωμένων) [31]. Καίριας σημασίας είναι η αντιμετώπιση των ατόμων όχι απλώς ως καταναλωτές, αλλά και ως παρόχους σε ένα τέτοιο σύστημα περίθαλψης [113].

Λόγω του ότι η Ολοκληρωμένη Φροντίδα δεν έχει υιοθετηθεί ευρέως, οι βιβλιογραφικές αναφορές είναι περιορισμένες. Οι ενδείξεις που υποστηρίζουν την υπεροχή της έναντι των σημερινών συστημάτων περίθαλψης είναι κατά βάση εμπειρικές [62] (π.χ. μειωμένες δαπάνες και βελτίωση της συνεργασίας) [63], [64].

Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζονται οι απαιτήσεις για την εφαρμογή της Ολοκληρωμένης Φροντίδας [31]:

Perspective	Requirement
Stakeholders	Teamwork and communication
	Development of human resources
	Inter-professional collaboration
	Focus on the individual
Data and IT	Support systems
	Data exchange
Processes	Centrally managed work processes
	Structured work processes
Economics	Added value
	Accordance with funding

Εικόνα 16: Προαπαιτούμενα για υλοποίηση της Ολοκληρωμένης Φροντίδας

Πιο αναλυτικά, οι απαιτήσεις έχουν ως εξής:

Συμβαλλόμενα μέρη

- Ουσιαστική είναι η υιοθέτηση κοινής αντίληψης για την «Ολοκληρωμένη Φροντίδα», γνώση που πρέπει να ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών των ιατρικών και νοσηλευτικών σχολών. Επίσης, πρέπει να γίνεται αποδεκτός ο ρόλος άλλων επαγγελματιών. Η σχετική παιδεία αποκτάται από την πρωτοβάθμια, κίολας, εκπαίδευση.

Δεδομένα και IT

- Η ύπαρξη κατάλληλων υποδομών (εν προκειμένω, Ολοκληρωμένων Πληροφοριακών Συστημάτων) είναι απαραίτητη για την υλοποίηση της Ολοκληρωμένης Φροντίδας.
- Η αξιοπιστία της πληροφορίας διακυβεύεται με την εισαγωγή αδόμητων και υποκειμενικών δεδομένων από μη-επαγγελματίες. Το ζήτημα μπορεί να αντιμετωπιστεί διαχωρίζοντας την πληροφορία σε επεξεργάσιμη και σε πληροφορία μόνο για ανάγνωση, βάσει του τύπου χρήστη.

Διαδικασίες

- Η Ολοκληρωμένη Φροντίδα απαιτεί κεντρικά διαχειριζόμενες διαδικασίες και σωστό σχεδιασμό. Για παράδειγμα, ο γενικός ιατρός, ως ο πρώτος με τον οποίο θα επικοινωνήσει ο ασθενής, συχνά αναλαμβάνει το συντονισμό πολλών επαγγελματιών και υπηρεσιών. Χρειάζονται λοιπόν κεντρικά αποθετήρια πληροφορίας.
- Θα πρέπει να υπάρχει ευελιξία ώστε να ενσωματώνονται ομαλά οι μελλοντικές τεχνικές.

Οικονομικά

- Θα πρέπει να υπάρχει εμφανής προστιθέμενη αξία. Ωστόσο, να λαμβάνεται υπόψιν ότι οι δαπάνες θα αποδώσουν σε βάθος χρόνου.
- Η υλοποίηση της Ολοκληρωμένης Φροντίδας θα πρέπει να συνάδει με τη διαθέσιμη χρηματοδότηση από τον ασφαλιστικό φορέα. Η ρύθμιση του ύψους της χρηματοδότησης είναι κατά κύριο λόγο πολιτικό ζήτημα. Πιθανή λύση αποτελεί η χρηματοδότηση μέσω μιας «δεξαμενής κεφαλαίων», ιδέα που προωθεί την ενοποίηση και στο επίπεδο των οικονομικών.

1.5.1 Δια Βίου Ηλεκτρονικοί Φάκελοι Υγείας

Οι Δια Βίου Ηλεκτρονικοί Φάκελοι Υγείας (ΔΒΗΦΥ) ή (Lifetime Electronic Health Records, LEHRs) συμβάλλουν στη βελτίωση του βαθμού ολοκλήρωσης, αφού εμπλέκουν όλους τους ενδιαφερόμενους στη διαδικασία περίθαλψης (τόσο τους επίσημους παρόχους υγείας, όσο και ανεπίσημους περιθάλποντες από το οικογενειακό περιβάλλον ή κατ' οίκον νοσηλευτές) [31]. Εισάγεται η έννοια του «ιδιώτη», ενώ αποφεύγεται ο όρος «ασθενής», καθώς στην περίπτωση του ασθενή δεν λαμβάνονται υπόψιν δραστηριότητες που στοχεύουν στην πρόληψη και την ευεξία. Ένας ορισμός των ΔΒΗΦΥ έχει δοθεί στο [65]: «Είναι η δια βίου συγκέντρωση πληροφορίας υγείας ενός ατόμου σε ηλεκτρονική μορφή, η αποθήκευση και η παρακολούθησή της, επιτρέποντας την Ολοκληρωμένη Φροντίδα και λειτουργώντας ως βάση για τη βελτίωση της ποιότητας περίθαλψης σε ατομικό, αλλά και κοινωνικό επίπεδο».

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των Ηλεκτρονικών, των Προσωπικών και των Δια Βίου Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας, με σκοπό την άμεση σύγκρισή τους:

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των Ηλεκτρονικών, των Προσωπικών και των Δια Βίου Ηλεκτρονικών Φακέλων Υγείας

Dimension	EMR	PHR	LEHR
Width of application	Patient-centered	Phase, possibly lifetime	Individual's lifetime
Institutional linkage	Intra-institutional	Inter-institutional (e.g. across hospitals)	
Sectoral coverage	Intra-sectoral	Inter-sectoral (e.g. across hospitals, dentists)	
Data range	Patient and case data, medical documents	Patient and case data, medical documents, alternative treatments, lifestyle data (fitness, wellness etc.)	
Record owner	Health service provider	Individual	
User group	Health service provider (HSP)	Individual	HSPs, individual, research & health reporting inst.
Responsibility of maintenance	HSP	Individual	Individual or independent agent
Purpose of use/ functionality examples	Scheduling, order entry, registration, prescribing, documentation, results retrieval, billing	Manual documentation (e.g. personal/family history, allergies, immunization) for primary care purposes	PHR functionalities, access to relevant info at point of care, research & education, health reporting, auto-population

Παρά τις εμφανείς ομοιότητες μεταξύ ενός ΗΦΥ και ενός ΔΒΗΦΥ, ο Ηλεκτρονικός Φάκελος Υγείας:

- Χρησιμοποιείται και τηρείται από τον πάροχο υγείας, ο οποίος έχει και την κυριότητά του.
- Δεν περιλαμβάνει εναλλακτικές θεραπείες ή πληροφορία για τον τρόπο ζωής [105]

Στον πίνακα διακρίνονται επίσης και αρκετά κοινά σημεία των ΠΦΥ και ΔΒΗΦΥ. Η κύρια διαφορά τους έγκειται στο ότι τα ΠΦΥ τηρούνται από τον ιδιοκτήτη τους. Αντιθέτως, η διαχείριση ενός ΔΒΗΦΥ μπορεί να ανατεθεί σε τρίτο πρόσωπο. Κάτι τέτοιο συμβαίνει σε περίπτωση που ο ιδιώτης δεν είναι ικανός (π.χ. λόγω σωματικών ή νοητικών περιορισμών) ή

δεν επιθυμεί να είναι υπεύθυνος της διαδικασίας αυτής (π.χ. λόγω περιορισμένων γνώσεων υγείας [66] ή σε φάσεις της ζωής όπου είναι υγιής, επομένως δεν αντιλαμβάνεται άμεσα τα οφέλη από τις προσπάθειές του ώστε να τα καταγράψει) [106].

Τα ΔΒΗΦΥ έχουν ήδη εφαρμοστεί με τοπικές πρωτοβουλίες, για παράδειγμα στην Κρήτη και την Λομβαρδία της Ιταλίας [67], [68].

1.6 Διαλειτουργικότητα

Η Ηλεκτρονική Υγεία καλείται να διασφαλίσει τη βιωσιμότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Για το σκοπό αυτό, ζωτικής σημασίας είναι η διαλειτουργικότητα. Η διαλειτουργικότητα ορίζεται ως η ικανότητα δύο ή περισσότερων συστημάτων ή συσκευών τους (πιθανώς διαφορετικού είδους, μοντέλου ή κατασκευαστή) να ανταλλάξουν κοινώς κατανοητή πληροφορία και έπειτα, να τη χρησιμοποιήσουν [69]. Στο πλαίσιο αυτό πρέπει να ληφθούν υπόψιν νομοθετικές και επιχειρηματικές διαδικασίες. Ανασταλτικό παράγοντα στην αποδοτικότητα της Ηλεκτρονικής Υγείας αποτελεί η άγνοια της σημασίας της διαλειτουργικότητας από τα πρώτα στάδια μιας διαδικασίας, καθώς και ο καθορισμός των ιδιοτήτων που απαιτούνται για πλήρη διαλειτουργικότητα [14].

1.6.1 Έγγραφο Συνεχούς Περίθαλψης(Continuity of Care Document, CCD)

Το Έγγραφο Συνεχούς Περίθαλψης (Continuity of Care Document, CCD) αναπτύσσεται από το Health Level Seven international (HL7). Βασικός στόχος του HL7 είναι η παροχή προτύπων για την επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης. Το CCD προέκυψε ως συνδυασμός του Φακέλου Συνεχούς Περίθαλψης (Continuity of Care Record, CCR) και του προτύπου για Αρχιτεκτονική Κλινικού Εγγράφου (Clinical Document Architecture, CDA). Το CCD αποτελεί ευέλικτη και ασφαλή εφαρμογή για το διαμοιρασμό δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ παρόχων υγείας. Για το CCD, το HL7 έχει προτυποποιήσει τα εξής: επικεφαλίδα, σκοπός, προβλήματα, διαδικασίες, οικογενειακό ιστορικό, κοινωνικό ιστορικό, πληρωτές, εκ των προτέρων οδηγίες, προειδοποιήσεις, φαρμακευτικές αγωγές, εμβολιασμούς, ιατρικό εξοπλισμό, ζωτικά σήματα, λειτουργικές καταστάσεις, αποτελέσματα, συναντήσεις και πλάνο περίθαλψης. Τα παραπάνω καθιστούν το πρότυπο CCD ευκολότερα εφαρμόσιμο και κατανοητό [70].

Η διασφάλιση της Διαλειτουργικότητας στην Ηλεκτρονική Υγεία είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Απαιτούνται εκατομμύρια ορολογίες και λεξιλόγια για την περιγραφή και την κωδικοποίηση των δεδομένων υγείας. Στη συνέχεια περιγράφεται εκτενώς μία από τις πιο ευρέως διαδεδομένες ορολογίες στον τομέα υγείας, η ICD-10, καθώς και η επερχόμενη ICD-11.

1.6.2 ICD -10

Το International Classification of Diseases (ICD) αποτελεί το βασικό διαγνωστικό εργαλείο για την επιδημιολογία, τη διαχείριση των συστημάτων υγείας καθώς και για κλινικούς σκοπούς. Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη η ανάλυση της ευρύτερης εικόνας για την κατάσταση των διαφορετικών πληθυσμιακών ομάδων. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση τόσο των επιπτώσεων όσο και του επιπολασμού των ασθενειών και

διαφόρων άλλων προβλημάτων υγείας, παρέχοντας έτσι μια εικόνα της γενικής κατάστασης υγείας των χωρών και των πληθυσμών.

Το ICD αξιολογείται ευρέως από ιατρούς, νοσηλευτές, διαχειριστές συστημάτων υγείας καθώς και από προγραμματιστές και εργαζόμενους σε τμήματα διαχείρισης πληροφοριών. Ο κύριος ρόλος του είναι η κατηγοριοποίηση των ασθενειών και των γενικότερων ιατρικών προβλημάτων, τα οποία καταγράφονται σε ιατρικά έγγραφα όπως πιστοποιητικά θανάτου, αλλά και σε βιολογικές ενδείξεις όπως οι ιατρικές εξετάσεις ασθενών. Επιπλέον της δυνατότητας που προσφέρει το ICD για αποθήκευση και ανάκτηση των διαγνωστικών δεδομένων για επιδημιολογικούς και κλινικούς σκοπούς, παρέχει τη βάση για τη συλλογή των δεδομένων θνησιμότητας και νοσηρότητας για τα κράτη μέλη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

Το ICD χρησιμοποιείται συνήθως ως σημείο αναφοράς γλωσσικών όρων. Βάσει αυτού όμως αναπτύχθηκε και μια οντολογία, η ICD-10, από τον Fondazione Bruno Kessler σε μορφή OWL αρχείου. Στη μορφή αυτή το ICD μπορεί να περιγράψει λεπτομερέστερα τους όρους αλλά όχι τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών οντοτήτων [71]. Το ICD-10 εγκρίθηκε από την Παγκόσμια Συνέλευση Υγείας (World Health Assembly) το Μάιο του 1990 και δόθηκε στα μέλη του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organization) το 1994.

1.6.3 ICD -11

Η επόμενη έκδοση του ICD-10 είναι η ICD-11, η οποία στην παρούσα φάση εκπόνησης της διπλωματικής βρίσκεται σε διαδικασία αναθεώρησης. Η ημερομηνία δημοσιοποίησης της νέας έκδοσης έχει οριστεί για το 2018. Μία δοκιμαστική της έκδοση βρίσκεται στο [72]. Μερικά από τα χαρακτηριστικά της νέας αυτής έκδοσης θα είναι τα εξής:

- Το ICD-11 θα είναι διαθέσιμο σε πολλές γλώσσες.
- Ορισμοί, ενδείξεις, συμπτώματα καθώς και άλλα στοιχεία σχετικά με ασθένειες θα οριστούν με έναν πιο δομημένο τρόπο έτσι ώστε να επιτευχθεί ακόμη πιο ακριβής καταγραφή τους.
- Το ICD-11 θα είναι συμβατό με ένα μεγάλο εύρος ηλεκτρονικών εφαρμογών υγείας καθώς και πληροφοριακών συστημάτων.
- Το ICD-11 θα είναι διαθέσιμο δωρεάν στο ευρύ κοινό έτσι ώστε να μπορεί κάποιος εύκολα να το κατεβάσει και να το χρησιμοποιήσει για προσωπικούς σκοπούς.

Κεφάλαιο 2: Επιχειρηματικά Μοντέλα στην Ηλεκτρονική Υγεία

2.1 Η έννοια του επιχειρηματικού μοντέλου

Όπως σε άλλους τομείς, έτσι και σε αυτόν της υγείας, η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στις υπάρχουσες υποδομές πρέπει να συνοδεύεται από ένα επιχειρηματικό μοντέλο. Το «επιχειρηματικό μοντέλο» είναι ένα εννοιολογικό εργαλείο που περιέχει ένα σύνολο στοιχείων και τις πιθανές σχέσεις τους που απαιτούνται ώστε να παραδοθεί ένα προϊόν ή υπηρεσία που παρέχει προστιθέμενη αξία στον πελάτη [34]. Η ιδιαιτερότητα των εκάστοτε απαιτήσεων είναι αυτή που θα προσδιορίσει τον τύπο μοντέλου που θα εφαρμοστεί.

2.2 Βιωσιμότητα

Τα ευρωπαϊκά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης υφίστανται σημαντική πίεση ώστε να μειώσουν τα κόστη, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα των υπηρεσιών. Την κατάσταση περιπλέκουν η γήρανση του πληθυσμού, η αυξημένη κινητικότητα των ασθενών, καθώς και οι αυξημένες απαιτήσεις τους.

Τα τελευταία χρόνια δημιουργήθηκαν πολλά projects Ηλεκτρονικής Υγείας, χωρίς όμως να έχουν ευδοθηί όλα. Καθοριστικός παράγοντας επιτυχίας είναι η απόδοση βιώσιμων κερδών, πέρα από την παραγωγή αξίας για τον ασθενή. Έτσι, διεξάγεται σημαντική έρευνα ώστε να βοηθηθούν οι πάροχοι υπηρεσιών υγείας να ποσοτικοποιήσουν τα οφέλη των επενδύσεών τους στην Ηλεκτρονική Υγεία [24].

2.3 Ο ρόλος των επιχειρηματικών μοντέλων

Για την επεξήγηση της σχέσης μεταξύ Στρατηγικής και Πληροφοριακών Συστημάτων, ο Chesbrough H. σημειώνει ότι « Η ίδια τεχνολογία εμπορευματοποιημένη με διαφορετικούς τρόπους μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικά οικονομικά αποτελέσματα» [73]. Έτσι, ένα επιχειρηματικό μοντέλο γίνεται αντιληπτό ως μια διαμεσολαβητική δομή μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων και οικονομικής αξίας.

Οι συγγραφείς συνομίλησαν με αρμόδιους του τομέα υγείας (π.χ. ιατρούς και φαρμακοποιούς), αλλά και επικεφαλής πληροφοριακών συστημάτων. Κατά τις συνομιλίες διαπίστωσαν έλλειψη κατανόησης του πελάτη και επιχειρηματικής σκέψης. Παράγοντες όπως αυτοί οδήγησαν λύσεις σαν το Google Health στον πρόωρο τερματισμό τους από τη φάση «επιτυχούς πιλοτικής εφαρμογής» [115].

Σύμφωνα με τους T. Mettler και M. Eurich, η μεγαλύτερη πρόκληση έγκειται στην κατανόηση των συνθηκών υπό τις οποίες ένα επιχειρηματικό μοντέλο είναι εφαρμόσιμο ή μη. Για παράδειγμα, ένα Εθνικό Σύστημα Υγείας, λόγω της εμβέλειάς του ή της πληθώρας εμπλεκόμενων μελών με αποκλίνοντα συμφέροντα, συνάδει μόνο με ορισμένα επιχειρηματικά μοντέλα. Αρχικά, θα πρέπει οι συμβαλλόμενοι (π.χ. φορείς χρηματοδότησης, προμηθευτές τεχνολογικού εξοπλισμού) να συμφωνήσουν στην υιοθέτηση μιας κοινής επιχειρηματικής λογικής. Έπειτα, το επιχειρηματικό μοντέλο θα πρέπει να εξελίσσεται με το χρόνο.

2.4 Στρατηγικές Χρηματοδότησης

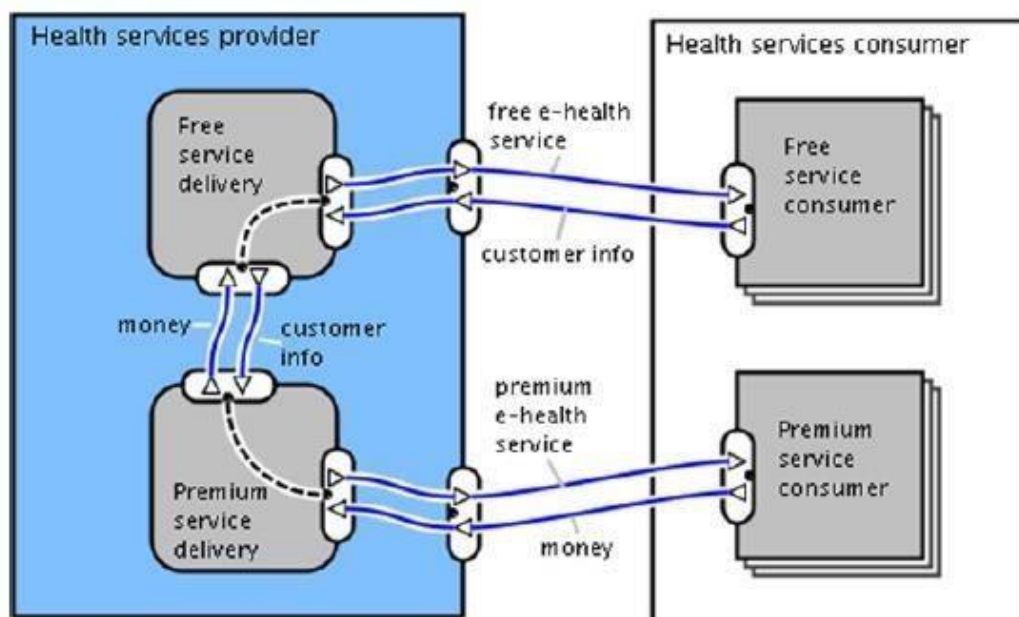
Οι T. Mettler και M. Eurich εξετάζουν το ενδεχόμενο αξιοποίησης πασίγνωστων σχεδιαστικών προτύπων επιχειρηματικών μοντέλων με στόχο τη βιωσιμότητα της Ηλεκτρονικής Υγείας. Την πιο απλή εκδοχή αποτελεί η προσέγγιση ως freemium, την πιο σύνθετη εκδοχή αποτελεί η προσέγγιση της πολύπλευρης αγοράς, ενώ τέλος, την πιο πρωτότυπη αποτελεί η προσέγγιση Crowdsourcing (ή crowd-based) [24].

2.4.1 Ηλεκτρονική Υγεία ως freemium

Σε περίπτωση που μια υπηρεσία Ηλεκτρονικής Υγείας δεν χρηματοδοτείται από εξωτερικές πηγές (π.χ. κυβέρνηση, ιδρύματα) ή η χρήση της δεν είναι υποχρεωτική (π.χ. από το νόμο, το ασφαλιστήριο συμβόλαιο), πρόκληση αποτελεί η δημιουργία μιας επικερδούς βάσης πελατών και η εδραίωση αξιοπιστίας.

Στο πρότυπο αυτό, οι βασικές λειτουργίες της υπηρεσίας διατίθενται δωρεάν, ενώ χρεώνονται οι προηγμένες. Η προσέγγιση βασίζεται στην «Επίδραση του δικτύου (Network Effect)»: Όσο περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν μια υπηρεσία δωρεάν, τόσο περισσότερη αξία αποκτά η υπηρεσία για το σύνολο των καταναλωτών. Επαγωγικά, όσο μεγαλύτερο το δίκτυο, τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το φαινόμενο «lock-in». Στον κλάδο των οικονομικών, lock-in ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο ένας πελάτης βρίσκει δύσκολο να διακόψει τη σχέση του με μια εταιρεία, εν προκειμένω ο καταναλωτής να εγκαταλείψει το δίκτυο. Βασική δυσκολία του προτύπου αποτελεί η διατήρηση ισορροπίας μεταξύ δωρεάν και προηγμένων χρηστών, δεδομένου ότι οι τελευταίοι ουσιαστικά χορηγούν τους πρώτους.

Ένα σχέδιο της προσέγγισης της Ηλεκτρονικής Υγείας ως freemium φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 17: Προσέγγιση freemium

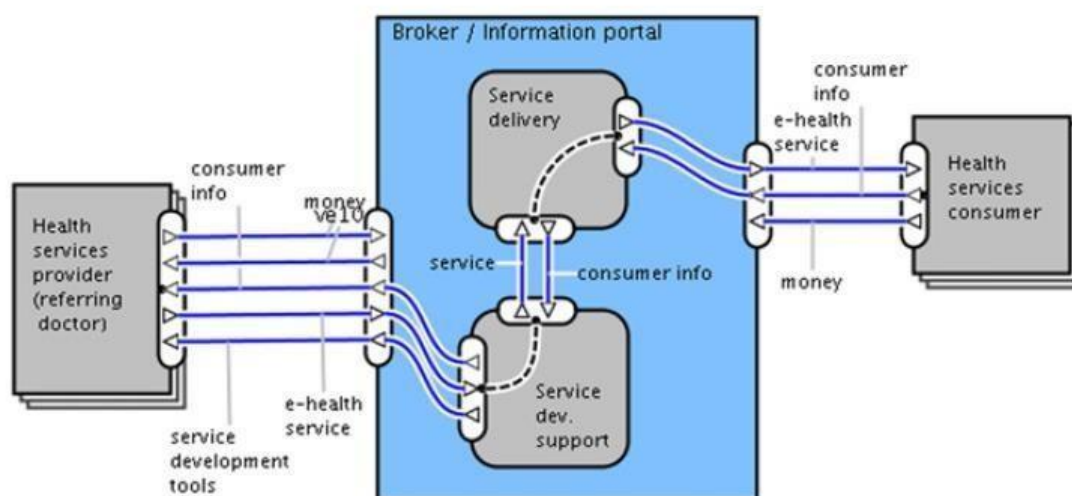
Τα ορθογώνια αντιπροσωπεύουν τους πρωταγωνιστές, δηλαδή τον πάροχο υπηρεσιών υγείας και τον καταναλωτή. Τα διάφορα τμήματα της αγοράς απεικονίζονται από στοιβαγμένα ορθογώνια, δηλαδή ο καταναλωτής δωρεάν υπηρεσιών και ο καταναλωτής προνομιακών. Οι δραστηριότητες που παράγουν αξία, όπως η παροχή των δωρεάν και προνομιακών υπηρεσιών,

αντιπροσωπεύονται από οβάλ ορθογώνια. Στις γραμμές μεταξύ δύο διεπαφών απεικονίζονται τα αντικείμενα ανταλλακτικής αξίας, π.χ. η πληροφορία για πελάτες, τα χρήματα, οι υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Υγείας.

Ένα παράδειγμα υπηρεσίας Ηλεκτρονικής Υγείας ως freemium αποτελεί ο δωρεάν έλεγχος παχυσαρκίας (μέσω υπολογισμού του Δείκτη Μάζας Σώματος), ενώ οι προηγμένες αναλύσεις παρέχονται με χρέωση.

2.4.2 Ηλεκτρονική Υγεία ως πολύπλευρη αγορά

Συνήθως, είτε η υπηρεσία Ηλεκτρονικής Υγείας είναι περίπλοκη από τεχνικής άποψης, είτε υπάρχει έλλειψη εμπιστοσύνης επειδή παρέχεται από τον ίδιο τον ενδιαφερόμενο. Έτσι, εκτός από τον καταναλωτή (επιδοτούμενος) και τον πάροχο της υπηρεσίας (επιδοτών), χρειάζεται και ένας διαμεσολαβητής, στο πρόσωπο του οποίου υπάρχει επαρκής εμπιστοσύνη ή έχει τα απαιτούμενα προσόντα να χειριστεί την υπηρεσία.

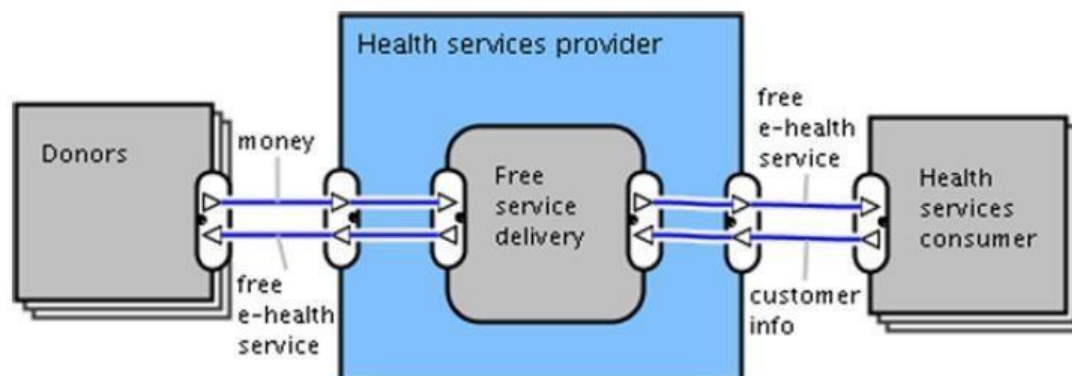


Εικόνα 18: Προσέγγιση πολύπλευρης αγοράς

Ο πρωταγωνιστής στο σενάριο αυτό είναι ο διαμεσολαβητής, π.χ. ένα portal με πληροφορία υγείας. Οι βασικές δραστηριότητές του που παράγουν αξία είναι η υποστήριξη της παροχής υπηρεσιών (π.χ. βοήθεια στην ανάπτυξη της υπηρεσίας, επίβλεψη της τεχνικής υποστήριξης κλπ.) και η παροχή της υπηρεσίας (π.χ. η αντιστοίχιση προσφοράς και ζήτησης). Τα τμήματα-κλειδιά της αγοράς εν προκειμένω είναι ο πάροχος υπηρεσιών υγείας (π.χ. ιατροί) και οι καταναλωτές αυτών. Αντικείμενα αξίας είναι η πληροφορία για τους καταναλωτές, οι πρωτογενείς υπηρεσίες Ηλεκτρονικής Υγείας, τα δευτερογενή εργαλεία ανάπτυξης και τα χρήματα.

Η επίτευξη μεγάλης πελατειακής βάσης ίσως προσελκύσει άλλους παρόχους υπηρεσιών, οι οποίοι θα θελήσουν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους μέσω του διαμεσολαβητή. Για το λόγο αυτό ο διαμεσολαβητής θεωρείται το επίκεντρο του επιχειρηματικού μοντέλου. Βασική αρμοδιότητά του αποτελεί η εξισορρόπηση των επιδοτήσεων, έτσι ώστε να διασφαλίζεται μεγάλη πελατειακή βάση, αλλά και υψηλής ποιότητας και ποσότητας υπηρεσίες. Εδώ υπάρχει ο κίνδυνος παραπλάνησης του διαμεσολαβητή από βραχυπρόθεσμα κέρδη, με αποτέλεσμα να μην επενδύει αρκετά στην ασφάλεια ή το marketing.

2.4.3 Ηλεκτρονική Υγεία βασισμένη στο πλήθος



Εικόνα 19: Προσέγγιση βασισμένη στο πλήθος

Σε περιόδους οικονομικής ύφεσης, τα προγράμματα δημόσιας χρηματοδότησης περιορίζονται σημαντικά, συνεπώς πρέπει να εξετασθούν εναλλακτικές στρατηγικές επιχορήγησης. Η βασική ιδέα στο πρότυπο αυτό είναι η αξιοποίηση της δημιουργικότητας, της γνώσης ή των χρημάτων πλήθους ιδιωτών για την συνδημιουργία και συγχρηματοδότηση υπηρεσιών γενικού συμφέροντος.

Ο πρωταγωνιστής είναι ένας συγκεκριμένος πάροχος υπηρεσιών υγείας, του οποίου βασική δραστηριότητα που παράγει αξία είναι η επίβλεψη των δωρεάν υπηρεσιών. Τα κύρια τμήματα της αγοράς είναι οι καταναλωτές των υπηρεσιών και οι χορηγοί που προτίθενται να υποστηρίξουν την πρωτοβουλία. Τα βασικά αντικείμενα αξίας είναι η πληροφορία για τους πελάτες, η ελεύθερη υπηρεσία Ηλεκτρονικής Υγείας και τα χρήματα.

Οι υπηρεσίες που βασίζονται στην προσέγγιση αυτή είναι επίφοβες, καθώς εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αλτρουιστική συμπεριφορά του χρήστη. Για το λόγο αυτό, σε πρώτη φάση αναπτύσσεται μόνο μια στοιχειώδης λύση που αντέχει το ρίσκο, ενώ υπάρχει και πλάνο για πιθανή αποτυχία. Σε κάθε περίπτωση όμως, η βασισμένη στο πλήθος επιχειρηματική λογική αποτελεί καλή στρατηγική έως ότου βρεθεί ένας ιδιώτης επενδυτής.

2.5 Μια διαφορετική οπτική γωνία

Ο K.A. Stroetmann αντιτίθεται στις επικρατούσες απόψεις, υποστηρίζοντας ότι η γήρανση της κοινωνίας μας πιθανότατα δεν αποτελεί πραγματική απειλή για την υγεία.

Επίσης, θεωρεί ότι η αύξηση των χρόνιων νοσημάτων δεν είναι ένας από τους κύριους επιβαρυντικούς παράγοντες της οικονομίας. Τον ισχυρισμό αυτό υποστηρίζουν ενδείξεις από τη Γερμανία, όπου παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος των δαπανών ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης ενός ατόμου πραγματοποιείται κατά τον τελευταίο χρόνο της ζωής του. Μάλιστα στη Γερμανία τα νοσήλια, ως αποτέλεσμα του γήρατος, αναμένεται ακόμη και να μειωθούν σταδιακά μετά το 2030. Η ραγδαία αύξηση των δαπανών αυτών στο παρελθόν αποδόθηκε σε παράγοντες όπως η αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος, η έλευση καινοτόμων ιατρικών τεχνολογιών, οι ελλείψεις σε εργατικό δυναμικό και η ασύμμετρη

κατανομή ισχύος στην αγορά υγειονομικής περίθαλψης, που έδωσε στην πλευρά της προσφοράς συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με την πλευρά της ζήτησης [34].

Θεωρώντας την υγεία ως μια κατάσταση «πλήρους φυσικής, πνευματικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι απλώς την απουσία ασθένειας ή αναπηρίας», γίνεται σαφές ότι τα σύγχρονα συστήματα υγείας δεν πρέπει να σταθούν στην απλή αντιμετώπιση των παθήσεων. Πρέπει να αναγνωριστεί η καθοριστική επίδραση της γονιδιωματικής (π.χ. οικογενειακή προδιάθεση), της ανατροφής καθώς και του φυσικού περιβάλλοντος και του τρόπου ζωής [126].

Μπορεί να ειπωθεί λοιπόν ότι η λύση πρέπει να αναζητηθεί σε «έξυπνα» μοντέλα ολοκληρωμένης υγείας.

Ηλεκτρονική Υγεία ως δημόσιο αγαθό

Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να αναγνωρίσουν την Ηλεκτρονική Υγεία ως δημόσιο αγαθό, και να επενδύσουν στις υποδομές Πληροφορικής και Επικοινωνιών αναλόγως [34].

Οι υποδομές αυτές διαφοροποιούνται σημαντικά από τοπικό σε εθνικό επίπεδο. Η κυβέρνηση και η διοίκηση του συστήματος υγείας σε μεγαλύτερες χώρες πρέπει να έχουν επίγνωση του πιθανού περιορισμού ως προς την ποσότητα δεδομένων, όταν επιχειρούν να συνδυάσουν πολλές διαφορετικές λειτουργίες στην ίδια εφαρμογή. Χώρες όπως η Γαλλία, η Γερμανία, ο Καναδάς και οι Η.Π.Α. αγωνίζονται έως και 15 χρόνια τώρα να εδραιώσουν τέτοιες υποδομές, χωρίς τελικά να το έχουν επιτύχει.

Ανάγκη για ευφυή κίνητρα

Η εισαγωγή μιας νέας υπηρεσίας Ηλεκτρονικής Υγείας πρέπει να βρίσκει σύμφωνους τους ιατρούς. Ειδικά, οι ιατροί ίσως να αποτελέσουν τους λεγόμενους «παίκτες-βέτο», αφού λόγω της επαγγελματικής τους ισχύος δύνανται να παρεμποδίσουν την υιοθέτηση της υπηρεσίας. Συνεπώς, θα πρέπει να τους παρέχονται ευφυή κίνητρα [34].

Κίνητρα πρέπει να δίνονται και στους οργανισμούς που εμπλέκονται σε ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, ώστε να επωμιστούν το κόστος νέων συστημάτων που παρέχουν κοινωνικό και όχι ιδίον όφελος.

2.6 Εμπειρικό μοντέλο & Κινητήριες Δυνάμεις

Λόγω της ανεπάρκειας των υπάρχοντων μοντέλων στην υγειονομική περίθαλψη, παρουσιάζεται η ανάγκη ανάπτυξης επιχειρηματικών μοντέλων που να βασίζονται στην εμπειρία που έχει αποκτηθεί στον τομέα των οικονομικών. Οι κινητήριες δυνάμεις σε ένα τέτοιο εμπειρικό μοντέλο θα είναι οι εξής [20]:

- μείωση δαπανών
- βελτίωση ποιότητας
- αντίσταση/ετοιμότητα των ιατρών
- αντίσταση/ετοιμότητα των ασθενών
- τεχνολογίες
- επιχειρηματικές ευκαιρίες

Η νομοθεσία και η πολιτική αποτελούν πιθανούς ανασταλτικούς παράγοντες, οπότε έμμεσα θεωρούνται κινητήριες δυνάμεις.

Η εξίσωση των κινητήριων δυνάμεων έχει ως εξής:

$$F_t = W_1 \cdot F_{\text{cost}} + W_2 \cdot F_{\text{quality}} + W_3 \cdot F_{\text{Physicians}} + W_4 \cdot F_{\text{Patients}} + W_5 \cdot F_{\text{Technologies}} + W_6 \cdot F_{\text{Opportunities}}$$

Με (W1-W6) συμβολίζονται τα σχετικά βάρη των δυνάμεων.

Οι πιο περίπλοκες κινητήριες δυνάμεις είναι αυτές των ιατρών και των ασθενών, και συγκεκριμένα η μειωμένη δεκτικότητα τους σε μία εναλλακτική προσέγγιση άσκησης της ιατρικής. Οι ιατροί πιστεύουν ότι οι διαδικτυακές υπηρεσίες ίσως αποπροσωποποιήσουν τις σχέσεις τους με τους ασθενείς. Επίσης, θεωρούν ότι η απουσία κλινικής αξιολόγησης σε πολλές περιπτώσεις στερεί σημαντική πληροφορία που θα καθόριζε τη λήψη αποφάσεων κατά τη διάγνωση.

Δύο ακόμη σημαντικές κινητήριες δυνάμεις που υποστηρίζουν την ανάπτυξη της Ηλεκτρονικής Υγείας είναι οι εξής:

- Η ψηφιοποίηση κατά το νόμο του Moore, ώστε να παρέχονται φθηνότερες, μικρότερες και ταχύτερες συσκευές.
- Η επέκταση των δικτύων κατά το νόμο του Metcalf, σύμφωνα με τον οποίο η αξία ενός δικτύου αυξάνεται ανάλογα με το μέγεθός του.

2.7 Το επιχειρηματικό μοντέλο «αλυσίδας αξίας»

Από τον πρώτο κιόλας καιρό που εισήχθη η έννοια του marketing, ο πελάτης θεωρήθηκε ως ο πυρήνας των επιχειρηματικών διαδικασιών, και η ικανοποίησή του τέθηκε ως ο βασικός στόχος. Σαφώς, τα συμφέροντα των υπόλοιπων συμβαλλόμενων μερών οφείλουν να λαμβάνονται υπόψιν.

Η «αλυσίδα αξίας» είναι ένα επιχειρηματικό μοντέλο, το οποίο θεωρείται ως ένα δίκτυο αλληλεπιδράσεων μεταξύ αγοραστών, πωλητών, μετόχων, τοπικών κοινωνιών, βιομηχανιών και κυβερνητικών παραγόντων, που παράγουν αξία. Το βασικό πλεονέκτημα του μοντέλου αποτελεί η παραγωγή προστιθέμενης αξίας για τους πελάτες. Η «αξία» αυτή μπορεί να εκφραστεί σε όρους αύξησης της απόδοσης, μείωσης του χρόνου ή των δαπανών. Σε κάθε περίπτωση, καθοριστική είναι η συμβολή των τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών [20].

Το μοντέλο αυτό διαφοροποιείται από τα συμβατικά επιχειρηματικά μοντέλα ως προς την εξής παραδοχή: Ο πελάτης αγοράζει συγκεκριμένα αποτελέσματα, παρά μια υπηρεσία καθ' αυτή. Τα αποτελέσματα αυτά παράγονται από τη δικτύωση επιχειρήσεων με εξειδίκευση σε συγκεκριμένα προϊόντα ή υπηρεσίες. Κατά τους συγγραφείς, κάθε επιχειρηματικό μοντέλο που στοχεύει στην αποδοτικότητα της υγειονομικής περίθαλψης, θα πρέπει να διέπεται από τις αρχές της «αλυσίδας αξίας» [74].

2.8 Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, για την ανάπτυξη ενός βιώσιμου μοντέλου πρέπει αρχικά να κατανοηθεί η σημασία της ρουτίνας, η συμβολή της φυσικής κατάστασης στις καθημερινές δραστηριότητες (κοινωνικές επιδόσεις). Συχνά, η τεχνολογική πρόοδος εστιάζει λιγότερο στην υποστήριξη της ευεξίας. Η ευεξία όμως συνεπάγεται μειωμένες ανάγκες περίθαλψης και έτσι, δραστική μείωση των εξόδων [20].

Έχοντας στη διάθεσή του κατάλληλη τεχνολογία, κάθε άνθρωπος είναι σε θέση να καθυστερήσει την εμφάνιση βασικών ασθενειών και, όπως έχει παρατηρηθεί, να μειώσει τις δια βίου δαπάνες περίθαλψης κατά 60-80 %. Έτσι, το ενδιαφέρον πλέον στρέφεται στην εξατομίκευση της υγείας. Στην κατεύθυνση αυτή, αξιοποιούνται τεχνολογίες Κινητής Υγείας (mobile health, m-health). Πρωταγωνιστικό ρόλο κατέχουν οι φορητές (wearable) συσκευές, οι οποίες προωθούν την αυτο-παρακολούθηση. Συνήθως βασίζονται σε smartphones και αισθητήρες για την καταγραφή φυσικής δραστηριότητας, πρόσληψης θερμίδων, ύπνου, στάσης του σώματος που σχετίζεται με την ευεξία κ.ά. Η ιδέα αυτή εντοπίζεται από το 2007 κιόλας, στην τεχνολογία του «Ποσοτικοποιημένου Εαυτού» [75]. Η τεχνολογία αυτή παρέχει:

- Παρακολούθηση του μεταβολισμού
- Παρακολούθηση συμπεριφοράς
- Παρακολούθηση ύπνου
- Παρακολούθηση διάθεσης και συναισθημάτων
- Ιατρικές αυτο-διαγνώσεις

Κεφάλαιο 3: Τηλεϊατρική

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ως «Τηλεϊατρική» ορίζεται «η χρήση των τηλεπικοινωνιών για τη διάγνωση και την θεραπεία ασθενειών και κακής υγείας» [76]. Η Τηλεϊατρική βρίσκει εφαρμογή σε ποικίλα πεδία: Τηλεακτινολογία, τηλεκαρδιολογία, τηλεπαθολογία, τηλεδερματολογία, τηλεοφθαλμολογία, τηλεχειρουργική, καθώς και στην υποστήριξη διακομιστικών σταθμών για επείγοντα περιστατικά.

Στη βιβλιογραφία γίνεται εκτενώς μια διάκριση μεταξύ των συστημάτων Τηλεϊατρικής, βάσει της αμεσότητας των αλληλεπιδράσεων σε μια δεδομένη υπηρεσία [35].

Τα «Σύγχρονα» ή «πραγματικού χρόνου» συστήματα υποστηρίζουν άμεση αλληλεπίδραση, ή τουλάχιστον απόκριση εντός χρονικού πλαισίου που είναι αποδεκτό από τα συμμετέχοντα μέλη (συνήθως λίγα μόνο λεπτά). Το κύριο πλεονέκτημα της προσέγγισης αυτής είναι η δυνατότητα βελτίωσης λεπτομερειών σχετικών με το επεισόδιο περίθαλψης κατά τη διάρκεια της συνεδρίας, αναζητώντας επιπλέον πληροφορίες ή δεδομένα, και σε πολλές περιπτώσεις παρέχοντας κλινική απόφαση ή συμβουλή κατά τη συνεδρία. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιου μοντέλου αποτελεί η βιντεο-συμβουλευτική μεταξύ ιατρού και ασθενή. Ένα εγγενές μειονέκτημα στα «σύγχρονα» συστήματα είναι η ανάγκη για προγραμματισμό της συνεδρίας σε χρόνο που βολεύει όλα τα συμμετέχοντα μέλη.

Τα «Ασύγχρονα» συστήματα ή συστήματα «αποθήκευσης-και-προώθησης» χαρακτηρίζονται από έναν χρονικό διαχωρισμό μεταξύ των φάσεων της διαδικασίας. Χρησιμοποιούνται όταν δεν είναι απαραίτητη η άμεση αλληλεπίδραση. Παραδείγματα στην κατηγορία αυτή αποτελούν η τηλεπαθολογία, η τηλεραδιολογία κ.ά. [35].

Οι περιορισμοί που εισήγαγε στο παρελθόν το περιορισμένο εύρος ζώνης και ώθησαν την ανάπτυξη ασύγχρονων υπηρεσιών, έχουν εκλείψει σε μεγάλο βαθμό. Κάποιες από τις υπηρεσίες αυτές έχουν μετατραπεί ολικώς ή μερικώς σε σύγχρονες.

3.1 Βιοτηλεμετρία

Στη Βιοϊατρική Τεχνολογία διακρίνουμε πλήθος συσχετιζόμενων πεδίων, τα οποία συχνά αλληλοεπικαλύπτονται. Ως εκ τούτου, οι περιγραφές δεν είναι ιδιαίτερα αυστηρές. Μπορούμε λοιπόν να γενικεύσουμε λέγοντας ότι κάθε επιστημονικός τομέας που πραγματεύεται την εφαρμογή μεθόδων της επιστήμης του μηχανικού σε βιολογικά συστήματα, μπορεί να ενταχθεί στον τομέα της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας.

Ένας από τους τομείς αυτούς είναι και η Τηλεμετρία. Η Τηλεμετρία αφορά τη συλλογή και μέτρηση δεδομένων, καθώς και τη μετάδοσή τους σε απομακρυσμένο σταθμό λήψης. Πιο συγκεκριμένα, η Βιοϊατρική Τηλεμετρία ή απλούστερα, Βιοτηλεμετρία, ειδικεύεται στην εξ' αποστάσεως μέτρηση σημάτων φυσιολογίας. Τα σήματα αυτά λαμβάνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό, υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία και μετατροπή και τελικά μεταδίδονται σε μια εξωτερική συσκευή παρακολούθησης. Η συσκευή μπορεί να βρίσκεται επί του σώματος του ασθενή ή σε κοντινή απόσταση από αυτόν, και με τη σειρά της επικοινωνεί με απομακρυσμένο νοσοκομείο ή ιατρικό σταθμό με τη βοήθεια τεχνολογιών των Τηλεπικοινωνιών. Οι λαμβανόμενες μετρήσεις μπορούν να διακριθούν σε:

- (i) Βιοηλεκτρικές μεταβλητές, όπως το ECG, το EMG και το EEG

- (ii) Φυσιολογικές μεταβλητές που χρήζουν μετατροπής. Παραδείγματα αποτελούν η αρτηριακή πίεση, η γαστρεντερική πίεση, η ροή και η θερμοκρασία του αίματος.

Η Βιοηλεκτρομετρία αξιοποιεί τα πρόσφατα επιτεύγματα στις ασύρματες επικοινωνίες, αποσκοπώντας στην ικανοποίηση των ολοένα και αυξανόμενων απαιτήσεων στον τομέα της υγείας, της ευεξίας και της πρόληψης. Εξίσου σημαντική είναι και η αξιοποίηση των επιτευγμάτων στον τομέα της Ηλεκτρονικής, ώστε να αναπτυχθούν νέες ιατρικές συσκευές που να υποστηρίζουν λειτουργίες Βιοϊατρικής Τηλεμετρίας.

Ως ιατρική συσκευή ορίζεται οποιαδήποτε συσκευή χρησιμοποιείται για πρόληψη, διάγνωση, παρακολούθηση, αλλά και θεραπεία. Μπορεί έως τώρα το μεγαλύτερο βάρος να έχει δοθεί στην επιτυχή παρακολούθηση και την αποτελεσματική θεραπεία, η σύγχρονη τάση όμως υπαγορεύει στροφή προς την πρόληψη και την έγκαιρη διάγνωση. Μια σύγχρονη ιατρική συσκευή θα πρέπει λοιπόν να σχεδιάζεται με γνώμονα τον επαναπροσδιορισμό των ανωτέρω στόχων. Διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες τέτοιων συσκευών, τις Φορετές, τις Εμφυτεύσιμες και τις Καταπόσιμες. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε εκτενώς με τις Φορετές συσκευές [26].

3.1.1 Κανονισμοί Φάσματος

Πρόσφατα η ζήτηση για τη χρήση φάσματος σε βιοϊατρικά συστήματα τηλεμετρίας έχει αυξηθεί. Μερικές από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες ζώνες συχνοτήτων είναι: η ζώνη Ασύρματων Τηλεμετρικών Ιατρικών Υπηρεσιών (WMTS), η ζώνη βιομηχανικών επιστημονικών και ιατρικών εφαρμογών (ISM), και η υπερ-ευρεία ζώνη. Ανεξάρτητα από το ποια ζώνη συχνοτήτων επιλέγεται, η διαρκής επίβλεψη και διαχείριση είναι υψίστης σημασίας ώστε να μειωθούν οι πιθανότητες παρεμβολής από άλλες συσκευές μετάδοσης. Παρακάτω περιγράφονται οι πιο σημαντικές ρυθμίσεις που διέπουν τις προαναφερθείσες ζώνες [26]:

WMTS: Η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών έχει διαθέσει τις ζώνες 608-614, 1935- 1400, 1427 – 1432 MHz για WMTS στις ΗΠΑ. Η χρήση αυτών των ζωνών στη βιοϊατρική τηλεμετρία έχει πολλά πλεονεκτήματα καθώς παρέχουν ένα αρκετά μεγάλο διαθέσιμο φάσμα για επικοινωνία (π.χ. Τέσσερα κανάλια των 1.5 MHz μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη πρώτη μάντα συχνοτήτων WMTS). Επιπλέον, οι WMTS ζώνες προορίζονται αποκλειστικά για εφαρμογές βιοϊατρικής τηλεμετρίας, πράγμα που σημαίνει πως οι ιατρικές συσκευές που λειτουργούν σε αυτές τις συχνότητες είναι προστατευμένες από παρεμβολές από άλλες πηγές. Για αυτόν τον λόγο, υπάρχει βάση δεδομένων όπου καταγράφονται όλοι οι πομποί που χρησιμοποιούν WMTS ώστε να ειδοποιούνται οι χρήστες για πιθανή παρεμβολής συχνότητας. Ωστόσο δεν υπάρχει καμία ένδειξη ότι οι ζώνες WMTS θα διανεμηθούν σε άλλα μέρη του κόσμου, κάτι που σημαίνει πως οι συσκευές δεν μπορούν να πουληθούν ή να χρησιμοποιούνται ελεύθερα σε άλλες χώρες του κόσμου εκτός από τις ΗΠΑ. Τέλος λόγω του μικρού εύρους ζώνης η μάντα αυτή θεωρείται ακατάλληλη για εφαρμογές υψηλού ρυθμού, όπως η μετάδοση φωνής και βίντεο.

ISM: Η ISM ζώνη αρχικά προοριζόταν διεθνώς για μη εμπορική χρήση των RF ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Η νομοθεσία που τις ορίζει προκύπτει από την ITU-R, αλλά η χρήση τους από τις επιμέρους χώρες διαφέρει λόγω διαφορών στους εθνικούς κανονισμούς για ραδιοεπικοινωνίες. Οι ζώνες 902-928 και 2400-2483.5 MHz χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ και ορίζονται από την FCC, ενώ οι Ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποιούν τις ζώνες 433.1-434.8- και 868.0-868.6-MHz οι οποίες καθορίζονται από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών. Η ISM ζώνη παρέχει το πλεονεκτήματα του αυξημένου εύρους ζώνης, επιτρέποντας έτσι τη

μετάδοση video και φωνής. Επιπλέον, δεδομένου ότι δεν απαιτείται έγκριση από την κυβέρνηση, η ISM ζώνη χρησιμοποιείται σήμερα από μια ευρεία ποικιλία εμπορικών προτύπων. Ωστόσο, επειδή η χρήση αυτής της ζώνης δεν περιορίζεται αποκλειστικά στον ιατρικό εξοπλισμό, η μετάδοση ιατρικών δεδομένων είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές από άλλες συσκευές.

UWB: Τα UWB συστήματα είναι συστήματα εξάπλωσης φάσματος, δηλαδή το εύρος του μεταδιδόμενου σήματος είναι σημαντικά μεγαλύτερο από τη συχνότητα που περιέχει την αρχική πληροφορία. Πιο συγκεκριμένα, η UWB ορίζεται από την FCC ως ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα το οποίο παρουσιάζει φασματική επικάλυψη μεγαλύτερη του 20% ή καταλαμβάνει ένα στιγμιαίο εύρος ζώνης περισσότερο από 500 MHz. Η ζώνη 3.1-10.6 GHz, η οποία έχει αφαιρεθεί από την FCC για ελεύθερη χρήση χωρίς άδεια, λαμβάνει σήμερα τη μεγαλύτερη προσοχή από τους οργανισμούς αδειοδότησης. Μεταδίδονται πολύ μικροί παλμοί και συνεπώς επιτυγχάνονται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων. Η χρήση ιατρικών συσκευών που λειτουργούν στην UWB επιτρέπεται προς το παρόν μόνος στις ΗΠΑ και την Σιγκαπούρη, αλλά ρυθμιστικές προσπάθειες έχουν ήδη ξεκινήσει στην Ευρώπη και την Ιαπωνία.

3.1.2 Προτυποποίηση και Διαλειτουργικότητα

Η ανάπτυξη προτύπων στην βιοϊατρική τηλεμετρία είναι απαραίτητη προκειμένου να παρέχεται συνδεσιμότητα για μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών και εφαρμογών σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων επικοινωνίας. Με άλλα λόγια τα πρότυπα είναι αναγκαία ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία μεταξύ των ιατρικών συσκευών και του δικτύου ή μεταξύ των ιατρικών συσκευών και άλλων τμημάτων του εξοπλισμού, δηλαδή η επίτευξη της διαλειτουργικότητας [26].

Τα ασύρματα πρότυπα τηλεπικοινωνιών ορίζονται γενικά από φορείς προτυποποίησης όπως το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE), η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) και το Ινστιτούτο Ευρωπαϊκών Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI). Τεχνολογίες όπως το Blue-tooth, το Zigbee, το WiFi, το WiMAX, το GPRS και το GSM ή το UMTS είναι διαθέσιμες για την υλοποίηση επικοινωνιών μικρής, μεσαίας και μεγάλης εμβέλειας. Μέσω αυτών λοιπόν είναι επιτεύξιμη μια ευρεία περιοχή κάλυψης και επίσης παρέχεται η δυνατότητα για μια παγκόσμια ασύρματη κινητικότητα των ιατρικών συσκευών που εκτελούν λειτουργίες τηλεμετρίας.

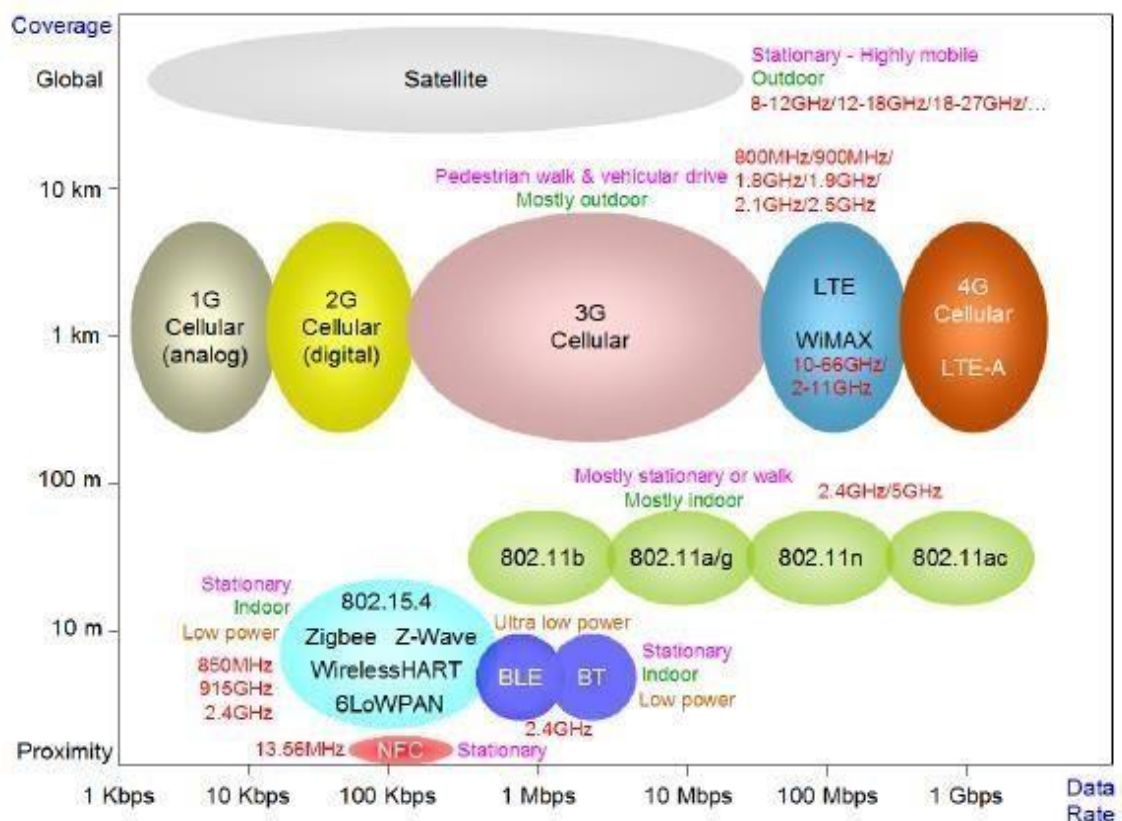
Ένα προσωπικό ασύρματο δίκτυο (WPAN) είναι ένα δίκτυο συσκευών που είναι εγκατεστημένο γύρω από το χώρο εργασίας ενός ατόμου. Το αρχικό πρότυπο για το WPAN ήταν το Bluetooth, γνωστό επίσης και ως IEEE 802.15.1, το οποίο παρείχε επικοινωνίες μικρής εμβέλειας με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης κάτω του 1 Mbps. Το Bluetooth ήταν η βάση για μια νέα οικογένεια προτύπων η οποία περιελάμβανε 7 διαφορετικές ομάδες εργασίας (πρότυπο IEEE 802.15.1 έως IEEE 802.15.7). Για παράδειγμα, το 2003 επικυρώθηκε το Zigbee, γνωστό ως πρότυπο IEEE 802.15.4, το οποίο στόχευε σε παρόμοια αγορά με το Bluetooth αλλά με χαμηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (20- 250 Kbps) χαμηλότερο κόστος και χαμηλότερη κατανάλωση ισχύος. Για επικοινωνίες μεγαλύτερων ταχυτήτων αναπτύχθηκε το high-rate WPAN (HR WPAN), γνωστό και 802.15.3, το οποίο στόχευε σε ταχύτητες μέχρι 55 Mbps.

Η ομάδα εργασίας IEEE 802.15.6 εστιάζει στα ασύρματα δίκτυα στην περιοχή του σώματος (WBANs) και στοχεύει σε επικοινωνίες χαμηλής ισχύος, χαμηλής συχνότητας και μικρής εμβέλειας. Τα WBANs είναι μια περιορισμένη εκδοχή των WPANs και αποτελούνται από έναν αριθμό ιατρικών συσκευών που έχουν τοποθετηθεί κοντά ή μέσα στο σώμα και

επικοινωνούν μεταξύ τους με τη χρήση υπέρυθρων ή μικροκυμάτων ή ακόμα και με σύζευξη κοντινού πεδίου μέσω της αγωγιμότητας του δέρματος. Τα κύρια είδη συσκευών που χρησιμοποιεί ένα WBAN δίκτυο είναι αισθητήρες που συλλέγουν, επεξεργάζονται και ενημερώνουν δεδομένα, ενεργοποιητές που δρουν σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με τους αισθητήρες ή μέσω διάδρασης με τον χρήστη, και προσωπικές συσκευές που συλλέγουν τις πληροφορίες από τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές και πληροφορούν τον χρήστη.

Η τεχνολογία WBAN βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο και αποτελεί πεδίο έρευνας. Η ομάδα εργασίας IEEE 802.15.6 είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη προτύπων για τα WBANs, ώστε να αντιμετωπιστούν οι κύριες προκλήσεις και οι περιορισμοί όπως η κατανάλωση ενέργειας και η ποιότητα υπηρεσιών. Από τη στιγμή που η τεχνολογία θα γίνει αποδεκτή και θα υιοθετηθεί πλήρως, αναμένεται να αποτελέσει σημαντική εξέλιξη στην ιατρική περίθαλψη.

Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, τα υπάρχοντα πρότυπα θα συνεχίσουν να ανανεώνονται ενώ πιθανότατα θα δημιουργηθούν και νέα. Η βασιζόμενη σε πρότυπα σύνδεση ιατρικών συσκευών με δίκτυα πληροφοριών και επικοινωνιών είναι υψίστης σημασίας για τη διαμόρφωση ενός συγκεκριμένου πλαισίου διαλειτουργικότητας, το οποίο θα επιτρέπει σε προηγμένες κλινικές λύσεις να ενσωματώνονται με ασφάλεια και επιτυχία στο υπάρχον σύστημα. Ως εκ τούτου, η βέλτιστη λύση θα ήταν η υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος το οποίο θα μπορούσε να επιτύχει διαλειτουργικότητα σήμερα και θα μπορούσε να συνδυαστεί με μελλοντικά πρότυπα για να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε πιθανή ανάγκη συνδεσιμότητας [26].

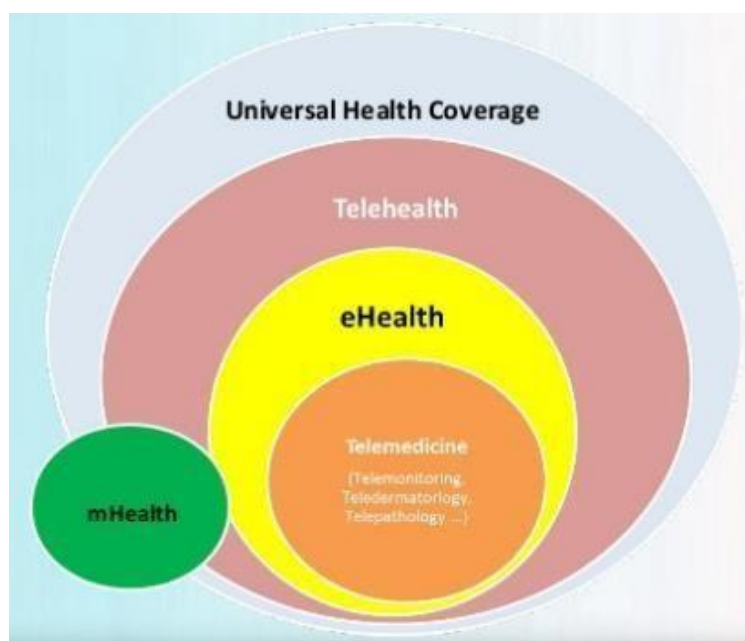


Εικόνα 20: Επισκόπηση των τεχνολογιών ασύρματων επικοινωνιών [55]

Κεφάλαιο 4: Κινητή Υγεία (m-health)

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει ορίσει την Κινητή Υγεία (mobile health, m-health) ως την «άσκηση της ιατρικής και δημόσιας υγείας που υποστηρίζεται από κινητές συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα, συσκευές παρακολούθησης των ασθενών, προσωπικούς ψηφιακούς βοηθούς (Personal Digital Assistants, PDAs), και άλλες ασύρματες συσκευές» [80].

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζονται η e-health, η Τηλεϊατρική και η m-health ως αλληλοσχετιζόμενα υποσύνολα του ευρύτερου συστήματος υγείας [127]:



Εικόνα 21: e-health, Τηλεϊατρική και m-health σε ένα σύγχρονο σύστημα υγείας

Η ταχέως αναπτυσσόμενη Κινητή Υγεία έρχεται να βελτιώσει την ποιότητα και αποδοτικότητα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Σε πολλές περιπτώσεις η Ηλεκτρονική Υγεία έχει ήδη δώσει λύσεις, οι οποίες όμως υστερούν λόγω της εγγενούς μη-φορητότητας. Για παράδειγμα, οι λύσεις Ηλεκτρονικής Υγείας που έχουν δοθεί για την κατ' οίκον διαχείριση χρόνιων ασθενειών θεωρούνται παρωχημένες, αφού ο ασθενής μπορεί μόνο μέσω του επιτραπέζιου ηλεκτρονικού υπολογιστή να παρέχει πληροφορία για την κατάστασή του. Το γεγονός αυτό σταδιακά οδηγεί στην απογοήτευσή του και ίσως, στην παραίτηση από την διαδικασία. Οι φορητές συσκευές, ως τεχνολογία Κινητής Υγείας, διευκολύνουν την ανατροφοδότηση πληροφορίας χάρη στη φορητότητά τους.

Ένα σύστημα Κινητής Υγείας απαρτίζεται από πολλές συνιστώσες. Μεταξύ αυτών, οι εφαρμογές λογισμικού (στο εξής θα αναφέρονται ως apps), οι οποίες μπορεί να αφορούν τη διαχείριση μιας ασθένειας ή γενικότερα, την ευεξία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα ασχοληθούμε με τις Φορητές ιατρικές συσκευές και τη σύνδεσή τους με τα apps, ώστε να γίνει κατανοητός ο ρόλος αμφοτέρων σε ένα σύστημα Κινητής Υγείας.

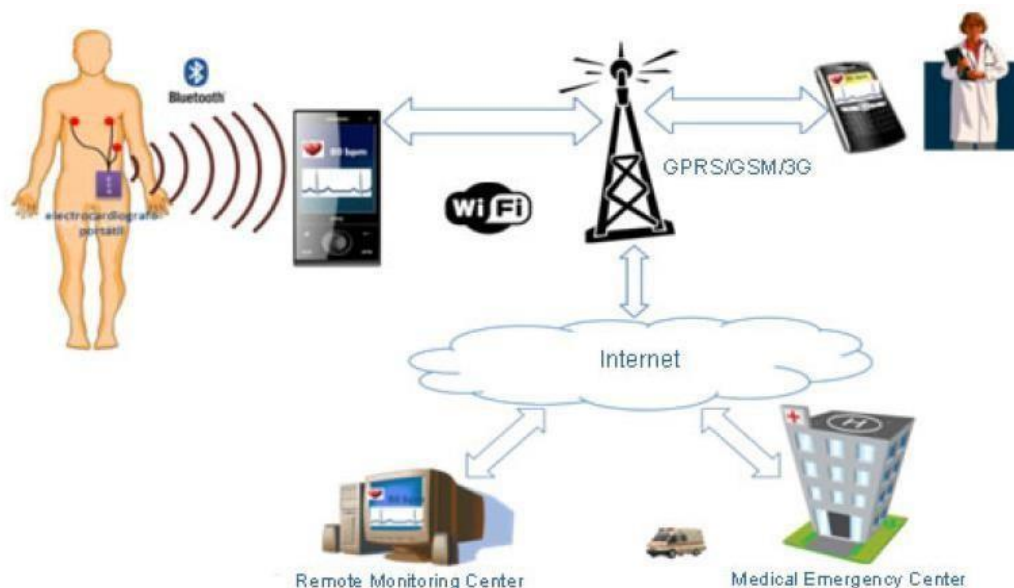
Οι πρόσφατες εξελίξεις στις ασύρματες επικοινωνίες έχουν βελτιώσει σημαντικά τις τεχνολογίες Κινητής Υγείας. Μέχρι στιγμής, η μετάβαση από τα δίκτυα 3G σε 4G επέκτεινε την εμβέλεια των smartphones, ενώ οι δορυφορικές επικοινωνίες έχουν συμβάλει στην

περαιτέρω αυτονόμηση των ασθενών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει ιδιαίτερη αναφορά στην πρόοδο και τις δυνατότητες του 5G.

Η Κινητή Υγεία συμβάλλει στην εξατομίκευση της παρεχόμενης περίθαλψης και παροτρύνει τους ασθενείς να συμμετάσχουν στη διαχείριση της υγείας τους. Χάρη στην εξ' αποστάσεως παρακολούθηση καθίσταται εφικτή η παραμονή των ασθενών στο σπίτι τους, γεγονός που επιδρά ιδιαίτερα ευνοϊκά στην ψυχολογία. Επιπλέον, αποφεύγονται οι περιττές επισκέψεις σε νοσοκομεία (π.χ. σε περιπτώσεις χρόνιων παθήσεων), καθώς και τα κόστη που αυτές συνεπάγονται [16].

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, στο eHealth Action Plan 2012-2020 [77], [78], ανακοίνωσε το “Green Paper on mobile Health” (2014). Αντικείμενο του Green Paper είναι η παρουσίαση των υφιστάμενων προκλήσεων στην Κινητή Υγεία και η αντιμετώπισή τους, με στόχο την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της Κινητής Υγείας στο έπακρο [79].

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η ευρέως υιοθετημένη αρχιτεκτονική δικτύωσης των τεχνολογιών Κινητής Υγείας [55].



Εικόνα 22: Ευρέως υιοθετημένη αρχιτεκτονική δικτύωσης στην Κινητή Υγεία

Αρχικά, η Φορητή συσκευή καταγράφει βιοσήματα του ασθενή. Η πληροφορία αυτή αποστέλλεται μέσω τεχνολογιών μικρής εμβέλειας (π.χ. Bluetooth) σε μια κινητή συσκευή (π.χ. smartphone). Έπειτα, μέσω προτύπων μεσαίας εμβέλειας (π.χ. WiFi) η πληροφορία μεταδίδεται σε ενδιάμεσους σταθμούς βάσης, ώστε τελικά να καταλήξει, μέσω τεχνολογιών μεγάλης εμβέλειας (π.χ. 3G) σε απομακρυσμένες συσκευές παρακολούθησης.

4.1 Ο ρόλος της Κινητής Υγείας σε ένα σύστημα υγείας

Ο γηράσκων πληθυσμός και ο αυξανόμενος αριθμός ασθενών με χρόνιες παθήσεις επιβαρύνουν τα συστήματα υγείας, οδηγώντας σε αυξημένες νοσηλείες, συνεχή περίθαλψη και «απότομα» κόστη.

Η Κινητή Υγεία είναι ένα από τα εργαλεία που θα μπορούσε να βοηθήσει στη διατήρηση της βιωσιμότητας των συστημάτων υγείας, υποστηρίζοντας πιο αποδοτική παροχή φροντίδας.

Παρέχει λύσεις ώστε οι πάσχοντες από χρόνια νοσήματα να αποφεύγουν τις περιττές νοσηλείες και συνδράμει στην αντιμετώπιση της έλλειψης επαγγελματιών υγείας. Εκτιμάται ότι περίπου 15% των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν μέσω της απομακρυσμένης παρακολούθησης [125].

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, ατόμων με αναπηρίες [80].

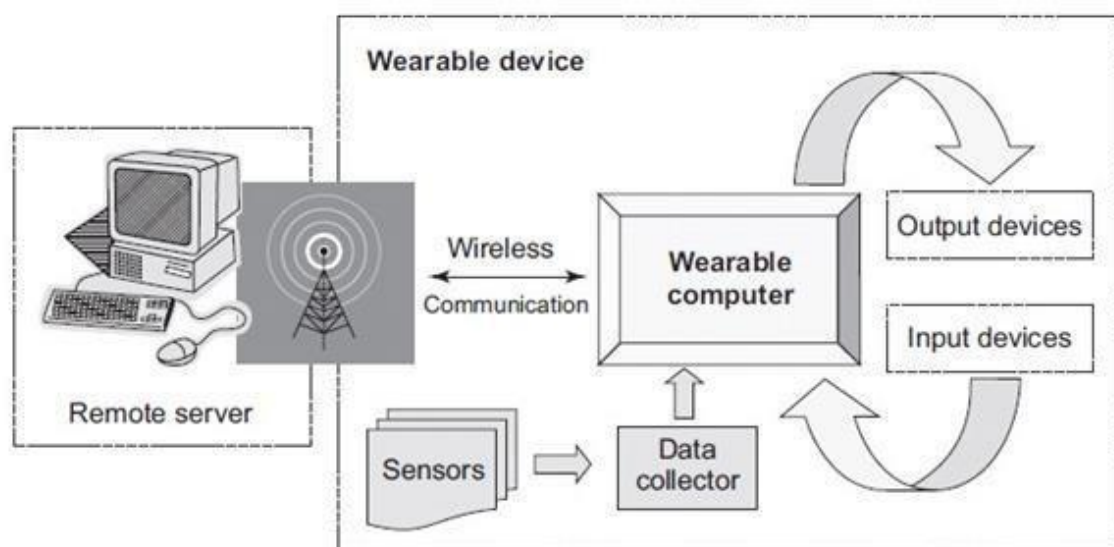
Ωστόσο, οι δυνατότητες της Κινητής Υγείας μέχρι στιγμής δεν αξιοποιούνται στο μέγιστο. Πιθανώς οι πάροχοι υπηρεσιών υγείας και οι ενδεχόμενοι επενδυτές να χρειάζονται περαιτέρω ενδείξεις των κλινικών και οικονομικών οφελών προτού διευρύνουν την υιοθέτησή της.

4.2 Φορητές συσκευές (Wearables)

Μια φορητή (wearable) ιατρική συσκευή μπορεί να περιγραφεί ως ένα μη επεμβατικό σύστημα που επιτελεί μία σαφώς ορισμένη λειτουργία, όπως παρακολούθηση ή υποστήριξη. Η συσκευή είναι τοποθετημένη είτε απευθείας στο ανθρώπινο σώμα, είτε επί της ένδυσης [81]. Έτσι, κατά το σχεδιασμό της πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν η πιθανώς παρατεταμένη χρήση της, δηλαδή να έχει μικρό μέγεθος και βάρος, καθώς και αυτονομία ισχύος.

4.2.1 Αρχιτεκτονική τυπικής φορητής συσκευής και περιβάλλον αλληλεπίδρασης

Στο ακόλουθο σχήμα απεικονίζεται η αρχιτεκτονική μιας φορητής συσκευής τηλεμετρίας και οι αλληλεπιδράσεις της με το περιβάλλον [12].



Εικόνα 23: Αρχιτεκτονική τυπικής Φορητής συσκευής τηλεμετρίας

Πιο αναλυτικά, οι επιμέρους συνιστώσες έχουν ως εξής:

- Οι Αισθητήρες, βιοϊατρικοί και περιφερειακοί, συλλέγουν αυτόματα πληροφορία, βιολογική και περιβαλλοντική.
- Οι Συσκευές Εισόδου αποτελούνται από το Hardware που επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων από το χρήστη.
- Ο Φορετός Υπολογιστής είναι ο πυρήνας του συστήματος, αφού επεξεργάζεται και αποθηκεύει τα δεδομένα που εισέρχονται με τους δύο ανωτέρω τρόπους. Παρέχει επίσης τα μέσα για ασύρματη επικοινωνία.
- Ο Απομακρυσμένος Διακομιστής αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε σύνδεση της συσκευής με τον έξω κόσμο, όπως με εγκαταστάσεις τηλεϊατρικής και το Διαδίκτυο.
- Οι Συσκευές Εξόδου περιλαμβάνουν συσκευές είτε απεικόνισης, είτε ανατροφοδότησης. Για παράδειγμα, αν έπειτα από επεξεργασία δεδομένων κριθεί απαραίτητη η χορήγηση φαρμάκου, παράγεται σχετική ειδοποίηση χάρη στην ανατροφοδότηση.

4.2.1.1 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες αποτελούν τον πυρήνα κάθε Φορετής συσκευής. Πρέπει να είναι μη επεμβατικοί, ώστε οι μετρήσεις να είναι κατά το δυνατόν πιο ανώδυνες, να εξασφαλίζεται άνεση και πρόληψη από μολύνσεις. Επίσης, η έξοδος των αισθητήρων πρέπει να είναι ηλεκτρική, ώστε οι μετρήσεις να μπορούν να επεξεργαστούν ψηφιακά. Πέραν των θεμελιωδών αυτών απαιτήσεων, ένας αισθητήρας οφείλει να είναι λογικού μεγέθους, χαμηλού κόστους και κατανάλωσης ισχύος, καθώς και αξιόπιστος εντός του προβλεπόμενου περιβάλλοντος λειτουργίας (για παράδειγμα, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες δεν ενδείκνυνται για λειτουργία εν κινήσει).

Βάσει της μετρούμενης πληροφορίας, οι φορετοί αισθητήρες διακρίνονται σε βιοϊατρικούς και περιφερειακούς.

(i)Βιοϊατρικοί: Καταγράφουν βιοσήματα όπως την καρδιακή και μυϊκή δραστηριότητα, την αναπνοή, τη θερμοκρασία δέρματος, την αρτηριακή πίεση, αλλά και κινησιολογική δραστηριότητα, όπως τη στάση του σώματος και την επιτάχυνση [28]. Ενδεικτικά παραδείγματα:

- Επιφανειακά ηλεκτρόδια δέρματος- ανιχνεύουν επιφανειακά δυναμικά κατά την παρακολούθηση ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και ηλεκτρομυογραφήματος.
- Θερμίστορ θερμοκρασίας- ανιχνεύουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος.
- Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες- χρησιμοποιούνται για παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και της αναπνευστικής προσπάθειας.

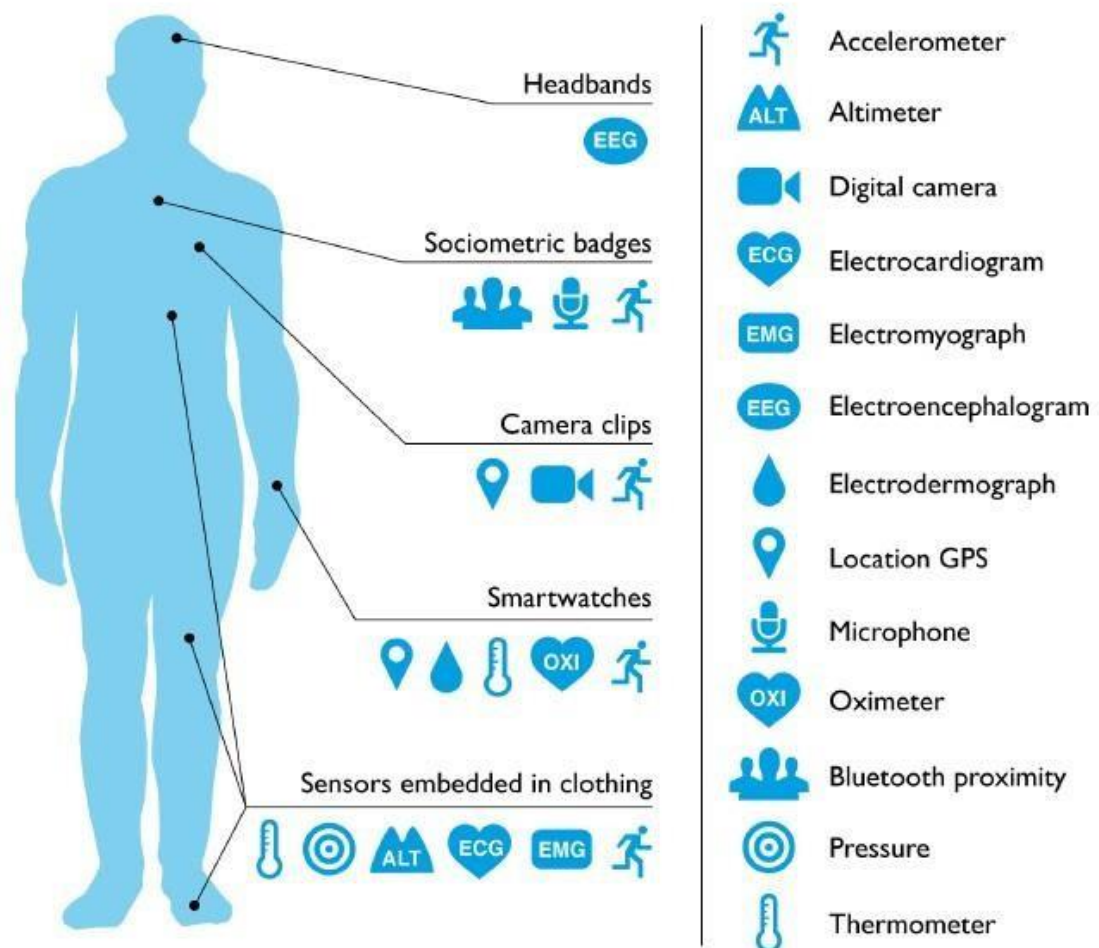
(ii) Περιφερειακοί: Συλλέγουν πληροφορία από το εξωτερικό περιβάλλον. Ενδεικτικά παραδείγματα: κάμερες, αισθητήρες επαφής, περιβαλλοντικοί αισθητήρες, GPS, σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS).

Μια δεύτερη κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει βάσει τοποθέτησης, οπότε οι αισθητήρες διακρίνονται σε:

- (i) Ενσωματωμένους σε ενδύματα.
- (ii) Απευθείας προσαρτημένους στο σώμα.

Οι αισθητήρες που εμπίπτουν στη δεύτερη κατηγορία προορίζονται κυρίως για βραχυπρόθεσμες εφαρμογές (μερικών ημερών). Διαφορετικού σκοπού αισθητήρες μπορούν να συνδεθούν ως ξεχωριστοί κόμβοι και να σχηματίσουν ένα ενιαίο δίκτυο. Τα δίκτυα αισθητήρων συνήθως συνδέονται ασύρματα μέσω τεχνολογιών όπως ZigBee.

Όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα, μία σημερινή φορητή συσκευή δύναται να παρακολουθεί ταυτόχρονα αρκετούς παράγοντες κινδύνου [29].



Εικόνα 24: Φορητές συσκευές σε διάφορες περιοχές του ανθρώπινου σώματος

Στα καταγραφόμενα μεγέθη περιλαμβάνονται τα εξής:

- Μέτρηση καρδιακού ρυθμού με οξύμετρο ενσωματωμένο σε δαχτυλίδι.
- Καταγραφή μυϊκής δραστηριότητας με ηλεκτρομυογραφικό αισθητήρα ενσωματωμένο στο ρουχισμό.
- Μέτρηση άγχους με ηλεκτροδερμικό αισθητήρα ενσωματωμένο σε περικάρπιο.
- Καταγραφή φυσικής δραστηριότητας και ύπνου μέσω επιταχυνσιόμετρου σε ρολόι.
- Προσδιορισμός περιόδου αυξημένης γονιμότητας μιας γυναίκας, μέσω παρακολούθησης της θερμοκρασίας σώματος [82].
- Παρακολούθηση επιπέδων νοητικής συγκέντρωσης με ηλεκτροεγκεφαλογραφικά ηλεκτρόδια (χωρίς gel) [83].
- Παρακολούθηση επιπέδου κοινωνικών αλληλεπιδράσεων ανιχνεύοντας την εγγύτητα προς άλλους ανθρώπους, με τεχνολογίες όπως το Bluetooth.

4.2.2 Εφαρμογές σε υγιή άτομα

Στις μέρες μας, μεγάλο ποσοστό ανθρώπων που έχουν ήδη έναν υγιεινό τρόπο ζωής, προμηθεύονται φορητές συσκευές με σκοπό να ποσοτικοποιήσουν την πρόοδό τους σε φυσικές δραστηριότητες [84]. Από την πλευρά τους, οι κατασκευαστές τέτοιων συσκευών (π.χ. Fitbit, Jawbone, Nike) θέτουν ως στόχο την αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών, προωθώντας την υιοθέτηση υγιών συνθηκών.

Υπάρχει επίσης κόσμος που ενδιαφέρεται για λειτουργίες εφάμιλλες του «Ποσοτικοποιημένου Εαυτού» (Π.Ε.) που αναφέρθηκε προηγουμένως (π.χ. βελτίωση ύπνου, διαχείριση άγχους, αύξηση παραγωγικότητας). Παρότι ο Π.Ε. ως ιδέα μετρά περίπου 10 χρόνια, δεν έχει γίνει ακόμη σαφές εάν οι λειτουργίες που παρέχει συμβάλλουν, έστω και έμμεσα, στη βελτίωση της υγείας. Τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι οι υποκειμενικές εμπειρίες των χρηστών, οι οποίες σαφώς δεν αποτελούν αξιόπιστα επιστημονικά τεκμήρια. Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι 32% των χρηστών σταματάνε να φορούν τις συσκευές αυτές μετά από 6 μήνες, ενώ το 50% μετά από 1 έτος [85]. Τέλος, υπάρχει η αντίληψη ότι αρκετές φορητές συσκευές δεν εξυπηρετούν κάποιο υφιστάμενο πρόβλημα, παρά δημιουργούν πλασματικές ανάγκες στους καταναλωτές.

4.2.3 Εφαρμογές σε άτομα με συγκεκριμένη ασθένεια

Η μέχρι στιγμής ακαδημαϊκή έρευνα υποστηρίζει ότι είναι εφικτός ο προσδιορισμός της σοβαρότητας των καταθλιπτικών συμπτωμάτων βάσει αριθμού συζητήσεων, ποσότητας φυσικής δραστηριότητας και μέτρησης της διάρκειας ύπνου, με χρήση φορητού περικάρπιου σε συνδυασμό με app σε smartphone [117]. Επίσης, η υπνική άπνοια θα μπορούσε να διαγνωστεί έγκαιρα και να βελτιωθεί η ποιότητα ύπνου, με μια ελαφριά φορητή συσκευή που μετράει τον καρδιακό ρυθμό και τον όγκο αναπνοής, καθώς και το ροχαλητό (μέσω της δόνησης των ιστών) [118]. Ωστόσο, οι προαναφερθείσες εφαρμογές παραμένουν σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, συνεπώς δεν έχουν λάβει πιστοποίηση για ιατρική χρήση.

Οι κλινικές εφαρμογές που βρίσκονται σε ισχύ αφορούν κατά κύριο λόγο:

- Την αντιμετώπιση της καθιστικής ζωής και της παχυσαρκίας, μέσω βηματόμετρων σε συνδυασμό με εφαρμογές λογισμικού.

- Την τηλεπαρακολούθηση ασθενών με χρόνιες παθήσεις όπως πνευμονικές καταστάσεις, διαβήτη, υπέρταση, καρδιαγγειακές παθήσεις κ.ά.

4.2.4 Σχεδιαστικές προκλήσεις

Στις φορητές συσκευές πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα για την εργονομία, ώστε να είναι εύκολα αποδεκτές από τους ασθενείς/ χρήστες. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν και θέματα τεχνικής φύσης. Τα κυριότερα ζητήματα που ενέχει ο σχεδιασμός τους, περιγράφονται παρακάτω [12].

4.2.4.1 Φορητότητα και Εργονομία

- Σημείο τοποθέτησης: Η επιλογή του πρέπει να γίνει έτσι ώστε η συσκευή να είναι διακριτική, αφού αποσκοπεί σε καθημερινή χρήση. Επιπλέον, το σημείο να είναι τέτοιο ώστε να υπάρχει μερική προστασία από τυχαία χτυπήματα.
- Σχήμα: Το σχήμα της συσκευής πρέπει να εξασφαλίζει άνετη και σταθερή εφαρμογή.
- Ανθρώπινη κίνηση: Η φορητή συσκευή θα πρέπει να επιτρέπει την ελευθερία κινήσεων, την κάμψη και την έκταση των μυών, κάτι που επιτυγχάνεται με πιο προσεκτικό σχεδιασμό γύρω από τις περιοχές των αρθρώσεων.
- Μέγεθος: Πρέπει να ανταποκρίνεται σε όσο το δυνατόν περισσότερα είδη σωμάτων
- Προσάρτηση: Είναι ιδιαίτερος σημαντική για τους αισθητήρες, καθώς μικρές εκτοπίσεις μπορεί να προκαλέσουν μεγάλη παρεμβολή στις λαμβανόμενες εισόδους.
- Βάρος: Το συνολικό βάρος θα πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλότερο. Η κατανομή βάρους είναι εξίσου σημαντική και μπορεί να επιτευχθεί μεταφέροντας τα μεγαλύτερα φορτία πλησιέστερα στο κέντρο βάρους του σώματος (στομάχι, μέση), έτσι ώστε να μην επηρεαστούν η κίνηση και η ισορροπία του σώματος.
- Προσβασιμότητα: Αναφέρεται στο σημείο τοποθέτησης της συσκευής, ώστε να καταστεί εύχρηστη.
- Αλληλεπίδραση: Ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με τη συσκευή θα πρέπει να 'ναι απλός (ενεργητικός ή παθητικός).
- Ζητήματα Θερμότητας: Το σώμα χρειάζεται να αναπνέει και είναι ευαίσθητο στη θερμότητα, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν κατά τη σχεδίαση αντικειμένων που παράγουν ή παγιδεύουν θερμότητα.

4.2.4.2 Τεχνικά Ζητήματα

- Ασφάλεια: Η μη επεμβατική φύση των φορητών συσκευών μειώνει την πιθανότητα πρόκλησης άμεσης ζημιάς στον ασθενή. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να προκληθούν ενοχλήσεις, όπως δερματικά εξανθήματα κατά την παρατεταμένη χρήση συγκεκριμένων αισθητήρων.

Οι φορητές συσκευές μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν εσφαλμένα, καθώς προορίζονται για μη πεπειραμένους χρήστες, με διαφορετικό εκπαιδευτικό υπόβαθρο και διαφορετικό βαθμό εξοικείωσης με τεχνολογικό εξοπλισμό. Αντιθέτως, στις καταπόσιμες και εμφυτεύσιμες συσκευές δεν υπάρχει άμεση αλληλεπίδραση του χρήστη με τη συσκευή, συνεπώς δεν υφίσταται ανάλογο πρόβλημα.

- Αξιοπιστία: Είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ιατρικές συσκευές που στοχεύουν στη διαχείριση καταστάσεων δυνητικά απειλητικών για τη ζωή. Επίσης, σε συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για μακροχρόνια χρήση χωρίς την παρέμβαση εμπειρογνομόνων. Η αξιοπιστία της φορητής συσκευής μπορεί να βελτιωθεί με την απλούστευση της αρχιτεκτονικής της, ήτοι με τη μείωση των μονάδων software και hardware. Η προσέγγιση αυτή συνάδει και με την επιθυμητή εργονομία. Επιπλέον, μπορούν να προστεθούν εφεδρικοί αισθητήρες οι οποίοι θα παρέχουν εισόδους ασφαλείας (backup inputs).
- Κατανάλωση Ισχύος: Αποτελεί ζήτημα που υπεισέρχεται και στο σχεδιασμό της συσκευής, καθώς οι μπαταρίες καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το συνολικό μέγεθος και βάρος της φορητής συσκευής, ειδικά σε εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις ισχύος. Ο μηχανικός-σχεδιαστής καλείται να αποφασίσει εάν η τροφοδοσία θα είναι κεντρική ή κατανεμημένη στα επιμέρους δομικά στοιχεία της συσκευής. Η σύγχρονη τάση οδηγεί σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες με μικρό μέγεθος, αλλά μεγάλες χωρητικότητες. Επίσης, ερευνάται το ενδεχόμενο συμπλήρωσης ισχύος από ηλιακά κύτταρα υφασμένα στην «υπολογιστική ενδυμασία».
- Διαχείριση πληροφορίας: Οι φορητές ιατρικές συσκευές μπορούν να συλλέγουν, επεξεργάζονται, παρουσιάζουν και μεταδίδουν πληροφορίες, λειτουργίες οι οποίες έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις. Πιο συγκεκριμένα:

Απόκτηση δεδομένων: Στις φορητές συσκευές, η αξιοπιστία των αποκτηθέντων δεδομένων μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από περιβαλλοντικούς παράγοντες, σε αντίθεση με τις καταπόσιμες. Επί παραδείγματι, υψηλό επίπεδο εξωτερικού θορύβου θα δυσχεράνει την αναγνώριση φωνής. Επίσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος και η υγρασία μπορεί να παραποιήσουν τις εισόδους των αισθητήρων.

Επεξεργασία σήματος: Σε πολλές περιπτώσεις (π.χ. holter), τα κλινικά δεδομένα του ασθενή συλλέγονται για ορισμένο χρονικό διάστημα, ενώ η επεξεργασία έπεται. Όμως η αναγκαιότητα απόκρισης σε πραγματικό χρόνο σε πληθώρα φορητών συσκευών, συνεπάγεται την ενσωμάτωση Hardware για προηγμένη επεξεργασία σήματος in situ (επί τόπου). Το Hardware περιλαμβάνει A/D μετατροπείς (μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό), φίλτρα για περιορισμό του θορύβου και μονάδες για διόρθωση της παραμόρφωσης που υπόκεινται τα σήματα.

Αποθήκευση: Οι φορητές συσκευές περιλαμβάνουν buffers. Ο buffer αποτελεί περιοχή της φυσικής μνήμης που χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων που μόλις αποκτήθηκαν ή ακριβώς πριν αποσταλούν σε μηχανισμό εξόδου.

Σε εφαρμογές που ενέχουν μακροχρόνια παρακολούθηση ή μεγάλες ποσότητες δεδομένων, ενδέχεται να προηγηθεί συμπίεση των δεδομένων.

Επεξεργασία πληροφορίας: Πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο απλή, ιδιαίτερα όταν απαιτείται απόκριση πραγματικού χρόνου ή ανατροφοδότηση.

Ωστόσο, όταν πρέπει να συσχετισθούν ή να συγκριθούν ιατρικά δεδομένα, χρειάζονται μηχανισμοί ειδοποίησης και υποστήριξης αποφάσεων (ευφυείς αλγόριθμοι). Αναπόφευκτα λοιπόν, οι υπολογιστικές απαιτήσεις αυξάνονται. Οι ευφυείς αλγόριθμοι δύνανται να αξιολογούν δεδομένα από πολλαπλούς αισθητήρες ταυτόχρονα. Υφίσταται όμως ένα άνω όριο στο πλήθος των αισθητήρων, η υπέρβαση του οποίου οδηγεί σε εκθετική μείωση της δυνατότητας των αλγορίθμων να διαχειριστούν τα δεδομένα τους.

4.3 Smartphones στην υπηρεσία της Υγείας

Έχοντας αναφερθεί εκτενώς στις Φορητές συσκευές, η επόμενη θεμελιώδης συνιστώσα ενός συστήματος Κινητής Υγείας είναι τα smartphones.

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί ραγδαία αύξηση του πληθυσμού που έχει στην κατοχή του ένα smartphone. Το γεγονός αυτό οφείλεται στις ανεπτυγμένες λειτουργίες που παρέχει, μεταξύ των οποίων: υψηλότερης ανάλυσης εικόνες και βίντεο, ευρεία κάλυψη, περισσότερη επεξεργαστική δύναμη, ενσωμάτωση διαφορετικού τύπου αισθητήρων. Μάλιστα, σε ορισμένες περιπτώσεις προτιμούνται οι αισθητήρες ενός smartphone έναντι συμβατικών ιατρικών οργάνων, αφού οι ψηφιακές καταγραφές είναι πολύ μεγαλύτερης ακρίβειας (παράδειγμα “i-stethoscope” για καταγραφή του καρδιακού χτύπου [86]) [16].

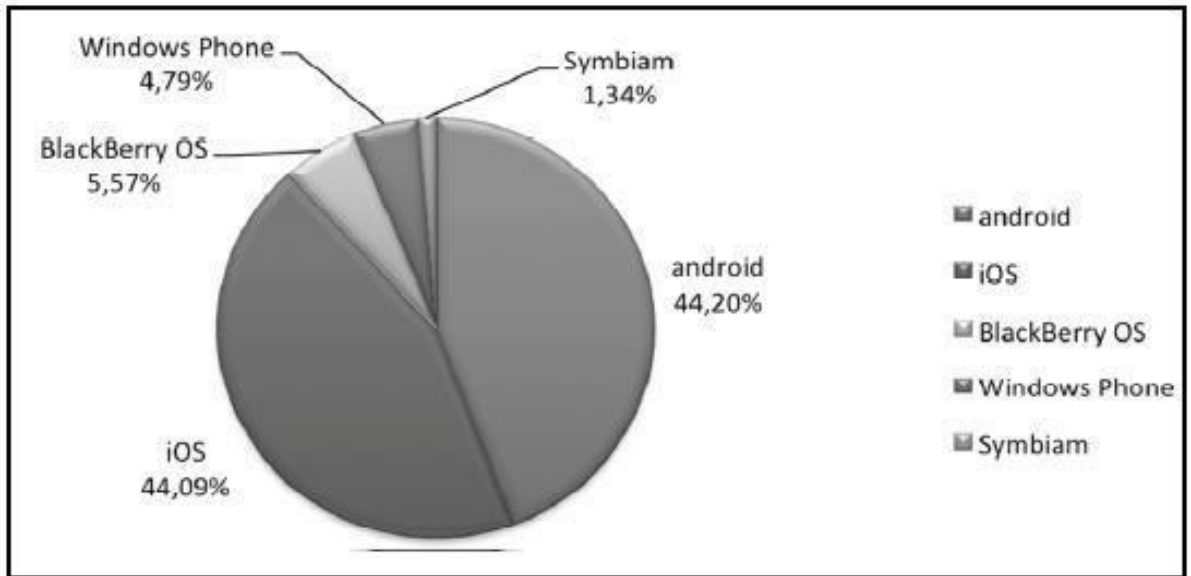
Συχνά, η επιλογή των smartphones γίνεται με γνώμονα το λειτουργικό τους σύστημα και των apps που αυτό παρέχει. Έτσι, μπορεί να ειπωθεί ότι η δημοτικότητά τους εξαρτάται από τη συνέχιση της ανάπτυξης καινοτόμων και χρήσιμων εφαρμογών. Η πλειοψηφία των apps απευθύνεται στους καταναλωτές (στον χώρο υγείας: ασθενείς), ενώ κάποιες προορίζονται για τους ιατρούς και άλλους παρόχους υγείας [5].

4.4 Εφαρμογές Λογισμικού (Apps)

Στις μέρες μας, έχει σημειωθεί ραγδαία αύξηση στα διαθέσιμα εμπορικά apps που στοχεύουν στον ασθενή [87], [119].

Οι Isabel de la Torre-Diez, Joel J. P. C. Rodrigues, Jon Arambarri et al., πραγματοποίησαν έρευνα σχετικά με τις υφιστάμενες εμπορικές εφαρμογές λογισμικού για την υγεία. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων με διαγράμματα βάσει διαφορετικών ταξινομήσεων καθιστά ιδιαίτερα βολική την εξαγωγή ποιοτικών συμπερασμάτων. Η έρευνα διεξήχθη για 26 τύπους ασθενειών, για τις οποίες διαπιστώθηκε ότι συνολικά υπάρχουν 2840 διαθέσιμα apps [8].

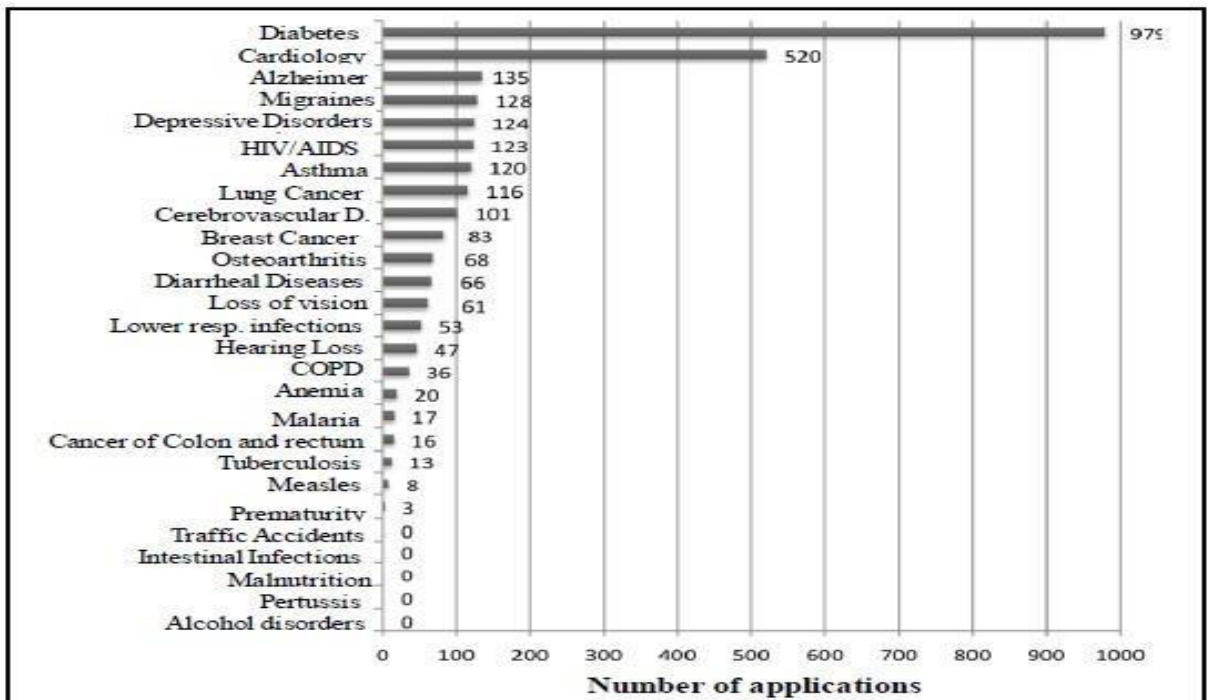
Τα περισσότερα apps είχε το Google Play (1254) [88], ενώ ακολουθούν τα iTunes με 1251 [89]. Στην Τρίτη θέση βρίσκεται το BlackBerry World με 158 apps [90], και ακολουθεί το Apps+ games με 136 [91]. Τέλος, το Oni Store διαθέτει μόλις 40 [92]. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα ανωτέρω αποτελέσματα στη μορφή ποσοστών.



Εικόνα 25: Ποσοστό της αγοράς που κατέχει κάθε πλατφόρμα [8]

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, οι πλατφόρμες Android και iOS κατέχουν το 44.2% και 44.09% των μετοχών, αντίστοιχα. Ουσιαστικά, έχουν το ίδιο περίπου μερίδιο. Ακολουθούν το Windows Phone με 4.79% και το BlackBerry OS με 4.79%, ποσοστά και πάλι εφάμιλλα. Τέλος, το Symbian κατέχει μόλις το 1%.

Η παρακάτω ταξινόμηση παρουσιάζει το πλήθος apps ανά ασθένεια:



Εικόνα 26: Πλήθος apps ανά ασθένεια [8]

Τα ηνία κατέχει ο διαβήτης, με σχεδόν 1000 εφαρμογές, ποσοστό δηλαδή περίπου 35% επί του συνόλου. Στη συνέχεια απεικονίζεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής:



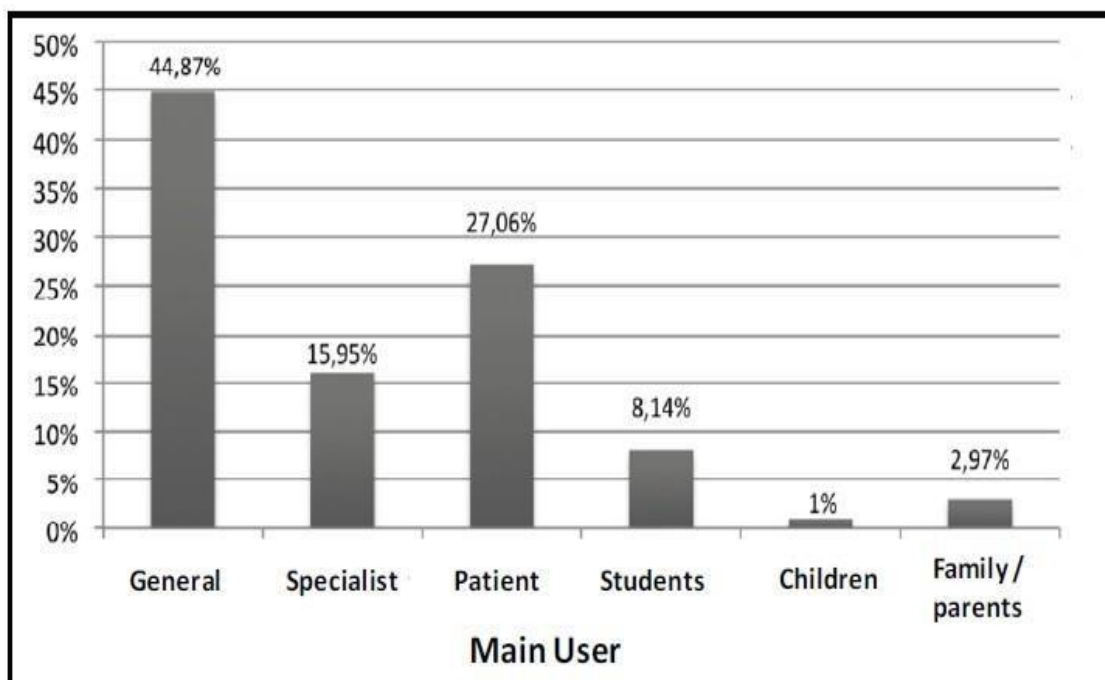
Εικόνα 27: Το iBGStar app μετράει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα [93].

Ακολουθούν οι καρδιολογικές εφαρμογές με 520 εφαρμογές, δηλαδή το 18.33%. Στην Τρίτη θέση, με αξιοσημείωτη διαφορά από τους προηγούμενους τύπους ασθενειών βρίσκεται το Alzheimer με 135 εφαρμογές (4.75%). Στην ίδια κλίμακα κινούνται και όσοι έπονται. Ενδεικτικά: Για τον ιό HIV διατίθενται 123 εφαρμογές (4.33%), για το άσθμα 120 (4.23%), για τον καρκίνο των πνευμόνων 116 εφαρμογές (4.08%), για την εγκεφαλοαγγειακή νόσο 101 εφαρμογές (3.56%).

Σε ελαφρώς μικρότερη κλίμακα (λιγότερες διαθέσιμες εφαρμογές) κινούνται οι εξής ασθένειες: Καρκίνος του μαστού με 83 εφαρμογές (2.92%), οστεοαρθρίτιδα με 68 εφαρμογές (2.4%), διαρροϊκές ασθένειες με 66 εφαρμογές (2.32%), 61 εφαρμογές για απώλεια όρασης, 53 εφαρμογές (1.86%) για λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος, 47 εφαρμογές (1.65%) για απώλειες ακοής, και 36 εφαρμογές (1.27%) για χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια.

Στις ασθένειες με ποσοστό διαθέσιμων apps κάτω του 1% συγκαταλέγονται οι: αναιμία, ελονοσία, ο καρκίνος του παχέος εντέρου, η φυματίωση, η ιλαρά και ο πρόωρος τοκετός.

Τέλος, για τις ακόλουθες περιπτώσεις δεν υφίσταται ούτε ένα app: τροχαία ατυχήματα, εντερικές λοιμώξεις, υποσιτισμός, κοκκύτης καθώς και αλκοολικές διαταραχές.



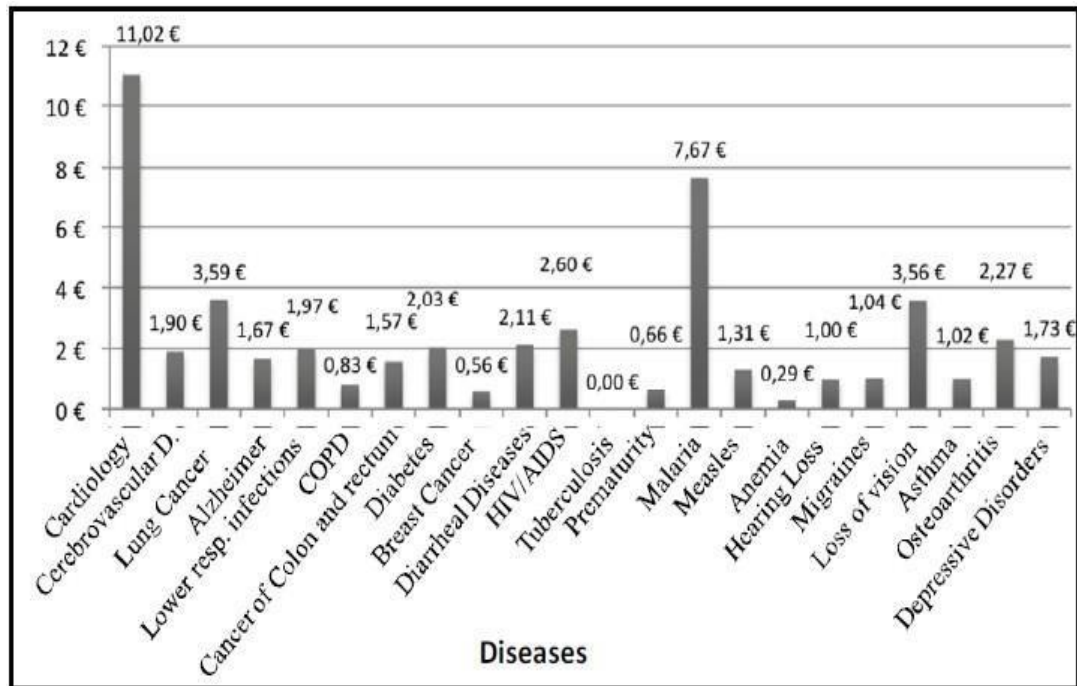
Εικόνα 28: Χρήστες στους οποίους στοχεύουν τα apps [8]

Μια διαφορετική κατηγοριοποίηση θέτει ως κριτήριο τον κύριο τύπο χρήστη στον οποίο στοχεύει το app. Τα ποσοστά φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

Σχεδόν τα μισά apps (44.87%) είναι γενικού σκοπού, συνεπώς απευθύνονται στο γενικό πληθυσμό. Οι ασθενείς βρίσκονται στο 27.06%, ενώ οι ειδικοί στο 15.95%. Οι μαθητές αποτελούν το 8.14%. Τέλος, οι ομάδες στις οποίες οι εφαρμογές στοχεύουν λιγότερο είναι οι γονείς/οικογένεια και τα παιδιά, με ποσοστά 2.97% και 1%, αντίστοιχα.

Το κύριο χαρακτηριστικό που θα καθορίσει σε σημαντικό βαθμό την επιτυχία ενός app είναι η τιμή του. Όσοι ενδιαφέρονται για συγκεκριμένο app προτίθενται να πληρώσουν παραπάνω. Οι χρήστες όμως που ενδιαφέρονται για χαρακτηριστικά που παρέχουν αρκετά apps, θα διαλέξουν το δωρεάν ή αυτό με τη χαμηλότερη τιμή, εφόσον τα όμοιά τους επί πληρωμή δεν παρέχουν αξιόλογα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά [8]. Κατά μέσο όρο, το 56.9% των apps διατίθενται δωρεάν.

Τέλος, στο ακόλουθο διάγραμμα φαίνεται το μέσο κόστος αγοράς app ανά ασθένεια. Το εύρος του μέσου κόστους είναι από 0.01 έως 2 ευρώ, συνεπώς αρκετά χαμηλό.



Εικόνα 29: Μέση τιμή αρρ ανά ασθένεια [8]

4.5 Παιγνιδοποίηση & Σοβαρά Παιχνίδια (Gamification & Serious Games)

Δύο έννοιες που συχνά συγχέονται είναι αυτές της Παιγνιδοποίησης (“Gamification”) και των Σοβαρών Παιχνιδιών (“Serious Games”).

Με τον όρο Gamification αναφερόμαστε σε εφαρμογές που ενσωματώνουν στοιχεία παιχνιδιών σε πλαίσιο μη-παιχνιδιού, με σκοπό να παρακινήσουν τον χρήστη να τις χρησιμοποιήσει. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν εφαρμογές που απευθύνονται σε άτομα που τρέχουν συχνά και καταμετρούν απόσταση, χρόνο άσκησης και θερμίδες. Σε αυτές τις εφαρμογές υπάρχουν έπαθλα, achievements, high scores κ.ά., τα οποία αποτελούν στοιχεία παιχνιδιών [94].

Αντιθέτως, τα Σοβαρά Παιχνίδια είναι ολοκληρωμένα παιχνίδια. Είναι κοινώς αποδεκτό ότι ένα Σοβαρό Παιχνίδι έχει ως στόχο όχι μόνο την ψυχαγωγία, αλλά και την εκμάθηση του χρήστη σε θέματα που άπτονται ενός τομέα ενδιαφέροντος.



Εικόνα 30: Τα Serious Games ως τομή του Gamification και των συμβατικών παιχνιδιών [109]

4.5.1 Εφαρμογές στον τομέα υγείας

Ένας από τους βασικούς τομείς εφαρμογής των Σοβαρών Παιχνιδιών είναι αυτός της υγείας. Οι τύποι παιχνιδιών του τομέα περιγράφονται στη συνέχεια:

- Εκπαιδευτικά

Όσα παιχνίδια εμπίπτουν στη συγκεκριμένη κατηγορία έχουν ως στόχο κυρίως την πληροφόρηση του χρήστη. Τα παιχνίδια αυτά μπορεί να αφορούν είτε ιατρούς, όπως π.χ. προσομοίωση επέμβασης για χειρουργούς [17], είτε ασθενείς που ενδιαφέρονται να ενημερωθούν για την ασθένειά τους. Μεγάλο ποσοστό της δεύτερης περίπτωσης απαρτίζεται από παιχνίδια που αφορούν το διαβήτη, τα οποία συμβουλεύουν τους ασθενείς για το πώς θα μπορέσουν να κρατήσουν τη γλυκόζη τους σε φυσιολογικά για τον οργανισμό τους, επίπεδα.

- Συμπεριφορικά

Στην κατηγορία αυτή υπάρχουν Σοβαρά Παιχνίδια που προσπαθούν να αλλάξουν τον τρόπο που αντιδρά ο χρήστης σε διάφορα ερεθίσματα. Παράδειγμα αποτελούν τα παιχνίδια που επιχειρούν να πείσουν ασθενείς να ακολουθούν τη φαρμακευτική τους αγωγή, όπως επίσης και αυτά που προτρέπουν τους χρήστες σε αλλαγή των διατροφικών τους συνηθειών [23].

- Νοητικά

Στην κατηγορία των νοητικών Σοβαρών Παιχνιδιών ανήκουν αυτά που σαν στόχο έχουν να βοηθήσουν τους ασθενείς να εξασκήσουν το μυαλό τους. Τέτοια παιχνίδια μπορούν για παράδειγμα να οξύνουν τη μνήμη ατόμων που πάσχουν από τη νόσο του Alzheimer [7]. Εφαρμογή βρίσκουν επίσης και σε άτομα που πάσχουν από κατάθλιψη, βοηθώντας τα να ξεπεράσουν το πρόβλημά τους (π.χ. “Elude” [123]). Επίσης, συμβάλλουν στην καταπολέμηση διατροφικών διαταραχών και διαταραχών ελέγχου παρόρμησης [11].

- Εκγύμνασης

Στη συγκεκριμένη κατηγορία εμπίπτουν Σοβαρά Παιχνίδια που στοχεύουν στην ενεργοποίηση του χρήστη έτσι ώστε να ξεκινήσει κάποιο είδος φυσικής άσκησης. Σημαντικός αριθμός τέτοιων παιχνιδιών αφορούν την καταπολέμηση της παχυσαρκίας [33], [3]. Η πάθηση αυτή είναι σημαντική καθώς εμφανίζεται με αυξανόμενους ρυθμούς σε άτομα νεαρής ηλικίας, και μπορεί να δημιουργήσει πολλά προβλήματα. Ωστόσο, είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί πλήρως με κατάλληλη διατροφή και γυμναστική, έννοιες που προωθούν τα συγκεκριμένα παιχνίδια. Επίσης, έχουν αναπτυχθεί Σοβαρά Παιχνίδια για πόνους στη μέση, τα οποία παρέχουν στο χρήστη συμβουλές για τη σωστή εκτέλεση καταπραϊντικών ασκήσεων [18].

- Αποκατάστασης

Αυτή η κατηγορία χωρίζεται σε δύο υποκατηγορίες. Η μία αφορά τη φυσική αποκατάσταση [27], ενώ η άλλη τη διανοητική. Τα Σοβαρά Παιχνίδια της πρώτης υποκατηγορίας παρουσιάζουν κοινά στοιχεία με αυτά της εκγύμνασης, ενώ της δεύτερης υποκατηγορίας με αυτά των νοητικών παιχνιδιών. Η ειδοποιός διαφορά έγκειται στο ότι τα Σοβαρά Παιχνίδια «αποκατάστασης» αφορούν άτομα που υπέστησαν σωματικό ή πνευματικό τραυματισμό και προσπαθούν να επανέλθουν στην πρότερη κατάστασή τους. Παράδειγμα χρηστών στους οποίους στοχεύουν τα παιχνίδια αποκατάστασης είναι άτομα που έχουν περάσει εγκεφαλικό επεισόδιο και βρίσκονται στην φάση αποκατάστασης [15], [122].

- Υβριδικά

Στην τελευταία αυτή κατηγορία εμπίπτουν όσα Σοβαρά Παιχνίδια ενσωματώνουν στοιχεία δύο ή παραπάνω εκ των ανωτέρω κατηγοριών.

4.6 Τεχνολογία 5G

Το 5G αποτελεί την επόμενη γενιά στα δίκτυα επικοινωνιών. Σε σχέση με τον προκάτοχό του, το 4G, υπόσχεται πολύ μεγαλύτερες ταχύτητες, χωρητικότητα, και επεκτασιμότητα.

Τον Ιούλιο του 2015, η ITU σκιαγράφησε το σχέδιο δράσης για την ανάπτυξη του 5G, το οποίο ονόμασε «IMT-2020» [95]. Στο πλαίσιο του project, η ITU όρισε κάποιες βασικές δυνατότητες της τεχνολογίας 5G:

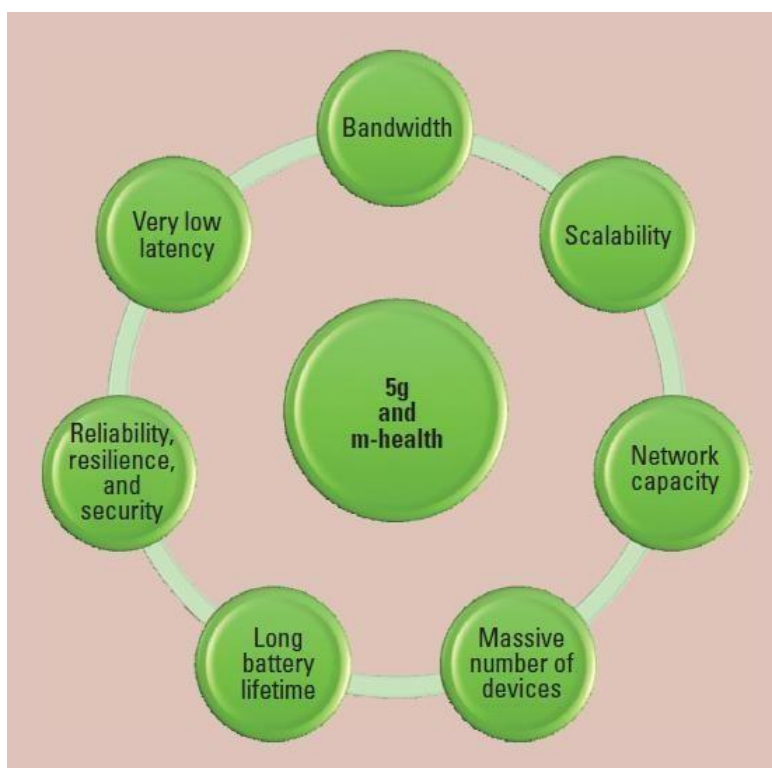
- Οι ρυθμοί δεδομένων πρέπει να φτάσουν τα 10 Gbps. Υπό δεδομένες συνθήκες, μπορεί να αυξηθούν μέχρι τα 20 Gbps.
- Θα υποστηρίζονται υπηρεσίες που απαιτούν ελάχιστη καθυστέρηση (μικρότερη ή ίση του 1ms).
- Θα καταστεί εφικτή η υψηλή κινητικότητα (έως και 500 km/h).
- Η δυνατότητα τεράστιου πλήθους συνδέσεων θα κάνει εφικτή τη μαζική επικοινωνία μεταξύ μηχανών (Machine to Machine, M2M).
- Τα δίκτυα 5G θα επιτύχουν 100-πλάσια ενεργειακή απόδοση και 3-πλάσια απόδοση φάσματος.

Φυσικά, το project βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, επομένως οι ανωτέρω στόχοι επιδέχονται αναθεωρήσεις και βελτιώσεις.

4.6.1 Δίκτυα 5G στην Κινητή Υγεία

Στόχος του 5G, πέρα από τη διασύνδεση των ανθρώπων, είναι η διασύνδεση οποιωνδήποτε συσκευών εντός του ίδιου δικτύου. Αναμφίβολα η τεχνολογία 5G θα αναβαθμίσει τις υπηρεσίες στον τομέα υγείας [96]. Για παράδειγμα, δύναται να βελτιώσει τις ρομποτικά υποβοηθούμενες τηλε-επεμβάσεις και την απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας ασθενών που κατοικούν σε υποβαθμισμένες περιοχές.

Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζονται τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας 5G:



Εικόνα 31: Χαρακτηριστικά τεχνολογίας 5G

Στο [9], οι William D. de Mattos και Paulo R.L. Gondim αναλύουν τις βασικές δυνατότητες που προαναφέρθηκαν:

- Ελάχιστη Καθυστέρηση

Η αξία της απαίτησης αυτής γίνεται αντιληπτή στο πεδίο της τηλε-χειρουργικής, όπου ακόμη και απειροελάχιστη καθυστέρηση στον χειρισμό των ρομποτικών βραχιόνων δύναται να αποβεί μοιραία για τον ασθενή. Η μέγιστη αποδεκτή απ' άκρο σ' άκρο καθυστέρηση έχει οριστεί στα 200 ms. Η τεχνολογία 5G μπορεί να πετύχει καθυστέρηση λιγότερη από 1ms.

- Εύρος Ζώνης

Οι εφαρμογές παρακολούθησης πραγματικού χρόνου συνεπάγονται διακίνηση τεράστιας ποσότητας δεδομένων μεταξύ των βιοϊατρικών αισθητήρων. Σε μερικές περιπτώσεις, το διαθέσιμο εύρος ζώνης των δικτύων 3G και 4G δεν είναι επαρκές. Η μετάβαση στα δίκτυα 5G, δηλαδή σε υψηλότερες συχνότητες, θα επεκτείνει το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Μάλιστα, εφόσον οι ρυθμοί μετάδοσης θα αγγίξουν την τάξη των Gbps, θα καταστεί εφικτή η προβολή περιεχομένου «Υπερ-υψηλής ανάλυσης» (Ultra-high-definition, UHD).

- Επεκτασιμότητα, Χωρητικότητα Δικτύου

Η υποστήριξη των M2M επικοινωνιών είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη λύσεων στην αναδυόμενη τεχνολογία του Internet of Things.

- Μεγάλη Διάρκεια Ζωής Μπαταρίας

Για την εξ' αποστάσεως παρακολούθηση, απαιτείται αυτονομία των συσκευών καθ' όλη τη διάρκεια της θεραπείας. Η τεχνολογία 5G υπόσχεται την αποφυγή αλλαγής της μπαταρίας για τουλάχιστον 10 χρόνια.

- Ασφάλεια

Λόγω της αύξησης των εμπλεκόμενων στα συστήματα Ηλεκτρονικής, και δει, Κινητής Υγείας, η ασφάλεια πρέπει να ενισχυθεί δραστικά.

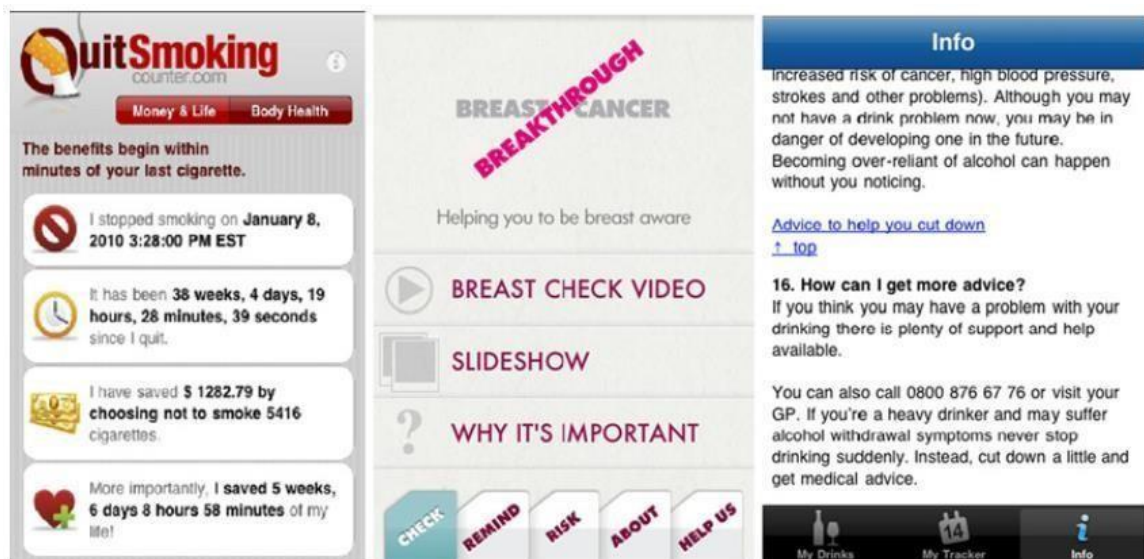
4.7 Κινητή Υγεία ανά τον κόσμο

Αρχικά, πρέπει να γίνει σαφής διάκριση των στόχων της Κινητής Υγείας ανάλογα με το επίπεδο εισοδήματος μιας χώρας. Στις χώρες με υψηλό εισόδημα, το ενδιαφέρον εστιάζεται στην υποστήριξη του γηράσκοντος πληθυσμού, καθώς και την ευεξία. Στις χώρες με χαμηλό ή μεσαίας τάξης εισόδημα, η Κινητή Υγεία γίνεται ευρύτερα αντιληπτή ως ένας τρόπος πρόσβασης σε υπηρεσίες υγείας προς όφελος των οικονομικά ασθενέστερων, αλλά και όσων κατοικούν σε δυσπρόσιτες περιοχές [19].

4.7.1 Χώρες με υψηλό εισόδημα

Στις χώρες με υψηλό εισόδημα, οι εφαρμογές στοχεύουν στην αλλαγή συμπεριφοράς των χρηστών σε θέματα υγείας, αποβλέποντας σε έναν υγιέστερο τρόπο ζωής. Για παράδειγμα, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές για διακοπή του καπνίσματος, για έλεγχο της ποσότητας αλκοόλ που καταναλώνει ο χρήστης κ.ά. Οι περισσότερες από αυτές βασίζονται στο απλή τεχνολογία των SMS. Φυσικά, υπάρχουν και εφαρμογές που χρησιμοποιούν καινοτόμες μεθόδους [5].

Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται στιγμιότυπα από τρεις διαφορετικές εφαρμογές για smartphone:



Εικόνα 32: Στιγμιότυπα των apps: (i) iQuit, (ii) iBreastCheck, (iii) NHS Drinks Tracker [5]

Σε ορισμένες περιπτώσεις, η πρωτοβουλία για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής λαμβάνεται από το Εθνικό Σύστημα Υγείας. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή “Drinks Tracker” του National Health Service του Ηνωμένου Βασιλείου. Σχεδιάστηκε με σκοπό τη μείωση των βλαβερών επιπτώσεων της υπέρμετρης κατανάλωσης αλκοόλ.

Πολλές εφαρμογές αποσκοπούν στην αφύπνιση σχετικά με την πρόληψη κατά του καρκίνου [97]. Για παράδειγμα, η εφαρμογή “iBreastCheck” περιλαμβάνει βίντεο που δείχνουν στις γυναίκες τον τρόπο και τον χρόνο που πρέπει να ελέγχουν το στήθος τους, ενώ προτείνει συγκεκριμένες αλλαγές στον τρόπο ζωής, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος ανάπτυξης όγκου.

Ο αμερικάνικος οργανισμός FDA (Food and Drug Administration) έχει ξεκινήσει να εγκρίνει επιλεγμένες εφαρμογές smartphones για ιατρική χρήση [121]. Μία από τις πρώτες εφαρμογές ήταν το “Pill Phone” που έχει ως αντικείμενο τη διαχείριση της φαρμακευτικής αγωγής. Ο ασθενής εισάγει το όνομα, τη δοσολογία και τη συχνότητα με την οποία πρέπει να λαμβάνεται η αγωγή. Έτσι, στέλνονται υπενθυμίσεις στον ασθενή ή τον περιθάλποντά του για κάθε προγραμματισμένη δόση, οι οποίες συνοδεύονται και από φωτογραφία του αντίστοιχου φαρμάκου.

4.7.2 Αναπτυσσόμενες χώρες

Στον αναπτυσσόμενο κόσμο, οι κύριοι παράγοντες που καθιστούν αναγκαία την εφαρμογή λύσεων Κινητής Υγείας είναι η περιορισμένη πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη ιδιαίτερα από κατοίκους επαρχιακών περιοχών, η έλλειψη πόρων και υποδομών, οι μεταδιδόμενες ασθένειες (π.χ. AIDS, ελονοσία, φυματίωση), η υποτυπώδης ποιότητα περίθαλψης, καθώς και η έλλειψη ιατρικού προσωπικού [110].

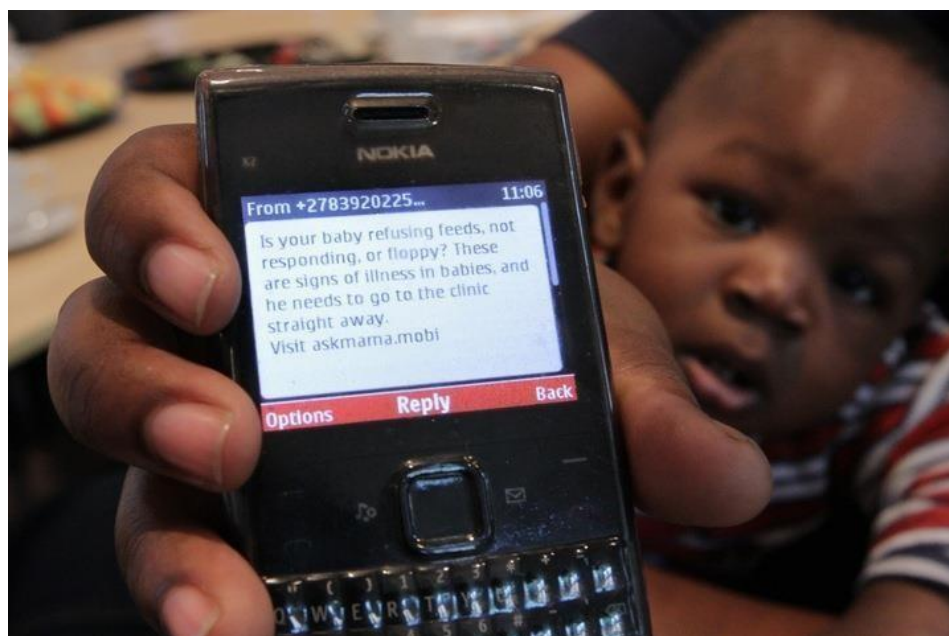
Η αγορά κινητής τηλεφωνίας στον αναπτυσσόμενο κόσμο θεωρείται ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας. Ενδεικτικά, από τα 5.2 δισεκατομμύρια κόσμο που χρησιμοποιούσε κινητά τηλέφωνα το 2010, το 70% ήταν πολίτες αναπτυσσόμενων χωρών [120].

Οι μεταδιδόμενες ασθένειες μαστίζουν ιδιαίτερα τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η Κινητή Υγεία μπορεί να συμβάλει αποτελεσματικά στην αναχαίτιση των ασθενειών αυτών, π.χ.

αυξάνοντας την επίγνωση και ενθαρρύνοντας την υιοθέτηση κατάλληλης νοοτροπίας ώστε να περιοριστούν οι μολύνσεις. Επιπλέον, υπάρχουν Μη Κυβερνητικοί Οργανισμοί που παρακολουθούν την εξάπλωση πανδημιών και ιών [98].

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν σημαντική έλλειψη σε εργατικό δυναμικό στον τομέα υγείας. Ουσιαστική αποδεικνύεται η συνεισφορά της Κινητής Υγείας, αφού επιτρέπει την ευρεία πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας, ανεξαρτήτως από το διαθέσιμο προσωπικό υγείας.

Η τεχνολογία SMS, παρά την απλότητά της, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταχεία μετάδοση πληροφορίας υγείας, όπως π.χ. για την παροχή συμβουλών σε νέες μητέρες, όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα [99].



Εικόνα 33: Συμβουλές μέσω SMS προς μητέρες μωρών στη Νότια Αφρική



Εικόνα 34: Τηλεοφθαλμολογία μέσω smartphone στην Αφρική

4.7.2.1 Προκλήσεις στον αναπτυσσόμενο κόσμο

Στο [2], οι Arwa Fahad Alabtain et al. συγκεντρώνουν τις υφιστάμενες προκλήσεις της Κινητής Υγείας στον αναπτυσσόμενο κόσμο:

- Παρόλο που οι κινητές επικοινωνίες έχουν καταστήσει εύκολη την πρόσβαση των αναπτυσσόμενων χωρών σε υπηρεσίες υγείας, η αποδοτικότητα εξακολουθεί να είναι περιορισμένη λόγω προβλημάτων στα δίκτυα. Η σύνδεση στο Ίντερνετ είναι αναξιόπιστη, ακριβή, ή περιορισμένη. Για παράδειγμα, σε πολλές χώρες δεν είναι ακόμη διαθέσιμη η τεχνολογία 3G, συνεπώς καθίσταται αδύνατη η χρήση εφαρμογών όπου διακινούνται μεγάλες ποσότητες δεδομένων, π.χ. βίντεο.
- Βασικό εμπόδιο αποτελεί το κόστος των συσκευών Κινητής Υγείας, εφόσον πρόκειται για χώρες με περιορισμένους πόρους. Παρότι οι κινητές συσκευές γίνονται όλο και πιο προσιτές, παραμένουν ακριβές για ανθρώπους που κατοικούν στις επαρχίες. Εξαιτίας της απουσίας ηλεκτρισμού σε κάποιες αναπτυσσόμενες περιοχές, η φόρτιση των κινητών συσκευών συνήθως γίνεται σε ειδικά σημεία με χρέωση ανά λεπτό. Έτσι, διαδικασίες που απαιτούν περαιτέρω χρόνο, όπως η παροχή συμβουλών προς τον ασθενή ή η παρακολούθησή του, μπορεί να είναι οικονομικά δυσβάσταχτες. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι οι γυναίκες έχουν πολύ λιγότερες πιθανότητες να κατέχουν κινητή συσκευή απ' ότι οι άντρες.
- Σημαντικό εμπόδιο αποτελεί το μορφωτικό επίπεδο. Για παράδειγμα, ο αναλφαβητισμός αποτελεί εμπόδιο για εφαρμογές βασισμένες σε SMS. Επίσης, η έλλειψη κατάλληλης εκπαίδευσης τόσο του προσωπικού υγείας, όσο και των ασθενών.
- Συχνά παρατηρείται οι κυβερνήσεις των αναπτυσσόμενων χωρών να αναμένουν ευρυζωνική δικτύωση προτού υλοποιήσουν εφαρμογές υγείας. Έτσι, παρεμποδίζεται άσκοπα η ανάπτυξη λύσεων Κινητής Υγείας που θα μπορούσαν να λειτουργήσουν αξιοποιώντας τα υφιστάμενα ασύρματα δίκτυα. Εδώ χρειάζονται οι κατάλληλες πολιτικές παρεμβάσεις.
- Άλλη μία πρόκληση αφορά στην ανάπτυξη εφαρμογών με γνώμονα τις ανάγκες και τους πόρους της εκάστοτε κοινότητας (π.χ. αστική ή αγροτική), αφού στις αναπτυσσόμενες χώρες παρατηρούνται μεγάλες διαφορές κατά τόπους. Οι αγροτικές περιοχές αντιμετωπίζουν τη μεγαλύτερη έλλειψη προσωπικού και ανεπάρκεια των υποδομών. Συνεπώς, χρειάζονται προϊόντα υψηλής ποιότητας ώστε να αντισταθμίσουν τη διαφορά. Αντιθέτως, τα αστικά κέντρα αντιμετωπίζουν ζητήματα όπως ο υπερπληθυσμός.

4.8 Γενικές Προκλήσεις στην Κινητή Υγεία

4.8.1 Ασφάλεια Ασθενή

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε ραγδαία εξάπλωση της χρήσης των ραδιοσυχνοτήτων (Radiofrequencies, RF) σε ποικίλες εφαρμογές στη βιομηχανία, την ιατρική, την έρευνα κ.ά. Ραδιοσυχνότητες είναι το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος

που αντιστοιχεί στην περιοχή 10 kHz έως 300 GHz. Στην περιοχή RF περιλαμβάνονται και οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τις κινητές και δορυφορικές επικοινωνίες, μικροκυματικές ζεύξεις κλπ. Στο εύρος αυτό, η κβαντική ενέργεια δεν είναι ικανή να προκαλέσει χημικές μεταβολές και ιοντισμό στα βιολογικά υλικά και χαρακτηρίζεται μη-ιοντίζουσα (έως τη συχνότητα 8×10^4).

Η αύξηση της θερμοκρασίας μέσα σε βιολογικούς ιστούς εξαιτίας της έκθεσης σε RF κύματα οφείλεται στους εξής παράγοντες [100]:

- Απορρόφηση ισχύος ανά μονάδα μάζας βιολογικού ιστού

Η απορρόφηση ισχύος ανά μονάδα μάζας ιστού είναι ανάλογη προς το τετράγωνο της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που αναπτύσσεται στη θέση που μελετάται. Το μέγεθος αυτό ονομάζεται «Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης» (Specific Absorption Rate, SAR), εκφράζεται σε μονάδες ισχύος ανά μονάδα μάζας ιστού (W/kg) και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \sigma \frac{|E|^2}{\rho}$$

Όπου σ (Si/m) η ηλεκτρική αγωγιμότητα του ιστού, ρ (kg/m³) η πυκνότητα μάζας ιστού και E (V/m) η ενεργή τιμή του ηλεκτρικού πεδίου.

Ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης εξαρτάται από: (i) τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας (συχνότητα, πόλωση, ένταση), (ii) τα χαρακτηριστικά του βιολογικού αντικειμένου, τη γεωμετρία του (μέγεθος και σχήμα) και την εσωτερική του δομή, (iii) την απόσταση της πηγής εκπομπής της ακτινοβολίας και του βιολογικού αντικειμένου (κοντινό ή μακρινό πεδίο) και (iv) τις ιδιότητες του περιβάλλοντα χώρου.

- Θερμική αντίδραση βιολογικών ιστών

Η απορρόφηση ισχύος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας μέσα στους ιστούς. Η μεταβολή της θερμοκρασιακής κατανομής του σώματος είναι συνάρτηση της αιματικής ροής και των δυνατοτήτων των θερμορρυθμιστικών μηχανισμών του σώματος. Έτσι το τελικό αποτέλεσμα, εκτός από τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, εξαρτάται και από τον ίδιο τον οργανισμό.

Όρια ασφαλούς έκθεσης

Σε παγκόσμια κλίμακα, διεθνείς οργανισμοί και χώρες έχουν προχωρήσει στη σύσταση ορίων ασφαλείας για την έκθεση σε μη-ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Σε συχνότητες άνω του 1 MHz, η θέσπιση ορίων ασφαλείας βασίζεται αποκλειστικά στα θερμικά αποτελέσματα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το βασικό μέγεθος για την ποσοτικοποίηση των θερμικών επιδράσεων είναι ο Ρυθμός Ειδικής Απορρόφησης. Η θέσπιση ορίων ασφαλείας από τη CENELEC και άλλες επιτροπές τυποποίησης για ολόσωμη έκθεση σε Η/Μ ακτινοβολία έχει βασιστεί στην πρόληψη διαταραχών στη συμπεριφορά (π.χ. διακοπή εκτέλεσης πολύπλοκης γνωσιακής λειτουργίας κατά την έκθεση σε ορισμένη ποσότητα Η/Μ ενέργειας).

Στον παρακάτω πίνακα συγκεντρώνονται τα όρια ασφαλείας για έκθεση μέρους του σώματος σε Η/Μ ακτινοβολία:

Πίνακας 3: Όρια ασφαλούς έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία

	SAR (μέση τιμή για όλο το σώμα και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 gr ιστού διαφορετικού από τα άκρα (χέρια, πόδια) και για διάστημα μέτρησης 6 min)	SAR (μέση τιμή για 10 gr ιστού στα άκρα και για διάστημα μέτρησης 6 min)
Γενικός πληθυσμός	0.08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg
Επαγγελματική έκθεση	0.4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg

4.8.2 Big Data

Η Κινητή Υγεία διευκολύνει την εξόρυξη μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων υγείας. Τα δεδομένα αυτά (π.χ. μετρήσεις, ιατρικές εικόνες, περιγραφές συμπτωμάτων) μπορούν να αποθηκεύονται σε μεγάλες βάσεις δεδομένων με τη δυνατότητα να ενισχύουν την έρευνα και την καινοτομία στον τομέα υγείας.

Τα Big Data έχουν τη δυνατότητα να αναλύουν μια ποικιλία συνόλων δεδομένων από μεγάλο εύρος πηγών. Αυτό απαιτεί την ικανότητα διασύνδεσης δεδομένων και εξαγωγής πιθανώς χρήσιμης πληροφορίας από αδόμητα δεδομένα με αυτοματοποιημένο και αποδοτικό τρόπο [79], [128].

Τα δεδομένα που συλλέγονται από προσωπικούς αισθητήρες αναμένεται να αυξηθούν από το 10% της συνολικά αποθηκευμένης πληροφορίας σε περίπου 90% εντός της επόμενης δεκαετίας. Η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αναμένεται να συμβάλλει στην κατεύθυνση εξατομίκευσης των φαρμακευτικών θεραπειών.

Αυτά τα δεδομένα μπορεί να αποτελέσουν ζωτικό στοιχείο στην επιδημιολογική έρευνα, διευκολύνοντας τους ερευνητές και τους επιστήμονες να βελτιώσουν τη θεραπεία των ασθενών ή να εξάγουν νέα συμπεράσματα, για παράδειγμα για τη σχέση μεταξύ της ανάπτυξης μιας ιατρικής κατάστασης και περιβαλλοντικών παραγόντων. Τα Big Data μπορούν επίσης να συμβάλλουν στη μείωση των δοκιμαστικών περιόδων φαρμάκων ή στην ανάπτυξη πιο προχωρημένων μηχανισμών για την έγκαιρη ανίχνευση και πρόληψη ασθενειών. Θα μπορούσαν επίσης να επιτρέψουν την ανάπτυξη καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων.

Η μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων των δεδομένων υγείας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη παραγωγικότητα και σε περικοπές των δαπανών στον τομέα υγείας.

Η εξόρυξη δεδομένων υγείας πρέπει ωστόσο να γίνεται σε συμφωνία με τη νομοθεσία, συμπεριλαμβανομένης της προστασίας των προσωπικών δεδομένων. Ειδικά, μπορεί να προκύψουν ζητήματα ηθικής όπως για παράδειγμα, ο σεβασμός της αρχής της εν γνώσει και σαφούς συναίνεσης: Περίπτωση όπου ο ασθενής δεν έχει δώσει ρητή άδεια ώστε να χρησιμοποιηθούν τα προσωπικά του δεδομένα για ερευνητικούς σκοπούς.

Το θεμελιώδες δικαίωμα στην προστασία των προσωπικών δεδομένων είναι εφικτό στο πλαίσιο των Big Data. Συνεπώς, η επεξεργασία των προσωπικών δεδομένων πρέπει να γίνεται

σε συμφωνία με τους κανόνες προστασίας δεδομένων, ιδιαίτερα δεδομένης της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων υγείας.

Οι ερευνητές αντιμετωπίζουν την πρόκληση της αποδοτικής χρήσης των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων υγείας που συλλέγονται από τις κινητές συσκευές, διασφαλίζοντας την ασφαλή επεξεργασία τους [124].

Το Cloud Computing παίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση του αποθηκευτικού χώρου και της επεξεργαστικής ικανότητας που απαιτούνται ώστε να είναι διαχειρίσιμη τέτοια ποσότητα δεδομένων, διασφαλίζοντας την προσβασιμότητα οποτεδήποτε και από οπουδήποτε.

4.8.3 Διεθνής συνεργασία

Ο διασυνοριακός χαρακτήρας της Κινητής Υγείας και η δυνατότητά της να συμβάλει στη βιωσιμότητα των συστημάτων υγείας, καθιστούν αναγκαία την παγκόσμια σύγκλιση σε κοινές πρακτικές που έχουν αποδειχθεί αποδοτικές.

Στην κατεύθυνση αυτή, έχει υπάρξει κοινή συμφωνία μεταξύ Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας και Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών για τις μη μεταδιδόμενες ασθένειες. Ένα ακόμη αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί το Μνημόνιο Συναντίληψης (Memorandum of Understanding, MoU) μεταξύ Ευρωπαϊκής Ένωσης και Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής σε θέματα Ηλεκτρονικής Υγείας. Το Μνημόνιο αυτό επιδιώκει την αποδοτικότερη χρήση τεχνολογιών ICT στον τομέα υγείας, επιτυγχάνοντας παράλληλα ενδυνάμωση των σχέσεων μεταξύ Ε.Ε.-Η.Π.Α [79].

4.8.4 Διαλειτουργικότητα

Προκειμένου τα ιατρικά δεδομένα να ανταλλάσσονται μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, θα πρέπει να περιέχουν συγκρίσιμη πληροφορία (στοιχεία δεδομένων), να χρησιμοποιούν συγκρίσιμες λέξεις (ορολογία) και να χρησιμοποιούν έναν συμφωνημένο τρόπο επικοινωνίας (μηνύματα). Χάρη στη διαλειτουργικότητα θα είναι εφικτή η μεταφορά των δεδομένων αυτών από τις κινητές συσκευές των χρηστών στους Προσωπικούς ή τους Ηλεκτρονικούς Φακέλους Υγείας τους [79].

Ωστόσο, τα περισσότερα projects Κινητής Υγείας δεν χρησιμοποιούν ευρέως διαδεδομένα πρότυπα, όπως το CDA της HL7. Η Κινητή Υγεία οφείλει να υιοθετήσει τα ήδη ισχύοντα πρότυπα στην Ηλεκτρονική Υγεία ώστε να επιτευχθεί διαλειτουργικότητα και έτσι, ουσιαστική «Ολοκλήρωση» ενός Ψηφιακού συστήματος υγείας [19].

Κεφάλαιο 5: Επίλογος

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε εκτενώς το πεδίο της Ηλεκτρονικής Υγείας, της Τηλεϊατρικής και της Κινητής Υγείας, με στόχο να γίνει κατανοητός ο ρόλος τους στο ευρύτερο πλαίσιο της ψηφιακής υγείας.

Όπως κάθε τομέας, έτσι και η υγεία δεν μπορεί παρά να συμβαδίζει με τις εξελίξεις, υιοθετώντας ευρέως τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών. Ως επακόλουθο, αυτό που σήμερα αποκαλούμε «ηλεκτρονικές υπηρεσίες υγείας» στο εγγύς μέλλον θα είναι απλώς οι «υπηρεσίες υγείας».

Πλέον ξεφεύγουμε από την στενή έννοια του «ασθενή», δεδομένου ότι με τον όρο «υγεία» δεν αναφερόμαστε απλώς στην απουσία ασθένειας, αλλά γενικότερα στο ευ ζην. Έτσι, χρησιμοποιείται ο όρος «πολίτης». Τη δραστικότερη αλλαγή σε ένα ψηφιακό σύστημα υγείας αποτελεί η τοποθέτηση του πολίτη στο επίκεντρο.

Παρά τα αποδεδειγμένα πλεονεκτήματα της Τηλεϊατρικής, μέχρι σήμερα έχει περιοριστεί κυρίως σε πιλοτικές εφαρμογές. Το γεγονός αυτό οφείλεται αρχικά στη δυσχέρεια από πλευράς ιατρών και πολιτών, στην κατανόηση ότι η Τηλεϊατρική μπορεί να είναι εξίσου αποδοτική με την κλασική Ιατρική. Επίσης, στο ότι τα σημερινά συστήματα υγείας είναι ιατροκεντρικά, επομένως οι ιατροί νιώθουν ότι χάνουν την επιρροή που μέχρι τώρα ασκούσαν χάρη στην πολυετή εμπειρία και τη μόρφωσή τους. Επιπλέον, το νομοθετικό πλαίσιο μόλις στις μέρες μας άρχισε να ξεκαθαρίζει, σε ό,τι αφορά στην κατανόηση του ρόλου των εμπλεκόμενων σε ένα ψηφιακό σύστημα υγείας, και να αποδίδονται οι ανάλογες ευθύνες.

Η αναγκαιότητα της Τηλεϊατρικής γίνεται σαφής αν αναλογιστεί κανείς ότι ακόμη και για μικροεπεμβάσεις ο ασθενής αναγκάζεται να παραμείνει στο νοσοκομείο επειδή δεν υπάρχουν οι απαιτούμενες υποδομές για τηλεπαρακολούθησή του. Επίσης, η μορφολογία της χώρας μας (εκατοντάδες νησιά και απομακρυσμένα χωριά) επιτάσσει την εφαρμογή λύσεων Τηλεϊατρικής, και συγκεκριμένα των πρόσφατων τεχνολογιών Κινητής Υγείας.

Χάρη στην Κινητή Υγεία, ο ασθενής παρακολουθείται 24 ώρες το 24ωρο από αισθητήρες που στέλνουν την πληροφορία μέσω apps στον ιατρό, ο οποίος μπορεί έτσι να καθορίζει αν θα πρέπει να ακολουθήσει το σύνηθες πρωτόκολλο για συγκεκριμένο ασθενή ή δεν είναι συμβατός με την προβλεπόμενη θεραπεία. Έτσι, μεταβαίνουμε προς την εξατομικευμένη υγεία και εισάγεται η έννοια της μοναδικότητας (singularity) του ασθενή.

Ανοίγει λοιπόν ο δρόμος ώστε στο μέλλον να μπορεί να σχεδιάζεται προσωπική θεραπεία για τον εκάστοτε ασθενή, λαμβάνοντας υπόψιν και τη συμβολή της γονιδιωματικής.

Τέλος, στην κατεύθυνση της ισότιμης πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη θα πρέπει να υπάρξει πολιτική βούληση. Να πειστεί η Πολιτεία ότι η e-υγεία είναι η «υγεία» καθ' αυτή.

Βιβλιογραφία

- [1] N. Al Nuaimi, A. AlShamsi, N. Mohamed, and J. Al-Jaroodi, "e-Health cloud implementation issues and efforts," in *Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 2015 International Conference on*, 2015, pp. 1-10.
- [2] A. F. Albabtain, D. A. AlMulhim, F. Yunus, and M. S. Househ, "The Role of Mobile Health in the Developing World: A Review of Current Knowledge and Future Trends," *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology {JSHI}. Journal of Selected Areas in Health Informatics*, vol. 42, pp. 10-15, 2014.
- [3] M. S. AL-Qurishi, M. A. Mostafa, M. S. Alrakhami, and A. M. Alamri, "StarsRace: A mobile collaborative serious game for obesity," in *Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), 2014 IEEE International Conference on*, 2014, pp. 1-5.
- [4] S. Ayaz, A. Naqvi, and G. Branch, "The role of E-prescribing in health care," in *Internet Technologies and Applications (ITA), 2015*, 2015, pp. 315-319.
- [5] A. Bastawrous and M. J. Armstrong, "Mobile health use in low-and high-income countries: an overview of the peer-reviewed literature," *Journal of the royal society of medicine*, vol. 106, pp. 130-142, 2013.
- [6] D. Bernstein and Y. Demchenko, "The IEEE Intercloud Testbed--Creating the Global Cloud of Clouds," in *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on*, 2013, pp. 45-50.
- [7] B. Bouchard, F. Imbeault, A. Bouzouane, and B.-A. J. Menelas, "Developing serious games specifically adapted to people suffering from Alzheimer," in *International Conference on Serious Games Development and Applications*, 2012, pp. 243-254.
- [8] I. de la Torre-Diez, M. López-Coronado, B. S. de Abajo, J. J. Rodrigues, and J. Arambarri, "Health apps in different mobile platforms: A review in commercial stores," in *2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2016, pp. 1-4.
- [9] W. D. de Mattos and P. R. Gondim, "M-Health Solutions Using 5G Networks and M2M Communications," *IT Professional*, vol. 18, pp. 24-29, 2016.
- [10] A. A. Dhavle and M. T. Rupp, "Towards creating the perfect electronic prescription," *Journal of the American Medical Informatics Association*, pp. amiajnl-2014-002738, 2014.
- [11] F. Fernández-Aranda, S. Jiménez-Murcia, J. J. Santamaría, K. Gunnard, A. Soto, E. Kalapanidas, *et al.*, "Video games as a complementary therapy tool in mental disorders: PlayMancer, a European multicentre study," *Journal of Mental Health*, 2012.
- [12] D. I. Fotiadis, C. Glaros, and A. Likas, "Wearable Medical Devices," *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*, 2006.
- [13] C. K. Frail, M. Kline, and M. E. Snyder, "Patient perceptions of e-prescribing and its impact on their relationships with providers: a qualitative analysis," *Journal of the American Pharmacists Association: JAPhA*, vol. 54, pp. 630-633, 2013.
- [14] P. Franček, I. Piljić, L. Dragić, H. Mlinanć, M. Kovač, and D. Gvozdanović, "Overcoming E-health interoperability obstacles: Integrating PHR and EHR using HL7 CCD," in *ELMAR (ELMAR), 2015 57th International Symposium*, 2015, pp. 73-76.
- [15] R. FRIEDRICH, P. HIESEL, S. PETERS, D. P. SIEWIOREK, A. SMAILAGIC, and B. BRÜGGE, "Serious Games for Home-based Stroke Rehabilitation," *Studies in health technology and informatics*, vol. 213, p. 157, 2015.

- [16] A. P. S. Gagneja and K. K. Gagneja, "Mobile health (mHealth) technologies," in *2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)*, 2015, pp. 37-43.
- [17] M. Graafland, J. M. Schraagen, and M. P. Schijven, "Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training," *British journal of surgery*, vol. 99, pp. 1322-1330, 2012.
- [18] S. Hardy, F. Feldwieser, T. Dutz, S. Göbel, R. Steinmetz, and E. Steinhagen-Thiessen, "ALFRED Back Trainer: Conceptualization of a Serious Game-Based Training System for Low Back Pain Rehabilitation Exercises," in *Joint International Conference on Serious Games*, 2015, pp. 36-47.
- [19] A. v. Heerden, M. Tomlinson, and L. Swartz, "Point of care in your pocket: a research agenda for the field of m-health," *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 90, pp. 393-394, 2012.
- [20] D. Helman, E. Addeo, N. Santoso, D. Walters, and G. T. Helman, "Delivering eHealthcare: A Perspective on Opportunities, Challenges, and Information Gaps," in *2015 17th International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)*, 2015, pp. 153-159.
- [21] A. Khalili and B. Sedaghati, "Semantic Medical Prescriptions--Towards Intelligent and Interoperable Medical Prescriptions," in *Semantic Computing (ICSC), 2013 IEEE Seventh International Conference on*, 2013, pp. 347-354.
- [22] K. Koumaditis, L. Katelaris, and M. Themistocleous, "A Cloud Based Patient-Centered eHealth Record," *International Journal on Advances in Life Sciences Volume 7, Number 1 & 2, 2015*, 2015.
- [23] D. Majumdar, P. A. Koch, H. L. Gray, I. R. Contento, A. de Lourdes Islas-Ramos, and D. Fu, "Nutrition Science and Behavioral Theories Integrated in a Serious Game for Adolescents," *Simulation & Gaming*, vol. 46, pp. 68-97, 2015.
- [24] T. Mettler and M. Eurich, "A "design-pattern"-based approach for analyzing e-health business models," *Health Policy and Technology*, vol. 1, pp. 77-85, 2012.
- [25] A. Mourouzis, M. Themistocleous, I. Maglogiannis, I. Chouvarda, and N. Maglaveras, "PinCloud: Effective Personalization and Self-management of Health Data and Care Services," in *6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, 2015, pp. 707-710.
- [26] K. S. Nikita, *Handbook of biomedical telemetry*: John Wiley & Sons, 2014.
- [27] L. Omelina, B. Jansen, B. Bonnechere, S. Van Sint Jan, and J. Cornelis, "Serious games for physical rehabilitation: designing highly configurable and adaptable games," in *Proceedings of the 9th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*, 2012, pp. 195-201.
- [28] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 9, p. 1, 2012.
- [29] L. Piwek, D. A. Ellis, S. Andrews, and A. Joinson, "The rise of consumer health wearables: promises and barriers," *PLoS Med*, vol. 13, p. e1001953, 2016.
- [30] A. Radu, A. Costan, B. Iancu, V. Dadarlat, and A. Peculea, "Intercloud platform for connecting and managing heterogeneous services with applications for e-health," in *2015 Conference Grid, Cloud & High Performance Computing in Science (ROLCG)*.
- [31] P. Richter, K. Gand, and W. Esswein, "Lifetime Electronic Health Records as an Enabler for Integrated Care," in *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2016, pp. 3199-3207.

- [32] G. D. Schiff, T.-T. T. Hickman, L. A. Volk, D. W. Bates, and A. Wright, "Computerised prescribing for safer medication ordering: still a work in progress," *BMJ quality & safety*, pp. bmjqs-2015-004677, 2015.
- [33] E. Selmanovic, "Obesity in children-a serious game," in *14th Central European Seminar on Computer Graphics*, 2010, p. 109.
- [34] K. A. Stroetmann, "Achieving the integrated and smart health and wellbeing paradigm: A call for policy research and action on governance and business models," *International journal of medical informatics*, vol. 82, pp. e29-e37, 2013.
- [35] L. S. Wilson and A. J. Maeder, "Recent directions in telemedicine: review of trends in research and practice," *Healthcare informatics research*, vol. 21, pp. 213-222, 2015.
- [36] M. Zamora, M. Baradad, E. Amado, S. Cordoní, E. Limón, J. Ribera, *et al.*, "Characterizing chronic disease and polymedication prescription patterns from electronic health records," in *Data Science and Advanced Analytics (DSAA), 2015. 36678 2015. IEEE International Conference on*, 2015, pp. 1-9.
- [37] [Online] Available: <http://www.who.int/topics/ehealth/en/>
- [38] eHealth Industries Innovation, "What is eHealth?," eHealth Industries Innovation (ehi2) Centre, [Online]. Available: <http://www.ehi2.swan.ac.uk/en/what-is-ehealth.htm>
- [39] [Online] Available: ec.europa.eu/health/ehealth/policy
- [40] R. P. Padhy, and M. R. Patra, "Evolution of Cloud Computing and Enabling Technologies," *International Journal of Cloud Computing and Services Science (IJ-CLOSER)*, vol. 14, pp. 182-198, 2012
- [41] P. Mell, and T. Grance, "The NIST definition of cloud computing (v15)", Tech. Rep., 2009," *National Institute of Standards and Technology*, Special Publication 800-145, September 2011
- [42] J.F. Kurose, K.W. Ross, "Δικτύωση Υπολογιστών: Προσέγγιση από πάνω προς τα κάτω", 6^η έκδοση, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας
- [43] [Online] Available: <https://www.oasis-open.org/committees/download.php/46205/p2302-12-0002-00-DRFT-intercloud-p2302-draft-0-2.pdf>
- [44] International Organization for Standardization. ISO/TR 20514:2005. Health informatics - Electronic health record - Definition, scope and context. 2005.
- [45] [Online] Available: <https://www.practicefusion.com/>
- [46] [Online]. Available: <http://www.cntinfotech.com/healthcare-solutions-practice-management-emr-e-prescription.htm>
- [47] [Online] Available: <https://www.reference.com/health/sig-mean-prescription-25444cdd49e31b98>
- [48] Ducker, M., and Sanchez, C. (2013). Pros and Cons of E-prescribing in Community Pharmacies
- [49] [Online] Available: <http://www.who.int/chp/en/>
- [50] [Online] Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>
- [51] [Online] Available: <http://tex.stackexchange.com/questions/1175/drawing-a-hypergraph>
- [52] [Online] Available: <https://www.w3.org/2001/sw/>
- [53] [Online] Available: <https://www.w3.org/RDF/>
- [54] [Online] Available: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

- [55] “Mobile Health: A Technology Road Map”, edited by: S. Adibi, Springer Series in Bio-Neuroinformatics, 2015
- [56] Grossman JM, Cross DA, Boukus ER, et al. Transmitting and processing electronic prescriptions: experiences of physician practices and pharmacies. *J Am Med Inform Assoc* 2012;19:353–9
- [57] U.S. Food and Drug Administration. Computerized prescriber order entry medication safety (CPOEMS): Uncovering and learning from issues and errors. <http://www.fda.gov/drugs/drugsafety/medicationerrors/default.htm.2015> (link accessible pending clearance from U.S. FDA)
- [58] [Online] Available: <http://www.dossia.org/>
- [59] [Online] Available: <http://www.healthvault.com/gr/en>
- [60] [Online] Available: <http://pincloud.med.auth.gr/workshops/21oct2015/Mourouzis.pdf>
- [61] Kodner, D. All Together Now: A Conceptual Exploration of Integrated Care. *Healthcare Quarterly* 13, sp (2009), pp.6-15
- [62] Thistlethwaite, P. Integrating health and social care in Torbay. The King’s Fund, London, 2011
- [63] Nolte, E. and Pitchforth, E. What is the evidence on the economic impacts of integrated care? World Health Organization, 2014
- [64] Comandé, G., Nocco, L., and Peigné, V. An empirical study of healthcare providers and patients’ perceptions of electronic health records. *Computers in Biology and Medicine* 59, (2015), pp. 194–201
- [65] Gand, K., Richter, P., and Esswein, W. Towards Lifetime Electronic Health Record Implementation. In D. Hayn, G. Schreier, E. Ammenwerth and A. Hörbst, eds., *Studies in Health Technology and Informatics*. 2015, pp. 225–232
- [66] Dontje, K., Corser, W.D., and Holzman, G. Understanding Patient Perceptions of the Electronic Personal Health Record. *The Journal for Nurse Practitioners* 10, 10 (2014), pp. 824–828
- [67] Barbarito, F., Pincioli, F., Barone, A., et al. Implementing the lifelong personal health record in a regionalised health information system: The case of Lombardy, Italy. *Computers in Biology and Medicine* 59, (2015), pp. 164–174.
- [68] Katehakis, D.G., Sfakianakis, S.G., Kavlentakis, G., Anthoulakis, D.N., and Tsiknakis, M. Delivering a Lifelong Integrated Electronic Health Record Based on a Service Oriented Architecture. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 11, 6 (2007), pp. 639–650.
- [69] “IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology”, IEEE Std 610.12-1990
- [70] [Online] Available: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=6
- [71] [Online] Available: <http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2010/en#/VI>
- [72] [Online] Available: <http://apps.who.int/classifications/icd11/browse/l-m/en>
- [73] Chresbrough H. Business model innovation: opportunities and barriers. *Long Range Planning* 2010;43(2-3):354-63
- [74] Walters, D.W. and Rainbird, M., *Strategic Operations Management: A Value Chain Approach*, Palgrave, 2013
- [75] [Online] Available: <http://antephase.com/quantifiedself>
- [76] [Online] Available: http://www.who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf

- [77] European Commission eHealth Action Plan 2012-2020 Innovative healthcare for the 21st century, 2012
- [78] [Online] Available: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/health>
- [79] [Online] Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/green-paper-mobile-health-mhealth>
- [80] World Health Organization “mHealth-New horizons for health through mobile technologies, Global Observatory for e Health series-Volume 3”
- [81] [Online] Available: <http://www.wearabledevices.com/what-is-a-wearable-device/>.
- [82] Rollason J, Outtrim J, Mathur R. A pilot study comparing the DuoFertility monitor with ultrasound in infertile women. *International Journal of Women’s Health*. 2014;p. 657. doi: 10.2147/IJWH.S59080 PMID: 25075200
- [83] Poltavski DV. The Use of Single-Electrode Wireless EEG in Biobehavioral Investigations. In: Rasooly A, Herold KE, editors. *Mobile Health Technologies: Methods in Molecular Biology*. Springer New York; 2015. p. 375–390
- [84] Juniper Research. *Smart Wearable Devices. Fitness, Healthcare, Entertainment & Enterprise 2013– 2018.*; 2013. http://www.juniperresearch.com/reports/Smart_Wearable_Devices
- [85] Ledger D, Partners E, Scientist B, Manager P. *Inside Wearables. How the Science of Human Behavior Change*. Endeavour Partners; 2014. <http://endeavourpartners.net/white-papers/>
- [86] Nathan Cortez, “The mobile health revolution?”, *UC Davis Law Rev*, Vol. 47, pages 1173-1230, 2014
- [87] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez , M. López-Coronado, “Mobile Health Applications for the Most Prevalent Conditions by the World Health Organization: Review and Analysis”, *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15. 2013, doi:10.2196/jmir.2600
- [88] [Online] Available: <https://play.google.com/store>
- [89] [Online] Available: <http://www.apple.com/itunes>
- [90] [Online] Available: <http://appworld.blackberry.com/webstore/product/1>
- [91] [Online] Available: <http://www.windowsphone.com/es-es/store>
- [92] [Online] Available : <http://store.ovi.com>
- [93] J. Gandhi, B. Stepchin, J. R. White, “Emerging Blood Glucose Monitoring Technology in the 21st Century”, 2012 [Online] Available: <https://www.uspharmacist.com/article/emerging-blood-glucose-monitoring-technology-in-the-21st-century>
- [94] [Online] Available: <http://www.gamification.co/page/2/?s=health>
- [95] Recommendation ITU-R M.2083-0. *IMT Vision- Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond*, Int’l Telecommunication Union-Radiocommunication Sector 2015; https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf
- [96] *5G-PPP White Paper on E-Health Vertical Sector*, white paper, 5G-PPP, Sept. 2015; <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-eHealth-Vertical-Sector.pdf>
- [97] Senior K. Smart phones: new clinical tools in oncology? *Lancet Oncol* 2011;12:429 – 30
- [98] [Online] Available: <https://www.pharmaccess.org/>

- [99] [Online] Available: <http://www.mobilemamaalliance.org/>
- [100] “Ηλεκτρομαγνητική δοσιμετρία για τερματικές συσκευές κινητών επικοινωνιών”, Μάθημα: Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, ΣΗΜΜΥ Ε.Μ.Π
- [101] [Online] Available: <https://www.prxn.com/docs/PRxN%20DUR.pdf>
- [102] [Online] Available: http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html
- [103] [Online] Available: Google Images
- [104] “Augmenting the Web with Semantic Overlays”, G. Burel, A. E. Cano, V. Lanfranchi, 5th Workshop on Scripting and Development for the Semantic Web, 2009
- [105] Kierkegaard, P. Electronic health record: Wiring Europe’s healthcare. *Computer Law & Security Review* 27, 5 (2011), pp. 503–515
- [106] Spil, T. and Klein, R. The personal health future. *Health Policy and Technology* 4, 2 (2015), pp. 131–136
- [107] McCall WV. A rest-activity biomarker to predict response to SSRIs in major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Research*. 2015; 64:19–22. doi: 10.1016/j.jpsychires.2015.02.023 PMID: 25782717
- [108] Harrington J, Schramm PJ, Davies CR, Lee-Chiong TL. An electrocardiogram-based analysis evaluating sleep quality in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep and Breathing*. 2013; 17(3):1071– 1078. doi: 10.1007/s11325-013-0804-9 PMID: 23354509
- [109] [Online] Available: <https://community.lithium.com/t5/Science-of-Social-blog/What-is-Gamification-Really/ba-p/30447>
- [110] Jeannine L. “Scaling up mobile health elements necessary for the mhealth in developing countries”. Actevis Consulting Group, 2011; 23
- [111] N. Grozev, R. Buyya, “Inter-Cloud architectures and application brokering: taxonomy and survey”, *Software: Practice and Experience Journal*, vol. 44:3, pp 369-390, December 2012
- [112] M. Broderick, and D. H. Smaltz, “E-Health defined,” *Proceedings of Student Research Day, Pace University*, <http://csis.pace.edu/~ctappert/srd2003/paper16.Pdf>, 2003.
- [113] S. Sherer, "*Patients are Not Simply Health IT Users or Consumers: The case for 'e-Healthicant' Applications*", *Communications of the Association for Information Systems*, 2014. 34(17): pp. 351-364.
- [114] "*Introduction to the Special Section on Patient-centered e-Health: Research Opportunities and Challenges*", *Communications of the Association for Information Systems*, 2014. 34(15).
- [115] T. Spil, B. Kijl, “E-health business models: from pilot project to successful deployment”, *IBIMA Business Review*, 1 (5) (2009), pp. 55–66
- [116] A. Khalili and S. Auer, “User Interfaces for semantic content authoring: A systematic Literature Review”, 2012
- [117] McCall WV. A rest-activity biomarker to predict response to SSRIs in major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Research*. 2015; 64:19–22. doi: 10.1016/j.jpsychires.2015.02.023 PMID: 25782717
- [118] Harrington J, Schramm PJ, Davies CR, Lee-Chiong TL. An electrocardiogram-based analysis evaluating sleep quality in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep and*

- Breathing. 2013; 17(3):1071– 1078. doi: 10.1007/s11325-013-0804-9 PMID: 23354509
- [119] Research2guidance. Mobile Health Market Report 2013- 2017. March 2013. [Online] Available from: http://www.research2guidance.com/shop/index.php/downloadable/download/sample/sample_id/262
- [120] World Bank. “Mobile Applications for the Health Sector”. Washington DC, USA, 2012
- [121] [Online] Available: <http://www.fda.gov/downloads/MedicalDevices/.../UCM263366.pdf>
- [122] E. Vogiatzaki, A. Krukowski, "Serious Games for Stroke Rehabilitation Employing Immersive User Interfaces in 3D Virtual Environment", 2014
- [123] [Online] Available: <http://gambit.mit.edu/loadgame/elude.php>
- [124] W. Raghupathi, and V. Raghupathi, "Big Data analytics in healthcare: promise and potential", *Health Information Science and Systems*, 2014
- [125] [Online] Available: <http://www.gsma.com/connectedliving/wp-content/uploads/2012/03/gsmamckinseymhealthreport.pdf>
- [126] Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, USA, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no.2, p.100) and entered into force on 7 April 1948
- [127] F. Lievens, M. Jordanova, "eHealth in Europe: Rules and Regulations", *the 6th International Conference on Transforming Healthcare with IT*, 2015
- [128] C. Fernández-Llatas, A. Martínez-Romero, A.M. Bianchi, J. Henriques, P. Carvalho, and V. Traver, "Challenges in personalized systems for Personal Health Care", 2016

