



μ

μ

μ

μ

μ





μ

μ

μ

μ

μ

μ , μ 2017

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.
2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφή. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.
3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια
4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

μ μ : 27/09/2017

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.

μ

μ

μ

μ

μ

μ

:

,

( / )

μ

,

,

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία ενός συστήματος που μέσω της συλλογής τυπικών βιοσημάτων θα υποβοηθάει στην έγκαιρη πρόληψη επιληπτικών κρίσεων. Η επιληψία είναι μία χρόνια διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος και τα άτομα που πάσχουν από αυτή έρχονται αντιμέτωπα με πολλές επαναλαμβανόμενες κρίσεις. Οι επιληπτικές κρίσεις είναι δυνατόν να παρουσιάσουν συμπτώματα απώλειας της συνείδησης, αισθήσεων ή αντίληψης του περιβάλλοντος και μεταβολές στην σωματική κίνηση. Βασικός παράγοντας για την αποφυγή επιδείνωσης των συμπτωμάτων της νόσου είναι η έγκαιρη ανίχνευση τους μέσω των βιοσημάτων που λαμβάνονται από το ηλεκτρονευρογράφημα, το ηλεκτρομυογράφημα και το ηλεκτροκαρδιογράφημα.

Για την βέλτιστη δημιουργία του συστήματος αναλύθηκαν ποικίλα είδη των βιοσημάτων, όπου σε συνδυασμό με τις λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις των χρηστών μας οδήγησαν στο τελικό αποτέλεσμα. Στην αγορά υπάρχουν ήδη παρόμοια συστήματα που βοηθούν στην πρόληψη της επιληψίας, όμως το σύστημα μας εστιάζει σε διαφορετικούς παράγοντες και παρέχει συνδυασμό ευχρηστίας και χαμηλού κόστους. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η υποστήριξη των ατόμων που πάσχουν από επιληψία, προσφέροντας τους περισσότερη σιγουριά και ανεξαρτησία στους τρόπους αντιμετώπισης κάθε επιληπτικής κρίσης οπουδήποτε και οποτεδήποτε και αν προκύψει.

Το αποτέλεσμα της Πτυχιακής εργασίας μπορεί να αξιοποιηθεί οπουδήποτε, δεδομένου ότι βασίζεται σε λογισμικό ανοικτού κώδικα και ανοικτό υλικό, όπως είναι η επιλεγμένη πλατφόρμα Arduino. Το κόστος έχει διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα και η λειτουργία είναι ιδιαίτερα απλή, φιλική προς τον χρήστη. Προτείνεται ως μελλοντική επέκταση η συμπερίληψη επιπλέον βιοσημάτων, καθώς και η μετατροπή των αισθητήρων προκειμένου να υποστηρίζουν ασύρματη επικοινωνία και την απομάκρυνση με αυτό τον τρόπο των καλωδίων που δυσχεραίνουν την κίνηση του επιληπτικού.

## Λέξεις-Κλειδιά

Επιληψία, Επιληπτική κρίση, Βιοσημάτα, Ανίχνευση, Λειτουργικές Απαιτήσεις, Μη Λειτουργικές Απαιτήσεις, Χρήστης, Ηλεκτρομυογράφημα, Ηλεκτρονευρογράφημα, Ηλεκτροκαρδιογράφημα.

# ABSTRACT

The aim of this dissertation thesis is the creation of a system that, through the collection of standard biosignals, will help in the early prevention of seizures. Epilepsy is a chronic disorder of the central nervous system, and sufferers face it with many recurring crises. Epileptic seizures may provoke many symptoms, such as loss of consciousness, sensation or perception of the environment and changes in physical movement. A key factor in order to avoid the aggravation of the symptoms is their timely detection by biosignals than can be detected from the electroneurogram, electromyogram and electrocardiogram.

For the optimal creation of the system, various types of biosignals were analyzed, that in relation to the functional and non-functional requirements of the users led us to the final result. There are already similar systems in the market that help prevent epilepsy, but our system focuses on different factors and provides a combination of usability and low cost. The purpose of this work is to support people who suffer from epilepsy, offering them more certainty and independence on how to deal with every seizure crisis anywhere, anytime it could happen.

The thesis results may be exploited by everyone, since it contains open-source code and is based on open hardware, like Arduino. The cost was kept low while special consideration was given to its use, user-friendly. In the future, it is suggested to include more biosignals to the detection model, as well as the transformation of the sensors to wireless ones, extinguishing thus the disturbing wires, as reported by users.

## Key-words

Epilepsy, Epileptic crisis, Biosignals, Detection, Functional Requirements, Non-functional Requirements, User, Electromyogram, Electroneurogram, Electrocardiogram

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Καθώς η εργασία αυτή δηλώνει το τέλος ενός κύκλου, που λέγεται προπτυχιακές σπουδές, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς όλους εκείνους που με στήριξαν εν γνώση ή εν αγνοία τους σε αυτή την πρώτη απόπειρα να δημιουργήσω κάτι που αντικατοπτρίζει το προσωπικό μου ενδιαφέρον.

Κατ' αρχάς αισθάνομαι ειλικρινά την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κύριο Κακαρούντα Αθανάσιο, τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, όσο και για την καθοδήγηση και την ευχάριστη συνεργασία μας τον τελευταίο χρόνο.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μου, το ρόλο του απόλυτου σύμβουλου και υποστηρικτή των επιλογών μου σε ζητήματα παιδείας διαδραματίζει η οικογένεια μου. Σε αυτή την καθοριστική φάση της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς και τον αδέρφό μου για το αδιάκοπο ενδιαφέρον, την αμέριστη συμπαράσταση, για την κατανόηση που επέδειξαν και πάνω από όλα για την αγάπη τους.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους, τους συμφοιτητές, αλλά και όλους τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που ο καθένας με τον τρόπο του με τροφοδότησε όχι μόνο με γνώσεις, αλλά και με αξέχαστες εμπειρίες ζωής αυτά τα τέσσερα χρόνια παραμονής μου στην πόλη της Λαμίας.



---

Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2.....	3
Επιληψία και επιληπτική κρίση .....	3
Κεφάλαιο 3.....	9
Βιοσήματα και ανίχνευση επιληψίας .....	9
Κεφάλαιο 4.....	21
Προδιαγραφές συστήματος.....	21
Κεφάλαιο 5.....	31
Περιπτώσεις χρήσης- UML.....	31
Κεφάλαιο 6.....	37
Υλοποίηση συστήματος .....	37
Κεφάλαιο 7.....	47
Συμπεράσματα.....	47
Βιβλιογραφία και Αναφορές.....	49
Παράρτημα Α .....	53
Κώδικας.....	53

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

---

Η επιληψία παρουσιάζει συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον λόγω του μεγάλου πλήθους των ατόμων που αφορά. Η έρευνα που πραγματοποιείται για την αντιμετώπιση της έχει δώσει ενθαρρυντικά μηνύματα και οφείλεται στις εργασίες που έχουν παρουσιαστεί από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών, οι οποίοι προέρχονται από διάφορες επιστήμες, ορίζοντας έτσι ένα δυναμικό διεπιστημονικό πεδίο έρευνας με άμεση πρακτική εφαρμογή.

Η επιληψία είναι μία χρόνια διαταραχή του κεντρικού νευρικού συστήματος και τα άτομα που πάσχουν από αυτή έρχονται αντιμέτωπα με πολλές επαναλαμβανόμενες κρίσεις, μερικές από τις οποίες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρό τραυματισμό. Παρόλο που η επιληψία συμβαίνει σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, οι μεγαλύτερες επιπτώσεις της αφορούν τη βρεφική [1] και την τρίτη ηλικία. Αν οι κρίσεις δεν μπορούν να ελεγχθούν, ο ασθενής υφίσταται περιορισμούς στις καθημερινές του δραστηριότητες με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ποιότητα της ζωής του [2]. Μία κρίση είναι μια παρέκκλιση στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου που παράγει αποδιοργανωτικά συμπτώματα για το άτομο όπως διάσπαση συγκέντρωσης και βραχυπρόθεσμη απώλεια μνήμης, ενώ εκδηλώνεται κλινικά από εναλλαγή στη συμπεριφορά, την κίνηση, τις αισθήσεις και τη συνειδητότητα.

Ποσοστό 1% περίπου του παγκόσμιου πληθυσμού πάσχει από επιληψία, όπου το 1/3 από τα άτομα αυτά παρουσιάζουν επιληπτικές κρίσεις που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν με τη χρήση φαρμάκων [2]. Οι άνθρωποι αυτοί αντιμετωπίζουν κάθε στιγμή τον κίνδυνο ατυχημάτων, είναι επιρρεπείς και εκτεθειμένοι στις επιδράσεις των διαφόρων φαρμάκων που τους χορηγούνται καθώς και στις θεραπείες στις οποίες υποβάλλονται.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ανάλογα με το είδος της επιληπτικής κρίσης είναι δυνατή η χειρουργική επέμβαση των ασθενών, με αποτέλεσμα να μπορούν να θεραπευτούν όπως στην περίπτωση της έσω κροταφικής σκλήρυνσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση μεγάλου τμήματος του εγκεφαλικού ιστού, αφού δεν υπάρχει κάποια άλλη μέθοδος που να εντοπίζει ακριβώς την εστία της επιληπτικής κρίσης καθώς και των διόδων μέσω των οποίων διαδίδεται. Ωστόσο, υπάρχουν συχνές περιπτώσεις ασθενών, όπου η χειρουργική επέμβαση δεν αποτελεί λύση στο πρόβλημα, είτε επειδή η εστία της επιληπτικής κρίσης εντοπίζεται σε πολύ βασικό μέρος του εγκεφάλου, το οποίο δεν μπορεί να αφαιρεθεί, είτε επειδή πολλές περιοχές του εγκεφάλου αποτελούν το έναυσμα για τις κρίσεις. Έτσι, οι ασθενείς αυτοί υπόκεινται σε

δοσολογίες ισχυρών φαρμάκων και πειραματικών θεραπειών. Επομένως, έχει πλέον καταστεί σαφής η αναγκαιότητα που υπάρχει για την εύρεση κατάλληλων εργαλείων αντιμετώπισης της επιληψίας. Η συγκεκριμένη εργασία αφορά την ανίχνευση επιληπτικών κρίσεων, μέσω ανάλυσης της επονομαζόμενης «αύρας», με τη χρήση συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης. Το σύστημα αυτό προσαρμόζεται στις ανάγκες ενός επιληπτικού ανθρώπου, να προειδοποιεί αυτόν και τους οικείους του για συνθήκες που σχετίζονται με την πιθανή εκδήλωση κρίσης και έτσι να προλαμβάνει τον τραυματισμό από εκδήλωση επιληπτικής κρίσης. Πιο συγκεκριμένα, η «αύρα» που μελετάται και μας βοηθάει να ανιχνεύσουμε την πιθανή εκδήλωση κρίσης είναι ουσιαστικά το σύνολο βιοσημάτων τα οποία λαμβάνονται από διαφορετικά μέρη του σώματος κάθε ανθρώπου.

Η πτυχιακή εργασία περιλαμβάνει συνολικά επτά κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο ο αναγνώστης έρχεται σε επαφή με τις βασικές έννοιες της επιληψίας και της επιληπτικής κρίσης προκειμένου να κατανοήσει τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά της ασθένειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται μία εισαγωγή στα βιοσημάτα, στα είδη αυτών, την επεξεργασία που εφαρμόζεται σε αυτά και γίνεται αναφορά στις λειτουργίες του σώματος που σχετίζονται με αυτά. Στο τέλος του κεφαλαίου επιλέγονται εκείνα τα βιοσημάτα που έχουν συσχετιστεί με την επιληψία.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, προτείνεται ένα σύστημα για την έγκαιρη ανίχνευση της πρώιμης κατάστασης μιας επιληπτικής κρίσης και παρουσιάζονται οι λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, καθορίζοντας έτσι με σαφήνεια τη λειτουργία του. Αυτές οι απαιτήσεις εξάγονται εύκολα, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη αναλυτικά διαγράμματα (UML) περιπτώσεων χρήσης (use cases), τα οποία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο πέντε.

Στο κεφάλαιο έξι, παρουσιάζεται η υλοποίηση του συστήματος ενώ ο αναγνώστης μαθαίνει και για τα υφιστάμενα συστήματα ανίχνευσης επιληπτικών κρίσεων τα οποία διατίθενται στην αγορά. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η παράθεση των χαρακτηριστικών τους και διευκολύνεται ο αναγνώστης να συγκρίνει μεταξύ των διαφορετικών προσεγγίσεων. Επιπλέον, σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η συνεισφορά της εργασίας στο πεδίο της πρώιμης ανίχνευσης επιληπτικής κρίσης. Κλείνοντας, στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε και την υλοποίηση του προτεινόμενου συστήματος.

## Κεφάλαιο 2

### Επιληψία και επιληπτική κρίση

---

**Η επιληψία** είναι η χρόνια κατάσταση όπου εμφανίζονται επαναλαμβανόμενα επεισόδια επιληπτικής κρίσης, λόγω μιας υπάρχουσας εγκεφαλικής βλάβης. Όμως ένα επεισόδιο επιληπτικής κρίσης δεν σημαίνει επιληψία. Η επιληπτική κρίση είναι ένα σύμπτωμα, ενώ η επιληψία είναι πάθηση, με διάφορα αίτια. Η σύγχρονη νευρολογική άποψη είναι ότι ο κάθε άνθρωπος «δικαιούται» να έχει ένα επεισόδιο επιληπτικής κρίσης, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι στην υπόλοιπη ζωή του θα έχει κι άλλα επεισόδια επιληπτικών κρίσεων (δηλ. επιληψία) [2]. *Πρόκειται δηλαδή για μία ασθένεια, η οποία είναι δυνατόν να οφείλεται σε επίκτητους αλλά και σε γενετικούς παράγοντες. Εξωγενείς παράγοντες όπως εγκεφαλικές κακώσεις τόσο σε προγεννητικό αλλά και σε μεταγεννητικό στάδιο, λοιμώξεις του κεντρικού νευρικού συστήματος, όγκοι του εγκεφάλου, εγκεφαλικά και αρτηριοσκληρώσεις προκαλούν επιληψία, η οποία χαρακτηρίζεται ως συμπτωματική (symptomatic epilepsy). Στην περίπτωση της ιδιοπαθούς επιληψίας (idiopathic epilepsy) οι αιτίες οφείλονται σε γενετικούς παράγοντες [3].*

**Η επιληπτική κρίση** είναι ένα επεισόδιο απορρύθμισης του εγκεφάλου, που εκδηλώνεται με διάφορες μορφές ανάλογα με το σημείο του εγκεφάλου που σχετίζεται, πχ μια βλάβη στο κέντρο που ελέγχει την κίνηση στο χέρι θα προκαλέσει σπασμούς στο χέρι ενώ όταν η ανώμαλη ηλεκτρική δραστηριότητα επεκταθεί και στα 2 ημισφαίρια του εγκεφάλου, η επιληπτική κρίση γενικεύεται και τότε έχουμε απώλεια των αισθήσεων [3].

*Προκειμένου να μπορέσει ο γιατρός να καθορίσει τον τύπο της επιληπτικής κρίσης, είναι σημαντικό και απαιτούμενο να πάρει πληροφορίες για να μάθει πλήρως το ιστορικό του ασθενούς, τόσο από τον ίδιο όσο και από μαρτυρίες παρατηρητών τη στιγμή της κρίσης, έτσι ώστε να είναι σε θέση να αποφανθεί για τη θεραπεία που πρέπει να ακολουθήσει ο ασθενής [4].*

#### Συμπτώματα πριν την κρίση:

Ορισμένες φορές, υπάρχουν κάποια προειδοποιητικά συμπτώματα **αύρα**, τα οποία κάνουν τον ασθενή να αντιληφθεί ότι θα ακολουθήσει η "κυρίως" κρίση. Τέτοια συμπτώματα είναι στομαχικές ενοχλήσεις, περίεργες μυρωδιές, οπτικές διαταραχές, αίσθημα φόβου, ζάλη, πανικός, ναυτία κλπ.

## Συμπτώματα κατά τη διάρκεια της κρίσης :

Κατά τη διάρκεια των επιληπτικών κρίσεων οι ασθενείς είναι δυνατόν να παρουσιάζουν διάφορα χαρακτηριστικά ανάλογα με την εστία της επιληψίας αλλά και το ποσοστό του εγκεφάλου που επηρεάζεται. Κάποια κοινά και ενδεικτικά συμπτώματα που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια μιας κρίσης είναι οι ακούσιες κινήσεις, οι σπασμοί και η απώλεια συνείδησης. Η διάρκεια των επιληπτικών κρίσεων είναι δυνατόν να διαρκέσει από κάποια δευτερόλεπτα έως μερικά λεπτά και η κατηγοριοποίηση των κρίσεων είναι δυνατόν να επιτευχθεί με βάση την εστία της κρίσης, το ποσοστό του εγκεφάλου που συμμετέχει κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης δυσλειτουργίας και τα κλινικά συμπτώματα [3].

Η επιληπτική κρίση μπορεί να έχει απώλεια των αισθήσεων ή και όχι. Επίσης μπορεί να εκδηλωθεί με σπασμούς [2],[23]:

- σπασμούς

- είτε κλονικούς (όταν δηλ. τρέμουν τα χέρια ή και τα πόδια): Οι κλονικές κρίσεις εκδηλώνονται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα στα νεογνά και στα μικρά παιδιά. Η κρίση ξεκινά με απώλεια συνείδησης, με ταυτόχρονη έξαφνη υποτονία ή έναν σύντομο γενικευμένο τονικό σπασμό. Εν συνεχεία ακολουθούν αμφοτερόπλευροι μυικοί σπασμοί, διάρκειας από ένα έως και μερικά λεπτά, οι οποίοι συνήθως είναι ασύμμετροι και κυριαρχούν σε ένα από τα δυο άκρα. Κατά τη διάρκεια της κρίσης παρουσιάζεται μεγάλη διακύμανση στην ένταση, την συχνότητα και την κατανομή των σπασμών. Μετά το πέρας της κρίσης μπορεί οι ασθενείς να συνέρχονται γρήγορα αλλά μπορεί και να υπομένουν μια μακρά περίοδο σύγχυσης [5].
- είτε τονικούς και ατονικούς (όταν τα χέρια ή τα πόδια μένουν καθηλωμένα σε σύσπαση): Οι τονικές κρίσεις είναι σύντομες και συνίστανται στην απότομη αύξηση του μυικού τόνου εκτεινόντων μυών. Εάν ο ασθενής στέκεται όρθιος, τυπικά θα πέσει στο έδαφος. Η διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη αυτής των μυοκλονικών κρίσεων. Αντίθετα, οι ατονικές κρίσεις συνίστανται στην απότομη απώλεια του μυικού τόνου. Η εν λόγω απώλεια μπορεί να περιορίζεται σε συγκεκριμένες μυικές ομάδες, όπως αυτές του αυχένα με αποτέλεσμα την πτώση της κεφαλής ή όπως αυτές του κορμού με αποτέλεσμα την πτώση του σώματος στο έδαφος [5].
- είτε μυοκλονικούς (σαν τινάγματα): Οι μυοκλονικές κρίσεις χαρακτηρίζονται από έξαφνες, σύντομες και ισχυρές μυικές συσπάσεις οι οποίες μπορεί να είναι γενικευμένες ή να περιορίζονται στο πρόσωπο και στον κορμό, σε κάποιο από τα άκρα ή ακόμα και σε συγκεκριμένους μύες

ή συγκεκριμένες μυικές ομάδες. Οποιαδήποτε μυική ομάδα μπορεί να εμπλέκεται σε μια μυοκλονική κρίση. Οι μυοκλονικές κρίσεις μπορεί να είναι σοβαρές, προκαλώντας πτώσεις στο έδαφος μετά από απώλεια ισορροπίας, ή να είναι ήπιες, μιμούμενες τρέμουλο. Οι μυικές συσπάσεις των μυοκλονικών κρίσεων είναι ταχύτερες από εκείνες των κλονικών κρίσεων [5].

- Γρήγορο ανοιγοκλείσιμο των ματιών (σπασμοί στους βλεφαρικούς μυες) ή βολβοστροφή (όταν "γυρίζουν τα μάτια").
- Αισθητικές διαταραχές, πχ μουδιάσματα ή αίσθηση ηλεκτρικού ρεύματος: Οι σωματοαισθητικές κρίσεις συχνά περιγράφονται ως "μούδιασμα", "γαργάλημα", "τσιμπήματα βελόνας" ή σαν "ελαφρύ ηλεκτρικό σοκ", ενώ σε κάποιες περιπτώσεις βιώνεται ένα αίσθημα επιθυμίας για κίνηση ή αδυναμίας για κίνηση. Συνήθως πηγάζουν από την οπίσθια κεντρική έλικα (πρωτοταγής αισθητικός φλοιός) και η βαθμιαία επέκτασή τους προκαλεί το σωματοαισθητικό φαινόμενο του "περπατήματος" της κρίσης. Οι οπτικές κρίσεις με απλά οπτικά συμπτώματα είναι ένδειξη εστίας στον ινιακό λοβό (πρωτοταγής και συνειρμικός οπτικός φλοιός). Συνήθως αφορούν θετικά συμπτώματα, δηλαδή αναλαμπές φωτός ή χρωμάτων στο αντίθετο οπτικό πεδίο, και λιγότερο συχνά αρνητικά φαινόμενα, όπως σκοτώματα ή ημιανοψία. Ακουστικές κρίσεις που πηγάζουν κοντά στην περιοχή του Heschl (πρωτοταγής ακουστικός φλοιός) μπορεί να εκδηλωθούν ως απλά ακουστικά φαινόμενα, όπως "μουρμούρα", "βούισμα" ή "σφύριγμα". Οσφρητικές και γευστικές κρίσεις συνήθως λαμβάνουν τη μορφή ανεπιθύμητων οσμών και γεύσεων [5],[23].
- Ακουστικές διαταραχές, όπως απλούς ήχους ή ακόμα και μουσικά κομμάτια: Το χαρακτηριστικό στις ακουστικές επιληψίες είναι ότι στις περισσότερες μορφές γίνονται αντιληπτές με την αίσθηση κάποιας μουσικής, που δεν είναι δυσάρεστη για τον ασθενή. Η συνέχεια μπορεί να είναι μια μεγάλη ή μικρή επιληπτική κρίση με όποιες καταστάσεις και αν την ακολουθούν αυτή. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε ένα αντανακλαστικό του εγκεφάλου που μέσω μιας αισθητηριακής διέγερσης, εμπροκειμένου της ακοής, οδηγεί στην κρίση. Είναι από τις περιπτώσεις που ο γιατρός όταν έχει την υπόνοια πρέπει να ρωτάει επίμονα, διότι οι ασθενείς που πάσχουν από τέτοιου είδους κρίσεις δεν το αναφέρουν στο ιστορικό τους, θεωρώντας το κάτι φυσιολογικό [5],[23].
- Δυσκολία στην ομιλία, μπέρδεμα, σταμάτημα της ομιλίας, σιελόρροια, μασητικοί ήχοι και κινήσεις, τρίξιμο των δοντιών.
- Περίεργη αιφνίδια συμπεριφορά δηλ. ο ασθενής καθλώνει το βλέμμα του "σαν χαμένος", κάνει αυτόματες στερεοτυπικές κινήσεις όπως τρίβει τα χέρια του, κάνει σαν να μασάει, περπατάει γύρω-γύρω σαν σε κύκλο κ.ο.κ.
- Η ατονική κρίση (drop attack) όπου χάνεται αιφνίδια ο μυϊκός τόνος σε όλο το σώμα

και ο ασθενής σωριάζεται "σαν σακί" στο έδαφος.

- Αλλαγή πραγματικότητας κατά τη διάρκεια της κρίσης: Η αντίληψη της πραγματικότητας είναι διαφορετική για το κάθε άτομο. Κάθε αλλαγή επηρεάζει άμεσα τον τρόπο σκέψης και την ιδιοσυγκρασία του ατόμου. Αυτές οι αλλαγές εκτιμώμενες από επιληπτικούς ασθενείς έχουν τεράστια επιρροή στη διαμόρφωση των επιληπτικών κρίσεων. Ιδιαίτερα δε στον ψυχισμό των ασθενών με επιληπτικά σύνδρομα που η πολύ τακτικά υφιστάμενη ψευδαίσθηση της «μοναδικής» αντικειμενικής αλήθειας που τους διακατέχει και έχει άμεση συμμετοχή στην «παρασκευή» της επικοινωνιακής τους πραγματικότητας παίζει σημαντικό ρόλο. Αυτή η διαμορφωμένη προσωπικότητα, κατά κύριο λόγο πλασματική, τακτικά οδηγεί στην αύξηση των επιληπτικών κρίσεων, εάν δε λαμβάνεται θεραπευτικά υπόψη [5],[23].

### **Μετά την κρίση:**

Μια επιληπτική κρίση μπορεί να σταματήσει απότομα κι ο ασθενής να επανέλθει στην πρότερη κατάσταση (μπορεί και να μην έχει συνείδηση τι συνέβη). Σε άλλες περιπτώσεις ο ασθενής "βγαίνει" σταδιακά από την κρίση με συμπτώματα όπως ζάλη, υπνηλία, πονοκέφαλο, φόβο, σύγχυση, αίσθημα ντροπής, δυσκολία στην ομιλία, μυϊκή αδυναμία, δίψα κ.ο.κ [2].

Η επιληψία είναι μία απρόβλεπτη αρρώστια με πολλά στάδια και πολλές εκφράσεις και ασφαλώς και πολλές αιτίες. Στην ουσία, ο «καταλύτης» της εμφάνισης της είναι μια απότομη αύξηση του ηλεκτρικού δυναμικού σε όλο τον εγκέφαλο ή σε ένα σημείο του. Μερικές φορές, αυτό μπορεί να γίνει τελείως ξαφνικά προκαλώντας κάποιο ατύχημα στον ασθενή ή σε άλλους ή και με άλλα παρελκόμενα. Πρόκειται για μία κατάσταση συνεχούς αγωνίας και για τον ίδιο τον ασθενή και για τους οικείους του. Ένα από τα γεγονότα που στιγματίζει τον ασθενή είναι η ξαφνική πτώση του στο έδαφος με συνοδεία αφρών στο στόμα, τονικούς και κλωνικούς σπασμούς και απώλεια ούρων. Πρόκειται για τις λεγόμενες μεγάλες επιληπτικές κρίσεις, που μπορεί ο ασθενής να τραυματιστεί σοβαρά. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η επιληψία ή μάλλον οι επιληπτικές κρίσεις είναι από την φύση τους μια έκφραση της καθημερινότητας για πολλά εκατομμύρια ανθρώπους. Σε ένα ποσοστό 10% επί του πληθυσμού, τουλάχιστον, μια φορά πιστοποιείται μια επιληπτική κρίση. Άλλο ένα 20% επιπλέον έχει τέτοια προβλήματα που, για διάφορους λόγους, δεν διαγιγνώσκονται ή διαγιγνώσκονται λάθος.

Με βάση όλες τις παραπάνω συνέπειες που αναφέρθηκαν θα συμπεραίναμε ότι στις επιληπτικές κρίσεις το ιδιαίτερο πρόβλημα δεν είναι μόνο η αναχαίτιση τους αλλά κυρίως η πρόληψη τους. Δηλαδή η δημιουργία κάποιων μηχανισμών που οδηγούν στην αποφυγή όλων εκείνων των εκλυτικών παραγόντων της επιληπτικής κρίσης. Έτσι χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες της ιατρικής με στόχο να βοηθήσουν στην έγκαιρη διαγνωστική διαδικασία. Με αυτούς τους μηχανισμούς-συστήματα

επιτυγχάνεται η τυποποίηση της ιατρικής γνώσης και της διαγνωστικής διαδικασίας σε ορισμένες γνωστικές περιοχές της ιατρικής και η αποθήκευση αυτών σε υπολογιστικά συστήματα. Στην πράξη, τα συστήματα αυτά εκμεταλλεύονται τις πολλές αποθηκευμένες πληροφορίες και κατά κάποιο τρόπο μιμούνται τον τρόπο σκέψης του γιατρού, έχοντας την δυνατότητα να βοηθήσουν σε διαδικασίες εξαγωγής συμπερασμάτων.

Πιο συγκεκριμένα, για την έγκαιρη πρόληψη της ασθένειας που μελετάμε στην παρούσα εργασία ακολουθήσαμε τις διαγνωστικές κατηγορίες των επιληψιών και αναλύσαμε τις συνθήκες που οδηγούν σε κάθε τύπο επιληψίας. Με αυτή την διαδικασία προέκυψαν κατ' αρχήν οι κανόνες που διέπουν το σύστημα, οι οποίοι εξετάζουν τα χαρακτηριστικά των σημαντικών δεδομένων που εντοπίσαμε και αναλύουμε στα επόμενα κεφάλαια.





## Κεφάλαιο 3

### Βιοσήματα και ανίχνευση επιληψίας

---

#### Ορισμός βιοσήματος

Το βιολογικό σήμα (ή βιοσήμα) είναι χωρική, χρονική, ή χωροχρονική καταγραφή ενός βιολογικού γεγονότος όπως μια παλλόμενη καρδιά ή ένας συσπώμενος μυς. Η ηλεκτρική, χημική, και μηχανική δραστηριότητα που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια αυτού του βιολογικού γεγονότος παράγει συχνά σήματα που μπορούν να μετρηθούν και να αναλυθούν. Τα βιολογικά σήματα, επομένως, περιέχουν τις πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν τους φυσιολογικούς μηχανισμούς που υποκρύπτονται σε ένα συγκεκριμένο βιολογικό γεγονός ή ένα σύστημα. Τα βιοσήματα μπορούν να αποκτηθούν με ποικίλους τρόπους, π.χ., από το στηθοσκόπιο που χρησιμοποιεί ο γιατρός ένα για να ακούσει τον ήχο της καρδιάς ενός ασθενή ή με την χρήση των ιδιαίτερα σύνθετων και τεχνολογικά προηγμένων βιοϊατρικών οργάνων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν αρκεί απλά η απόκτηση ενός βιολογικού σήματος. Πρέπει να αναλυθούν για να ανακτηθούν πιο σχετικές πληροφορίες απ' αυτά. Οι βασικές μέθοδοι ανάλυσης σημάτων, π.χ., ενίσχυσης, φιλτραρίσματος, ψηφιοποίησης, επεξεργασίας, και αποθήκευσης, μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά βιολογικά σήματα. Αυτές οι τεχνικές ολοκληρώνονται γενικά με τη χρησιμοποίηση των ψηφιακών υπολογιστών. Επιπρόσθετα σε αυτές τις γνωστές διαδικασίες, έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές ψηφιακές μέθοδοι για την ανάλυση των βιολογικών σημάτων. Σε αυτές περιλαμβάνονται ο υπολογισμός μέσου όρου σημάτων, η ανάλυση κυματιδίων, και οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης [6], [7].

#### Είδη βιοσημάτων [7]:

- Δυναμικό δράσης – AP(Action Potential) : μηχανική ,ηλεκτρική ή χημική αντίδραση του οργανισμού.
- Ηλεκτρονευρογράφημα – ENG(Electroneurogram) : Ηλεκτρική δραστηριότητα νεύρων.
- Ηλεκτρομυογράφημα – EMG(Electromyogram) : Ηλεκτρική δραστηριότητα μυών.
- Ηλεκτροκαρδιογράφημα – ECG(Electrocardiogram) : Ηλεκτρική δραστηριότητα καρδιάς.

- Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα – EEG(Electroencephalogram) : Ηλεκτρική δραστηριότητα εγκεφάλου.
- Ηλεκτρογαστρογράφημα – EGG(Electrogastogram) : Ηλεκτρική δραστηριότητα στομάχου.
- Φωνοκαρδιογράφημα – PCG(Phonocardiogram) : Ηχητική εγγραφή της καρδιακής δραστηριότητας.
- Παλμός καρωτίδας – CP(Carotid pulse) : Πίεση της αρτηρίας της καρωτίδας.
- Ηλεκτρορετινογράφημα – ERG(Electroretinogram) : Ηλεκτρική διέγερση αμφιβληστροειδή.
- Ηλεκτροοφθαλμογράφημα – EOG(Electrooculogram) : Ηλεκτρική διέγερση των μυών του οφθαλμού.

## Φυσιολογική προέλευση των βιοσημάτων

### Βιοηλεκτρικά σήματα

Τα κύτταρα των νεύρων και των μυών παράγουν βιοηλεκτρικά σήματα που είναι τα αποτελέσματα των ηλεκτροχημικών μεταβολών εντός των κυττάρων και μεταξύ αυτών. Εάν ένα κύτταρο νεύρου ή μυός υποκινείται από ένα ερέθισμα που είναι αρκετά ισχυρό να φθάσει ένα απαραίτητο κατώφλι, το κύτταρο θα παραγάγει ένα δυναμικό δράσης. Η πλήρης δυναμικότητα δράσης, που αντιπροσωπεύει τη ροή των ιόντων στην κυτταρική μεμβράνη, μπορεί να μετρηθεί με τη χρησιμοποίηση των διακυτταρικών ηλεκτροδίων. Η δυναμικότητα δράσης που παράγεται από ένα διηγερμένο κύτταρο μπορεί να μεταδοθεί από το ένα κύτταρο στα παρακείμενα κύτταρα. Όταν πολλά κύτταρα διεγείρονται, παράγεται ένα ηλεκτρικό πεδίο και διαδίδει το σήμα μέσω του βιολογικού μέσου. Οι αλλαγές στο ενδοκυτταρικό δυναμικό μπορούν να μετρηθούν στην επιφάνεια του οργάνου ή του οργανισμού με τη χρήση ηλεκτροδίων επιφανείας. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ), το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ), και το ηλεκτρομυογράφημα (ΗΜΓ) είναι παραδείγματα αυτού του φαινομένου [6].

### Βιομαγνητικά σήματα

Διαφορετικά όργανα, συμπεριλαμβανομένης της καρδιάς, του εγκεφάλου, και των πνευμόνων, παράγουν μαγνητικά πεδία που είναι αδύνατα έναντι άλλων γεγονότων όπως οι ηλεκτρικές μεταβολές που εμφανίζονται σ' αυτά. Βιομαγνητισμός είναι η μέτρηση των μαγνητικών σημάτων που συνδέονται με τη συγκεκριμένη φυσιολογική

δραστηριότητα. Τα βιομαγνητικά σήματα επομένως μπορούν να παρέχουν πολύτιμες πρόσθετες πληροφορίες που συνήθως δεν περιλαμβάνονται στα βιοηλεκτρικά σήματα. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να λάβουν πρόσθετες πληροφορίες για την ενδοκυτταρική δραστηριότητα [6].

### **Εμβιομηχανικά σήματα**

Οι μηχανικές λειτουργίες των βιολογικών συστημάτων, που περιλαμβάνουν κίνηση, μετατόπιση, ένταση, δύναμη, πίεση, και ροή, παράγουν επίσης βιοσήματα. Η πίεση αίματος, πχ, είναι μια μέτρηση της δύναμης που το αίμα ασκεί στα τοιχώματα των αγγείων. Οι αλλαγές στην πίεση αίματος μπορούν να καταγραφούν σαν μια κυματομορφή. Η ανοδική διαδρομή στην κυματομορφή αντιπροσωπεύει τη συστολή των κοιλιών της καρδιάς όπως το αίμα εξωθείται από την καρδιά στο σώμα και η πίεση αίματος αυξάνει στη συστολική πίεση, τη μέγιστη πίεση αίματος. Το προς τα κάτω κομμάτι της κυματομορφής απεικονίζει την κοιλιακή χαλάρωση καθώς η πίεση αίματος παρουσιάζει πτώση στην ελάχιστη τιμή που καλείται διαστολική πίεση[6].

### **Βιοακουστικά σήματα**

Τα βιοακουστικά σήματα είναι ένα πρόσθετο υποσύνολο των βιομηχανικών σημάτων που περιλαμβάνουν τη δόνηση (κίνηση). Πολλά βιολογικά γεγονότα παράγουν ακουστικό θόρυβο. Για παράδειγμα, η ροή του αίματος μέσω των βαλβίδων στην καρδιά έχει έναν διακριτικό ήχο. Οι μετρήσεις του βιοακουστικού σήματος μιας καρδιακής βαλβίδας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στη διαπίστωση της σωστής ή μη λειτουργίας. Το αναπνευστικό σύστημα, οι αρθρώσεις, και οι μύες παράγουν επίσης βιοακουστικά σήματα που διαδίδονται μέσω του βιολογικού μέσου και μπορούν συχνά να μετρηθούν στην επιφάνεια του δέρματος με τη χρησιμοποίηση των ακουστικών μετατροπών όπως τα μικρόφωνα και τα επιταχύμετρα [6].

### **Βιοοπτικά σήματα**

Τα βιοοπτικά σήματα παράγονται από τις οπτικές ιδιότητες των βιολογικών συστημάτων. Τα βιοοπτικά σήματα μπορούν να εμφανιστούν φυσικά ή, σε μερικές περιπτώσεις, μπορούν να προκληθούν χρησιμοποιώντας μια βιοϊατρική τεχνική. Παραδείγματος χάριν, οι πληροφορίες για την υγεία ενός εμβρύου μπορούν να ληφθούν με τη μέτρηση των χαρακτηριστικών φθορισμού του αμνιακού υγρού. Η εκτίμηση της καρδιακής παροχής μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση της μεθόδου διαλύσεων χρωστικών ουσιών που περιλαμβάνει τον έλεγχο της συγκέντρωσης μιας χρωστικής ουσίας όπως επανακυκλοφορεί μέσω της κυκλοφορίας του αίματος [6].

## Καταγραφή Βιοσημάτων

Η καταγραφή βιολογικών σημάτων είναι μία διαδικασία που χρειάζεται ιδιαίτερη ακρίβεια και προσοχή, καθώς είναι πολύ σημαντική η αξιοπιστία των μετρήσεων [9]. Η λήψη των ηλεκτρικών βιολογικών σημάτων απαιτεί μια συγκεκριμένη σταδιακή διαδικασία, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1 : Η καταγραφή ενός βιοσήματος [9].

Αρχικά, το βιολογικό σήμα συλλέγεται από ειδικούς αισθητήρες, ή ηλεκτρόδια όταν πρόκειται για ηλεκτρικά σήματα, και μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα μέσω ειδικών μετατροπέων. Το σύστημα συλλογής για την περίπτωση του ΗΚΓ ξεκινάει από τα ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετούνται στο ανθρώπινο σώμα. Το λαμβανόμενο ρεύμα, που αποτελεί και το αρχικό ηλεκτρικό σήμα για το σύστημα, προωθείται προς τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Η επαφή των ηλεκτροδίων με το δέρμα γίνεται μέσω μιας κολλώδους ουσίας ή μέσω ενός μικρού δακτυλιδιού, που από τη μια μεριά προσκολλάται στο δέρμα και από την άλλη στο κυρίως ηλεκτρόδιο. Στα ίδια σημεία χρησιμοποιείται ειδικό υγρό που έχει τον ρόλο ηλεκτρολύτη [10].

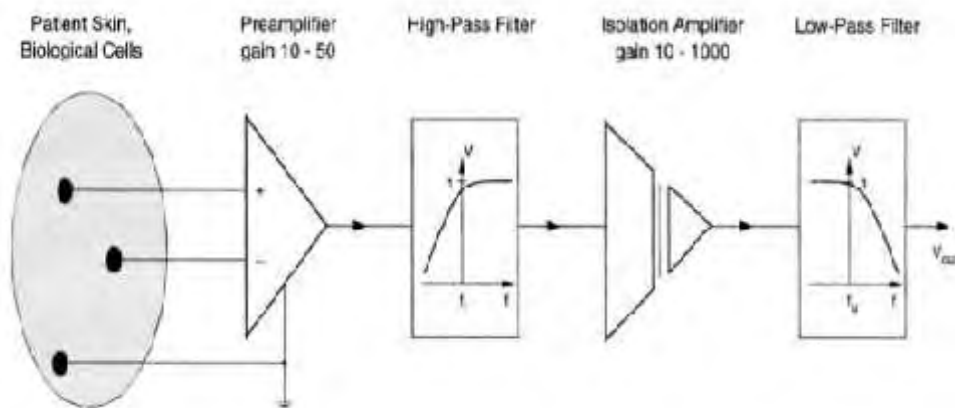
Τα βιοηλεκτρικά σήματα καταγράφονται ως δυναμικά, διαφορές δυναμικού και ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από νεύρα και μύες. Οι μετρήσεις αφορούν πολύ χαμηλά δυναμικά που κυμαίνονται μεταξύ 1μV και 100mV με μεγάλη εμπέδηση και μεγάλα επίπεδα θορύβου. Το σήμα αφού συλληχθεί από ειδικά ηλεκτρόδια, θα οδηγηθεί στο μετατροπέα A to D. Πλην όμως τα βιοσήματα είναι αρκετά ασθενή σε ένταση για να μπορέσουν να καταγραφούν στο μετατροπέα αυτό, για το λόγο αυτό χρειάζονται ενίσχυση, η οποία επιτυγχάνεται με ειδικούς βιοενισχυτές [11].

Οι ενισχυτές αυτοί πρέπει να πληρούν τις εξής βασικές προϋποθέσεις:

- Η φυσιολογική διαδικασία, την οποία μετρούν, να μην εμποδίζεται από τον ενισχυτή.
- Το καταγραφόμενο σήμα να μην παραμορφώνεται.

- Ο ενισχυτής θα πρέπει να παρέχει το μέγιστο δυνατό διαχωρισμό θορύβου από το σήμα.
- Ο ενισχυτής θα πρέπει να παρέχει προστασία για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας στον ασθενή.
- Ο ενισχυτής θα πρέπει να αυτοπροστατεύεται από πιθανές μεγάλες τάσεις που θα μπορούσαν να τον καταστρέψουν.

Κατά τη διαδικασία της ενίσχυσης, μαζί με το βιοσήμα εισάγεται και θόρυβος από διάφορες πηγές, ο οποίος πρέπει να απομακρυνθεί είτε με τη χρήση αναλογικών φίλτρων είτε με τρόπο ψηφιακό. Από τη στιγμή που το σήμα θα φτάσει στον μετατροπέα, αυτός ψηφιοποιεί και κβαντίζει το σήμα μετατρέποντάς το από αναλογικό σε διακριτό (ψηφιακό), καθιστώντας το έτσι κατάλληλο για περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 3.2 : Η ενίσχυση ενός βιοσήματος.

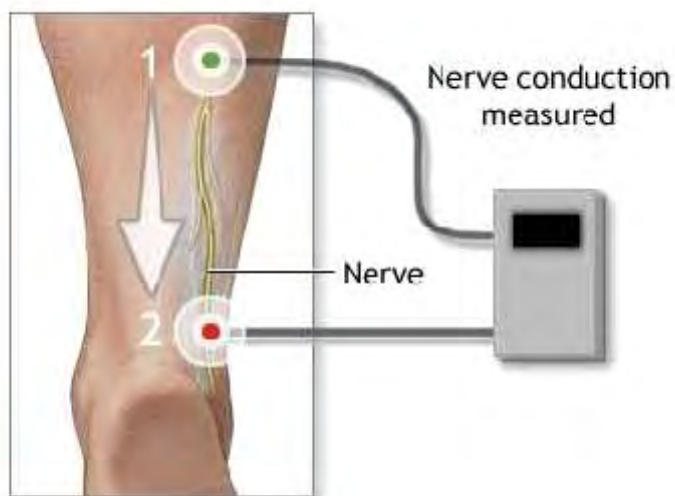
## Βιοσήματα στην επιληψία

Πιο αναλυτικά, τα βιοσήματα που είναι απαραίτητο να λαμβάνονται από τον επιληπτικό ασθενή και θα οδηγήσουν σε πρόληψη της επιληπτικής κρίσης είναι τα παρακάτω:

### Ηλεκτρονευρογράφημα (ENG)

Κάποια από τα συμπτώματα που αναφέρθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, όπως είναι οι αισθητικές και κινητικές διαταραχές, έχουν ως τρόπο καταγραφής το ηλεκτρονευρογράφημα. Το ηλεκτρονευρογράφημα αποτελεί τη μεθοδο εκλογής για τη

μελέτη των παθήσεων των περιφερικών νεύρων του σώματος. Κατά την εξέταση αυτή δίνεται ένα ηλεκτρικό ερέθισμα σε διάφορα σημεία της ανατομικής πορείας ενός νεύρου και καταγράφεται η απάντηση από το ίδιο το νεύρο ή από έναν μυ που ελέγχεται από αυτό το νεύρο υπό την έννοια μίας κυματομορφής. Αν το νεύρο δεν αντιδρά γρήγορα ή καθόλου είναι πιθανός ένας τραυματισμός αυτού. Σε άλλες περιπτώσεις η ταχύτητα μετάδοσης του νεύρου μετριέται τοποθετώντας τα δυο ηλεκτρόδια σε κοντινές αποστάσεις πάνω στο νεύρο και καταγράφεται η ηλεκτρική δραστηριότητα στις δυο θέσεις των ηλεκτροδίων. Η διαφορά μεταξύ των δυο ENG αντιστοιχεί στην ταχύτητα μετάδοσης του νεύρου [7],[8].



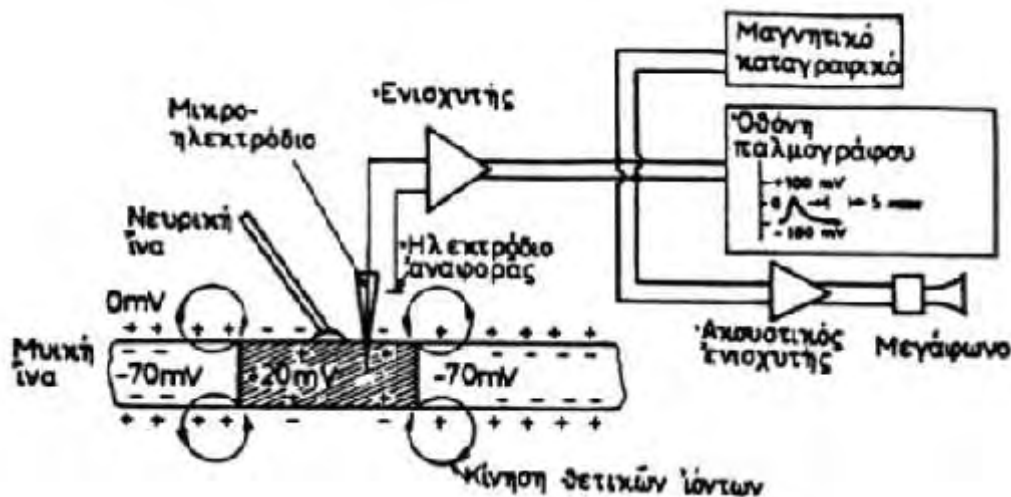
Εικόνα 3.3 : Παράδειγμα χρήσης του νευρογραφήματος.

### **Ηλεκτρομυογράφημα(EMG)**

Ο κύριος τρόπος για την καταγραφή των μυϊκών κρίσεων και συσπάσεων στην ασθένεια της επιληψίας είναι το ηλεκτρομυογράφημα. Τοποθετώντας δυο ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του δέρματος, πάνω από τον αντίστοιχο μυ ή εισάγοντας βελονοειδή ηλεκτρόδια μέσα στο μυ, είναι δυνατή η ηλεκτρική καταγραφή της διέγερσής του, που καλείται ηλεκτρομυογράφημα. Το ηλεκτρομυογράφημα είναι μία τεχνική καταγραφής των αλλαγών του ηλεκτρικού δυναμικού του μυός, όταν διεγείρεται για συστολή. Είναι δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα όλων των συμπεριλαμβανομένων δυναμικών δράσης των κινητικών μονάδων ενός μυ, τα οποία μεταδίδονται κατά μήκος των μυϊκών ινών που βρίσκονται μεταξύ των ηλεκτροδίων καταγραφής.

Για την λήψη και την καταγραφή των μυσηλεκτρικών σημάτων απαιτείται συγκεκριμένος εξοπλισμός. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται διακρίνεται σε δυο

γενικές κατηγορίες. Η πρώτη αφορά την λήψη, ενίσχυση και καταγραφή του μυοηλεκτρικού σήματος, ενώ η δεύτερη την επεξεργασία του σήματος και περιλαμβάνει όλα τα φίλτρα, τους ολοκληρωτές και κάθε άλλο τμήμα του εξοπλισμού χρήσιμο για την τροποποίηση της μορφής του μυοηλεκτρικού σήματος και την περαιτέρω ανάλυση του. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά τη λήψη του σήματος θεωρητικά δεν έχει καμία επίδραση στο περιεχόμενο της πληροφορίας. Για την καταγραφή του ηλεκτρομυογραφήματος είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ένα ή δύο ηλεκτρόδια. Συνηθίζεται η χρησιμοποίηση δύο ηλεκτροδίων σε ένα διπολικό μοντέλο (Dipole), θεωρώντας ότι το ρεύμα συγκεντρώνεται σε δύο σημεία κατά μήκος της μυϊκής ίνας [12].



Εικόνα 3.4 : Αναλυτική λειτουργία ηλεκτρομυογραφήματος[12].

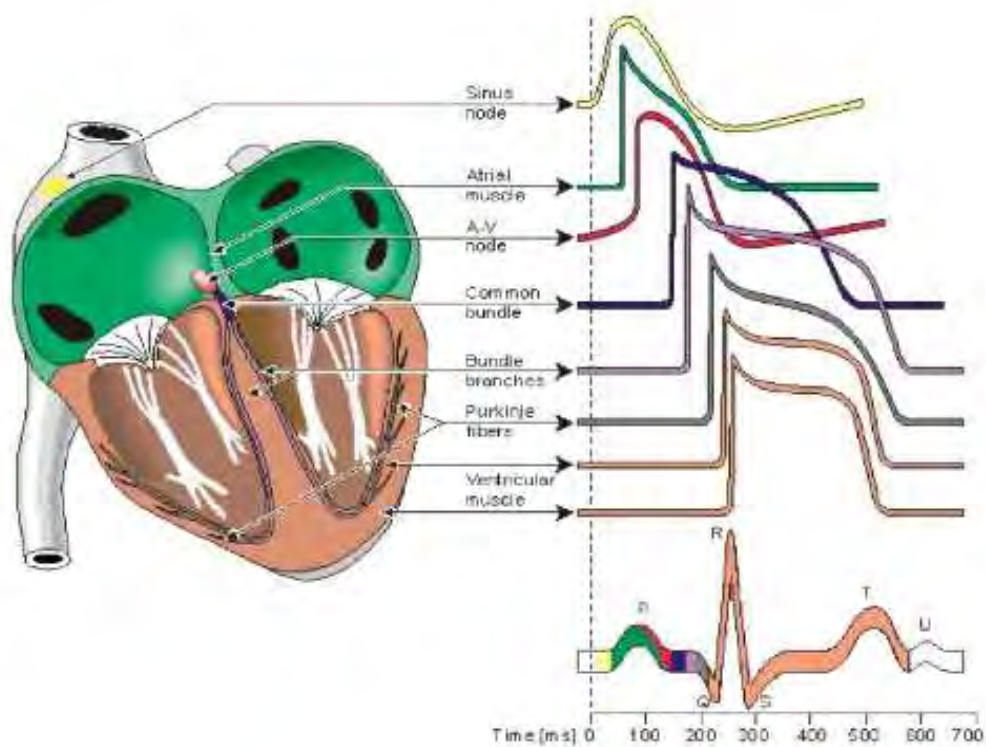
### Ηλεκτροκαρδιογράφημα(ECG)

Οι παλμοί της καρδιάς του ασθενούς όταν έχει προδιάθεση για την εκδήλωση κάποιου συμπτώματος επιληπτικής κρίσης αλλάζουν σε σύγκριση με τους φυσιολογικούς. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι το μέσο με το οποίο θα μπορούσαν να καταγράφουν τέτοιου είδους αλλαγές. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι η αναπαράσταση της ηλεκτρικής δραστηριότητας που παράγεται στην καρδιά. Το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι η πιο συνηθισμένη εργαστηριακή διαδικασία για τη διάγνωση διαφόρων καρδιακών παθήσεων, ιδιαίτερα του εμφράγματος του μυοκαρδίου. Επίσης είναι χρήσιμο για τη διάγνωση διαφόρων μη καρδιακών διαταραχών, όπως είναι τα νοσήματα του θυρεοειδή, τα νοσήματα των νεφρών, τα νοσήματα του πνεύμονα και διάφορες ηλεκτρολυτικές διαταραχές (υποκαλιαιμία, υπερκαλιαιμία, υποασβεστιαιμία, υπερασβεστιαιμία). Με το ηλεκτροκαρδιογράφημα μπορούν να ανιχνευθούν ανωμαλίες που παρατηρούνται από τη λήψη καρδιολογικών και μη καρδιολογικών φαρμάκων, καθώς και να αναγνωρισθούν διαφόρων τύπων



καρδιακές αρρυθμίες. Τέλος, η ηλεκτροκαρδιογραφική ανάλυση είναι το βασικό εργαλείο μέσω του οποίου ελέγχεται η λειτουργία ή η δυσλειτουργία ενός τεχνητού βηματοδότη[7],[13].

Υπάρχουν αρκετοί τροποποιημένοι τύποι ηλεκτροκαρδιογραφήματος, το Holter ηλεκτροκαρδιογραφήματος και το ηλεκτροκαρδιογράφημα κατά τη διάρκεια δοκιμασίας κόπωσης είναι τα δυο πιο συνηθισμένα παραδείγματα. Η συνεχής ηλεκτροκαρδιογραφική παρακολούθηση αποτελεί ένα παράδειγμα τροποποίησης του κλασικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στις καρδιολογικές μονάδες, στις χειρουργικές αίθουσες, στις αίθουσες ανάνηψης και στις αιμοδυναμικές και ηλεκτροφυσιολογικές μονάδες.

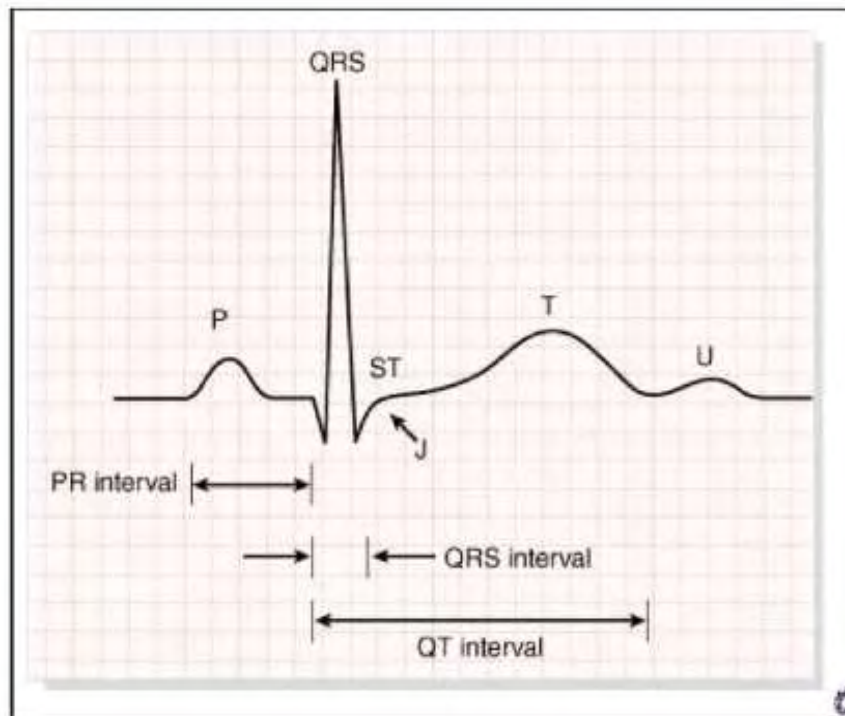


Εικόνα 3.5 : Ο σχηματισμός του Ηλεκτροκαρδιογραφικού σήματος.

### Χαρακτηριστικά του Φυσιολογικού Ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα αποτελείται από ένα έπαρμα P, ένα σύμπλεγμα QRS κι ένα έπαρμα T. Το σύμπλεγμα QRS είναι στην πραγματικότητα τρία διαφορετικά επάρματα, τα Q, R, S [14].

Το έπαρμα P προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα που παράγονται καθώς οι κόλποι εκπολώνονται πριν από τη συστολή τους, ενώ το QRS προκαλείται από ρεύματα που παράγονται όταν εκπολώνονται οι κοιλίες πριν από τη δική τους συστολή. Κατά συνέπεια, τόσο το έπαρμα P όσο και οι συνιστώσες του συμπλέγματος QRS είναι επάρματα εκπόλωσης. Το έπαρμα T προκαλείται από ρεύματα που παράγονται καθώς οι κοιλίες αναλαμβάνουν από την κατάσταση εκπόλωσης και είναι γνωστό ως έπαρμα επαναπόλωσης, της οποίας η διαδικασία συμβαίνει στις κοιλίες 0.25 έως 0.35 sec μετά την εκπόλωση[14].



Εικόνα 3.6 : Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα.

### **Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG)**

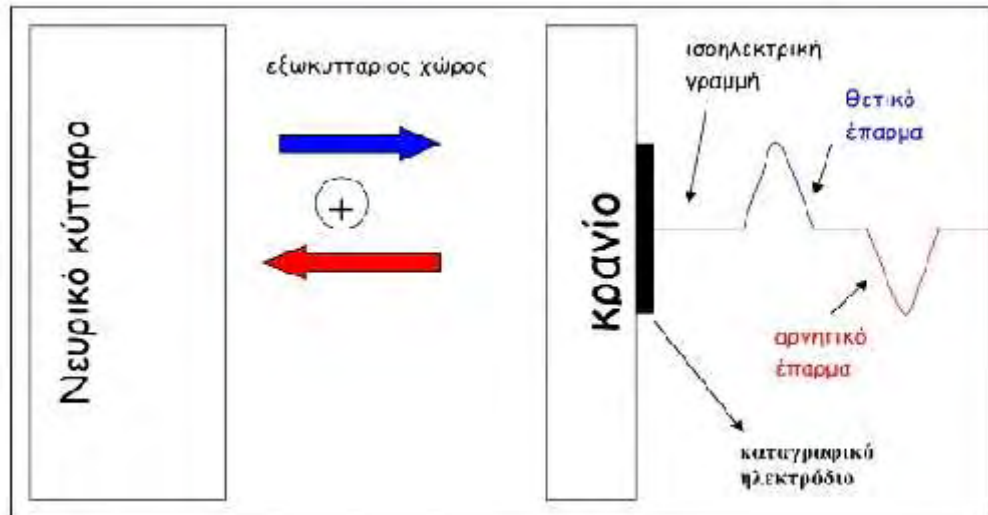
Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ – electroencephalogram EEG) είναι η καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος αποτελείται από δισεκατομμύρια κύτταρα. Το καθένα από αυτά παράγει και μεταδίδει απειροελάχιστα ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία αθροιζόμενα με εκείνα των άλλων νευρικών κυττάρων του εγκεφάλου δίνουν μεγαλύτερα σήματα τα οποία μπορούμε να καταγράψουμε. Η καταγραφή των ηλεκτρικών σημάτων του εγκεφάλου γίνεται με ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στην επιφάνεια του κρανίου. Επομένως, αυτό που καταγράφουμε στο ΗΕΓ είναι ηλεκτρικά σήματα από τον φλοιό του εγκεφάλου (αφού αυτό είναι πιο κοντά στο κρανίο σε σχέση με άλλες δομές του φλοιού που είναι στο εσωτερικό του

εγκεφάλου) [7],[15] .



Εικόνα 3.7 : Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα [15].

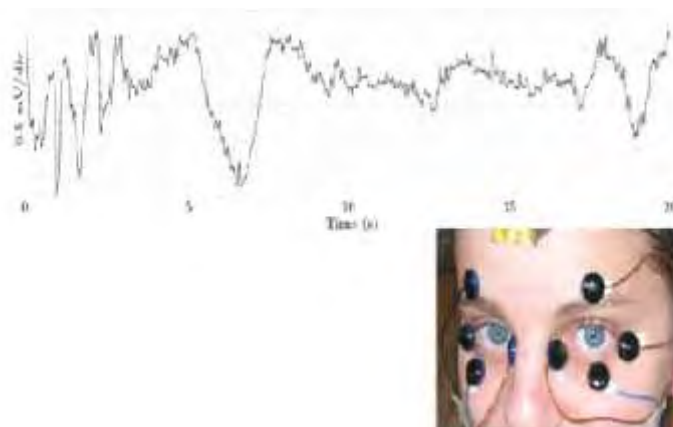
Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι όλο κι όλο μια γραμμή. Η οποία μπορεί να είναι ευθεία-οριζόντια- ή να έχει γραμμές που αποκλίνουν από αυτό το επίπεδο. Η ευθεία οριζόντια γραμμή λέγεται ισοηλεκτρική γραμμή. Ονομάζεται έτσι γιατί στη διάρκειά της δεν μεταβάλλεται το δυναμικό του εξωκυττάριου χώρου που καταγράφεται στο ηλεκτρόδιο, που σημαίνει ότι δεν υπήρξε διέλευση ρεύματος από την μεμβράνη, άρα τα νευρικά κύτταρα είναι σε κατάσταση ηρεμίας. Οι γραμμές που αποκλίνουν από την ισοηλεκτρική γραμμή ονομάζονται επάρματα και δείχνουν ότι άλλαξε το δυναμικό του εξωκυττάριου χώρου του εγκεφάλου δηλαδή ότι κινήθηκε ρεύμα μέσα από τη μεμβράνη των νευρικών κυττάρων δηλαδή ότι ενεργοποιήθηκαν τα νευρικά κύτταρα (δεν βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας). Άρα τα επάρματα είναι ενδεικτικά ηλεκτρικής δραστηριότητας των νευρικών κυττάρων του φλοιού. Τα επάρματα μπορεί να είναι θετικά, δηλαδή πάνω από την ισοηλεκτρική γραμμή ή αρνητικά δηλαδή κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή, ανάλογα με το αν θετικά φορτία κινούνται προς ή από το ηλεκτρόδιο καταγραφής [15].



Εικόνα 3.8 : Σχηματική επεξήγηση του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος.

### Ηλεκτροοφθαλμογράφημα (EOG)

Η καταγραφή των μεταβολών του δυναμικού που οφείλεται στην κίνηση του βολβού του οφθαλμού καλείται ηλεκτροοφθαλμογράφημα. Το ηλεκτροοφθαλμογράφημα παρέχει πληροφορίες για τον προσανατολισμό του οφθαλμού καθώς και της γωνιακής ταχύτητας και επιτάχυνσης αυτού. Χρησιμοποιείται επίσης για την παρακολούθηση-διάγνωση του ύπνου. Για την πραγματοποίηση της μέτρησης αυτής τοποθετείται κοντά σε κάθε μία από τις πλευρές του οφθαλμού από ένα ηλεκτρόδιο (Εικόνα 3.9) [7].



Εικόνα 3.9 : Ηλεκτροοφθαλμογράφημα [7].



## Κεφάλαιο 4

### Προδιαγραφές συστήματος

---

#### Τεχνικές υλοποιήσεις και Λογισμικό

Το λογισμικό είναι ένα πολύπλοκη τεχνική υλοποίηση, η οποία δεν έχει αυτοτελή υπόσταση, παρά μόνο όταν χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή στην πραγματοποίηση συγκεκριμένων λειτουργιών. Παρά τις αρκετές ομοιότητες που μπορεί κανείς να αναζητά συχνά μεταξύ λογισμικού και λοιπών τεχνικών υλοποιήσεων, υπάρχουν και σημαντικές διαφορές. Η πρώτη είναι η μη απτή φύση του λογισμικού. Μια τεχνική υλοποίηση είναι ορατή και απτή, ενώ το λογισμικό δεν είναι αυτό καθαυτό "ορατό". Μόνο τα αποτελέσματα της χρήσης του μπορούν να είναι αντιληπτά. Η δομή του λογισμικού, τόσο σε μικροσκοπικό όσο και σε μακροσκοπικό επίπεδο, είναι και αυτή ένα νοητό κατασκεύασμα, που μπορεί να γίνει με διαφορετικούς τρόπους αντιληπτό. Η δεύτερη σημαντική διαφορά μπορεί να περιγραφεί από μια παρομοίωση: Σε αντίθεση με τα τεχνικά έργα, η υλοποίηση των οποίων συνήθως ακολουθεί μια προκαθορισμένη οδό, γνωστή από την αρχή, η ανάπτυξη του λογισμικού μοιάζει με σκόπευση κινούμενου στόχου από κινούμενο έδαφος και με όπλο που συνεχώς αλλάζει τη συμπεριφορά του. Ο στόχος είναι κινούμενος γιατί οι απαιτήσεις των χρηστών συνεχώς μεταβάλλονται, ακόμα και μέσα στη διαδικασία ανάπτυξης μιας εφαρμογής που προορίζεται να τις ικανοποιήσει. Το έδαφος είναι κινούμενο γιατί το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού είναι και το ίδιο συνεχώς εξελισσόμενο μαζί με το υλικό, αλλά και μαζί με τις επιλογές και την έκβαση των μη τεχνικών διαμαχών στο χώρο της αγοράς τεχνογνωσίας και τεχνολογίας πληροφορικής. Σαν να μην έφταναν τα παραπάνω, το όπλο με το οποίο γίνεται η "σκόπευση", δηλαδή οι μεθοδολογίες, τα εργαλεία και τα περιβάλλοντα ανάπτυξης και λειτουργίας του λογισμικού, είναι επίσης ραγδαία μεταβαλλόμενα με το χρόνο [16].

Όλοι μας γινόμαστε μάρτυρες ενός καταϊγισμού προϊόντων, εξέλιξης λειτουργικών συστημάτων, γλωσσών προγραμματισμού, περιβαλλόντων και τεχνολογιών ανάπτυξης. Ο καταϊγισμός αυτός φαίνεται να μην έχει ορατό τέλος, μιας και είναι οι νόμοι του ανταγωνισμού που σε πολλές περιπτώσεις προωθούν τις εξελίξεις, αλλά και η ίδια η πρόοδος της τεχνολογίας των υπολογιστών, η οποία είναι τουλάχιστον εντυπωσιακή.

Μολονότι η υλοποίηση πολλών τεχνικών έργων είναι δυνατό να τυποποιηθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό, δεν ισχύει το ίδιο με την ανάπτυξη του λογισμικού. Η ανάπτυξη αυτή μέχρι σήμερα δεν έχει γίνει δυνατό να αυτοματοποιηθεί και το λογισμικό

παραμένει ένα από τα πολυπλοκότερα και μια από τις δυσκολότερες τεχνικές υλοποιήσεις του ανθρώπου, στην υλοποίηση του οποίου συναντώνται επί μακρόν σημαντικά προβλήματα, τα οποία από πολλούς χαρακτηρίζονται ως "χρόνια".

### **Αξιολόγηση Λογισμικού**

Ένα μεγάλο πρόβλημα της εξασφάλισης ποιότητας λογισμικού είναι η έλλειψη αυστηρά καθορισμένων μετρήσιμων στόχων και διαδικασιών μέτρησης. Ενώ για παράδειγμα είναι εφικτό και κατανοητό να μετρήσουμε το ύψος, το πλάτος και το μήκος ενός τετραδίου δε μπορούμε να κάνουμε το ίδιο σε ένα προϊόν λογισμικού. Αυτό έχει ως συνέπεια να μη μπορούμε να εξασφαλίζουμε μεγάλο ποσοστό λειτουργικότητας και αξιοπιστίας.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι η έννοια της ποιότητας λογισμικού είναι αρκετά αφηρημένη ως οντότητα για να κατανοηθεί και να μπορούν να τεθούν μετρήσιμοι στόχοι, οπότε δημιουργήθηκε η ανάγκη να επιμεριστεί η έννοια της ποιότητας σε χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά που αντικατοπτρίζουν την ποιότητα ενός προϊόντος ονομάζονται ποιοτικά χαρακτηριστικά και το καθένα από αυτά είναι μέρος του συνόλου της ποιότητας. Για να κατανοηθεί η έννοια της ποιότητας και να μπορέσουν να τη μετρήσουν με κάποιο πιο συγκεκριμένο τρόπο πολλοί ερευνητές δημιούργησαν μοντέλα ώστε να συσχετίσουν μεταξύ τους τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και να βγάλουν μετρήσιμα συμπεράσματα [16].

Ένας ακόμη λόγος που υπάρχει κρίση λογισμικού είναι οι αντικρουόμενες απαιτήσεις των χρηστών-πελατών. Κάθε άνθρωπος αν ερωτηθεί για ένα προϊόν σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προϊόντος που συμβάλλουν στην ποιότητά του, το πιθανότερο είναι να δώσει διαφορετική απάντηση. Αυτό συμβαίνει γιατί η σπουδαιότητα των χαρακτηριστικών εξαρτάται από το ποιός κάνει την ανάλυση του λογισμικού.

Οι χρήστες θεωρούν ένα λογισμικό καλό αν μπορούν να το χειριστούν εύκολα και πραγματοποιούν αυτό που θέλουν γρήγορα. Οι χρήστες στην ουσία αξιολογούν ένα λογισμικό με βάση τα εξωτερικά του χαρακτηριστικά όπως είναι η συχνότητα και το είδος των αστοχιών του. Δηλαδή αν οι αστοχίες του λογισμικού είναι μικρότερης ή μεγαλύτερης σημασίας ή ακόμα και καταστροφικές. Ήτοι οι χρήστες απαιτούν από το λογισμικό να είναι εύχρηστο, να παρέχει πλήθος λειτουργιών και δυνατοτήτων, να υλοποιείται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα και να έχει πολύ χαμηλό κόστος.

Επίσης ένα λογισμικό αξιολογείται και από αυτούς που το σχεδιάζουν και γράφουν τον κώδικα αλλά και από αυτούς που συντηρούν το πρόγραμμα μετά την ολοκλήρωσή του. Αυτοί σε αντίθεση με τους χρήστες ενδιαφέρονται για τα εσωτερικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Δηλαδή για το πλήθος και τα είδη των ελαττωμάτων ώστε με την ύπαρξη ή όχι αυτών των ελαττωμάτων να αποδεικνύουν την ποιότητα του

τελικού προϊόντος ή την έλλειψη ποιότητάς του.

Κάθε κατασκευαστής προσπαθεί συνεχώς να εξασφαλίζει την ποιότητα των προϊόντων που παράγει. Με το ίδιο σκεπτικό και ένας τεχνολόγος λογισμικού πρέπει όταν δημιουργεί ένα λογισμικό να εξασφαλίζει στον πελάτη του – χρήστη κάποιο ικανοποιητικό βαθμό ποιότητας αλλά και χρηστικότητας. Πρέπει να ακολουθεί μια στρατηγική σχεδιασμού και ανάπτυξης λογισμικού ώστε να καταλήγει στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα ενός λογισμικού, δηλαδή σε ένα «καλό λογισμικό», ποιοτικό λογισμικό που βέβαια η ποιότητα εξαρτάται από την οπτική γωνία που τη βλέπει ο κάθε άνθρωπος.

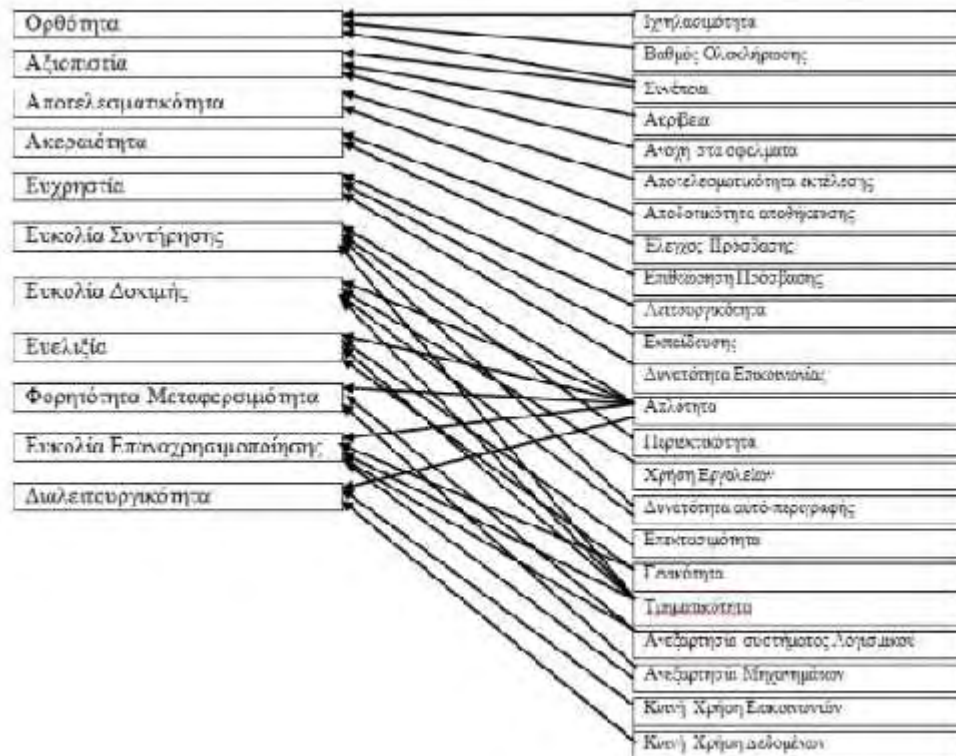
Δημιουργείται όμως το πρόβλημα πολλές φορές στην παραγωγή λογισμικού τα έργα να ξεπερνούν τον αρχικό τους προϋπολογισμό ή ακόμα και τον καθορισμένο χρόνο παράδοσης. Επιπλέον πολλές φορές κάποιος προγραμματιστής για να διατηρήσει το προσυμφωνημένο κόστος αλλά και τη προθεσμία παράδοσης ενός λογισμικού οδηγείται σε υλοποίηση λογισμικού χαμηλότερης ποιότητας που ίσως να μην ικανοποιεί πλήρως τον χρήστη και να υπάρχουν μελλοντικά προβλήματα στη συντήρησή του.

Η κρίση του λογισμικού έκανε επιτακτική την ανάγκη του λόγου ύπαρξης μέτρησης της ποιότητας ενός προϊόντος ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε τα προϊόντα μεταξύ τους. Γι' αυτό τον λόγο δημιουργούμε μοντέλα που συσχετίζουν την άποψη του χρήστη (εξωτερική άποψη) με την άποψη του δημιουργού του λογισμικού (εσωτερική άποψη). Μοντέλο ποιότητας είναι ένα σχήμα που βοηθά να κατανοήσει κάποιος καλύτερα την ποιότητα ενός λογισμικού. Τα μοντέλα ποιότητας διασπούν την ποιότητα σε επιμέρους παράγοντες που έχουν μετρικές ώστε να μπορεί κάποιος εύκολα να τη μετρήσει. Ένα από τα σημαντικότερα μοντέλα ποιότητας είναι το μοντέλο ποιότητας McCall το οποίο και αναλύουμε παρακάτω.

### **ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ MCCALL**

Ένα μοντέλο ποιότητας δημιουργήθηκε από τον McCall και τους συνεργάτες του με στόχο να φανούν οι σχέσεις των εξωτερικών παραγόντων ποιότητας (αριστερή στήλη), με τα κριτήρια ποιότητας του προϊόντος (δεξιά στήλη). Ο McCall συσχέτισε κάθε κριτήριο της δεξιάς στήλης με μια μέτρηση προκειμένου να δείξει το βαθμό στον οποίο ικανοποιείται κάθε επιμέρους στοιχείο ποιότητας [17],[19].





Εικόνα 4.1 : Το μοντέλο αξιολόγησης της ποιότητας του McCall.

Το μοντέλο αυτό εστιάζει στο τελικό προϊόν (εκτελέσιμο κώδικα) και αναγνωρίζει βασικά γνωρίσματα που ονομάζονται παράγοντες ποιότητας από την πλευρά του χρήστη και περιγράφουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι παράγοντες ποιότητας που προτείνει ο McCall είναι οι εξής έντεκα [18]:

- **Ορθότητα:** Η έκταση που ένα πρόγραμμα ικανοποιεί τις προδιαγραφές και εκπληρώνει τους στόχους του πελάτη.
- **Αξιοπιστία:** Η έκταση στην οποία ένα πρόγραμμα αναμένεται να εκτελεί τις επιδιωκόμενες λειτουργίες με την απαιτούμενη ακρίβεια.
- **Αποτελεσματικότητα:** Το σύνολο των πόρων του υπολογιστή και του κώδικα που απαιτείται, ώστε το πρόγραμμα να εκτελεί τις λειτουργίες του.
- **Ακεραιότητα:** Η έκταση στην οποία η προσπέλαση στο λογισμικό ή τα δεδομένα από μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα μπορεί να ελεγχθεί.
- **Ευχρηστία:** Η προσπάθεια που απαιτείται για την εκμάθηση, το χειρισμό, την προετοιμασία εισαγωγής δεδομένων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων από ένα πρόγραμμα.
- **Ευκολία Συντήρησης:** Η προσπάθεια που απαιτείται για τον εντοπισμό και την

επιδιόρθωση ενός σφάλματος σε ένα πρόγραμμα.

- **Ευκολία Δοκιμής:** Η προσπάθεια που απαιτείται για τον έλεγχο ενός προγράμματος, ώστε να εξασφαλιστεί ότι αυτό εκτελεί τις επιδιωκόμενες λειτουργίες.
- **Ευελξία:** Η προσπάθεια που απαιτείται για την τροποποίηση ενός προγράμματος.
- **Φορητότητα – Μεταφερισιμότητα:** Η προσπάθεια που απαιτείται για να μεταφερθεί το πρόγραμμα από ένα υλικό (hardware) και/ή από ένα λογισμικό περιβάλλον σε ένα άλλο.
- **Ευκολία Επαναχρησιμοποίησης:** Η έκταση στην οποία ένα πρόγραμμα (ή τμήμα του προγράμματος) μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές.
- **Διαλειτουργικότητα:** Η προσπάθεια που απαιτείται για να συνδεθεί ένα σύστημα σε ένα άλλο.

Οι παράγοντες αυτοί δεν μπορούν να μετρηθούν απευθείας διότι βρίσκονται σε υψηλό επίπεδο αφαίρεσης. Γι αυτό διακρίνονται σε επιμέρους κριτήρια ποιότητας (δεξιά στήλη) τα οποία σχετίζονται περισσότερο με τη δημιουργία ενός λογισμικού και μπορούν να μετρηθούν ευκολότερα ώστε να έχουμε ένα πιο ποιοτικό λογισμικό. Για παράδειγμα αν θελήσουμε να βρούμε το βαθμό ικανοποίησης του παράγοντα Ευκολία Συντήρησης αρκεί να μετρήσουμε τα κριτήρια ποιότητας Απλότητα, Περιεκτικότητα, Δυνατότητα αυτό-περιγραφής και Τμηματικότητα. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να βρούμε τον βαθμό ικανοποίησης όλων των παραγόντων. Η σύνδεση παραγόντων και κριτηρίων ποιότητας φαίνεται στην εικόνα 4.1.

### **ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ**

Στη παρούσα εργασία καλούμαστε να κατασκευάσουμε ένα σύστημα αισθητήρων για την ανίχνευση και την πρόληψη μιας επιληπτικής κρίσης όπου ο πελάτης μας, στη συγκεκριμένη περίπτωση ο ασθενής, μας περιέγραψε τα χαρακτηριστικά της ασθένειας του καθώς και τις αντιδράσεις του οργανισμού του προκειμένου το σύστημα να προσαρμοστεί με βάση τις ανάγκες του. Για τη σωστή δημιουργία του λογισμικού πρέπει να τηρούνται όμως κάποιες λειτουργικές ή μη λειτουργικές απαιτήσεις.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Ο όρος "απαίτηση" έχει διττή λειτουργία. Μπορεί να είναι μια αφηρημένη έννοια υψηλού επιπέδου αλλά μπορεί να είναι και κάτι ακριβώς καθορισμένο, λεπτομερές ακόμα κι ένας μαθηματικός ορισμός μιας λειτουργίας του συστήματος.

Οι απαιτήσεις περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος. Εκφράζουν τις καταστάσεις του συστήματος και των αντικειμένων και τις μεταβάσεις από τη μία κατάσταση στην άλλη. Μια λειτουργική απαίτηση (functional requirement) περιγράφει μια αλληλεπίδραση ανάμεσα στο σύστημα και το περιβάλλον του. Για να προσδιορίσουμε τις λειτουργικές απαιτήσεις, εξετάζουμε και αποφασίζουμε τις καταστάσεις που είναι αποδεκτές σε ένα σύστημα. Επιπλέον, οι λειτουργικές απαιτήσεις περιγράφουν τον τρόπο συμπεριφοράς του συστήματος όταν αυτό δέχεται συγκεκριμένα ερεθίσματα [20].

Οι τύποι των λειτουργικών απαιτήσεων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Τις απαιτήσεις χρήστη όπου ο κατασκευαστής παρέχει στους χρήστες-πελάτες πληροφορίες μέσω φυσικής γλώσσας, πινάκων και διαγραμμάτων για το σύστημα, τις λειτουργίες και τους περιορισμούς του.

2. Και τις απαιτήσεις συστήματος, όπου ο κατασκευαστής καθορίζει με ακρίβεια τη κάθε λεπτομέρεια για το σύστημα, τις λειτουργίες και τους περιορισμούς του και περιγράφει τη σύμβασή του με τον πελάτη ώστε να είναι κατοχυρωμένος.

Με βάση όλα τα παραπάνω οι βασικές λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος μας είναι οι εξής:

[ΛΑ1]: Προσωπικός λογαριασμός προσαρμοσμένος σε κάθε χρήστη.

[ΛΑ2]: Προσθήκη και αποθήκευση των απαραίτητων στοιχείων των χρηστών.

[ΛΑ3]: Τροποποίηση, διόρθωση ή αφαίρεση πληροφοριών από το σύστημα.

[ΛΑ4]: Επικοινωνία των χρηστών με τους δημιουργούς του συστήματος.

[ΛΑ5]: Δυνατότητα έγκαιρης-προγραμματισμένης προειδοποίησης σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.

[ΛΑ6]: Δυνατότητα αναζήτησης συγκεκριμένης πληροφορίας μέσα στο καταχωρημένο υλικό της εφαρμογής.

[ΛΑ7]: Παροχή σημαντικών συνδέσμων για αναζήτηση περισσότερων πληροφοριών.

[ΛΑ8]: Παροχή βοήθειας με την εισαγωγή στοιχείων επικοινωνίας.

[ΛΑ9]: Υψηλή μεταφερσιμότητα του συστήματος, ώστε να λειτουργεί ανεξάρτητα από

την πλατφόρμα.

[ΛΑ10]: Δημιουργία αντίγραφων ασφαλείας (back-up).

### **ΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Μη λειτουργική απαίτηση είναι η απαίτηση που θέτει περιορισμούς στο σύστημα και καθορίζει συγκεκριμένες ιδιότητες. Δηλαδή περιγράφει μια προδιαγραφή του συστήματος που περιορίζει τις επιλογές μας για την κατασκευή μιας λύσης στο πρόβλημα. Αυτοί οι περιορισμοί μειώνουν τις επιλογές μας συνήθως όσον αφορά τη γλώσσα προγραμματισμού, τη πλατφόρμα (αναπαράσταση συστήματος) ή τις τεχνικές, τα εργαλεία υλοποίησης και τις δυνατότητες των συσκευών εισόδου-εξόδου. Επίσης οι περιορισμοί θα καθορίσουν την αξιοπιστία ενός λογισμικού, το χρόνο απόκρισης καθώς και τις απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο. Η επιλογή αυτή γίνεται στο στάδιο της σχεδίασης, μετά τη προδιαγραφή των απαιτήσεων [20].

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις είναι σπουδαιότερες από τις λειτουργικές διότι αν δε πληρούνται τότε το σύστημα δε μπορεί να λειτουργήσει και έχει σαν αποτέλεσμα να είναι άχρηστο.

Οι μη λειτουργικές απαιτήσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Οι απαιτήσεις προϊόντος που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα του τελικού προϊόντος, την χρησιμότητά του, την αξιοπιστία του, την αποδοτικότητα του, την φορητότητα του, την ταχύτητα επεξεργασίας των δεδομένων του, τις απαιτήσεις σε αποθηκευτικό χώρο κ.ά.

2. Οι εταιρικές απαιτήσεις με τις οποίες καθορίζονται οι απαιτήσεις από την πολιτική της κάθε εταιρίας λογισμικού για τις διαδικασίες που ακολουθούνται, τα πρότυπα που χρησιμοποιούν, τις απαιτήσεις υλοποίησης, τις απαιτήσεις παράδοσης κ.ά.

3. Απαιτήσεις από εξωτερικούς παράγοντες όπου είναι οι απαιτήσεις που προέρχονται από εξωγενείς παράγοντες και επηρεάζουν το σύστημα, την ανάπτυξη του και τη σωστή λειτουργία του (διαλειτουργικότητα). Επίσης υπάρχουν και νομικές απαιτήσεις δηλαδή απαιτήσεις ιδιωτικού απορρήτου και απαιτήσεις ασφάλειας κ.ά.

Πιο συγκεκριμένα, για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος μας ορίζονται οι παρακάτω μη λειτουργικές απαιτήσεις:

[ΜΛΑ1]: Χρόνος ειδοποίησης σε περίπτωση ένδειξης σφάλματος ή κινδύνου λιγότερος από 10 δευτερόλεπτα.

[ΜΛΑ2]: Έλεγχος της ασφάλειας με διαφύλαξη της ακεραιότητας, που συντελεί στην

προστασία και πληρότητα των πληροφοριών της εφαρμογής.

[ΜΛΑ3]: Το περιβάλλον της εφαρμογής να είναι ελκυστικό και εύχρηστο, ώστε να κεντρίζει το ενδιαφέρον του χρήστη, αλλά να μην τον αποπροσανατολίζει.

[ΜΛΑ4]: Μικρός όγκος της κάθε εφαρμογής, ώστε να γίνεται γρήγορα η φόρτωση της.

[ΜΛΑ5]: Σε κάθε βήμα της πλοήγησης στο σύστημα να υπάρχουν τα απαραίτητα μενού για πρόσβαση στο αρχικό κομμάτι της εφαρμογής ή την έξοδο από αυτή.

[ΜΛΑ6]: Περιοχές του συστήματος να διατηρούν σταθερή σχεδίαση ώστε να μην υπάρχει σύγχυση από την πλευρά του χρήστη.

[ΜΛΑ7]: Ο χρήστης να γνωρίζει κάθε στιγμή σε ποιο σημείο της εφαρμογής βρίσκεται.

[ΜΛΑ8]: Οι διεπαφές να είναι απλές και αποτελεσματικές.

### **ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΧΡΗΣΤΩΝ**

Το πρώτο βήμα στον προσδιορισμό των χρηστών του συστήματος είναι η γνωριμία με αυτούς. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει την κατανόηση και καταγραφή των στόχων τους και των εργασιών που χρειάζεται να εκτελέσουν. Ακολουθεί ανάλυση απαιτήσεων για κάθε κατηγορία χρηστών.

#### **Απαιτήσεις Διαχειριστή**

[ΑΔ1]: Δυνατότητα συντήρησης και αναβάθμισης του συστήματος.

[ΑΔ2]: Διαχείριση του κεντρικού μηχανήματος που είναι αποθηκευμένα όλα τα δεδομένα.

[ΑΔ3]: Εύκολος τρόπος επιλογής και επεξεργασίας δεδομένων.

[ΑΔ4]: Διαχείριση και κατηγοριοποίηση περιεχομένου, ώστε να διαμορφωθεί η εμφάνιση του ιστοχώρου (π.χ. μενού) και να καθίσταται πιο εύχρηστος.

[ΑΔ5]: Προσθήκη, διόρθωση ή διαγραφή και αποθήκευση των πληροφοριών.

[ΑΔ6]: Διατήρηση των στοιχείων επικοινωνίας για παροχή βοήθειας.

[ΑΔ7]: Προγραμματισμός εμφάνισης μηνύματος προειδοποίησης, όταν οι ενδείξεις των βιοσημάτων δεν είναι εντός των φυσιολογικών πλαισίων που έχουν οριστεί.

### Απαιτήσεις Κατόχου

[AE1]: Προσπέλαση του συστήματος μέσω προγράμματος πλοήγησης χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπρόσθετου λογισμικού.

[AE2]: Δυνατότητα επικοινωνίας με το διαχειριστή (πιθανόν για παροχή βοήθειας).

[AE3]: Εύκολη αναζήτηση και εύρεση πληροφοριών.

[AE4]: Δυνατότητα εστίασης στις προσωπικές ανάγκες του κάθε κατόχου ξεχωριστά.

[AE5]: Δυνατότητα ρύθμισης υπενθυμίσεων που θα βοηθήσουν στην αποφυγή δυσλειτουργιών του διαχειριστή.



## Κεφάλαιο 5

### Περιπτώσεις χρήσης- UML

---

#### ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ:

Περίπτωση χρήσης είναι η περιγραφή ενός σεναρίου ή ενός συνόλου σεναρίων τα οποία είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους. Μια περίπτωση χρήσης ορίζει και περιγράφει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους δράστες (actors) και συγκεκριμένα λειτουργικά τμήματα της εφαρμογής (υπηρεσίες του συστήματος). Δηλαδή, μια περίπτωση χρήσης περιγράφει σε υψηλό επίπεδο, συστηματικά και μεθοδικά πώς μια εφαρμογή θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση συγκεκριμένων στόχων. Πολλές περιπτώσεις χρήσεις καλύπτουν τελικά όλες τις απαιτήσεις και την επιθυμητή συμπεριφορά της εφαρμογής. Με τις περιπτώσεις χρήσης περιγράφουμε την συμπεριφορά του συστήματος χωρίς να μπαίνουμε σε λεπτομέρειες όπως οι τρόποι υλοποίησης. Μια περίπτωση χρήσης συνήθως περιλαμβάνει πολλά σεναρία και δίνει την δυνατότητα αποφυγής περιττών πληροφοριών και περιγραφών των λειτουργιών ενός συστήματος. Αυτό το οποίο προσπαθούμε να επιτύχουμε με τις περιπτώσεις χρήσης είναι μια ολοκληρωμένη άποψη των λειτουργιών και της συμπεριφοράς του λογισμικού του συστήματος [21],[22].

Οι περιπτώσεις χρήσης είναι δομημένες με συγκεκριμένο και τυπικό τρόπο και αυτό γίνεται μέσω δομημένης περιγραφής. Τα συστατικά αυτής της δομής είναι:

- Όνομα / σύντομη περιγραφή
- Χαρακτήρες (actors): Οι οποίοι επικοινωνούν με την περίπτωση χρήσης.
- Προϋποθέσεις : Ποιες συνθήκες πρέπει να ικανοποιούνται στην έναρξη της περίπτωσης χρήσης.
- Μέτα-Συνθήκη : Ποιες συνθήκες πρέπει να ικανοποιούνται στην λήξη της περίπτωσης χρήσης.
- Ερέθισμα (Trigger) : Ένα γεγονός που προκαλεί την περίπτωση χρήσης.
- Σχέσεις : Συσχέτιση (association), Περιλαμβάνει (include), Επεκτείνει (extend), Εξειδικεύει (generalization).
- Ομαλή Ροή Γεγονότων : Περιγραφή της συμπεριφοράς βάση της περίπτωσης χρήσης.
- Συνιστώσες ροές γεγονότων
- Εναλλακτικές ροές – Εξαιρέσεις: Αποκλίσεις από το κύριο σενάριο επιτυχίας.



### **ΣΕΝΑΡΙΟ ΧΡΗΣΗΣ:**

Τα σενάρια αποτελούν μια μικρογραφία των επιμέρους λειτουργιών ενός συστήματος και ανάλογα με την πιστότητά τους μπορεί να είναι είτε γενικά σενάρια που εμπεριέχουν επιλεγμένες περιπτώσεις χρήσης, είτε σενάρια αλληλεπίδρασης που καταγράφουν τρόπους εκτέλεσης μιας περίπτωσης χρήσης. Η χρήση των σεναρίων κατά την διαδικασία ανάλυσης ενός συστήματος λογισμικού βασίζεται στην ιδιότητα που έχουν τα σενάρια να προσφέρουν αφενός λεπτομερείς καταγραφές πρακτικών (δηλαδή τι κάνουν οι χρήστες ή το ίδιο το σύστημα) και ταυτόχρονα να συνεισφέρουν στον οραματισμό νέων λύσεων με τη χρήση προηγμένων τεχνολογικών εργαλείων. Συγκεκριμένα, ένα σενάριο προσφέρεται τόσο για την αποκάλυψη καθηκόντων που εκτελούν οι χρήστες και που συνιστούν υπάρχουσες πρακτικές, όσο και για τον οραματισμό λύσεων που γίνονται εφικτές με τη χρήση νέων τεχνολογιών και εργαλείων.

Τα σενάρια χρήσης θα πρέπει να ικανοποιούν συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την πληρότητα του σεναρίου.

- Ένα σενάριο για να είναι πλήρες θα πρέπει να καταγράφεται με μια μορφή που να επιτρέπει περαιτέρω ανάλυση.
- Το σενάριο θα πρέπει να προσδιορίζει τον στόχο ή τον σκοπό που εξυπηρετείται και να γίνεται σαφής αναφορά σε εμπλεκόμενους φορείς (συνιστώσες συστήματος και χρήστες).
- Το σενάριο θα πρέπει να συντίθεται από επιμέρους δραστηριότητες (βήματα) που όταν εκτελεστούν να αποφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- Το σενάριο θα πρέπει να προσδιορίζει την ροή των δραστηριοτήτων (βημάτων) που πρέπει να εκτελεστούν.
- Για κάθε επιμέρους δραστηριότητα ή βήμα θα πρέπει να υπάρχουν ή να μπορούν να προσδιοριστούν όρια που εξασφαλίζουν την έναρξη και λήξη της δραστηριότητας και, γενικά, του σεναρίου.
- Ένα σενάριο θα πρέπει να προσδιορίζει τις προϋποθέσεις που το ολοκληρώνουν και τυχόν εξαιρέσεις που συνήθως συνιστούν εναλλακτικά σενάρια.

Αναφορικά με τις τεχνικές καταγραφής, ένα σενάριο ανάλογα με τον βαθμό ωριμότητάς του μπορεί να καταγράφεται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, όπως:

- Κείμενο / αφήγηση γεγονότων.
- Αριθμημένη ακολουθία βημάτων.
- Φόρμα δομημένης περιγραφής.
- Διαχωρισμένη αφήγηση.

- Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης.
- Διάγραμμα σεναρίου VORD.
- Μοντέλο ακολουθίας της UML, κλπ.

Επίσης, είναι δυνατόν ένα σενάριο αρχικά καταγεγραμμένο με έναν γενικό τύπο (π.χ. κείμενο) να εξειδικευτεί με τη χρήση μιας άλλης μορφής (π.χ. διαχωρισμένη ακολουθία βημάτων) προκειμένου να γίνει δυνατή η καλύτερη κατανόηση επιμέρους συστατικών του.

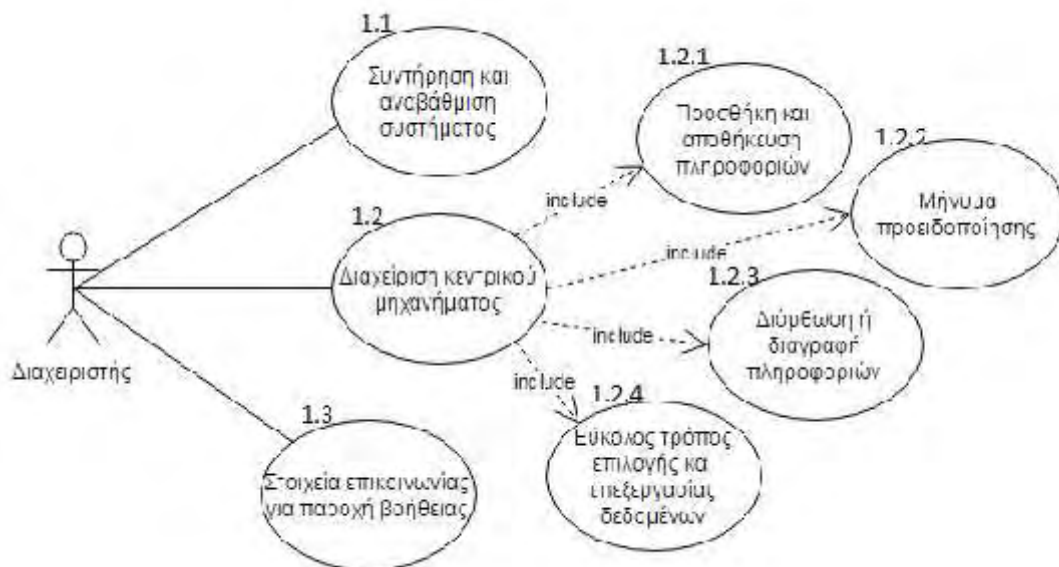
### **ΠΡΟΦΙΛ ΧΡΗΣΤΩΝ:**

Οι χρήστες του συστήματος πρόληψης της επιληψίας ορίζονται με βάση το προφίλ τους. Έτσι λοιπόν διακρίνουμε τις συγκεκριμένες κατηγορίες προφίλ:

- Διαχειριστής του Συστήματος
- Κάτοχος του Συστήματος

Σύμφωνα με την παραπάνω ιεραρχική δομή ο διαχειριστής έχει πλήρως τα δικαιώματα χρήσης του συστήματος, ενώ ο κάτοχος του έχει περιορισμένα δικαιώματα. Όταν γίνεται κάποια αναβάθμιση στο σύστημα κάποιες από τις λειτουργίες που επιτελεί ο διαχειριστής κληρονομούνται και στον κάτοχο. Όταν προκύπτει μία βλάβη στο σύστημα αρχικά προσπαθεί να την αντιμετωπίσει ο κάτοχος και στην συνέχεια θα απευθυνθεί στον διαχειριστή που έχει συσχέτιση με περισσότερες λειτουργίες. Είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν περιπτώσεις χρήσης που να γενικεύονται σε μία, περιπτώσεις χρήσης που να συμπεριλαμβάνουν και άλλες πιο συγκεκριμένες και τέλος περιπτώσεις χρήσης που να επεκτείνονται περισσότερο.

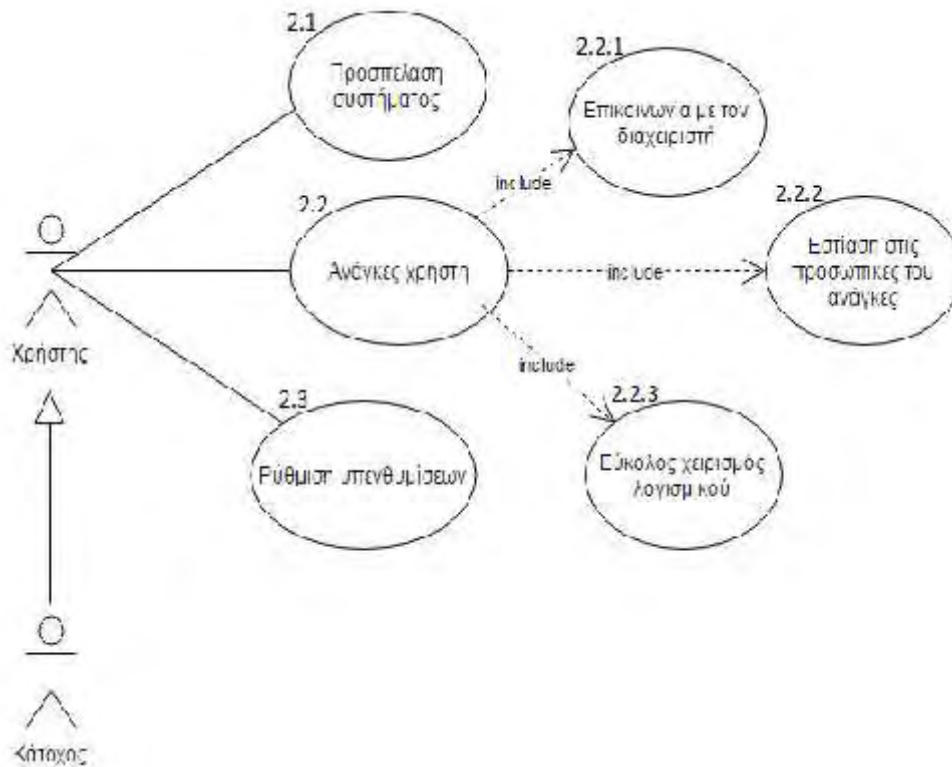
Σύμφωνα με τις απαιτήσεις χρηστών που αναφέρονται στο 4ο κεφάλαιο, μπορούμε να δημιουργήσουμε τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης που αναλογούν στη λειτουργία του συστήματος ανίχνευσης επιληψίας [21], [22].



Εικόνα 5.1 : Διάγραμμα UML Διαχειριστής.

Πιο συγκεκριμένα, στο διάγραμμα UML διαχειριστής γίνονται γνωστά τα εξής:

- Αρχικά, κάθε έλλειψη αποτελεί και μία περίπτωση χρήσης με την οποία συσχετίζεται ο Διαχειριστής.
- Η περίπτωση χρήσης (1.1), δείχνει τη δυνατότητα του Διαχειριστή να συντηρεί και να κάνει αναβάθμιση στο σύστημα.
- Η περίπτωση χρήσης (1.2), δείχνει την δυνατότητα του Διαχειριστή για πλήρη διαχείριση του κεντρικού συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση χρήσης διακλαδίζονται υποπεριπτώσεις μέσω της σχέσης "περιλαμβάνει" (include). Η (1.2.1) και η (1.2.3) δίνουν την επιλογή για χειρισμό των επιθυμητών πληροφοριών, η (1.2.2) προειδοποιεί για τυχόν δυσλειτουργίες που μπορεί να προκύψουν κατά την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος και η (1.2.4) προσφέρει επεξεργασία και εύκολο τρόπο επιλογής των δεδομένων του συστήματος.
- Τέλος, ο Διαχειριστής συσχετίζεται με την περίπτωση χρήσης (1.3) με την οποία παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία επικοινωνίας προκειμένου να μπορεί να επέμβει άμεσα σε δύσκολες καταστάσεις - βλάβες τόσο του συστήματος όσο και των υπόλοιπων χρηστών.



Εικόνα 5.2 : Διάγραμμα UML Κάτοχος-Χρήστης.

- Πιο αναλυτικά, στο διάγραμμα UML Κάτοχος-Χρήστης παρατηρούνται τα εξής:
- Ο Κάτοχος κληρονομεί τη συμπεριφορά και την περιγραφή του χρήστη. Ο χρήστης με την σειρά του συσχετίζεται με τις παρακάτω περιπτώσεις χρήσης.
- Η περίπτωση χρήσης (2.1), δείχνει την δυνατότητα του χρήστη να προσπελάσει το σύστημα μέσω προγράμματος πλοήγησης και χωρίς την ανάγκη εγκατάστασης επιπρόσθετου λογισμικού.
- Η συσχέτιση του χρήστη με την περίπτωση χρήσης (2.2), απεικονίζει τις βασικές ανάγκες του χρήστη. Σε αυτή την περίπτωση χρήσης συμπεριλαμβάνονται μέσω της σχέσης " περιλαμβάνει" (include) οι παρακάτω περιπτώσεις χρήσης: Η (2.2.1) που δίνει την δυνατότητα για επικοινωνία με τον διαχειριστή , κυρίως εφόσον προκύψει επείγουσα ανάγκη ή κάποια βλάβη. Η (2.2.2), η οποία παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να προσαρμόσει το σύστημα στις ανάγκες του. Την περίπτωση χρήσης (2.2.2) συμπληρώνει η (2.2.3), η οποία προσφέρει στον χρήστη ευκολία στον γενικό χειρισμό του συστήματος.
- Τέλος, ο χρήστης συσχετίζεται με την (2.3), με την οποία έχει την δυνατότητα να ρυθμίζει το σύστημα σύμφωνα με τις ανάγκες του. Με αυτόν τον τρόπο

βοηθάει στην απόφυγη δυσλειτουργιών που μπορεί να προκύψουν στο σύστημα χειρισμού του διαχειριστή.

## Κεφάλαιο 6

### Υλοποίηση συστήματος

---

Προκειμένου να είναι ανταγωνιστική η προτεινόμενη υλοποίηση, πραγματοποιήθηκε αρχικά μια έρευνα αγοράς. Στην συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα από αυτή την έρευνα, δηλαδή τα συστήματα τα οποία έχουν παρόμοιο στόχο με αυτόν της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Υπενθυμίζεται ότι ο στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία ενός συστήματος υποστήριξης ατόμων με επιληψία και ειδικότερα η έγκαιρη διάγνωση μιας κρίσης, λίγο πριν εκδηλωθεί και κατά την διάρκειά της. Τα συστήματα που παρουσιάζονται είναι διαθέσιμα στην αγορά (επί πληρωμή ή προς αξιολόγηση) και βασίζονται στην πλειοψηφία τους στην δειγματοληψία βιοσημάτων, παρόμοια με την λύση που παρουσιάζεται σε αυτή την πτυχιακή εργασία. Από τις ακόλουθες υλοποιήσεις, μόνο μια από αυτές δεν βασίζεται στην αξιοποίηση βιοσημάτων αλλά στην απόκριση του ασθενή μέσω εφαρμογής (app).

Αφού παρουσιαστούν οι διαθέσιμες λύσεις στην αγορά, στη συνέχεια αποτυπώνεται σε συγκεντρωτικό πίνακα ο τρόπος με τον οποίο συσχετίζονται τα δείγματα των βιοσημάτων προκειμένου να ανιχνευτεί η κρίση. Όπως φαίνεται σε αυτήν την σύγκριση, η προτεινόμενη υλοποίηση υπερτερεί ως προς το βαθμό των παραγόντων που λαμβάνονται υπόψη.

#### **ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΕΠΙΛΗΨΙΑΣ**

Οι εξελίξεις της τεχνολογίας και οι εφαρμογές της σε θέματα υγείας υπόσχονται ένα λαμπρό μέλλον στην διάγνωση και τη θεραπεία των ασθενών. Υπόσχονται επίσης και βελτιωμένη ασφάλεια των ασθενών που πάσχουν από νόσους, ιδιαίτερα όσες χαρακτηρίζονται από παροξυσμικό και απρόβλεπτο μοτίβο εκδήλωσης, όπως η επιληψία. Δημιουργήθηκαν πολλές ομάδες ανα τον κόσμο οι οποίες θέλησαν να δημιουργήσουν συστήματα πρόβλεψης επιληπτικών κρίσεων. Τα συστήματα αυτά πέρα από αποτελεσματικά θα πρέπει να είναι και εύχρηστα στους χρήστες τους. Έτσι, τα περισσότερα δεν είναι ογκώδη και «φοριούνται» (wearables) πάνω στο ανθρώπινο σώμα με ποικίλους τρόπους. Με τη βοήθεια ενός wearable μπορούμε να μετράμε τους παλμούς της καρδιάς μας, να μετράμε πόσες θερμίδες παίρνουμε από τα καθημερινά μας γεύματα αλλά και να καταγράφουμε τις επιδόσεις μας όταν γυμναζόμαστε.

Κάποια συστήματα πρόβλεψης επιληπτικών κρίσεων παρουσιάζονται παρακάτω, με κύριο γνώμονα την διαθεσιμότητά τους, την ευκολία κτήσης τους, το κόστος τους και την επιτυχία υποβοήθησης στην ανίχνευση και ενημέρωση της επιληπτικής κρίσης.

### Ρολόι Embrace

Το Embrace είναι ένα wearable που, μεταξύ άλλων, μπορεί να προβλέψει πότε θα εκδηλωθεί μια επιληπτική κρίση και να στείλει το απαραίτητο προειδοποιητικό σήμα. Σύμφωνα με τα στατιστικά του Αμερικανικού Ινστιτούτου Υγείας (NIH), περίπου 1 στους 100 ανθρώπους έχει έρθει αντιμέτωπος με μια αιφνίδια επιληπτική κρίση, ενώ ποσοστό 25-30% όσων έχουν λάβει διάγνωση για επιληψία δεν είναι σε θέση να εμποδίσει μια επερχόμενη επιληπτική κρίση ακόμη κι όταν λαμβάνει την απαραίτητη θεραπεία. Το Embrace διαθέτει ενσωματωμένους αισθητήρες που παρακολουθούν την ηλεκτροδερμική δραστηριότητα, δηλαδή πόση ηλεκτρική ενέργεια διαπερνά το δέρμα. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να προβλεφθεί πότε θα εκδηλωθεί μια επιληπτική κρίση και να προληφθεί και πιθανός αιφνίδιος θάνατος. Η καθηγήτρια του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Μασαχουσέτης (MIT), Rosalind Picard, η οποία συμμετείχε στην ομάδα σχεδιασμού του Embrace, εξηγεί πως, κατά τη διάρκεια μιας επιληπτικής κρίσης, η αμυγδαλή του εγκεφάλου παρουσιάζει υπερδιέγερση και αυτό μπορεί να οδηγήσει στη διακοπή της αναπνοής. Μερικές φορές, χρειάζεται εξωτερική βοήθεια για να επανέλθει η αναπνοή. Η υπερδιέγερση της αμυγδαλής έχει αποδειχθεί ότι συνδέεται με την αυξημένη αγωγιμότητα του δέρματος. Το Embrace εντοπίζει τέτοιου είδους μεταβολές και αποστέλλει προειδοποιητικό σήμα σε κάποιον φροντιστή ή στο κινητό του ασθενούς [24].

Ενδιαφέρον είναι ότι η ίδια συσκευή θα είναι χρήσιμη αποκαλύπτοντας τα επίπεδα του στρες σε ευρύτερες ομάδες πληθυσμού συμπεριλαμβανόμενων γονέων και δασκάλων. Στη δεύτερη περίπτωση η μέτρηση σε γενικές γραμμές θα είναι χρήσιμη όταν υπάρχει ανάγκη ιατρικής παρέμβασης στα συναισθήματα του παιδιού που βρίσκεται κάτω από συνθήκες πίεσης ή ακόμη και στο ενδεχόμενο να υπάρχουν πιθανότητες αυτισμού σε πρώιμο στάδιο. Όμως και σε γενικότερη κλίμακα, η μέτρηση του στρες είναι ένας σημαντικός δείκτης που προειδοποιεί καθώς η συγκεκριμένη διαταραχή σε χρόνια βάση είναι γνωστό ότι σχετίζεται με προβλήματα στην καρδιά και μεταξύ άλλων προκαλεί παχυσαρκία και σάκχαρο [25].

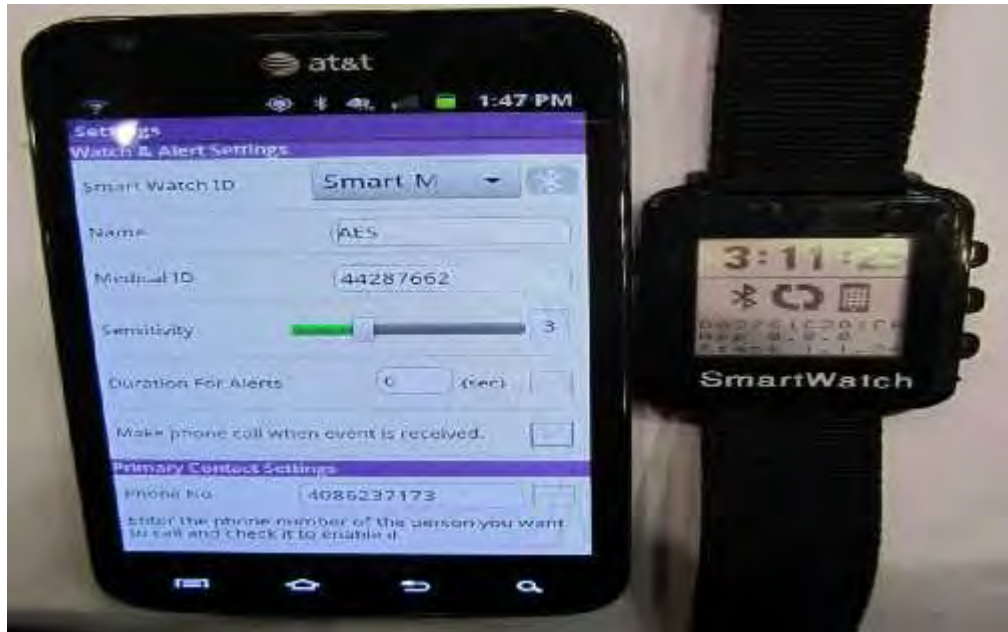


Εικόνα 6.1 : Το ρολόι Embrace.

### Ρολόι SmartWatch

Όπως έχει αναφερθεί, η επιληψία είναι μια διαταραχή του εγκεφάλου κατά την οποία μια ομάδα από νευρώνες (νευρικά κύτταρα ) αρχίζουν να λειτουργούν ταυτόχρονα και να εκπέμπουν ανώμαλα ηλεκτρικά σήματα. Επιληπτικές κρίσεις μπορούν να προκαλεσθούν από μία πληθώρα αιτιών. Κατά τη διάρκεια μίας κρίσης το άτομο μπορεί να χάσει τις αισθήσεις του ή ακόμη και να αρχίσει να έχει σπασμούς. Οι οθόνες των συσκευών που χρησιμοποιούνται για την πρόληψη μίας επιληπτικής κρίσης είναι σημαντικό να μην τρεμοσβήνουν γιατί έτσι βλάπτουν ακόμα περισσότερο την κατάσταση. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό οι επιληπτικοί να χρησιμοποιούν οθόνες με ρυθμό ανανέωσης άνω των 90 Hz (δηλαδή το περιεχόμενο της οθόνης να ανανεώνεται ενενήντα φορές το δευτερόλεπτο). Επιπροσθέτως για την αποφυγή της ανάκλησης του φωτός πάνω στην οθόνη του υπολογιστή (άλλη μια πιθανή αιτία κρίσης ) υπάρχουν ειδικοί προστάτες ανάκλασης για μόνιτορ (Monitor Glare Guards). Εύσημα αξίζουν και στους κατασκευαστές των περισσότερων φυλλομετρητών (browsers) που ενσωματώνουν ρυθμίσεις για την αποτροπή της εμφάνισης επικίνδυνων στοιχείων από μια ιστοσελίδα. Ένα νέο δημιούργημα της εταιρίας Smart Monitor είναι το Smart Watch, ένα ρολόι που ανιχνεύει πότε ο χρήστης κάνει επαναλαμβανόμενες σωματικές κινήσεις και έτσι ενημερώνει προληπτικά για το πότε κινδυνεύει ο κάτοχός του να πάθει κρίση επιληψίας. Στην περίπτωση που αυτό συμβεί υπάρχει και η δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσης κάποιου συγγενικού ή φιλικού προσώπου [26].

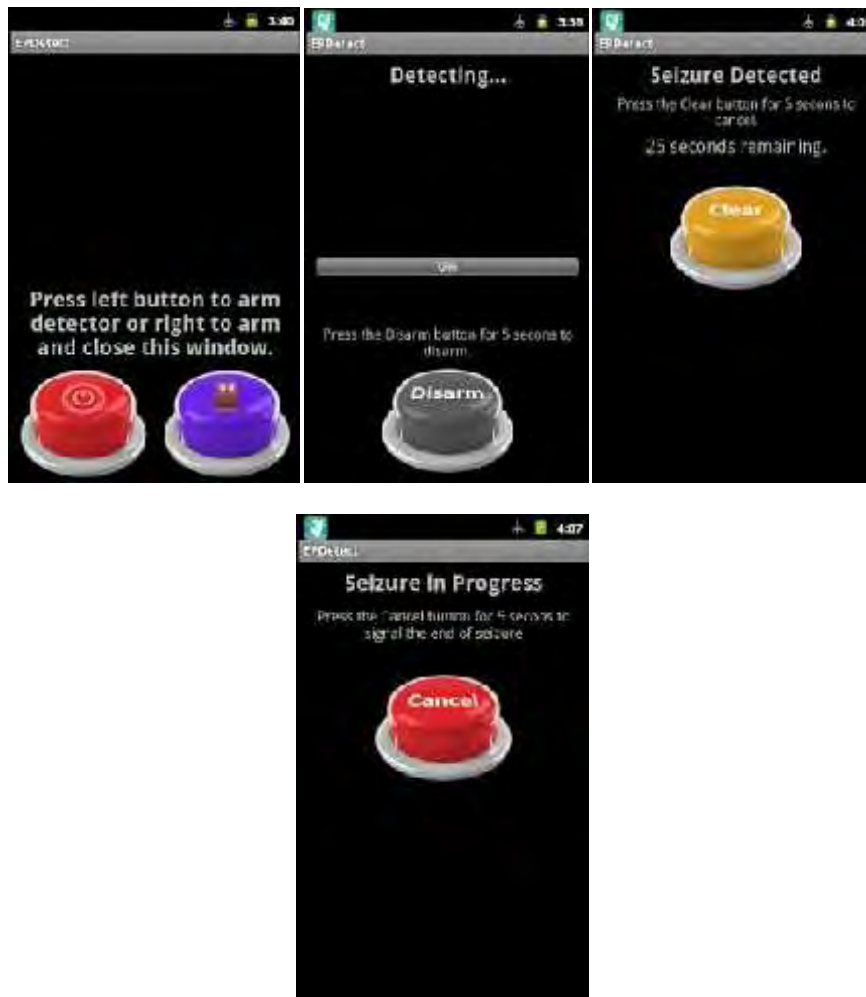




Εικόνα 6.2 : Smartwatch.

### Εφαρμογή EpDetect

Η συσκευή EpDetect μετατρέπει το smartphone σε ένα σύστημα ανίχνευσης επιληψίας. Αυτό συμβαίνει στέλνοντας ενημέρωση για την κατάσταση της υγείας σας και τη θέση σας που εντοπίζεται μέσω GPS σε ένα μέλος της οικογένειας ή φίλο, όταν είστε συμβαίνει μία επιληπτική κρίση. Πιο αναλυτικά το EpDetect θα παρακολουθεί την κίνηση του προσώπου, ενώ το τηλέφωνο είναι στην τσέπη του ή έχει φορεθεί σε μια ζώνη. Το λογισμικό θα διαφοροποιήσει τις κινήσεις που σχετίζονται με την επιληψία από την κανονική κίνηση. Όταν μια κρίση εντοπιστεί θα προειδοποιήσει το συγγενικό ή φιλικό πρόσωπο στέλνοντας το κατάλληλο μήνυμα, σε περίπτωση ψευδούς συναγερμού το πρόσωπο θα είναι σε θέση να ακυρώσει την ειδοποίηση που έστειλε. Αυτό συμβαίνει γιατί μέχρι το προειδοποιητικό μήνυμα να στάλει πέρνάει ένα μικρό χρονικό διάστημα. Περιέχει επιπλέον, συντεταγμένες GPS (αν το τηλέφωνο έχει GPS) και ένα σύντομο μήνυμα, που επιτρέπει την αύξηση του κώδωνα κινδύνου λαμβάνοντας διορθωτικά μέτρα ή καλώντας ένα ασθενοφόρο [26].



Εικόνα 6.3 : Screenshots της εφαρμογής από κινητό τηλέφωνο.

### **ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

Στο παραπάνω υποκεφάλαιο αναφέρθηκαν παραδείγματα συστημάτων ανίχνευσης επιληψίας που υπάρχουν ήδη στην αγορά και έχουν συνεισφέρει στην αποφυγή επιληπτικών επεισοδίων. Οι πλατφόρμες αυτές έχουν πολλές κοινές λειτουργικές και μη λειτουργικές απαιτήσεις με αυτές που αναφέρθηκαν στο 4ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας. Μία από τις κύριες λειτουργικές απαιτήσεις ενός συστήματος ανίχνευσης επιληψίας είναι η σωστή και ακριβής προσαρμογή του πάνω στις ανάγκες του χρήστη. Η δημιουργία δηλαδή λογαριασμού στον οποίο θα έχει την δυνατότητα να προσθέτει ή να αφαιρεί αλλαγές που μπορεί να προκύπτουν στην πορεία της ασθένειας ή της φαρμακευτικής του αγωγής [ΛΑ1,ΛΑ2,ΛΑ3]. Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων ανίχνευσης είναι επιπλέον η έγκαιρη-προγραμματισμένη προειδοποίηση του χρήστη όταν παρατηρηθεί μείωση ή αύξηση κάποιου πεδίου [ΛΑ5]. Στη συνέχεια είναι απαραίτητο να υπάρχει εύκολη και προσιτή επικοινωνία των χρηστών με τους δημιουργούς του συστήματος για άμεση παροχή βοήθειας [ΛΑ4,ΛΑ8]. Οι παραπάνω λειτουργικές απαιτήσεις υπάρχουν στα περισσότερα συστήματα που κυκλοφορούν στην

αγορά και έχει επιτευχθεί και η σωστή υλοποίηση τους στο σύστημα ανίχνευσης που δημιουργήσαμε.

Εξίσου σημαντικές είναι οι περιοριστικές μη λειτουργικές απαιτήσεις οι οποίες καθορίζουν το χρόνο που απαιτείται προκειμένου να ειδοποιηθεί ο χρήστης σε περίπτωση σφάλματος ή κινδύνου. Ο χρόνος αυτός καθορίζεται από τον κατασκευαστή λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του χρήστη [ΜΛΑ1]. Ακόμα το περιβάλλον της εφαρμογής είναι ελκυστικό και εύχρηστο κεντρίζοντας το ενδιαφέρον του χρήστη και αποτρέποντας τον αποπροσανατολισμό του [ΜΛΑ3]. Η φόρτιση της εφαρμογής να επιτυγχάνεται με σύντομο τρόπο καθώς ο χρήστης μπορεί να βρίσκεται σε εγρήγορση για αρκετό χρονικό διάστημα [ΜΛΑ4]. Ο κατασκευαστής να διατηρεί εξαρχής σταθερή σχεδίαση του συστήματος προκειμένου να αποφευχθεί η πρόκληση σύγχυσης στον χρήστη [ΜΛΑ6]. Οι παραπάνω μη λειτουργικές απαιτήσεις χαρακτηρίζουν επίσης τα περισσότερα συστήματα ανίχνευσης επιληψίας, καθώς παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επιτυχημένη λειτουργία του συστήματος.

	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΑΣ	EMBRACE	SMART WATCH	EP DETECT
Παλμοί / Παλμοαισθητήρες	✓	✓	+	
Κίνηση ( Acceleration )	✓	✓	✓	
Κίνηση ( Camera )				✓
Μάτια ( Camera )				✓
Σπασμοί ( EMG )	✓			
Εφύδρωση / Αισθητήρας υγρών	+			
Εφύδρωση / Αισθητήρας αγωγιμότητας	+	✓		

ΠΙΝΑΚΑΣ 6. 1 : Σύγκριση των συστημάτων.

Στον προηγούμενο πίνακα (6.1) πραγματοποιείται μια συσχέτιση μεταξύ των τριών συστημάτων της αγοράς και της προτεινόμενης λύσης. Συμπερασματικά όπως προκύπτει από τον προηγούμενο πίνακα με την σύγκριση των τεσσάρων συστημάτων, διαπιστώνουμε πως το σύστημα που δημιουργήσαμε καλύπτει με επιτυχία τα περισσότερα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ένα πλήρες σύστημα ανίχνευσης επιληψίας. Πιο αναλυτικά όπου παρουσιάζεται το σύμβολο (✓) έχουμε πλήρη επιτυχία στη λειτουργία του συστήματος στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Επιπλέον, όπου εμφανίζεται το σύμβολο (+) , το σύστημά μας υποστηρίζει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, αλλά χρήζει περαιτέρω βελτίωση.

### **ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής ο οποίος περιλαμβάνει ένα chip AVR ATmega. Με λίγα λόγια διαθέτει εισόδους και εξόδους που αντιδρούν βάση του προγραμματισμού του μικροελεγκτή, δηλαδή τον κώδικα που αναπτύξαμε και τον οποίο φορτώσαμε στο chip με τη βοήθεια του υπολογιστή (ή ενός programmer). Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί είναι η Wiring, η οποία είναι αρκετά εύκολη στη σύνταξη και διατίθεται σε πλατφόρμες Linux, MAC και Windows με άδεια χρήσης GPL. Αυτό όμως που κάνει το Arduino ακόμα πιο σημαντικό είναι ότι όλο το κύκλωμα της πλακέτας διατίθεται με άδεια χρήσης Creative Commons, πράγμα που σημαίνει ότι ο καθένας μπορεί να κατασκευάσει την δική του πλακέτα σύμφωνα με τις ανάγκες του και τις επιθυμίες του. Φυσικά για τους αρχάριους το να κατασκευάσουν την πλακέτα μόνοι τους, ίσως φαντάζει εξαιρετικά δύσκολο ή πολύ εξεζητημένη λύση, οπότε είναι ευκολότερο να αγοράσουν μια έτοιμη πλακέτα Arduino από το διαδίκτυο η οποία διατίθεται σε πάρα πολύ προσιτή τιμή. Αν και μικροσκοπική η αναπτυξιακή πλακέτα (7x5 cm), οι δυνατότητες που προσφέρει είναι πάρα πολλές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές ρομποτικής και γενικότερα σε αυτοματισμούς καταφέροντας έτσι πάρα πολλά όπως: την κίνηση servo, stepper και DC κινητήρων, τη λήψη πληροφοριών από διάφορους αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, υπερύθρων κ.α), την αμφίδρομη σειριακή επικοινωνία μεταξύ Arduino και PC χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού (όπως Java και python), καθώς επίσης την αναπαραγωγή και συλλογή (δειγματοληψία) ήχων. Η πλακέτα Arduino μέχρι αυτή τη στιγμή διατίθεται σε 12 βασικές παραλλαγές οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικές χρήσεις η κάθε μια, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής. Για όλους τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα Arduino στην εφαρμογή μας.



Εικόνα 6.4 : Βασική πλακέτα Arduino.

Πιο αναλυτικά, το σύστημά μας υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ανοιχτό υλικό (hardware) και ανοιχτό λογισμικό (software). Εμπορικά circuits off-the-shelf (COTS) επιλέχθηκαν έτσι ώστε ο καθένας να μπορεί να επαναλάβει την προσέγγιση που παρουσιάζεται στην πτυχιακή εργασία και να αναπτύξει το ίδιο σύστημα. Έχει επιλεγεί πλακέτα Arduino, κυρίως για λόγους κόστους, προκειμένου να χρησιμεύσει ως πλακέτα ανάπτυξης, ενσωματώνοντας ένα AVR ATmega328 στα 16MHz με 32 kB της μνήμης Flash, 1kB EEPROM και 2kB SRAM. Οι αισθητήρες που επιλέχθηκαν να ενσωματωθούν σύμφωνα με τις ελάχιστες προδιαγραφές του προτεινόμενου συστήματός της πτυχιακής εργασίας, είναι ένας MyoWare, δηλαδή ένας αισθητήρας μυός (για το «τρεμούλιασμα» στην περιοχή του σαγονιού, αν και μπορεί να αξιοποιηθεί με μικρότερη ακρίβεια και σε άλλα σημεία του σώματος) και ένας οπτικός αισθητήρας καρδιακού ρυθμού. Επιπλέον του ελεγκτή και των δύο προαναφερθέντων αισθητήρων ενσωματώθηκε και ένα SD card shield (πλακέτα επέκτασης των λειτουργιών του Arduino) προκειμένου να αποθηκεύονται σε ημερήσια βάση οι μετρήσεις από τους αισθητήρες.

Ο ελεγκτής (τύπος του Arduino) που χρησιμοποιήθηκε, επιλέχθηκε δεδομένου ότι πληροί τις απαιτήσεις του συστήματος. Ο πρώτος αισθητήρας μετράει μέσω ορισμένων ηλεκτροδίων τη μυϊκή δραστηριότητα ανιχνεύοντας την απότομη κίνηση. Στον αισθητήρα υπάρχουν ενσωματωμένα φίλτρα διόρθωσης και βελτίωσης του σήματος. Ενσωματώνει δύο φίλτρα, ένα ζωνοπερατό το οποίο περιορίζει τη δειγματοληψία σε αναμενόμενες τιμές που αντιστοιχούν στην κίνηση του ανθρώπου, και ένα φίλτρο μέσου όρου κινούμενου παραθύρου (mean moving window filter) το οποίο εξομαλύνει τις απότομες μεταβολές. Το ίδιο φίλτρο αξιοποιείται και στο δεύτερο αισθητήρα για τη μέτρηση του καρδιακού ρυθμού, προκειμένου να εξομαλυνθούν οι απότομες μεταβολές (spikes) που παρατηρούνται σε τόσο ευαίσθητους αισθητήρες. Επίσης, ο «καρδιακός» αισθητήρας περιλαμβάνει και φίλτρο ακύρωσης θορύβου (noise cancelation) και κύκλωμα ενίσχυσης του σήματος.

Οι τιμές εξόδου του αισθητήρα μυικών σπασμών κυμαίνονται απο 0 εως V volts ανάλογα με τον όγκο της μυϊκής δραστηριότητας. Ίδιο ακριβώς εύρος τιμών εξόδου έχει και ο δεύτερος αισθητήρας, ο οποίος αξιοποιεί αισθητήρα υπέρυθρων ακτίνων και δειγματοληπτεί την αιμάτωση (για την ακρίβεια το ρυθμό μετακίνησης όγκου αίματος στις φλέβες –blood volume-). Αυτός ο αισθητήρας είναι σε θέση να ανιχνεύσει τη διακύμανση της φωτεινότητας κάθε 2  $\mu\text{sec}$  (και κατ' επέκταση στον ίδιο χρόνο τον καρδιακό ρυθμό).

Προκειμένου να αναπτυχθεί σε συντομότερο χρονικό διάστημα, αξιοποιήθηκαν δύο έργα (projects) που είναι διαθέσιμα δημοσίως στην κοινότητα του ανοικτού κώδικα. Παρακάτω παρατίθενται λεπτομέρειες για το κάθε έργο καθώς και τα στοιχεία που αξιοποιήθηκαν στο προτεινόμενο σύστημα.



## Κεφάλαιο 7

### Συμπεράσματα

---

#### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Η χρόνια νόσος της επιληψίας μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπτώσεις στη ζωή του κάθε ασθενούς. Είναι απαραίτητο για το λόγο αυτό να μπορεί να επιτευχθεί πρόληψη και έγκαιρη προειδοποίηση εκδήλωσης επιληπτικών κρίσεων. Η δημιουργία ενός συστήματος που θα προειδοποιεί τον ασθενή, και τους οικείους του, προκειμένου να λάβουν εντός προκαθορισμένου χρόνου τα μέτρα του, μπορεί να επιτευχθεί με το σύστημα ανίχνευσης επιληπτικών κρίσεων που δημιουργήσαμε. Ακολουθώντας παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την σύλληψη και την υλοποίηση του συστήματος ανίχνευσης επιληπτικών κρίσεων.

Όπως παρουσιάστηκε στην πτυχιακή εργασία, τα είδη των βιοσημάτων και το αποτέλεσμα που προκύπτει από αυτά καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι εκείνα που μας προσφέρουν καλύτερη ανίχνευση είναι αυτά που λαμβάνουμε μέσω του ηλεκτρονευρογραφήματος λόγω της καταγραφής αισθητικών και κινητικών διαταραχών, του ηλεκτρομυογραφήματος λόγω της καταγραφής μυϊκών κρίσεων και συσπάσεων, του ηλεκτροκαρδιογραφήματος λόγω της ανίχνευσης των μη φυσιολογικών παλμών της καρδιάς και τέλος του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και του ηλεκτροοφθαλμογραφήματος για την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου και της μεταβολής του δυναμικού που οφείλεται στην κίνηση του βολβού του οφθαλμού. Στο σύστημά μας έχουμε εστιάσει κυρίως στα βιοσημάτα του ηλεκτρονευρογραφήματος, του ηλεκτρομυογραφήματος και του ηλεκτροκαρδιογραφήματος για τη λήψη τυπικών βιοσημάτων.

Στο προτεινόμενο σύστημα αρχικά λάβαμε υπόψη τα σημεία του σώματος στα οποία εκδηλώνεται η «αύρα» της επιληψίας πιο έντονα, και συγκεκριμένα τον καρδιακό ρυθμό και τους μυϊκούς σπασμούς (κατά προτίμηση της κάτω σιαγόνας). Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η επιτυχής πρόωρη ανίχνευση της επιληπτικής κρίσης. Επιθυμητό θα ήταν να προστεθούν επιπλέον αισθητήρες οι οποίοι θα ανίχνευαν την εφίδρωση, την αδυναμία προσήλωσης (μέσω ενός φορητού εγκεφαλογράφου) και την αδυναμία εκφοράς συγκροτημένου λόγου. Όμως η πτυχιακή εργασία επιλέχθηκε να διατηρηθεί σε επίπεδα χαμηλού κόστους και τυπικής πολυπλοκότητας, προκειμένου να μπορεί να



υλοποιηθεί άμεσα και να δίνεται η δυνατότητα επανάληψης της προτεινόμενης υλοποίησης και από άλλους φοιτητές, ερευνητές ή γενικά δημιουργούς ιατρικών συσκευών.

Το σύστημα υλοποιήθηκε αξιοποιώντας το μοντέλο ποιότητας του McCall το οποίο εστιάζει σε βασικούς παράγοντες που ορίζονται από την πλευρά του χρήστη και την εξαγωγή λειτουργικών ή μη λειτουργικών απαιτήσεων. Πιο συγκεκριμένα, στο τέταρτο κεφάλαιο, με το μοντέλο ποιότητας McCall αναλύονται τα βασικά γνωρίσματα που περιγράφουν την συμπεριφορά του συστήματος, τα οποία με την σειρά τους διακρίνονται σε επιμέρους κριτήρια ποιότητας. Έπειτα αναλύονται οι λειτουργικές απαιτήσεις ενός συστήματος γενικά αλλά και ειδικά. Κάνοντας συγκεκριμένες τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, γίνονται γνώστες και πολλές από τις παροχές που καλείται να προσφέρει στον χρήστη. Από την άλλη πλευρά αναφέρονται και οι μη λειτουργικές απαιτήσεις, οι οποίες είναι πιο σημαντικές από τις λειτουργικές, διότι εαν δεν πληρούνται τότε το σύστημα δεν μπορεί να λειτουργήσει.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν αναλυτικά οι περιπτώσεις χρήσης μέσω των διαγραμμάτων UML προκειμένου να αποτυπωθούν και οι περιπτώσεις όπου η χρήση καθορίζεται ρητά από τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος.

Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με την υλοποίηση του συστήματος. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μια έρευνα αγοράς προκειμένου να εντοπιστούν τα εμπορικά (και μη) διαθέσιμα προϊόντα τα οποία στοχεύουν στο ίδιο πρόβλημα. Στη συνέχεια κατόπιν καταγραφής των χαρακτηριστικών τους και των στοιχείων που επιλέχθηκαν να υλοποιηθούν στο προτεινόμενο σύστημα, παρουσιάζονται τα σημεία διαφοροποίησης. Το προτεινόμενο σύστημα ως κύριο χαρακτηριστικό έχει το χαμηλό κόστος αλλά και την ακρίβεια εντοπισμού της «αύρας» της επιληπτικής κρίσης πριν αυτή συμβεί.

Η υλοποίηση της προτεινόμενης λύσης πραγματοποιήθηκε στην αναπτυξιακή πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους αισθητήρες, οι οποίοι είναι διαθέσιμοι στην αγορά σε χαμηλό κόστος. Ο συνδυασμός των παραπάνω οδήγησε σε ένα σύγχρονο καινοτόμο σύστημα υποστήριξης ατόμων με επιληψία μέσω συλλογής τυπικών βιοσημάτων, που μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες του επιληπτικού ασθενούς.

Μια αδυναμία της πτυχιακής εργασίας είναι η απουσία δοκιμής σε επιληπτικούς καθώς ο χρόνος ήταν περιορισμένος, ενώ υπήρχε πρόσβαση μόνο σε επιληπτικούς οι οποίοι δεν παρουσιάζουν συχνά κρίσεις ή με κάποια περιοδικότητα. Η αξιολόγηση βασίστηκε στα στοιχεία που αναφέρονται στην διεθνή βιβλιογραφία και στις περιγραφές αυτών των ασθενών. Μελλοντική επέκταση της εργασίας είναι η προσθήκη επιπλέον αισθητήρων αλλά και συστήματος GPRS για αποστολή SMS σε άτομα του περιβάλλοντος του επιληπτικού.

## Βιβλιογραφία και Αναφορές

1. Dulac O, Epileptic Syndromes in Infancy and Childhood: Recent Advances", *Epilepsia*, "" (Suppl. 1 ). S51-S57. 1995.
2. Κ. Κωσταβάρας, Α. Καργάδου, «Επιληπτική κρίση-Επιληψία»  
<http://www.neurocenter.gr/epiliptiki-krisi.html#t2> [τελευταία επίσκεψη: 22/06/2016]
3. Ειρήνη Ν. Σπανού, «Ανίχνευση Παθολογίας Στην Επιληψία με Χρήση Μεθόδων Υπολογισμού Κλασματικής Διάστασης σε Ηλεκτροεγκεφαλογραφικές Καταγραφές». Available at:  
[http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1168/1/Nimertis\\_Spanou\(i\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/1168/1/Nimertis_Spanou(i).pdf) [τελευταία επίσκεψη: 05/07/2017]
4. Martin J. Brodie, Steven C. Schachter, "Epilepsy", Health Press, 2nd Edition, 2001
5. Βασίλειος Κόκκινος, «Επιληπτικές Κρίσεις». Available at:  
<http://www.vasileioskokkinos.gr/epilepsy-gr/seizures-gr> [τελευταία επίσκεψη: 02/09/2017]
6. « Ανάλυση και Επεξεργασία Σημάτων Βιολογικών Συστημάτων». Available at:  
<http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/askisi3.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 15/07/2017]
7. Δρ. Γ. Ματσόπουλος, Ε.Π, « Βιοσήματα και Ψηφιακή Επεξεργασία». Available at:  
[http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/signal\\_introduction\\_7%CE%BFexam\\_1.pdf](http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/signal_introduction_7%CE%BFexam_1.pdf)  
[τελευταία επίσκεψη: 25/11/2016]
8. Αντώνης Κερασνούδης, Dr. med, « Νευροφυσιολογικός Έλεγχος» Available at:  
<https://kerasnoudis.gr/2013/03/%CE%BD%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82-%CE%AD%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%82/>  
[τελευταία επίσκεψη: 25/09/2017]
9. Bronzino, J. D. (2000). *The Biomedical Engineering Handbook*, Second Edition. Boca Raton: CRC Press LLC.
10. Tassinary, L. G., Geen, T. H., Caccioppo, J. T. & Edelberg, R. (1990). Issues in Biometrics: Offset Potentials and the Electrical Stability of Ag/AgCl Electrodes. *Psychophysiology*, 27, 236-242.
11. Malminuo, J. & Plonsey, R. (1995). *Bioelectromagnetism*. New York: Oxford Press.
12. Γ. Ματσόπουλος, Δ. Κουτσούρης, Ε.Μ.Π. «Ηλεκτρομυογραφία» Available at:  
[http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/chapter6\\_hlektromuografia\\_new.pdf](http://www.biomed.ntua.gr/Portals/1/chapter6_hlektromuografia_new.pdf)  
[τελευταία επίσκεψη: 21/09/2017]
13. Kasper, D. L., Fauci, A.S., Longo, D. L., Braunwald, E., Hauser, S. L. & Jameson, J. L. (2005). *Harrison Εσωτερική Παθολογία*, 16η Έκδοση. Αθήνα: Παρισιάνου.

14. Zipes, D. P., Libby, P., Bonow, R. & Braunwald, E. (2005). Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine, Seventh Edition. Philadelphia: Elsevier Saunders.
15. Παύλος Ρήγας, « Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ)». Available at: <http://www.teiath.gr/userfiles/akanellou/phys2%20fyll3%20electoegefalogramm.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 09/06/2016]
16. Βασίλειος Βεσκούκης, « Αρχές Τεχνολογίας Λογισμικού». Available at: <https://psifiakoskosmos.files.wordpress.com/2009/12/beskoukis1.pdf> [τελευταία επίσκεψη: 02/12/2016]
17. S. Pfleeger, Τεχνολογία Λογισμικού - Θεωρία και Πράξη, Τόμος 1, 2η Έκδοση, εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003
18. Π. Πέρδικα, Διπλωματική εργασία «Διεξαγωγή μετρήσεων ποιότητας με στόχο τη βελτίωση της συντηρησιμότητας σε λογισμικό αλληλεπίδρασης με Βάση Δεδομένων», Παν/μιο Πάτρας, Πάτρα, 2005
19. Δ. Σταυριανούδης, Διπλωματική εργασία «Μεθοδολογία έγκαιρης εκτίμησης της γνώμης των χρηστών για την ποιότητα λογισμικού», Παν/μιο Πάτρας, Πάτρα, 2005
20. Γιάννης Τζιτζικας, “ Requirements Determination”. Available at: [http://www.csd.uoc.gr/~hy351/2007/downloads/Lectures/IS\\_06a\\_Requirements\\_Determination.pdf](http://www.csd.uoc.gr/~hy351/2007/downloads/Lectures/IS_06a_Requirements_Determination.pdf) [τελευταία επίσκεψη: 12/03/2017]
21. “Information Systems Analysis and Design”. Available at: [http://www.csd.uoc.gr/~hy351/2007/downloads/assisting\\_lectures/presentation\\_s/IS\\_351\\_UseCases\\_2007\\_11.pdf](http://www.csd.uoc.gr/~hy351/2007/downloads/assisting_lectures/presentation_s/IS_351_UseCases_2007_11.pdf) [τελευταία επίσκεψη: 25/09/2017]
22. « Διαγράμματα Σεναρίων (Use Case Diagrams)». Available at: [https://openececlass.teimes.gr/modules/document/file.php/CIED259/use\\_case.pdf](https://openececlass.teimes.gr/modules/document/file.php/CIED259/use_case.pdf) [τελευταία επίσκεψη: 25/09/2017]
23. Γ. Σταυρούλα Πολυχρονάκη, EMM, ed. Ανάπτυξη Μεθοδολογιών Βασισμένων σε Μεγάλη Μη-Γραμμικής Δυναμικής για την Ανάλυση Δεδομένων Επιληψίας. Αθήνα, Ιούνιος 2011.
24. «Embrace: Η συσκευή που σώζει από θανατηφόρες επιληπτικές κρίσεις». Available at: <http://www.onmed.gr/ygeia/story/326154/embrace-i-syskevi-pou-sozei-apo-thanatifo-res-epiliptikes-kriseis-video> [τελευταία επίσκεψη: 03/08/2017]
25. Epilepsy Portal, «Βραχίολι Πρόβλεψης Επιληπτικών Κρίσεων». Αθήνα 2013, <https://epilepsyportal.wordpress.com/2013/04/08/343/> , [τελευταία επίσκεψη: 03/08/2017]
26. « Τα Άτομα Με Ειδικές Ανάγκες και ο ρόλος της Τεχνολογίας στην βελτίωση της καθημερινής τους ζωής». Available at: [http://users.sch.gr/dimopolo/erevn\\_erg/pdf/Disabled\\_ekthesi.pdf](http://users.sch.gr/dimopolo/erevn_erg/pdf/Disabled_ekthesi.pdf) [τελευταία επίσκεψη: 25/09/2017]

27. *PulseSensor Arduino code for BPM and Processing-Visualizer*, GitHub,  
<https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor-Amped-Arduino>  
[τελευταία επίσκεψη: 25/09/2017]
28. *MyoWare™ Muscle Sensor*, GitHub,  
<https://github.com/AvancerTechnologies/MyoWare-MuscleSensor>, [τελευταία  
επίσκεψη: 25/09/2017]



# Παράρτημα Α

## Κώδικας

---

### Main code

```
/*      Pulse Sensor Amped 1.5      by Joel Murphy and Yury Gitman
http://www.pulsesensor.com

----- Notes -----

This code:

1) Blinks an LED to User's Live Heartbeat    PIN 13
2) Fades an LED to User's Live HeartBeat    PIN 5
3) Determines BPM
4) Prints All of the Above to Serial

Read Me:

https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor_Amped_Arduino/blob/master/README.md

-----

*/

#define PROCESSING_VISUALIZER 1

#define SERIAL_PLOTTER 2

// Variables

int pulsePin = A0;           // Pulse Sensor purple wire connected to
analog pin 0

int MqPin = A1;

int blinkPin = 13;          // pin to blink led at each beat

int fadePin = 5;           // pin to do fancy classy fading blink at
each beat

int fadeRate = 0;          // used to fade LED on with PWM on fadePin
```

```

volatile float offset = 1000.0;

volatile float mq_offset = 100;

volatile float cardiopulse;

float sensor_volt;

volatile int BPM; // int that holds raw Analog in 0.
updated every 2mS

volatile int Signal; // holds the incoming raw data

volatile int IBI = 600; // int that holds the time interval
between beats! Must be seeded!

volatile boolean Pulse = false; // "True" when User's live heartbeat is
detected. "False" when not a "live beat".

volatile boolean QS = false; // becomes true when Arduino finds a
beat.

// SET THE SERIAL OUTPUT TYPE TO YOUR NEEDS

// PROCESSING_VISUALIZER works with Pulse Sensor Processing Visualizer

//
https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor\_Amped\_Processing\_Visualizer

// SERIAL_PLOTTER outputs sensor data for viewing with the Arduino Serial
Plotter

// run the Serial Plotter at 115200 baud: Tools/Serial Plotter or
Command+L

static int outputType = SERIAL_PLOTTER;

void setup(){

  Serial.begin(9600); //from mq5

  pinMode(blinkPin,OUTPUT); // pin that will blink to your heartbeat!

  pinMode(fadePin,OUTPUT); // pin that will fade to your heartbeat!

  // Serial.begin(115200); // we agree to talk fast!

  interruptSetup(); // sets up to read Pulse Sensor signal
every 2mS

}

```

```
// Where the Magic Happens

void loop(){

    serialOutput() ;

    if (QS == true){        // A Heartbeat Was Found

        // BPM and IBI have been Determined

        // Quantified Self "QS" true when arduino finds a
heartbeat

        fadeRate = 255;        // Makes the LED Fade Effect Happen

        // Set 'fadeRate' Variable to 255 to fade LED
with pulse

        serialOutputWhenBeatHappens();    // A Beat Happened, Output that to
serial.

        QS = false;            // reset the Quantified Self flag
for next time

    }

    ledFadeToBeat();        // Makes the LED Fade Effect Happen

    delay(20);            // take a break

}

void ledFadeToBeat(){

    fadeRate -= 15;        // set LED fade value

    fadeRate = constrain(fadeRate,0,255);    // keep LED fade value from
going into negative numbers!

    analogWrite(fadePin,fadeRate);    // fade LED

}
```

### **Serial Handling code**

```
////////// All Serial Handling Code,

////////// It's Changeable with the 'outputType' variable

////////// It's declared at start of code.

//////////
```



```

void serialOutput(){ // Decide How To Output Serial.

  switch(outputType){

    case PROCESSING_VISUALIZER:

      sendDataToSerial('S', Signal); // goes to sendDataToSerial function

      break;

    case SERIAL_PLOTTER: // open the Arduino Serial Plotter to visualize
these data

      cardiopulse = (Signal - offset)*10.0;

      Serial.print(cardiopulse);

      Serial.print(",");

      Serial.println((sensor_volt+mq_offset)*4);

      break;

    default:

      break;

  }

}

// Decides How To OutPut BPM and IBI Data

void serialOutputWhenBeatHappens(){

  switch(outputType){

    case PROCESSING_VISUALIZER: // find it here
https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor\_Amped\_Processing\_Visualizer

      sendDataToSerial('B',BPM); // send heart rate with a 'B' prefix

      sendDataToSerial('Q',IBI); // send time between beats with a 'Q'
prefix

      break;

    default:

      break;

  }

}

```

```
    }  
}  
  
// Sends Data to Pulse Sensor Processing App, Native Mac App, or Third-party  
Serial Readers.  
  
void sendDataToSerial(char symbol, int data ){  
    Serial.print(symbol);  
    Serial.println(data);  
}
```

### **Interrupt code**

```
    volatile int rate[10]; // array to hold last ten IBI  
values  
    volatile unsigned long sampleCounter = 0; // used to determine pulse  
timing  
    volatile unsigned long lastBeatTime = 0; // used to find IBI  
    volatile int P =512; // used to find peak in pulse wave,  
seeded  
    volatile int T = 512; // used to find trough in pulse  
wave, seeded  
    volatile int thresh = 530; // used to find instant moment of  
heart beat, seeded  
    volatile int amp = 0; // used to hold amplitude of pulse  
waveform, seeded  
    volatile boolean firstBeat = true; // used to seed rate array so we  
startup with reasonable BPM  
    volatile boolean secondBeat = false; // used to seed rate array so we  
startup with reasonable BPM  
  
void interruptSetup(){ // CHECK OUT THE Timer_Interrupt_Notes TAB FOR MORE  
ON INTERRUPTS  
    // Initializes Timer2 to throw an interrupt every 2mS.  
    TCCR2A = 0x02; // DISABLE PWM ON DIGITAL PINS 3 AND 11, AND GO INTO CTC  
MODE  
    TCCR2B = 0x06; // DON'T FORCE COMPARE, 256 PRESCALER  
    OCR2A = 0X7C; // SET THE TOP OF THE COUNT TO 124 FOR 500Hz SAMPLE RATE
```

```

    TIMSK2 = 0x02;      // ENABLE INTERRUPT ON MATCH BETWEEN TIMER2 AND OCR2A

    sei();              // MAKE SURE GLOBAL INTERRUPTS ARE ENABLED
}

// THIS IS THE TIMER 2 INTERRUPT SERVICE ROUTINE.

// Timer 2 makes sure that we take a reading every 2 milliseconds

ISR(TIMER2_COMPA_vect){          // triggered when Timer2
counts to 124

    cli();                  // disable interrupts while we
do this

    Signal = analogRead(pulsePin);    // read the Pulse Sensor

    /*-----*/
-----*/

    //delay(1000);

    //mexri edw

    sampleCounter += 2;      // keep track of the time in mS
with this variable

    int N = sampleCounter - lastBeatTime;    // monitor the time since the
last beat to avoid noise

    // find the peak and trough of the pulse wave

    if(Signal < thresh && N > (IBI/5)*3){    // avoid dichrotic noise by
waiting 3/5 of last IBI

        if (Signal < T){                    // T is the trough

            T = Signal;                      // keep track of lowest point in
pulse wave

        }

    }

    if(Signal > thresh && Signal > P){        // thresh condition helps avoid
noise

        P = Signal;                          // P is the peak

    }                                        // keep track of highest point in
pulse wave

```

```

// NOW IT'S TIME TO LOOK FOR THE HEART BEAT

// signal surges up in value every time there is a pulse

if (N > 250){ // avoid high frequency
noise
    if ( (Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > (IBI/5)*3) ){
        Pulse = true; // set the Pulse flag when
we think there is a pulse
        digitalWrite(blinkPin,HIGH); // turn on pin 13 LED
        IBI = sampleCounter - lastBeatTime; // measure time between
beats in mS
        lastBeatTime = sampleCounter; // keep track of time for
next pulse

        if(secondBeat){ // if this is the second beat,
if secondBeat == TRUE
            secondBeat = false; // clear secondBeat flag
            for(int i=0; i<=9; i++){ // seed the running total to get
a realistic BPM at startup
                rate[i] = IBI;
            }
        }

        if(firstBeat){ // if it's the first time we
found a beat, if firstBeat == TRUE
            firstBeat = false; // clear firstBeat flag
            secondBeat = true; // set the second beat flag
            sei(); // enable interrupts again
            return; // IBI value is unreliable so
discard it
        }

        // keep a running total of the last 10 IBI values
        word runningTotal = 0; // clear the runningTotal
variable

```

```

        for(int i=0; i<=8; i++){           // shift data in the rate array
            rate[i] = rate[i+1];         // and drop the oldest IBI
value
            runningTotal += rate[i];     // add up the 9 oldest IBI
values
        }

        rate[9] = IBI;                   // add the latest IBI to the
rate array
        runningTotal += rate[9];         // add the latest IBI to
runningTotal
        runningTotal /= 10;              // average the last 10 IBI
values
        BPM = 60000/runningTotal;        // how many beats can fit into
a minute? that's BPM!
        QS = true;                       // set Quantified Self flag
        // QS FLAG IS NOT CLEARED INSIDE THIS ISR
    }
}

    if (Signal < thresh && Pulse == true){ // when the values are going down,
the beat is over
        digitalWrite(blinkPin,LOW);      // turn off pin 13 LED
        Pulse = false;                   // reset the Pulse flag so we can
do it again
        amp = P - T;                     // get amplitude of the pulse wave
        thresh = amp/2 + T;               // set thresh at 50% of the
amplitude
        P = thresh;                      // reset these for next time
        T = thresh;
    }

    if (N > 2500){                        // if 2.5 seconds go by without a
beat
        thresh = 530;                    // set thresh default
        P = 512;                          // set P default

```

```
        T = 512;                                // set T default
        lastBeatTime = sampleCounter;          // bring the lastBeatTime up to
date
        firstBeat = true;                      // set these to avoid noise
        secondBeat = false;                   // when we get the heartbeat back
    }

    sei();                                     // enable interrupts when youre
done!

} // end isr
```

