



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διαχείριση φαρμακευτικής αγωγής και έκτακτων περιστατικών με εφαρμογές έξυπνου ρολογιού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΓΙΩΡΓΟΥΛΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Επιβλέπων: Παναγιώτης Τσανάκας
Καθηγητής

Αθήνα, Ιούνιος 2023



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διαχείριση φαρμακευτικής αγωγής και έκτακτων περιστατικών με εφαρμογές έξυπνου ρολογιού

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΓΙΩΡΓΟΥΛΑΚΗ ΝΙΚΟΛΑΟΥ

Επιβλέπων: Παναγιώτης Τσανάκας
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20η Ιουλίου 2023.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Παναγιώτης Τσανάκας
Καθηγητής

.....
Γιώργος Ματσόπουλος
Καθηγητής

.....
Σωτήριος Ξύδης
Επίκουρος Καθηγητής

Αθήνα, Ιούνιος 2023



Copyright © - All rights reserved. Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Νικόλαος Γιωργουλάκης, 2023.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΗΨΗΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΗΣ ΕΥΘΥΝΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

(Υπογραφή)

.....
Νικόλαος Γιωργουλάκης

20η Ιουλίου 2023

Περίληψη

Η παροχή απομακρυσμένης ιατρικής περίθαλψης, η διαρκής εποπτεία της υγείας των ασθενών ακόμα και σε περιπτώσεις όπου η παρουσία ιατρικού προσωπικού δεν είναι εύκολη, αλλά και ο εντοπισμός και κυρίως η δράση σε περιπτώσεις έκτακτων και επειγόντων περιστατικών αποτελούν μία σύγχρονη ανάγκη και ένα ανοιχτό πρόβλημα. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα των έξυπνων ρολογιών (smartwatches), αλλά και στον τομέα της επικοινωνίας και της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συσκευών, μπορεί να προσφέρει λύσεις στο πρόβλημα της απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος ηλεκτρονικής και διαρκούς παρακολούθησης της υγείας ενός ασθενούς με παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού του, του ελέγχου για πτώσεις καθώς και υπενθύμισης της συνταγογράφησης του και αποστολής ερωτηματολογίων για την κατάσταση του. Η υλοποίηση μας αποτελείται από δύο συνιστώσες, μία εφαρμογή για smartwatch για τους ασθενείς και μία διαδικτυακή για τον γιατρό ενώ η εφαρμογή για έξυπνο ρολόι αναπτύχθηκε στο Mobvoi Ticwatch E το οποίο λειτουργεί με Wear OS, έκδοση του Android. Συγκεκριμένα, από το ρολόι συλλέγουμε τον καρδιακό ρυθμό και την επιτάχυνση η οποία ελέγχεται μέσω ενός αλγορίθμου ορίων (threshold algorithm) και ενός νευρωνικού δικτύου αναπτυγμένου με Tensorflow Lite που τρέχει στο ρολόι.

Η δεύτερη συνιστώσα της εργασίας μας είναι μία διαδικτυακή εφαρμογή σε Flutter, την οποία χειρίζεται το ιατρικό προσωπικό και παρουσιάζει σε ζωντανό χρόνο και χωρίς ανάγκη για ανανέωση, τα επείγοντα σήματα καρδιακού ρυθμού και πτώσεων και ταυτόχρονα είναι υπεύθυνη για την καταχώριση της συνταγογράφησης των ασθενών και των ερωτηματολογίων. Οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια και η συχνότητα της συνταγογράφησης εμφανίζονται στη σελίδα ταυτόχρονα με τη συμπλήρωση από τον χρήστη. Η εφαρμογή αυτή δημοσιεύεται στο διαδίκτυο μέσω του Firebase Hosting και η επικοινωνία μεταξύ διαδικτυακής εφαρμογής και εφαρμογής smartwatch γίνεται με την Realtime Database της Firebase και απαιτεί σύνδεση στο διαδίκτυο και από τις δύο πλευρές. Τέλος, το απόρρητο των δεδομένων των ασθενών προστατεύεται με χρήση Firebase Authentication.

Λέξεις Κλειδιά

Firebase, Flutter, Edge Computing, Αναγνώριση Πτώσης, Καρδιακός Ρυθμός, Wear OS, Android Studio, Νευρωνικά Δίκτυα, Επιταχυνσιόμετρο, Βάση Δεδομένων, Φαρμακευτική Συμμόρφωση, Τηλεϊατρική

Abstract

The provision of remote medical care, the continuous monitoring of patients' health even in cases where the presence of medical staff is difficult, but also detecting and acting quickly on emergencies are a modern need and an open problem. In recent years, technological advances in the fields of smartwatches and telecommunications can offer solutions to the problem of remote patient monitoring.

The aim of this thesis is to develop a system for electronic and continuous monitoring of a patient's health. This includes checking for his heart rate, checking for falls as well as reminding the patient of his/her prescription and sending questionnaires about his/her condition. Our implementation consists of two components, a smartwatch application for patients and a web application for the doctor. The smartwatch application was developed on the Mobvoi Ticwatch E which runs on Wear OS, a version of Android. From the watch we collect a heart rate signal and an acceleration signal which is checked by a threshold algorithm and a neural network developed with Tensorflow Lite running on the watch.

The second component of our work is a web application developed in Flutter, which is operated by the medical staff. This application presents in real time emergencies concerning the heart rate and acceleration signals and is responsible for the registration of patients' prescription and questionnaires. The answers to the questionnaires and the frequency of prescription are displayed on the page as soon as they are filled in by the user. This application is published on the web via Firebase Hosting. The communication between the web application and the smartwatch application is done with Firebase's Realtime Database and requires an internet connection on both sides. Finally, the privacy of patient data is protected using Firebase Authentication and the rules of Firebase Realtime Database.

Keywords

Firestore, Flutter, Edge Computing, Fall Detection, Heart Rate, Wear OS, Android Studio, Neural Net, Accelerometer, Database,telemedicine,pharmaceutical conformity

στους γονείς μου

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ.Παναγιώτη Τσανάκα για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ σε ένα τόσο ενδιαφέρον ζήτημα καθώς και για την βοήθεια και καθοδήγησή του στη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αδιάλειπτη υποστήριξη τους όλα τα χρόνια.

Αθήνα, Ιούλιος 2023

Νικόλαος Γιωργουβιάκης

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract	3
Ευχαριστίες	7
1 Εισαγωγή	17
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	17
1.2 Οργάνωση του τόμου	18
2 Θεωρητικό Υπόβαθρο	19
2.1 Φαρμακευτική Συμμόρφωση	19
2.2 Καρδιακός Ρυθμός	19
2.3 Αναγνώριση Πτώσης	20
3 Τεχνικές Έννοιες	25
3.1 Mobvoi Ticwatch E	25
3.2 Ανάπτυξη σε Wear OS - Java	26
3.3 Ανάπτυξη στο Android Studio	26
3.4 Ανάπτυξη σε Flutter	27
3.5 Edge Computing και Tensorflow Lite	28
3.6 Firebase	29
4 Γενική Αρχιτεκτονική και Απαιτήσεις της Υλοποίησης μας	31
5 Υλοποίηση Συστήματος	33
5.1 Εγγραφή, Σύνδεση και Ταυτοποίηση Χρηστών	33
5.2 Φαρμακευτική συμμόρφωση και αποστολή ερωτηματολογίων	35
5.3 Επείγοντα Περιστατικά	38
6 Αξιολόγηση και Συμπεράσματα	43
6.1 Σύνοψη	43
6.2 Παρατηρήσεις και Συμπεράσματα	43
6.3 Μελλοντικές Προεκτάσεις	44

Παραρτήματα	45
Α΄ Ερωτηματολόγια για τον Ασθενή	47
Α.1 Νοσοκομειακή Μέτρηση Άγχους και Κατάθλιψης (HADS)	47
Α.2 Διερεύνηση ημερήσιας υπνηλίας	50
Βιβλιογραφία	53
Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια	55
Απόδοση ξενόγλωσσων όρων	57

Κατάλογος Σχημάτων

Κατάλογος Εικόνων

2.1	Γεγονότα ενός καρδιακού κύκλου [1]	20
2.2	Πλάτος της επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια μίας πτώσης Πηγή [2]	21
2.3	Λειτουργικό διάγραμμα της μεθοδολογίας αναγνώρισης πτώσης που προτείνουμε Πηγή [3]	23
3.1	Πηγή [4]	25
3.2	Σύγκριση του πλήθους ρωτήσεων για το Flutter(με μπλε) σε σχέση με τις ερωτήσεις για το React Native (με πορτοκαλί) στο Stack Overflow,από το [5]	27
4.1	Γενική Αρχιτεκτονική του Συστήματός μας	31
5.1	Σελίδα Εγγραφής στην Εφαρμογή Παρακολούθησης	33
5.2	Σύνδεση στην Εφαρμογή στο SmartWatch	34
5.3	Σύνδεση στην Εφαρμογή Παρακολούθησης	34
5.4	Αρχική Σελίδα Εφαρμογής Παρακολούθησης με Ημερολόγιο και επιλεγμένο χρήστη	35
5.5	Σελίδα Προσθήκης Φαρμάκου στην Εφαρμογή Παρακολούθησης	36
5.6	Σελίδα Προσθήκης Ερωτηματολογίου στην Εφαρμογή Παρακολούθησης	37
5.7	Απάντηση Ερωτηματολογίου από το smartwatch	37
5.8	Ειδοποίηση για λήψη δόσης στο smartwatch	38
5.9	Σελίδα περιστατικών πτώσης στην εφαρμογή παρακολούθησης	39
5.10	Απεικόνιση του συνόλου SisFall με τις μετρικές από τον πίνακα 2.1 από πάνω αριστερά μέχρι κάτω δεξιά: 1 και 4, 1,4,1 και 2,1 και 3, 1 και 4. Για κάθε δείγμα του συνόλου υπολογίζουμε το μέγιστο του μετασχηματισμού του με τη μετρική και το τοποθετούμε στο διάγραμμα. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται τα δείγματα πτώσης και με μπλε τα δείγματα καθημερινών δραστηριοτήτων	40

Κατάλογος Πινάκων

2.1	Μετρικές που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αλγορίθμους ορίου	22
-----	--	----

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι η χρήση των έξυπνων ρολογιών (smartwatches), φορετές δηλαδή στον καρπό του χρήστη συσκευές- με περιφερειακή ως προς το κινητό του χρήση- έχει σημειώσει σημαντικά αυξητική τάση τόσο σε πωλήσεις όσο και σε καθημερινή χρήση, με απότοκο τα τελευταία χρόνια οι συσκευές αυτές να χρησιμοποιούνται και μόνες τους, καθώς έχουν δυνατότητα αυτόνομης σύνδεσης στο διαδίκτυο (WIFI,4G). Εκτός αυτού, τόσο η διαθέσιμη ποικιλία αισθητήρων, οι οποίες βρίσκονται πάνω στον καρπό του χρήστη συλλέγοντας διαρκώς δεδομένα, όσο και η παρεχόμενη ευκολία στην ανάπτυξη εφαρμογών, έχουν ως απόρροια το έντονο ενδιαφέρον γύρω από τον σχεδιασμό εφαρμογών για την παρακολούθηση της φυσικής δραστηριότητας και της άσκησης των χρηστών όσο και δεικτών της υγείας τους.

Συνάμα, υπάρχει αναμφισβήτητη ανάγκη για την διαρκή και απομακρυσμένη ιατρική παρακολούθηση διάφορων κοινωνικών ομάδων και ιδιαίτερα ηλικιωμένων αλλά και ανθρώπων στην επαρχία πχ αγροτών.Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η τηλεϊατρική σχετίζεται με την εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογικών λύσεων για την εξ αποστάσεως ιατρική παρακολούθηση ασθενών, είναι εύλογο ότι η τεχνολογία των smartwatches μπορεί να προσφέρει λύσεις σε αυτό το πεδίο καθώς πρόκειται για συσκευές μικρές, απλές και κυρίως με εύκολη διεπαφή στον χρήστη.

Ένα σημαντικό πεδίο στο οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα smartwatches είναι η φαρμακευτική συμμόρφωση ασθενών λόγω της ικανότητας ειδοποίησης των χρηστών για διάφορα γεγονότα, η αποστολή ερωτηματολογίων σε διάφορες στιγμές της ημέρας με στόχο την αξιολόγηση της κατάστασης του χρήστη, η μελέτη του καρδιακού ρυθμού μέσω των σύγχρονων αισθητήρων PPG(Photoplethysmography sensor) αλλά και η αναγνώριση πτώσης μέσω επιταχυνσιόμετρου.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Σκοπός της διπλωματικής είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος ιατρικής παρακολούθησης πολλών ασθενών από ιατρικό προσωπικό και κάθε άλλο ενδιαφερόμενο (π.χ. συγγενείς), άμεσης ειδοποίησης σε περίπτωση επειγόντων περιστατικών καθώς και φαρμακευτικής συμμόρφωσης. Στα πλαίσια, λοιπόν, της εργασίας αναπτύχθηκε καταρχάς μία εφαρμογή για το Mobvoi Ticwatch E με λογισμικό Wear OS, το οποίο βρίσκεται διαρκώς στον καρπό του χρήστη και καταγράφει σημαντικούς βιοδείκτες στέλνοντας επείγοντα σήματα στη Firebase, ενώ συγχρόνως μπορεί να τον ειδοποιεί για διάφορα γεγονότα.Είναι

σημαντικό ότι η εφαρμογή αυτή λειτουργεί ανεξάρτητα από το smartphone του χρήστη και από οποιαδήποτε άλλη συσκευή.

Επιπροσθέτως, αναπτύχθηκε μία εφαρμογή σε Flutter η οποία παρέχει πληροφορίες για την κατάσταση πολλών ασθενών σε ιατρικό προσωπικό ή και συγγενείς. Η πρόσβαση στην εφαρμογή μπορεί να είναι τόσο διαδικτυακή όσο και από κινητή συσκευή (iOS Android) με σύνδεση στο διαδίκτυο. Να προστεθεί ότι προσφέρει τη δυνατότητα καταχώρησης φαρμακευτικής αγωγής και ερωτηματολογίων τα οποία μεταφέρονται στον χρήστη μέσω Firebase και επιπλέον αυτόματη ενημέρωση για περιστατικά πτώσης ή αυξημένου καρδιακού ρυθμού.

Μάλιστα, βασική παράμετρος για τον σχεδιασμό των δύο εφαρμογών αποτελεί η εύκολη χρήση τους και κυρίως η χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις εξειδικευμένη γνώση από τον κύριο χρήστη τους, ενώ αξίζει να τονισθεί ότι η χρήση του Firebase Authentication εξασφαλίζει την ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων. Αν και αναπτύξαμε την εφαρμογή του ασθενούς σε ένα συγκεκριμένο Smartwatch, εντούτοις το πλεονέκτημα που προσφέρει η ανάπτυξη σε Wear OS είναι ότι η ίδια εφαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις συσκευές με το ίδιο λογισμικό. Τέλος, στα πλαίσια της αναγνώρισης πτώσης μελετήσαμε διαθέσιμα σύνολα δεδομένων, καθώς και αλγορίθμους ορίων και νευρωνικών δικτύων.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Η εργασία αυτή είναι οργανωμένη σε έξι κεφάλαια: Στο Κεφάλαιο 2 αναλύονται τα ιατρικά ζητήματα τα οποία πραγματεύεται η εργασία μας. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται οι τεχνολογίες, τα προγραμματιστικά εργαλεία και οι πλατφόρμες που χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση του συστήματος. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται συνοπτικά η αρχιτεκτονική του συστήματος, με επίκεντρο την επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων της υλοποίησης όπως και οι απαιτήσεις που είναι απαραίτητο να πληρούν. Στο Κεφάλαιο 5 δίνουμε μία συνολική ανάλυση για την υλοποίηση των διαφορετικών τμημάτων της εργασίας μας, από τη διαδικασία της ταυτοποίησης των χρηστών, της λειτουργίας εντοπισμού και ειδοποίησης σε έκτακτα περιστατικά μέχρι και τη λειτουργία της φαρμακευτικής συμμόρφωσης. Καταληκτικά, στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται το τι πετύχαμε με την υλοποίησή μας, καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Φαρμακευτική Συμμόρφωση

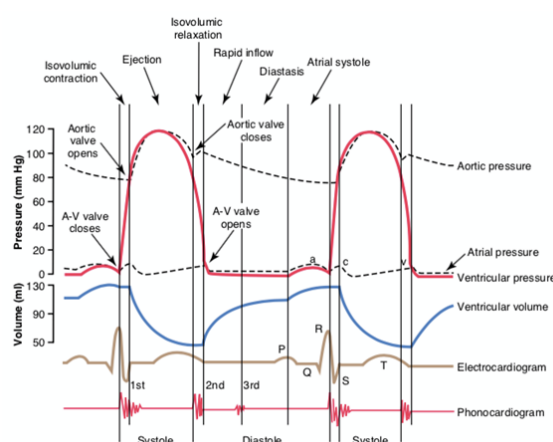
Σύμφωνα με το [6] η φαρμακευτική συμμόρφωση συνδέεται άρρηκτα με τη λήψη του σωστού φαρμακευτικού σκευάσματος, την κατάλληλη στιγμή, στην απαιτούμενη δόση και για το χρονικό διάστημα που κατόπιν συστάσεως του θεράποντος ιατρού. Διαχωρίζονται σε πρωτογενείς περιπτώσεις, κατά τη διάρκεια των οποίων ο ασθενής δεν προμηθεύεται καθόλου την απαιτούμενη αγωγή και σε δευτερογενείς όπου ο ασθενής ολοκληρώνει ένα μέρος της αγωγής. [7]. Το θέμα της προβληματικής λήψης φαρμακευτικής αγωγής έγκειται τόσο σε αίτια ψυχολογικά (αίσθηση ντροπής, έλλειψη εμπιστοσύνης) όσο και πρακτικά (πολυπλοκότητα συνταγής, λησμοσύνη). Σύμφωνα με έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) το 2003 [8] το φαινόμενο της αυθαιρεσίας των ασθενών απέναντι στην πιστή εφαρμογή των οδηγιών που έχουν λάβει από επαγγελματίες υγείας είναι τόσο σημαντική, ώστε η αλλαγή νοοτροπίας των ασθενών και η σωστή λήψη της φαρμακευτικής αγωγής θα μπορούσε να αποτελεί εφιαλήριο για την παγκόσμια υγεία σε σχέση με την ανάπτυξη νέων θεραπειών.

2.2 Καρδιακός Ρυθμός

Η καρδιά είναι μία αντλία που εκτελεί 72 χτυπήματα το λεπτό (ισοδύναμο των 1.2 Hz), με κάθε χτύπημα να κρατάει περίπου 0.32 ms προκειμένου να υποστηρίξει την κυκλοφορία του αίματος που μεταφέρει οξυγόνο, διατηρεί την ισορροπία των υγρών και της θερμοκρασίας του σώματος ενώ συγχρόως αφαιρεί το διοξείδιο του άνθρακα από τα κύτταρα.

Τα καρδιακά γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στην αρχή κάθε καρδιακού παλμού μέχρι την αρχή του επόμενου ονομάζονται καρδιακός κύκλος. Όπως μια αντλία, η καρδιά λειτουργεί σε δύο φάσεις: τη συστολή και τη διαστολή. Ειδικότερα, στη συστολή η δεξιά κοιλία συστέλλεται, για να εκτοξεύσει το φλεβικό αίμα στους πνεύμονες, ώστε να οξυγονωθούν και στην αριστερή κοιλία η συστολή εκτοξεύει οξυγονωμένο αίμα σε ολόκληρη τη συστηματική κυκλοφορία. Αυτό συμβαίνει με το κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων (μιτροειδούς και τριγλώχινας) και το άνοιγμα των πνευμονικών και αορτικών βαλβίδων και ταυτόχρονα η δεξιά κοιλία συστέλλεται, αυξάνει την πίεση στο εσωτερικό της ανοίγοντας την πνευμονική βαλβίδα και οδηγώντας το αίμα από τη δεξιά κοιλία στην πνευμονική αρτηρία. Αντιστρόφως, η αριστερή κοιλία συστέλλεται, αυξάνοντας την πίεση ανοίγοντας την αορτική βαλβίδα που οδηγεί το αίμα από την αριστερή κοιλία στην κυκλοφορία. Στη διαστολή επέρχεται η χαλάρωση και

η μείωση της πίεσης στις κοιλίες, ώστε να ανοίξουν η τριγλώχινα και η μιτροειδής βαλβίδα και να γεμίσουν οι κοιλίες με το αίμα που προέρχεται από τον κόλπο. [1] Τα γεγονότα αυτά απεικονίζονται στο σχήμα 2.1



Εικόνα 2.1: Γεγονότα ενός καρδιακού κύκλου [1]

Με τον όρο καρδιακός παλμός αναφερόμαστε στον ρυθμό με τον οποίο χτυπά η καρδιά κατά την άντληση αίματος μέσω των αρτηριών καταγεγραμμένος ως χτύπος ανά λεπτό (bpm) και είναι ανάλογος της σωματικής και ψυχολογικής κατάστασης του ατόμου. Ο φυσιολογικός καρδιακός παλμός ενός ενήλικα σε ηρεμία κυμαίνεται μεταξύ 60 και 100 παλμών το λεπτό και κατά συνέπεια με τον όρο βραχυκαρδία αναφερόμαστε στον καρδιακό παλμό ενήλικα κάτω των 60 παλμών το λεπτό και αντίστοιχα με τον όρο ταχυκαρδία αναφερόμαστε στον καρδιακό παλμό ενήλικα άνω των 100 παλμών.

Είναι γεγονός ότι ο εντοπισμός μη φυσιολογικού καρδιακού παλμού κρίνεται σημαντικός καθώς μία καρδιά με πρόβλημα μπορεί να προκαλέσει άμεση επιδείνωση της υγείας μέσα σε δευτερόλεπτα και δύναται να επιφέρει ακόμη και θάνατο. Με δεδομένο ότι πολλαπλοί παράγοντες όπως η αυξημένη πίεση, η στεφανιαία νόσος, η ηλικία ή κάποια φαρμακευτική αγωγή ενδέχεται να οδηγήσουν σε μη φυσιολογικό καρδιακό παλμό, κρίνεται απαραίτητη άμεση παροχή πρώτων βοηθών στον ασθενή. [9]

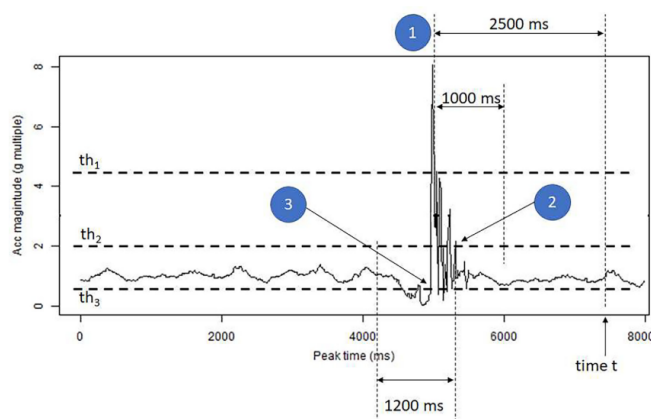
2.3 Αναγνώριση Πτώσης

Η αναγνώριση πτώσης αναφέρεται στην ανίχνευση γεγονότων πτώσης του ανθρώπου κατά την εκτέλεση των συνηθισμένων καθημερινών δραστηριοτήτων του και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μέρος της αναγνώρισης ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η αναγνώριση πτώσης μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς, μεταξύ των οποίων η υποστήριξη του ηλικιωμένου πληθυσμού όπου μία πτώση ίσως να οφείλεται σε πολλά και διαφορετικά ζητήματα, όπως για παράδειγμα το να σκοντάψει τυχαία σε ένα εμπόδιο ή να υπάρξει ένα αιφνίδιο πρόβλημα υγείας κ.λπ.. Στην περίπτωση αυτή η γρήγορη παροχή βοήθειας είναι πιθανόν να αποβεί σωτήρια για τη ζωή του πληγέντος, επομένως η σωστή ανίχνευση πτώσης δύναται να θεωρηθεί μείζονος σημασίας στην περίπτωση των ηλικιωμένων. [2]

Όπως αναφέρεται και στο [10] δεδομένα από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας [11], τα οποία υποστηρίζονται από διάφορες επιδημιολογικές μελέτες, δείχνουν ότι ένα αξιοσημείω-

το ποσοστό ηλικιωμένων άνω των 64 ετών (28%-35%) υφίσταται πτώση κάθε χρόνο, ενώ το ποσοστό αυτό αυξάνεται σε 32%-42% για τα άτομα άνω των 70 ετών. Στην πραγματικότητα, οι προκληθέντες τραυματισμοί λόγω πτώσεων αποτελούν μία από τις κύριες αιτίες νοσηλείας των ηλικιωμένων, με αποτέλεσμα συχνά τη σοβαρή μείωση των δεξιοτήτων ανεξάρτητης διαβίωσής τους ή ακόμη και το θάνατο. Είναι βέβαιο, ότι μία γρήγορη αντίδραση ενδέχεται να μειώσει αξιοσημείωτα τις επιπτώσεις της πτώσεως σε έναν ηλικιωμένο. Ωστόσο, μία άμεση βοήθεια συχνά δεν είναι εφικτή, εάν το τραυματισμένο άτομο ζει μόνο του και ο τραυματισμός είναι τόσο σοβαρός, ώστε να εμποδίζει τον ασθενή να ζητήσει βοήθεια. Σύμφωνα με το [12] η εκτιμώμενη συχνότητα πτώσεων για άτομα άνω των 75 ετών που διαβιούν ανεξάρτητα, υπερβαίνει το 30% ετησίως και έχει υπολογιστεί ότι έως και το 50% των ενοίκων γηροκομείων υποφέρουν από πτώσεις κάθε χρόνο (με περισσότερο από το 40% να πέφτει τουλάχιστον δύο φορές το χρόνο).

Επιπλέον, έως και το 12% όλων των πτώσεων προκαλούν κάταγμα, ενώ το 23% των θανάτων που σχετίζονται με τραυματισμό σε ασθενείς άνω των 65 ετών (34% σε άτομα άνω των 85 ετών) προήλθαν κατόπιν πτώσεως. Ωστόσο, οι σχετιζόμενες σωματικές βλάβες με τις πτώσεις δεν είναι το μόνο αρνητικό επακόλουθο που ωφείλεται να ληφθεί υπόψη, εφόσον ο φόβος της πτώσης έχει αναγνωριστεί ως ειδικό πρόβλημα υγείας, ιδίως για τους ηλικιωμένους. Μάλιστα αυτός ο φόβος, ο οποίος συνήθως συνδέεται με αύξηση του νευρωτισμού και του άγχους, οδηγεί συνήθως τους ασθενείς, ώστε να μειώνουν εντυπωσιακά ή να αποφεύγουν τη σωματική δραστηριότητα και εκτός αυτού οι ψυχολογικές και συναισθηματικές συνέπειες μίας πτώσης συμβάλλουν στην υποβάθμιση της ανεξαρτησίας των ηλικιωμένων. Είναι αξιοσημείωτο ότι αυτή η απώλεια αυτοπεποίθησης επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου και οι ηλικιωμένοι οδηγούνται σε όλο και πιο έντονη κοινωνική απομόνωση και σε χαμηλότερη ποιότητα ζωής.



Εικόνα 2.2: Πλάτος της επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια μίας πτώσης Πηγή [2]

Η μεθοδολογία για τον εντοπισμό πτώσεων που ακολουθούμε απεικονίζεται στο σχήμα 2.3. Όπως έχει προταθεί στο [13] και έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλα [3], η μεθοδολογία αποτελείται αρχικά από ένα στάδιο εντοπισμού κορυφών με κάποιο threshold εντός ενός κινούμενου παραθύρου και στη συνέχεια από την εφαρμογή κάποιου ταξινομητή με χρήση νευρωνικών δικτύων γύρω από αυτή την κορυφή, ενώ ο εντοπισμός κορυφών έχει σκοπό να εκμεταλλευτεί τη δυναμική των πτώσεων. Συγκεκριμένα αν θεωρήσουμε ως g την επιτάχυνση

Πίνακας 2.1: Μειτρικές που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αλγορίθμους ορίου

	Μειτρική	Όριο	Πηγή
1	$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$	$3 * g$	[14]
2	$\sqrt[3]{x * y * z}$	20	[15]
3	$\sqrt{x^2 + z^2}$	$2 * g$	[16]
4	$RMS(\max(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}) - \min(\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}))$	15	[16]

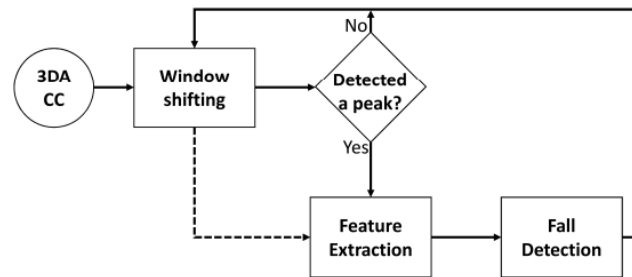
της βαρύτητας στα 9.81 m/s^2 , έχει μελετηθεί και παρουσιάζεται και στο επόμενο σχήμα ότι το μέτρο της επιτάχυνσης καθώς εξελίσσεται μία πτώση από την ακινησία, αρχικά είναι κάτω από το g . Στη συνέχεια εκτελεί μία κορύφωση πολλαπλάσια της τιμής του g και καταλήγει σε μία χρονική περίοδο χωρίς σχετικές κινήσεις. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται και στο σχήμα 2.2 και κατά συνέπεια στόχος είναι ο εντοπισμός τέτοιου είδους κορυφών. Όταν αναφερόμαστε στο πλάτος της επιτάχυνσης αναφερόμαστε στο μέγεθος:

$$magnitude = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

. . Μολαταύτα, έχει παρατηρηθεί ότι και άλλα μεγέθη υπολογισμένα πάνω στην επιτάχυνση παρουσιάζουν τέτοιου είδους κορυφές και επομένως δύναται να εφαρμοστεί κάποιος αλγόριθμος ορίου σε αυτά, ώστε να εντοπιστούν. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζουμε κάποια από τα μεγέθη αυτά καθώς και το αντίστοιχο όριο που χρησιμοποιείται.

Για τη μελέτη της ανίχνευσης πτώσεως χρησιμοποιούνται μία σειρά από σύνολα δεδομένων, τα οποία περιέχουν κάποια δείγματα πτώσεων (κυρίως προσομοιωμένα) καθώς και κάποιες καθημερινές δραστηριότητες (τρέξιμο, περπάτημα κλπ). Στις προσομοιώσεις πτώσεων, υγιείς εθελοντές εκτελούν πτώσεις σε ένα στρώμα φορώντας μία συσκευή σε κάποιο σημείο του σώματος. Ένα σύνολο δεδομένων με δείγματα αληθινών πτώσεων είναι το Smartfall [17] το οποίο αποτελείται από δείγματα του FARSEEING dataset [18] με νέο ρυθμό δειγματοληψίας 31.25Hz.

Ένα άλλο επίσης σύνολο δεδομένων είναι το SmartWatch[17]. Το σύνολο αυτό αναπτύχθηκε από 7 υγιείς εθελοντές, οι οποίοι φορούσαν ένα έξυπνο ρολόι MS Band και εκτελούσαν προσομοιωμένες πτώσεις όπως και καθημερινές δραστηριότητες (τρέξιμο, κάθισμα, ρίψη αντικειμένου και κούνημα των χεριών). Ως ρυθμός δειγματοληψίας επιλέχθηκαν τα 31.25Hz. Αντίστοιχο σύνολο δεδομένων είναι το MobiFall([19]) το οποίο συλλέχθηκε από 24 εθελοντές και αποτελείται από 630 δείγματα (342 καθημερινές δραστηριότητες /288 πτώσεις). Οι πτώσεις ήταν όλες προσομοιωμένες, ενώ όλα τα δείγματα συλλέχθηκαν με ένα smartphone στην τσέπη του χρήστη. Ένα παρόμοιο σύνολο δεδομένων είναι το SisFall [16] στο οποίο συμμετείχαν 38 εθελοντές και αποτελείται από 4505 δείγματα (2707 καθημερινές δραστηριότητες /1798 πτώσεις). Το δείγμα λήφθηκε στα 200Hz με ένα επιταχυνσιόμετρο στη μέση του χρήστη και τέλος ένα σύνολο δεδομένων αναπτυγμένο σε Wear Os είναι το [20]. Τελευταίο κομμάτι στην αναγνώριση πτώσης αποτελεί ένας ταξινομητής μηχανικής μάθησης, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιεί είτε παραδοσιακούς αλγόριθμους μηχανικής μάθησης είτε νευρωνικά δίκτυα. Θα πρέπει να τονισθεί ότι διάφορες δημοσιεύσεις [17] έχουν επισημάνει το πλεονέκτημα των νευρωνικών δικτύων έναντι των παραδοσιακών αλ-



Εικόνα 2.3: Λειτουργικό διάγραμμα της μεθοδολογίας αναγνώρισης πτώσης που προτείνουμε Πηγή [3]

γορίθμων μηχανικής μάθησης ενώ την ίδια στιγμή οι εξελίξεις στην υπολογιστική ισχύ των έξυπνων ρολογιών και η ανάπτυξη εργαλείων όπως το Tensorflow Lite (που αναλύουμε στην συνέχεια) επιτρέπουν την εφαρμογή τέτοιων δικτύων κατευθείαν στη συσκευή του έξυπνου ρολογιού. Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήσαμε ένα Conv-LSTM νευρωνικό δίκτυο.

Τα συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά από τον Krizhevsky στο [21]. Το 2016 ο Wang [22] παρουσίασε ένα πλήρες συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο για την ταξινόμηση δεδομένων χρονοσειράς και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε πολλούς τομείς όπως η ταξινόμηση ECG χρονοσειρών, η ταξινόμηση ήχου αλλά και η επεξεργασία φυσικής γλώσσας. Ένα συνελκτικό νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από διάφορα φίλτρα μίας διάστασης τα οποία εφαρμόζονται στη χρονοσειρά και επιπροσθέτως τα φίλτρα αυτά εκπαιδεύονται μέσω backpropagation (οπισθοδιάδοσης). Μετά την συνέλιξη εφαρμόζεται μία μη γραμμική πράξη προκειμένου να διασφαλιστεί ο μη γραμμικός μετασχηματισμός της χρονοσειράς.

Τα αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα (RNN) παρουσιάστηκαν το 1986 [23] και σχεδιάστηκαν για χρονοσειρές. Οι αναδρομικοί μηχανισμοί τους εγγυώνται ότι χαρακτηριστικά στη χρονοσειρά μαθαίνονται από κοινού με την πάροδο του χρόνου. Παρόλα αυτά, ένα σημαντικό μειονέκτημα των παραδοσιακών αναδρομικών νευρωνικών δικτύων είναι το πρόβλημα vanishing and exploding gradients το οποίο εμφανίζεται, όταν το gradient κάθε κελιού πολλαπλασιάζεται με την πάροδο του χρόνου και γίνεται μεγαλύτερο ή μικρότερο με κάθε πολλαπλασιασμό. Το συγκεκριμένο πρόβλημα λύθηκε από τα Long Short-Term Memory (LSTM)[24] δίκτυα με τη χρήση των forget gates. Σε σχέση με ένα RNN δίκτυο, ένα LSTM δίκτυο μπορεί να μάθει να κρατάει μόνο τις σχετικές πληροφορίες, για να κάνει προβλέψεις και να ξεχνάει τα μη σχετικά δεδομένα. Ως αποτέλεσμα καθίσταται το LSTM πιο εύκολο στην εκπαίδευση και αποδίδει καλύτερα σε εργασίες ταξινόμησης ή παλινδρόμησης. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσω μιας σιγμοειδούς συνάρτησης, η οποία εξάγει μια τιμή μεταξύ μηδέν (απόρριψη) και ένα (διατήρηση).

Τα δίκτυα Convolutional LSTM (ConvLSTM) συνδυάζουν τη δύναμη των συνελκτικών δικτύων (CNN) και των δικτύων LSTM, προσφέροντας μια λύση για τη διαδοχική ανάλυση δεδομένων με χωρικές πληροφορίες. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Xingjian et al. στην εργασία τους [25]. Η δομή ConvLSTM εισάγει συνελκτικές πράξεις εντός του κυττάρου LSTM, επιτρέποντάς του να καταγράφει ταυτόχρονα τόσο

χωρικές όσο και χρονικές εξαρτήσεις. Η προαναφερθείσα έννοια έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική σε διάφορες εφαρμογές, όπως η επεξεργασία βίντεο, η αναγνώριση ενεργειών και η δημιουργία εικόνων.

Κεφάλαιο **3**

Τεχνικές Έννοιες

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι τεχνολογίες και τα εργαλεία εκείνα πάνω στα οποία βασίστηκε η υλοποίησή μας.

3.1 Mobvoi Ticwatch E



Εικόνα 3.1: Πηγή [4]

Το έξυπνο ρολόι (smartwatch) που χρησιμοποιήσαμε στην εργασία μας είναι το Mobvoi Ticwatch E. Το ρολόι αυτό κυκλοφόρησε το 2017, όμως η ανάπτυξη εφαρμογών σε αυτό παραμένει επίκαιρη αφενός, διότι εξακολουθεί να βρίσκεται σε κυκλοφορία και αφετέρου, διότι λειτουργεί με Wear OS. Επομένως, μία εφαρμογή που έχει αναπτυχθεί σε αυτό το μοντέλο δύναται να χρησιμοποιηθεί είτε σε μεταγενέστερα μοντέλα της ίδια εταιρίας είτε σε άλλες συσκευές με το ίδιο λογισμικό. Το συγκεκριμένο ρολόι μπορεί να συνδεθεί με έξυπνα κινητά iOS και Android αλλά να λειτουργήσει και αυτόνομα.

Το Mobvoi Ticwatch E περιέχει μια πληθώρα αισθητήρων: GPS, πυξίδα, επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μικρόφωνο και επιπλέον έχει αισθητήρα καρδιακών παλμών PPG (Photoplethysmography sensor.). Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει κερδίσει σημαντική προσοχή στην έρευνα και τη φορητή τεχνολογία, λόγω της μη επεμβατικής του φύσης και της ικανότητάς του να μετρά τον καρδιακό ρυθμό χρησιμοποιώντας τεχνολογία βασισμένη στο φως. Οι αισθητήρες PPG ανιχνεύουν αλλαγές στον όγκο του αίματος στα περιφερικά αιμοφόρα αγγεία φωτίζοντας το δέρμα και μετρώντας την απορρόφηση ή την ανάκλαση του φωτός που προκύπτει.

Το Mobvoi Ticwatch E διαθέτει οθόνη OLED 1,4 ιντσών με ανάλυση 400x400 pixels. Τροφοδοτείται από έναν διπύρηνιο επεξεργαστή MediaTek MT2601, εξασφαλίζοντας ομαλή απόδοση και απόκριση. Ομοίως, διαθέτει 512MB μνήμης RAM και 4 GB εσωτερικού αποθηκευτικού χώρου, υποστηρίζει συνδεσιμότητα Bluetooth και Wi-Fi για απρόσκοπτο συγχρονισμό με smartphones και άλλες συσκευές. Το Ticwatch E τροφοδοτείται από μια μπαταρία 300mAh, προσφέροντας περίπου 1-2 ημέρες χρήσης και συν τοις άλλοις, η αξιολόγηση αντοχής στο νερό και τη σκόνη IP67 εξασφαλίζει προστασία από περιστασιακές πιτσιλιές και έκθεση στη σκόνη.

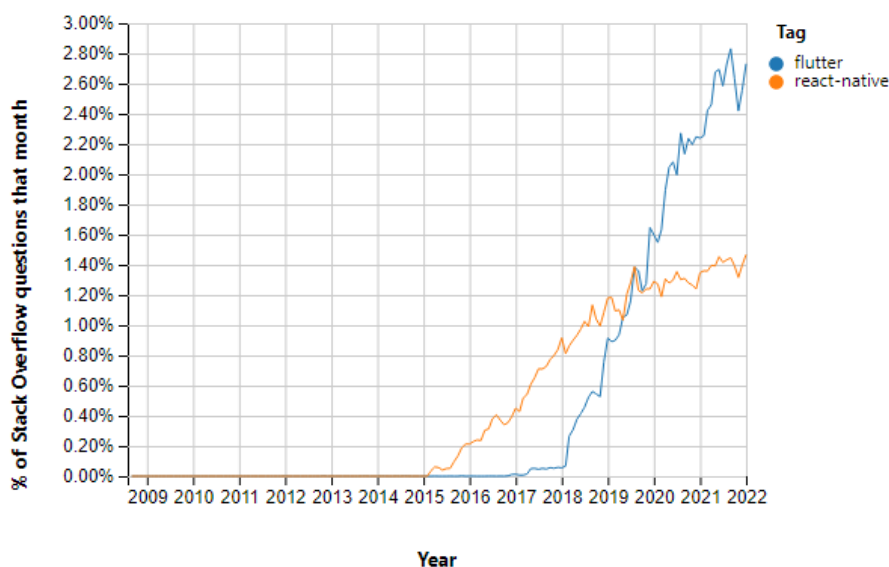
3.2 Ανάπτυξη σε Wear OS - Java

Ένα πλεονέκτημα της ανάπτυξης εφαρμογών σε Wear OS είναι ότι το συγκεκριμένο λογισμικό αποτελεί στην πραγματικότητα μία επέκταση του Android και συγχρόνως μοιράζονται την ίδια αρχιτεκτονική, τα ίδια APIs(Application Programming Interface.) καθώς και την ίδια γλώσσα προγραμματισμού. Στα συστήματα Android η ανάπτυξη εφαρμογών είναι δυνατόν να γίνει χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Java εφόσον η Java είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη, ευέλικτη και αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού. Αναπτύχθηκε από τη Sun Microsystems (που τώρα ανήκει στην Oracle) και έχει γίνει μία δημοφιλής επιλογή για την κατασκευή ενός ευρέος φάσματος εφαρμογών, από λογισμικό για υπολογιστές γραφείου και φορητές συσκευές μέχρι εταιρικά συστήματα και ενσωματωμένες συσκευές. Με την αρχή της "write once, run anywhere", η Java, παρέχει τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να γράφουν κώδικα, ο οποίος είναι δυνατόν να εκτελεστεί σε διαφορετικές πλατφόρμες, χωρίς να χρειάζονται σημαντικές τροποποιήσεις, χάρη στη συμβατότητα πολλαπλών πλατφορμών. Η αντικειμενοστραφής φύση της Java προωθεί τον επαναχρησιμοποιήσιμο κώδικα, καθιστώντας την αποτελεσματική για την ανάπτυξη λογισμικού μεγάλης κλίμακας.

3.3 Ανάπτυξη στο Android Studio

Η ανάπτυξη στο Android Studio παρέχει στους προγραμματιστές ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ολοκληρωμένης ανάπτυξης (IDE) ειδικά σχεδιασμένο για την ανάπτυξη εφαρμογών Android. Μέσω της διεπαφής του, οι προγραμματιστές έχουν την ικανότητα να γράφουν, να αποσφαλματώνουν και να δοκιμάζουν αποτελεσματικά τον κώδικά τους μέσα σε ένα ενιαίο περιβάλλον. Το IDE περιλαμβάνει επίσης έναν επεξεργαστή κώδικα με δυνατότητες αυτόματης συμπλήρωσης, έλεγχο σφαλμάτων σε πραγματικό χρόνο και δυνατότητες αναδιαμόρφωσης, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να γράφουν καθαρό και συντηρήσιμο κώδικα. Εκτός αυτού, ο ενσωματωμένος εξομοιωτής του Android Studio καθιστά δυνατή την εύκολη δοκιμή εφαρμογών σε διαφορετικές συσκευές, με διαφορετικά μεγέθη οθόνης και εκδόσεις Android. Το IDE ενσωματώνεται απρόσκοπτα με το Android Software Development Kit (SDK), προσφέροντας πρόσβαση σε μια τεράστια συλλογή από APIs, βιβλιοθήκες και εργαλεία που μπορούν να αξιοποιηθούν κατά τη δημιουργία πλούσιων σε χαρακτηριστικά και ελκυστικών εφαρμογών Android.

3.4 Ανάπτυξη σε Flutter



Εικόνα 3.2: Σύγκριση του πλήθους ρωτήσεων για το Flutter (με μπλε) σε σχέση με τις ερωτήσεις για το React Native (με πορτοκαλί) στο Stack Overflow, από το [5]

Το Flutter είναι η δωρεάν πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού (SDK) ανοικτού κώδικα της Google για ανάπτυξη εφαρμογών σε συσκευές, οι οποίες λειτουργούν με διαφορετικά λογισμικά. Χρησιμοποιώντας έναν ενιαίο κώδικα, το Flutter βοηθά τους προγραμματιστές να δημιουργήσουν εφαρμογές υψηλής απόδοσης και κλιμάκωσης με ελκυστικές διεπαφές χρήστη σε πολλές πλατφόρμες τόσο διαδικτυακές, όσο και κινητές. Δημιουργήθηκε από την Google το 2015 και ξεκίνησε επίσημα το 2018 και σύμφωνα με το Statista, το Flutter ξεπέρασε πρόσφατα το React Native και έγινε το νούμερο ένα πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών για κινητά.

Οι εφαρμογές Flutter γράφονται στην γλώσσα αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού Dart ο οποίος αναπτύχθηκε από τη Google. Η Dart αποτελεί βασικό πλεονέκτημα του Flutter μιας και επιτρέπει την εμπρόθεση, αλλά και την ταυτόχρονη εκτέλεση κώδικα. Αναλυτικότερα, η πρώτη επιτρέπει την γρήγορη εκκίνηση και την υψηλή απόδοση των εφαρμογών, ενώ η δεύτερη επιτρέπει τη δυνατότητα ο κώδικας να εκτελείται με το που πραγματοποιηθεί κάποια αλλαγή μειώνοντας τον χρόνο προγραμματισμού (hot reload).

Ορισμένα πλεονεκτήματα του Flutter όπως αναφέρονται στο [5] είναι:

1. Ένας κώδικας για όλες τις πλατφόρμες: για το UI αλλά και για την υπόλοιπη εφαρμογή, αρκεί ένας κώδικας και είναι φανερό ότι μειώνονται ο χρόνος και το κόστος από την ανάπτυξη σε διαφορετικές πλατφόρμες.
2. Απλοποιεί και επιταχύνει την ανάπτυξη εφαρμογών: Μεγάλο ρόλο σε αυτό παίζει και η δυνατότητα hot reload, όπως περιγράφηκε πριν, η οποία επιτρέπει στους προγραμματιστές να βλέπουν την επίδραση των αλλαγών σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να αλλάζουν την τρέχουσα κατάσταση της εφαρμογής.

3. Το Flutter είναι εύκολο στη χρήση και στην εκμάθηση: Η Dart δεν απέχει από γνωστές γλώσσες αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού, ενώ η δυνατότητα χρήσης έτοιμων widgets διευκολύνει κατά πολύ την ανάπτυξη εφαρμογών. Επίσης, υπάρχει εκτεταμένη και αναλυτική βιβλιογραφία και η αύξηση της χρήσης του Flutter παρέχει τη δυνατότητα να επεκτείνεται και η κοινότητα στο διαδίκτυο που τη μεταχειρίζεται.
4. Παρέχει πολύ καλή εμπειρία χρήστη: Το Flutter δίνει την προοπτική για δημιουργία καλά σχεδιασμένων και λειτουργικών διεπαφών χρήστη, οι οποίες αποδίδουν καλά χρονικά, χάρη στο το Flutter κάνει compile κατευθείαν σε native code.

Αντίστοιχα για τα μειονεκτήματα

1. Οι εφαρμογές γραμμένες σε Flutter έχουν μεγάλο μέγεθος διότι, αποθηκεύουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία κώδικα για να λειτουργήσουν, χωρίς να βασίζονται στην πλατφόρμα.
2. Αν και υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία έτοιμων widgets από το Flutter, δυστυχώς δεν έχουν αναπτυχθεί ακόμα πολλά widgets τρίτων, τα οποία σε άλλες πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών έχουν μεγαλύτερη ποικιλία.
3. Απαιτείται η γνώση του Dart, που αν και εύκολο, ωστόσο, δεν είναι τόσο γνωστό όσο άλλες γλώσσες αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού
4. Μπορεί να αποδίδει καλύτερα σε Android σε σχέση με το iOS

3.5 Edge Computing και Tensorflow Lite

Με την έννοια edge computing αναφερόμαστε στη διαδικασία επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων στην άκρη ενός δικτύου αντί ενός κεντρικού σημείου, για παράδειγμα ενός κέντρου δεδομένων, γεγονός που επιτρέπει ταχύτερη και αποτελεσματικότερη επεξεργασία των δεδομένων, όπως και μειωμένη καθυστέρηση. Επιπρόσθετα, η αυξημένη χρήση συσκευών IoT και η ανάγκη για ιδιωτικότητα αλλά και για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης σε πραγματικό χρόνο, έχουν οδηγήσει στην επιτακτικότητα για εφαρμογές edge computing. Το Tensorflow, όντας το πιο δημοφιλές περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών βαθείας μάθησης, προσφέρει μία ελαφριά εκδοχή του που επιτρέπει το edge computing. Η εκδοχή αυτή είναι το Tensorflow Lite και στην ουσία δεν είναι κάποιο νέο περιβάλλον, αλλά μία συλλογή εργαλείων τα οποία επιτρέπουν την εκτέλεση και αποθήκευση Tensorflow και άλλων μοντέλων σε κινητά, μικροεπεξεργαστές και οποιαδήποτε άλλη συσκευή όπως πχ ένα smartwatch.

Ορισμένα Πλεονεκτήματα του Edge Computing όπως αναφέρονται και στο [26]:

- 1) Μειωμένη καθυστέρηση: Μειώνεται η απόσταση που είναι αναγκαίο να διανύσουν τα δεδομένα και συνεπώς επιταχύνει την απόδοση του συστήματος και την λήψη αποφάσεων.
- 2) Αυξημένη Ασφάλεια: Μειώνεται η ποσότητα των μεταδοθέντων δεδομένων στο δίκτυο.
- 3) Μειωμένο Κόστος: Αποθηκεύονται και μεταδίδονται λιγότερα δεδομένα στο cloud
- 4) Λειτουργία χωρίς σύνδεση: Το Edge computing επιτρέπει στις συσκευές να λειτουργούν ακόμη και όταν είναι αποσυνδεδεμένες από το δίκτυο, παρέχοντας συνέχεια των λειτουργιών σε απομακρυσμένες ή μη συνδεδεμένες τοποθεσίες.

5)Επεκτασιμότητα: Το Edge computing μπορεί να κλιμακωθεί εύκολα ,επειδή αυξάνεται ο αριθμός των συσκευών και των πηγών δεδομένων, χωρίς να απαιτούνται σημαντικές αλλαγές στην κεντρική υποδομή.

3.6 Firebase

Η Firebase είναι μία πλατφόρμα η οποία αναπτύχθηκε από τη Google με σκοπό τη δημιουργία mobile και web εφαρμογών.Προσφέρει cloud υπηρεσίες και εργαλεία με στόχο την απλοποίηση κατά τη διαδικασία ανάπτυξης, τη βελτίωση στην απόδοση των εφαρμογών και την παροχή σε κλιμακούμενες λειτουργίες backend. Η ενισχυμένη χρήση IoT συσκευών, έχει αυξήσει την ανάγκη για συλλογή δεδομένων, για παροχή περιεχομένου με χαμηλή καθυστέρηση καθώς και για διασφάλιση των επικοινωνιών μεταξύ συσκευών και back-end υπηρεσιών. Μεταξύ των διαθέσιμων υπηρεσιών βρίσκονται το Realtime Database, το Storage, το Authentication, το Hosting όπως και υπηρεσίες Machine Learning.

Ειδικότερα η Firebase λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και συσκευές διευκολύνοντας κατά πολύ τη σύνδεση όσων συσκευών χρειαστούν με μεγάλη ευκολία, επειδή ακριβώς παρέχει Software Development Kits (SDK) σε πολλές πλατφόρμες. Μεταξύ άλλων, σημαντικό ρόλο στη διασύνδεση συσκευών έχει και η ταχύτητα αποστολής δεδομένων και ειδικά σε εφαρμογές όπως η δική μας, όπου απαιτείται άμεση ενημέρωση για επείγοντα περιστατικά και η ταχύτητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο. Λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει η Realtime Database, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί σε αντίστοιχες εργασίες ως κόμβος διασύνδεσης των συσκευών [27]. Στην εργασία αυτή αναφέρεται συνεπής και επιτυχής ανάκτηση δεδομένων με καθυστέρηση περίπου 100-500 msec σε κανονικές λειτουργία και 500-1000 msec κατά την αποκατάσταση της σύνδεσης μετά από 15-20 λεπτά αδράνειας.

Όπως αναφέρεται και στο [27] η Realtime Database είναι μία βάση NoSQL που αποθηκεύει δεδομένα σε αρχεία JavaScript Object Notation (JSON) και σε έναν μηχανισμό κλειδιών-τιμών [28]. Σε σύγκριση με τα συστήματα σχεσιακών βάσεων δεδομένων, όπως η SQL, η NoSQL δεν χρησιμοποιεί σχέσεις σε μορφή πίνακα, γεγονός που επιτρέπει τη συχνή αλλαγή τιμών [29]. Οι βάσεις δεδομένων NoSQL τηρούν δυναμικά σχήματα- δηλαδή η δομή της βάσης δεδομένων μπορεί να αλλάζει χωρίς προκαθορισμένο σχήμα (σε σύγκριση με τη σχεσιακή βάση δεδομένων- όπου πρέπει να δημιουργηθεί μια συγκεκριμένη δομή, πριν από την εισαγωγή δεδομένων). Αυτή η ιδιότητα, μεταξύ άλλων, επιτρέπει την ευέλικτη ανάπτυξη του συστήματος βάσεων δεδομένων η οποία προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του συστήματος, ενόσω αυτό εξελίσσεται κατά τη διάρκεια του κύκλου ανάπτυξης του και συμπληρωματικά επιτρέπει την ταχεία εισαγωγή/τροποποίηση δεδομένων και την ανάκτηση πληροφοριών.

Μία ακόμη υπηρεσία που παρέχεται στα πλαίσια της Firebase είναι το Firebase Storage. Η συγκεκριμένη υπηρεσία προσφέρει μία ασφαλή υποδομή για αποθήκευση και ανάκτηση από τους χρήστες web και mobile εφαρμογών εικόνων, βίντεο, αρχείων ήχου και άλλων στοιχείων πολυμέσων. Παράλληλα, χειρίζεται πτυχές όπως η ασφάλεια αρχείων, ο έλεγχος πρόσβασης και ο πλεονασμός δεδομένων, απαλλάσσοντας τους προγραμματιστές από τη διαχείριση πολύπλοκων υποδομών αποθήκευσης.

Ας σημειωθεί ότι βασική παράμετρος για ένα σύστημα αποθήκευσης είναι η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα των δεδομένων. Στην περίπτωση της Firebase, παρέχει μηχανισμούς για

την προστασία των δεδομένων, όταν αυτά μεταδίδονται και βρίσκονται αποθηκευμένα στη βάση. Όπως αναφέρεται και στο [30] για την πρώτη περίπτωση χρησιμοποιείται κρυπτογράφηση SSL/TLS 2048-bit, ενώ για τη δεύτερη περίπτωση οι χρήστες πιστοποιούνται και με μία συλλογή ορισμένων κανόνων που έχουν πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα και συγκεκριμένες πράξεις επί αυτών. Ο έλεγχος ταυτότητας της Firebase χρησιμοποιεί είτε έναν υπάρχοντα διακομιστή σύνδεσης, είτε κώδικα στην πλευρά του χρήστη. Το Firebase υποστηρίζει συνδέσεις με ονόματα χρήστη/κωδικούς πρόσβασης και υπηρεσίες σύνδεσης όπως το Google, το Twitter και το Facebook. Υπάρχει η δυνατότητα, επίσης, να χρησιμοποιηθεί προσαρμοσμένος κώδικας για δημιουργία tokens.

Τέλος, το Firebase Hosting είναι μία υπηρεσία φιλοξενίας ιστοσελίδων που παρέχεται από την Google στα πλαίσια του Firebase και επιτρέπει σε προγραμματιστές να αναπτύσσουν και να δημοσιεύουν στο διαδίκτυο τις διαδικτυακές εφαρμογές τους με ασφάλεια (κρυπτογράφηση SSL/TLS) και υψηλή απόδοση. Ταυτόχρονα, συνδέεται με το Flutter, ώστε οι διαδικτυακές εφαρμογές οι οποίες αναπτύσσονται σε αυτό το περιβάλλον να μπορούν να δημοσιευτούν εύκολα.

Κεφάλαιο 4

Γενική Αρχιτεκτονική και Απαιτήσεις της Υλοποίησης μας



Εικόνα 4.1: Γενική Αρχιτεκτονική του Συστήματός μας

Στα πλαίσια της εργασίας μας, υλοποιήσαμε δύο εφαρμογές: μία για την παρουσίαση των στοιχείων των ασθενών και μία για το Mobvoi Ticwatch E, για την ειδοποίηση του χρήστη προκειμένου να λάβει τη φαρμακευτική του αγωγή καθώς και την υποβολή ερωτηματολογίου, την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού, και την ειδοποίηση σε περίπτωση έκτακτων περιστατικών, που σχετίζονται με τα προηγούμενα σήματα. Βασική παράμετρο στην υλοποίηση μας αποτελεί η αμεσότητα με την οποία επικοινωνούν οι δύο αυτές εφαρμογές. Στο πλαίσιο αυτό, τόσο στην περίπτωση της αγωγής όσο στην περίπτωση των έκτακτων περιστατικών, οι δύο εφαρμογές είναι αναγκαίο να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα ταχύτητα. Από τα παραπάνω συνάγεται το συμπέρασμα ότι σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση μας κατέχει ο διαμεσολαβητής μεταξύ των εφαρμογών που είναι η Realtime Database.

Η συγκεκριμένη υπηρεσία είναι μία βάση δεδομένων η οποία μέσω αποθήκευσης τιμών σε διάφορα εύκολα προσβάσιμα σημεία είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση της συνταγογράφησης και των ερωτηματολογίων και την αποστολή τους στους αντίστοιχους χρήστες, επίσης για την αποθήκευση επειγόντων περιστατικών καρδιακού ρυθμού και πτώσεων και εμφάνισή τους στην σελίδα, επιπλέον για τον απομακρυσμένο χειρισμό λεπτομερειών της παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού και του έλεγχου πτώσης, για τη μεταφορά των απαντήσεων του χρήστη και τέλος για την αποθήκευση των χρηστών της εφαρμογής.

Όσον αφορά την εφαρμογή παρουσίασης των στοιχείων των ασθενών, απαιτείται να παρέχει σε ένα κατανοητό και εύχρηστο περιβάλλον τις απαραίτητες πληροφορίες για το ιατρικό προσωπικό ή τους συγγενείς του χρήστη. Αρχικά, είναι απαραίτητο στην περίπτωση

του γιατρού να προβάλλει πληροφορίες για όλους τους χρήστες συγκεντρωτικά καθώς και για κάθε χρήστη ξεχωριστά, αν ζητηθεί. Ανάλογα, στην περίπτωση των συγγενών, θα προβάλλει λεπτομέρειες μόνο για το άτομο για το οποίο ενδιαφέρονται. Επιπρόσθετα, στην εφαρμογή είναι αναγκαίο να υπάρχει μία διεπαφή καταχώρισης αγωγών και ερωτηματολογίων, όπου δύναται να οριστεί με ευκολία και ακρίβεια η ώρα έναρξης, λήξης, οι επαναλήψεις καθώς και η φωτογραφία του φαρμάκου ή τέλος όποια άλλη λεπτομέρεια θεωρείται σημαντική.

Κατά παρεμφερή τρόπο, είναι απαραίτητο να φαίνονται με σαφήνεια οι απαντήσεις του χρήστη και η συχνότητα με την οποία ακολουθεί την αγωγή του. Όσον αφορά στα έκτακτα περιστατικά, θα παρουσιάζεται ένα ιστορικό όλων των γεγονότων μαζί με την απάντηση του χρήστη. Επίσης πρέπει ο χειριστής της σελίδας να έχει την ευχέρεια να ξεκινήσει και να τερματίσει την διαδικασία από τη σελίδα και ειδικά στην περίπτωση του καρδιακού ρυθμού οφείλει να ρυθμίσει και το άνω όριο (της ταχυκαρδίας).

Σχετικά με την εφαρμογή για το smartwatch, βασική προτεραιότητα είναι ο χρήστης να ασχοληθεί όσο το δυνατόν λιγότερο και όταν ασχολείται να γίνεται με απλό και κατανοητό τρόπο. Η εφαρμογή είναι απαραίτητο να τρέχει στο παρασκήνιο ,έτσι ώστε να μην εμποδίζει τη μεταχείρισή του smartwatch από τον χρήστη, επιπρόσθετα να υπάρχει ένα σύστημα σύνδεσης και ταυτοποίησης του χρήστη καθώς και ένα πεδίο που ο ίδιος θα ορίζει το όριο της ταχυκαρδίας και της βραχυκαρδίας. Συμπληρωματικά, είναι αναγκαίο να παρουσιάζει μία λίστα με τις αγωγές που εκρεμμούν και κυρίως να ειδοποιεί τον χρήστη την κατάλληλη ώρα και μέρα της εβδομάδας σχετικά με την επόμενη δόση. Σε αυτό το σημείο, ο χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να απαντήσει αν πήρε την αγωγή ή αν θέλει να ειδοποιηθεί αργότερα, οπότε και θα ειδοποιείται ξανά.

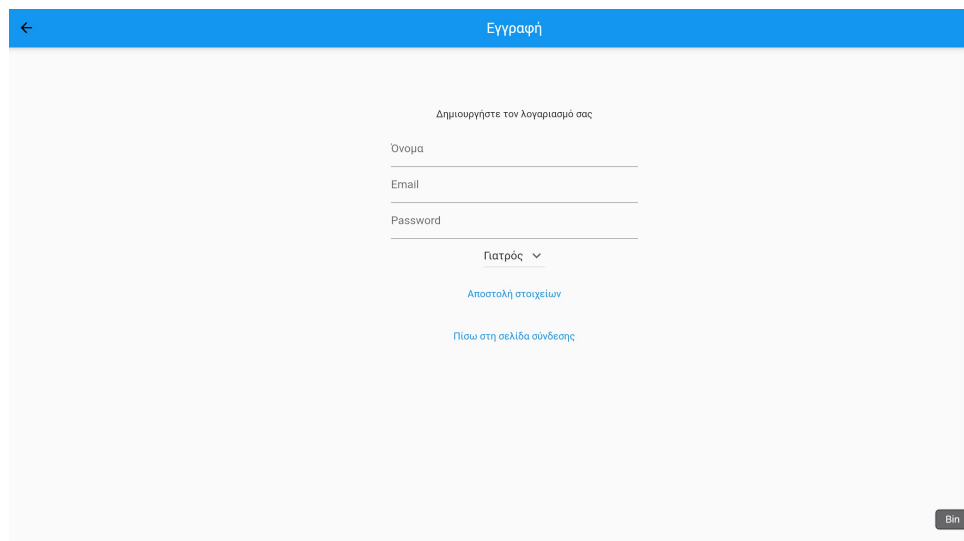
Όσον αφορά την περίπτωση των ερωτηματολογίων ο χρήστης θα μπορεί να απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις από το smartwatch. Φυσικά, απαιτείται να υπάρχει συνεχής καταγραφή του καρδιακού ρυθμού και της επιτάχυνσης του χρήστη. Στην πρώτη περίπτωση είναι απαραίτητο να ελέγχεται αν μία συχνότητα μετρήσεων υπερβαίνουν τα όρια, ενώ στη δεύτερη περίπτωση θα εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος ορίου και στη συνέχεια ένας αλγόριθμος μηχανικής μάθησης. Στις περιπτώσεις των έκτακτων περιστατικών, ο χρήστης θα ερωτάται μέσω μιας ειδοποίησης για την κατάσταση του και εφόσον απαντήσει ότι είναι καλά, το περιστατικό θα ακυρώνεται.

Κεφάλαιο 5

Υλοποίηση Συστήματος

5.1 Εγγραφή, Σύνδεση και Ταυτοποίηση Χρηστών

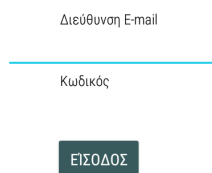
Βασικό στοιχείο της υλοποίησής μας είναι το απόρρητο των δεδομένων των χρηστών καθώς και η ύπαρξη δύο διαφορετικών ρόλων χρηστών, του ιατρικού προσωπικού και του ασθενούς-χρήστη. Για την υλοποίηση των δύο αυτών παραμέτρων χρησιμοποιήσαμε το Firebase Authentication πρωτίστως και δευτερευόντως τη Realtime Database . Ειδικότερα, το Firebase Authentication επιτρέπει τη δημιουργία/εγγραφή χρηστών με χρήση email και κωδικού και αποθηκεύει κάθε χρήστη με ένα ξεχωριστό αναγνωριστικό σε μια δική του βάση. Παράλληλα, αναλαμβάνει και τη διαδικασία της σύνδεσης με email και κωδικό παράγοντας ένα token το οποίο στέλνεται στην πλευρά της εφαρμογής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μελλοντικά αιτήματα. Για να γίνει πιο σαφές, το Firebase Authentication αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που θα επιτελούσε ένα backend ταυτοποίησης χρηστών.



Εικόνα 5.1: Σελίδα Εγγραφής στην Εφαρμογή Παρακολούθησης

Στην περίπτωση της υλοποίησής μας, η εγγραφή χρηστών πραγματοποιείται στο web app. Ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το όνομα του, το email του και τον κωδικό του καθώς και την ιδιότητά του, με άλλα λόγια, αν συνδέεται ως γιατρός ή ως ασθενής. Τα στοιχεία σύνδεσης, δηλαδή το μοναδικό id, το email και ο κωδικός αποθηκεύονται στο Firebase Authentication ενώ όλα τα στοιχεία (μοναδικό id, όνομα, email, κωδικός και ιδιότητα)

αποθηκεύονται σε ένα node της βάσης. Μάλιστα, η ιδιότητα του χρήστη αποθηκεύεται σε ένα δυαδικό πεδίο isAdmin, το οποίο γίνεται ένα, στην περίπτωση των γιατρών. Ο συγκεκριμένος τρόπος αποθήκευσης έχει να κάνει με τους κανόνες της Realtime Database οι οποίοι καθορίζουν ποιος χρήστης βλέπει ποιο περιεχόμενο.



Διεύθυνση E-mail

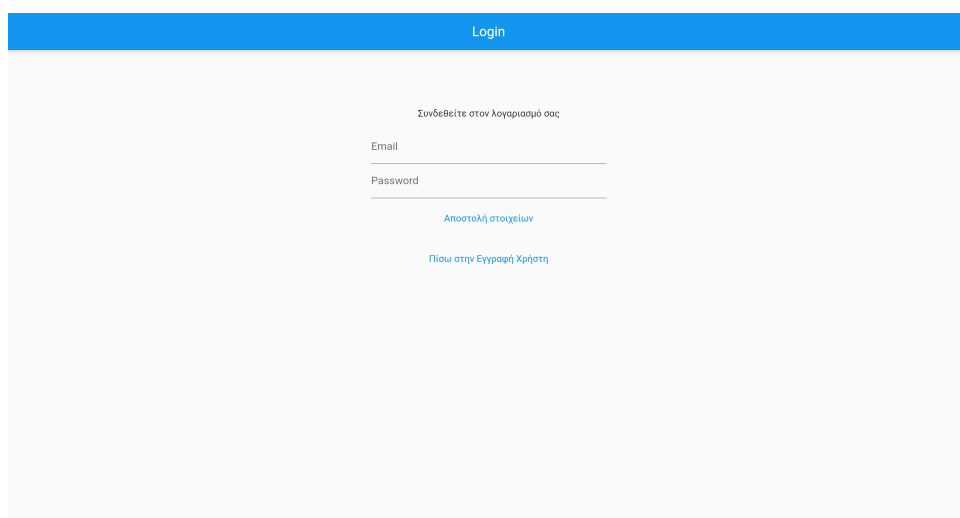
Κωδικός

ΕΙΣΟΔΟΣ

Εικόνα 5.2: Σύνδεση στην Εφαρμογή στο SmartWatch

Ιδιαίτερα, για τους κανόνες μέσω του πεδίου που περιγράψαμε παραπάνω, ο γιατρός έχει πρόσβαση στα στοιχεία όλων των χρηστών, από τη στιγμή που θα συνδεθεί. Ταυτόχρονα, διάφορα πεδία της βάσης, όπως τα έκτακτα περιστατικά, έχουν ένα πεδίο owner στο οποίο αποθηκεύεται η πληροφορία σχετικά με το ποιον χρήστη αφορά. Με αυτό το πεδίο ο κάθε χρήστης βλέπει τα δικά του και μόνο δεδομένα εφόσον συνδεθεί. Αντίστοιχα, ισχύουν και για την εγγραφή των δεδομένων, δηλαδή ο γιατρός μπορεί να κάνει εγγραφή σε όλα τα πεδία, αντίθετα οι χρήστες μόνο σε συγκεκριμένα από τα δικά τους. Να προστεθεί ότι στο πεδίο των χρηστών αλλαγές μπορεί να κάνει μόνο ο διαχειριστής του συστήματος.

Ταυτόχρονα, αξίζει να τονίσουμε πως η υλοποίησή μας επιτρέπει σε έναν συγγενή/άμεσα ενδιαφερόμενο για την υγεία του ασθενούς να παρακολουθήσει τα στοιχεία του και να ειδοποιείται για επείγοντα περιστατικά. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί, αν ο συγγενής συνδεθεί στην εφαρμογή με τους κωδικούς του ασθενούς. Στην περίπτωση αυτή, βλέπει τα στοιχεία και το ιστορικό μόνο του ασθενούς που θέλει, ενώ μπορεί να προσθέσει συνταγογράφηση και να ξεκινήσει ή να σταματήσει την καταγραφή δεδομένων.



Login

Συνδέθαιτε στον λογαριασμό σας

Email

Password

[Αποστολή στοιχείων](#)

[Πίσω στην Εγγραφή Χρήστη](#)

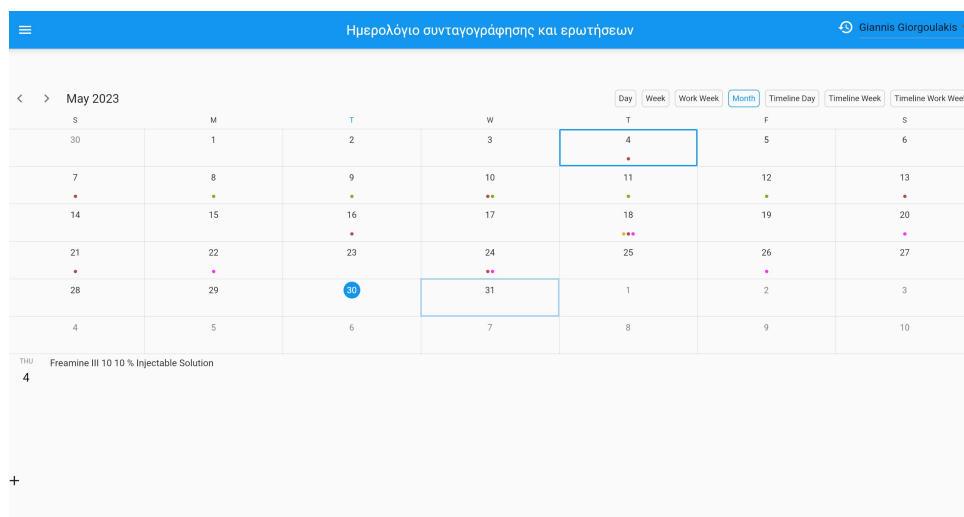
Εικόνα 5.3: Σύνδεση στην Εφαρμογή Παρακολούθησης

Παραπάνω φαίνονται οι εικόνες σύνδεσης στην εφαρμογή στο smartwatch και στη σελίδα αντίστοιχα. Το Firebase Authentication αναλαμβάνει όλες τις backend λειτουργίες, κάνοντας

τον έλεγχο των στοιχείων και ταυτόχρονα επιστρέφοντας ένα token. Το token αυτό στέλνεται πίσω στα query προς την Realtime Database όπου γίνεται και ο έλεγχος για το σε ποια δεδομένα μπορεί να έχει πρόσβαση ο χρήστης

5.2 Φαρμακευτική συμμόρφωση και αποστολή ερωτηματολογίων

Ένας άλλος άξονας της υλοποίησής μας είναι η καταγραφή και η ενημέρωση για τη φαρμακευτική αγωγή των χρηστών καθώς και η αποστολή ερωτηματολογίων για την κατάσταση τους. Οι λειτουργίες αυτές υλοποιούνται αφενός στην πλευρά της εφαρμογής επιτήρησης, όπου πραγματοποιείται η καταχώρηση της αγωγής και των ερωτηματολογίων και αφετέρου στην πλευρά του smartwatch όπου πραγματοποιούνται οι ειδοποιήσεις προς τον χρήστη, αλλά και η καταγραφή της συχνότητας με την οποία ακολουθεί την αγωγή όπως και οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια.



Εικόνα 5.4: Αρχική Σελίδα Εφαρμογής Παρακολούθησης με Ημερολόγιο και επιλεγμένο χρήστη

Ας προστεθεί ότι στην εφαρμογή παρακολούθησης, η οποία είναι σχεδιασμένη εξ' ολοκλήρου σε Flutter, ο γιατρός, όταν συνδεθεί βλέπει ένα ημερολόγιο στο οποίο παρουσιάζονται οι αγωγές και τα ερωτηματολόγια που έχουν προγραμματιστεί για όλους τους ασθενείς για συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Στην περίπτωση αυτή, εμφανίζεται και ένα κουμπί το οποίο ανοίγει ένα μενού στο οποίο ο γιατρός βλέπει ένα συνολικό ιστορικό αγωγών για τον χρήστη αυτό. Στη συνέχεια, μέσω ενός μενού πάνω δεξιά μπορεί να διαλέξει έναν συγκεκριμένο ασθενή προκειμένου να δει τις συνταγογραφήσεις μόνο γι αυτόν, ενώ μπορεί να αλλάξει την μορφή του ημερολογίου, σε εβδομαδιαίο, ημερήσιο κλπ. Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής φαρμάκων και ερωτηματολογίων για μία συγκεκριμένη ημέρα. Επιλέγοντας τώρα κάποιο από αυτά, εμφανίζεται ένα μενού από το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί το φάρμακο/ερωτηματολόγιο, να το διαγράψει, αλλά και να δει αν ο χρήστης έχει απαντήσει τη συγκεκριμένη ημέρα καθώς και το ιστορικό των απαντήσεων του για τη συγκεκριμένη αγωγή αν πρόκειται για φάρμακο. Αξίζει να αναφερθεί ότι το ημερολόγιο είναι ένα widget

το οποίο δημιουργήθηκε από την Syncfusion [31] καθώς και ότι οι εικόνες των φαρμάκων αποθηκεύονται και ανακτώνται από το Firebase storage.

Για την προσθήκη αγωγών και ερωτηματολογίων ο γιατρός, αφού διαλέξει χρήση από το μενού πάνω δεξιά και μία ημέρα από ημερολόγιο, μπορεί να επιλέξει την ένδειξη στο κάτω αριστερό άκρο (συγκεκριμένα το +). Όταν προχωρήσει στην αντίστοιχη επιλογή, εμφανίζονται δύο επιλογές για την προσθήκη συνταγογράφησης ή ερωτηματολογίου αντίστοιχα. Σε κάθε περίπτωση, εμφανίζονται δύο διαφορετικά, αλλά παρόμοια μενού. Στην περίπτωση της συνταγογράφησης, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.7 ο γιατρός καλείται να συμπληρώσει το όνομα του φαρμάκου, κάποια πληροφορία σχετικά με το φάρμακο, το ανά πόσες μέρες πρέπει να λαμβάνεται η δόση, την ημερομηνία έναρξης και λήξης της χορήγησης και μία φωτογραφία του φαρμάκου προκειμένου να είναι κατανοητό στον ασθενή ποιο φάρμακο αφορά η εκάστοτε ειδοποίηση. Αξίζει να σημειωθεί πως για το όνομα του φαρμάκου έχουμε προσθέσει δυνατότητα autocomplete στέλνοντας αιτήματα στη βάση [32], η οποία παρέχει εξωτερικό API. Το RXNorm API είναι μια υπηρεσία που παρέχεται από την National Library of Medicine (NLM) και επιτρέπει στους προγραμματιστές να έχουν πρόσβαση και να ανακτούν πληροφορίες για φάρμακα από τη βάση δεδομένων RXNorm. Η RXNorm είναι μια τυποποιημένη ορολογία για κλινικά φάρμακα και φαρμακευτικά προϊόντα που συντηρείται από την NLM.

Αντίστοιχα, στην περίπτωση προσθήκης ερωτηματολογίου, διαλέγει κάποιο όνομα και πληροφορία για το ερωτηματολόγιο, ημερομηνία έναρξης και λήξης και ανά πόσο θα επαναλαμβάνεται η ειδοποίηση. Ο γιατρός μπορεί να διαλέξει μεταξύ δύο διαφορετικών ερωτηματολογίων τα οποία βρίσκονται στο παράθεμα Α.

Όνομα φαρμάκου
Type something...

alanine 9 MG/ML / arginine 6.9 MG/ML / glycine 9 MG/ML / histidine 2.1 MG/ML / isoleucine 5.1 MG/ML / leucine 6.6 MG/ML / lysine 5.1 MG/ML / magnesium chloride 0.005 MEQ/ML / methionine 2.8 MG/ML / phenylalanine 3.1 MG/ML / potassium chloride 0.065 MEQ/ML / proline 6.1 MG/ML / serine 3 MG/ML / sodium chloride 0.00479 MEQ/ML / sodium phosphate, dibasic 0.0299 MEQ/ML / threonine 3.7 MG/ML / tryptophan 1.2 MG/ML / tyrosine 0.44 MG/ML / valine 5.6 MG/ML Injectable Solution [Aminosyn 7 % with Electrolytes, Sulfite-Free]

alanine 8.44 MG/ML / arginine 8.65 MG/ML / aspartate 5.95 MG/ML / glutamate 6.27 MG/ML / glycine 4.25 MG/ML / histidine 2.55 MG/ML / isoleucine 5.61 MG/ML / leucine 8.5 MG/ML / lysine 8.93 MG/ML / magnesium chloride 0.005 MEQ/ML / methionine 1.46 MG/ML / phenylalanine 2.53 MG/ML / potassium chloride 0.066 MEQ/ML / proline 6.14 MG/ML / serine 4.5 MG/ML / sodium chloride 0.01 MEQ/ML / sodium phosphate, dibasic 0.0299 MEQ/ML / threonine 3.4 MG/ML / tryptophan 1.7 MG/ML / tyrosine 2.3 MG/ML / valine 4.25 MG/ML Injectable Solution [Aminosyn II 8.5 % with Electrolytes, Sulfite-Free]

alanine 11 MG/ML / arginine 8.5 MG/ML / glycine 11 MG/ML / histidine 2.6 MG/ML / isoleucine 6.2 MG/ML / leucine 8.1 MG/ML / lysine 6.24 MG/ML / magnesium chloride 0.00502 MEQ/ML / methionine 3.4 MG/ML / phenylalanine 3.8 MG/ML / potassium chloride 0.0654 MEQ/ML / proline 7.5 MG/ML / serine 3.7 MG/ML / sodium chloride 0.00479 MEQ/ML / sodium phosphate 0.0299 MEQ/ML / threonine 4.6 MG/ML / tryptophan 1.5 MG/ML Injectable Solution [Aminosyn II 8.5 % with Electrolytes, Sulfite-Free]

κάποια πληροφορία:

κάθε πόσες μέρες:

Έναρξη Χορήγησης
5/30/2023 00:00:00

Λήξη Χορήγησης
5/30/2023 22:54:27

Προσθέστε φωτογραφία του φαρμάκου

Διαλέξτε

Upload

Back

Εικόνα 5.5: Σελίδα Προσθήκης Φαρμάκου στην Εφαρμογή Παρακολούθησης

Τα ερωτηματολόγια και οι συνταγογραφήσεις αποθηκεύονται στη Realtime Database ως στοιχεία ενός κόμβου, κάθε ένα με έναν μοναδικό αναγνωριστικό κωδικό. Μεταξύ των άλλων στοιχείων αποθηκεύονται εκεί η κατηγορία της ειδοποίησης(φαρμακευτική αγωγή ή ερωτηματολόγιο), οι απαντήσεις του χρήστη, αλλά και το συνολικό πλήθος των δόσεων που πρέπει να ολοκληρώσει ο χρήστης, ως συνάρτηση της ημερομηνίας έναρξης-λήξης και το ανά πόσο επαναλαμβάνεται. Αν δεν υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο, οι απαντήσεις ανεβαίνουν

στη Realtime Database, όταν αποκατασταθεί η σύνδεση.

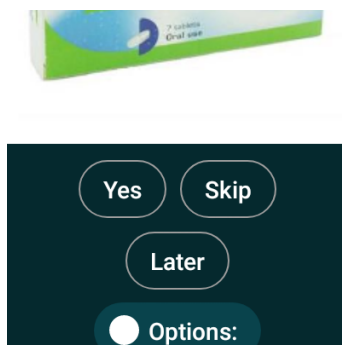
Εικόνα 5.6: Σελίδα Προσθήκης Ερωτηματολογίου στην Εφαρμογή Παρακολούθησης

Στην περίπτωση της εφαρμογής smartwatch, με το που ξεκινάει η εφαρμογή και συνδεθεί ο χρήστης ξεκινάει και ένας listener (ακροατής) της Firebase, ο οποίος συλλέγει όλη τη συνταγογράφηση του χρήστη και κυρίως αναμένει στο παρασκήνιο για οποιαδήποτε αλλαγή ή νέα συνταγογράφηση προκύψει. Από τις υπάρχουσες συνταγογραφήσεις επιλέγονται όσες η ημερομηνία λήξης τους είναι μετά τη σημερινή ημερομηνία και εμφανίζονται σε μία διεπαφή μαζί με την ημερομηνία λήξης 5.8.

Εικόνα 5.7: Απάντηση Ερωτηματολογίου από το smartwatch

Ταυτόχρονα, θέτουμε το από πότε μέχρι πότε και κάθε πόσες μέρες θα έρχεται ειδοποίηση στον χρήστη σχετικά με τη λήψη της απαιτούμενης δόσης ή τη συμπλήρωση ημερολογίου. Αυτό καθίσταται εφικτό με την κλάση AlarmManager του Android η οποία “ξυπνάει” στην ουσία την εφαρμογή ανεξαρτήτως της κατάστασης της σε ένα ορισμένο από τον προγραμματιστή διάστημα, για να εκτελεστεί κάποια λειτουργία, εν προκειμένω η ειδοποίηση του χρήστη. Αξίζει να τονιστεί πως, παρότι η λήψη αλλαγών στη συνταγογράφηση απαιτεί σύνδεση στο διαδίκτυο, οι ειδοποιήσεις για τη ληφθείσα συνταγογράφηση δεν χρειάζονται σύνδεση στο διαδίκτυο ούτε καν να είναι ανοιχτή η εφαρμογή καθώς, αν δεν είναι, θα την ξεκινήσει το σύστημα στο παρασκήνιο.

Οι ειδοποιήσεις έρχονται στον χρήστη με μία έντονη δόνηση, εμφανίζονται με τον τίτλο και την περιγραφή τους και επιλέγοντάς τις, ο χρήστης μπορείς αφενός να δει την φωτογραφία



Εικόνα 5.8: Ειδοποίηση για λήψη δόσης στο smartwatch

του φαρμάκου σε περίπτωση που έχει οριστεί από τον γιατρό ,αλλά και να απαντήσει αν συμπλήρωσε την απαιτούμενη δόση. Εξετάζεται αν δεν τη συμπλήρωσε και αν επιθυμεί να ειδοποιηθεί σε λίγο. Στην τελευταία περίπτωση, προγραμματίζεται μία ειδοποίηση λίγα λεπτά αργότερα.

5.3 Επείγοντα Περιστατικά

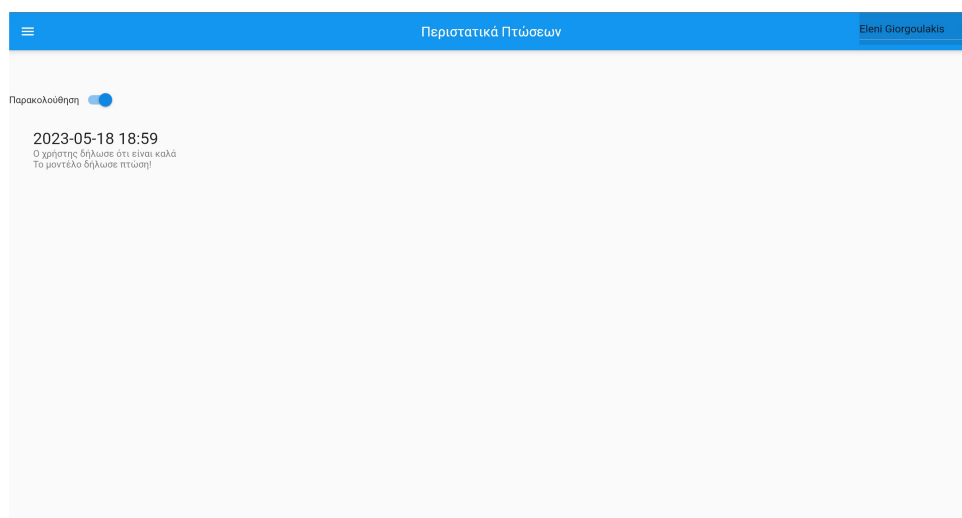
Ένα άλλο κομμάτι της υλοποίησής μας αφορά την καταγραφή του καρδιακού ρυθμού και της επιτάχυνσης του χρήστη. Στην περίπτωση του καρδιακού ρυθμού ελέγχουμε αν ξεφύγει από ένα πάνω και ένα κάτω όριο, ενώ στην περίπτωση της επιτάχυνσης ελέγχουμε μέσω αλγόριθμου αν υπάρχει πτώση του ασθενούς. Για την καταγραφή των δύο αυτών σημάτων χρησιμοποιούμε τους αισθητήρες του smartwatch. Ειδικότερα, όπως αναφέραμε και στις τεχνικές έννοιες, το Mobvoi Ticwatch E διαθέτει επιταχυνσιόμετρο και αισθητήρα καρδιακού ρυθμού PPG. Το λειτουργικό σύστημα Android επιτρέπει στον προγραμματιστή, μέσω της βιβλιοθήκης Sensor Manager, πρόσβαση στα δεδομένα των αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Ο προγραμματιστής ορίζει τον ρυθμό δειγματοληψίας, που στην περίπτωση μας ορίζουμε να είναι SENSOR_DELAY_FASTEST.

Για τον έλεγχο του καρδιακού ρυθμού, απαιτούνται δύο όρια ένα άνω και ένα κάτω που ορίζουν την ταχυκαρδία και την βραδυκαρδία αντίστοιχα. Αφού συνδεθεί ο χρήστης στην εφαρμογή, του ζητείται να δώσει αυτά τα δύο όρια προκειμένου να συνεχίσει η εφαρμογή τη λειτουργία της. Σημειώνουμε ότι το άνω όριο μπορεί να τροποποιηθεί και από την εφαρμογή παρακολούθησης και το ιατρικό προσωπικό που τη χειρίζεται. Στη συνέχεια, ελέγχουμε αν ο καρδιακός ρυθμός του χρήστη φεύγει από τα όρια με κάποια συχνότητα. Στην περίπτωση αυτή, ελέγχουμε αν από τις τελευταίες 45 μετρήσεις, το 70% αυτών ήταν είτε μετρήσεις ταχυκαρδίας είτε βραδυκαρδίας και τότε δημιουργείται ειδική ένδειξη με μοναδικό κωδικό όνομα σε έναν κόμβο στη βάση που έχει όλα τα επείγοντα περιστατικά. Εκεί αποθηκεύουμε την ημερομηνία και ώρα του περιστατικού, σε ποιον χρήστη συνέβη καθώς και όλες τιμές του καρδιακού ρυθμού από όταν άρχισε η υπέρβαση του ορίου. Ταυτόχρονα, δημιουργείται μία ειδοποίηση στον ασθενή ρωτώντας τον για την κατάσταση του και, αν ο χρήστης απαντήσει ότι είναι καλά, η καταχώριση στη βάση διαγράφεται.

Η εφαρμογή παρακολούθησης με τη σειρά της έχει έναν listener στο κομμάτι της βάσης που αφορά στα επείγοντα περιστατικά καρδιακού ρυθμού, ενώ ταυτόχρονα έχουμε δημιουρ-

γήσει μία σελίδα για όλα τα έκτακτα περιστατικά καρδιακού ρυθμού. Με το που έρθει κάποιο καινούργιο περιστατικό, η σελίδα ανανεώνεται αυτόματα και συγχρόνως με την επιλογή του περιστατικού, ο χειριστής της σελίδας έχει την ευχέρεια να δει μία γραφική παράσταση των τιμών που ξεπερνούν το όριο. Επίσης, η σελίδα μέσω ενός μενού πάνω δεξιά επιτρέπει στον χειριστή να διαλέξει τα στοιχεία όποιου χρήστη επιθυμεί να δει και εφόσον γίνει η επιλογή, εμφανίζεται ένα μενού στη σελίδα το οποίο επιτρέπει στον χειριστή να ανοίξει και να κλείσει την μέτρηση του καρδιακού ρυθμού, αν η εφαρμογή είναι στο background, καθώς και να τροποποιήσει το άνω όριο.

Προχωρώντας στην αναγνώριση πτώσεων, είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η διαδικασία της αναγνώρισης γίνεται εξ' ολοκλήρου στο ρολόι και αποτελείται από δύο στάδια: έναν αλγόριθμο ορίου και έναν αλγόριθμο μηχανικής μάθησης. Συγκεκριμένα, καταγράφουμε τις μετρήσεις της επιτάχυνσης με ρυθμό SENSOR DELAY FASTEST ο οποίος είναι περίπου 100 Hz. Χρησιμοποιούμε κυλιόμενα παράθυρα μεγέθους 75 με επικάλυψη 37 μετρήσεις. Σε κάθε παράθυρο εφαρμόζουμε αρχικά έναν αλγόριθμο ορίου προκειμένου να ανακαλύψουμε τυχόν κορυφές που υποδεικνύουν πτώση και στη συνέχεια εφαρμόζουμε τον αλγόριθμο μηχανικής μάθησης.



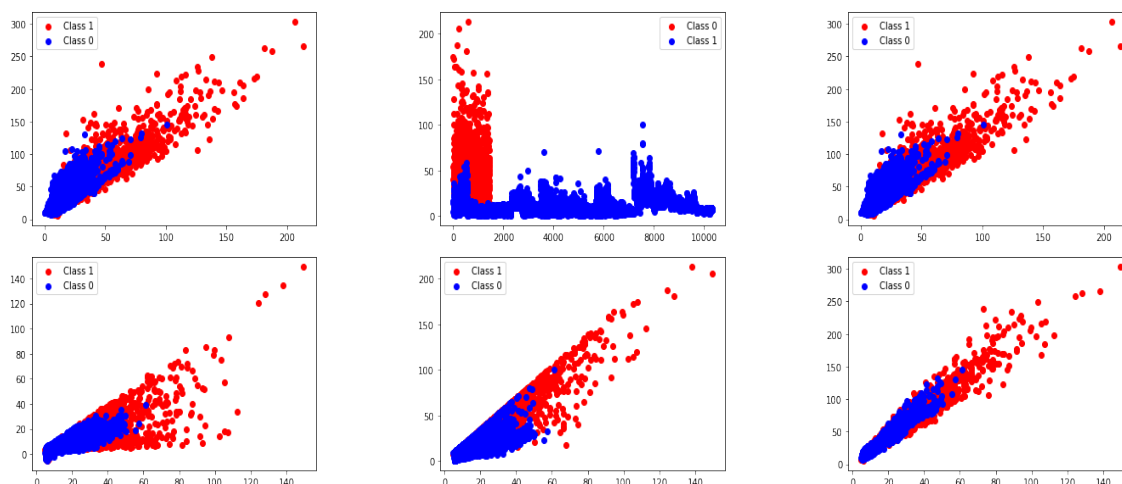
Εικόνα 5.9: Σελίδα περιστατικών πτώσης στην εφαρμογή παρακολούθησης

Για τον αλγόριθμο ορίου, όπως παρουσιάσαμε και προηγουμένως, υπάρχουν διάφορες επιλογές. Στη συγκεκριμένη εργασία, διαλέξαμε μία συλλογή συνόλων δεδομένων και μία συλλογή αλγορίθμων ορίων και τέλος είδαμε αν υπάρχει κάποιο όριο που να έχει καθολική εφαρμογή παρουσιάζοντας ικανή απόδοση στις μετρικές:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positives} + \text{True Negatives}}{\text{True Positives} + \text{True Negatives} + \text{False Positives} + \text{False Negatives}}$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{True Positives}}{\text{True Positives} + \text{False Negatives}}$$

$$\text{Specificity} = \frac{\text{True Negatives}}{\text{True Negatives} + \text{False Positives}}$$



Εικόνα 5.10: Απεικόνιση του συνόλου SisFall με τις μετρικές από τον πίνακα 2.1 από πάνω αριστερά μέχρι κάτω δεξιά: 1 και 4, 1,4,1 και 2,1 και 3, 1 και 4. Για κάθε δείγμα του συνόλου υπολογίζουμε το μέγιστο του μετασχηματισμού του με τη μετρική και το τοποθετούμε στο διάγραμμα. Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται τα δείγματα πτώσης και με μπλε τα δείγματα καθημερινών δραστηριοτήτων

. Στην εικόνα 5.10 παρουσιάζουμε κάποιες δοκιμές που κάναμε. Για τη δημιουργία των διαγραμμάτων υπολογίσαμε τη μετρική για κάθε δείγμα στο σύνολο δεδομένων και στη συνέχεια βρήκαμε την κορυφή επί της μετρικής. Τα διαγράμματα απεικονίζουν δείγματα πτώσεων με κόκκινο χρώμα και δείγματα καθημερινών δραστηριοτήτων με μπλε χρώμα. Καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε τη μετρική

$$\sqrt{x^2 + z^2}$$

με άνω όριο 21, η οποία στο SisFall δίνει Sensitivity: 0.87, Specificity:0.86 και Accuracy:0.86. Στη συνέχεια, εφόσον εντοπιστεί κορυφή σε κάποιο παράθυρο, αυτό ελέγχεται από ένα νευρωνικό δίκτυο. Το νευρωνικό δίκτυο που χρησιμοποιούμε είναι ένα ConvLSTM, το οποίο εκπαιδεύτηκε στα δεδομένα του Smartfall [17]. Για το δίκτυο αυτό χρησιμοποιήσαμε τον κώδικα στο [33]. Από τη στιγμή που αναπτύξουμε το δίκτυο με Tensorflow, το μετατρέπουμε σε μία μικρότερη έκδοση, για να τρέχει στο ρολόι μέσω του Tensorflow Lite [34]. Το πακέτο αυτό μειώνει και επιταχύνει το μοντέλο διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλή απόδοση. Το μοντέλο αυτό το αποθηκεύουμε στη συνέχεια ως custom μοντέλο στην υπηρεσία Machine Learning της Firebase. Το ρολόι συνδέεται στην υπηρεσία αυτή μέσω βιβλιοθήκης του Android και ενημερώνεται αυτόματα για την τελευταία έκδοση. Επομένως, η αναγνώριση πτώσεως γίνεται εξολοκλήρου στο ρολόι τοπικά, χωρίς να απαιτείται σύνδεση στο διαδίκτυο. Όπως αναφέρεται και στο [17] για την αποφυγή σύγχυσης με άλλα καθημερινά σήματα που μπορεί να δίνουν κορυφές στην επιτάχυνση, για την αναγνώριση πτώσης ελέγχουμε αν ο αλγόριθμος ορίου και το μοντέλο αναγνωρίσουν πώση σε δύο συνεχόμενα παράθυρα. Χρονικά αυτό αντιστοιχεί ,λόγω και της επικάλυψη, σε ένα διάστημα πριν και μετά την κορυφή.

Εφόσον στη συσκευή smartwatch αναγνωριστεί πώση, όπως και στον καρδιακό ρυθμό ,αποθηκεύεται στη βάση, στον κόμβο των επειγόντων περιστατικών. Ταυτόχρονα, δημιουργείται το μήνυμα-ειδοποίηση για την κατάσταση του ασθενούς και ανάλογα με την απάντηση

του ακυρώνεται και διαγράφεται από τη βάση το περιστατικό. Στην εφαρμογή παρακολούθησης έχουμε δημιουργήσει ξεχωριστή σελίδα για τα περιστατικά πώσεως, η οποία μέσω listener στο κομμάτι της realtime database παρουσιάζει κάθε νέο επείγον περιστατικό σε πραγματικό χρόνο, όταν συμβεί, ενώ, αν η εφαρμογή λειτουργεί σε κινητή συσκευή, ο χρήστης ειδοποιείται αμέσως με push notification. Πάλι ο χειριστής έχει τη δυνατότητα να δει συγκεκριμένα για κάποιον ασθενή το ιστορικό, αλλά και να ανοίξει και να κλείσει τη μέτρηση, όσο η εφαρμογή βρίσκεται στο παρασκήνιο. Απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία της εφαρμογής παρακολούθησης είναι η σύνδεση στο διαδίκτυο.

Κεφάλαιο 6

Αξιολόγηση και Συμπεράσματα

6.1 Σύνοψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύξαμε ένα σύστημα που παρέχει δυνατότητες εξ'αποστάσεως εποπτείας της υγείας των ατόμων μέσω της παρακολούθησης του καρδιακού ρυθμού και του ελέγχου πτώσεων καθώς και μέσω της υπενθύμισης της φαρμακευτικής αγωγής τους και της αποστολής ερωτηματολογίων για την αξιολόγηση της κατάστασης τους. Η υλοποίηση μας αποτελείται από δύο εφαρμογές, μία για το smartwatch του χρήστη και μία για το ιατρικό προσωπικό.

Η πρώτη συνιστώσα του συστήματος, η εφαρμογή για το smartwatch αναπτύχθηκε σε ένα εμπορικό ρολόι, το Mobvoi Ticwatch E. Το γεγονός αυτό καθιστά άμεσα διαθέσιμη την εφαρμογή μας σε πολλές συσκευές, ενώ ,εφόσον λειτουργεί με το λογισμικό Wear OS, η εφαρμογή γίνεται διαθέσιμη σε ακόμη περισσότερες συσκευές. Η πλειονότητα των αισθητήρων που το μοντέλο αυτό διαθέτει σε συνδυασμό με τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, παρέχει πολλές δυνατότητες για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Είναι ευνόητο ότι το Android λογισμικό του smartwatch επιτρέπει τη συλλογή των σημάτων αλλά και τον έλεγχο πτώσεων κλπ στο προσκήνιο, επομένως ο χρήστης δύναται να χρησιμοποιεί κανονικά τη συσκευή. Επιπλέον, από τη στιγμή που το smartwatch είναι στον καρπό του χρήστη, η καταγραφή των σημάτων και ο έλεγχος είναι συνεχή και δεν γίνονται αντιληπτά από τον χρήστη.

Η δεύτερη συνιστώσα του συστήματος, η εφαρμογή παρακολούθησης αναπτύχθηκε σε Flutter και δημοσιεύτηκε στο διαδίκτυο μέσω Firebase Hosting. Συνολικά το Flutter επέτρεψε τη δημιουργία μίας κατανοητής και εύχρηστης διεπαφής ,η οποία παρέχει εύκολα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και η οποία είναι προσβάσιμη από διαφορετικές πλατφόρμες είτε διαδικτυακές είτε κινητών συσκευών. Ταυτόχρονα, συνεργάζεται καλά με τη Realtime Database για την αυτόματη ανανέωση πληροφοριών και την ειδοποίηση επειγόντων περιστατικών. Συνολικά, παρατηρήσαμε ότι η Firebase παρέχει πλήρεις υπηρεσίες backend τόσο για την ταυτοποίηση των χρηστών όσο και για την αποθήκευση των δεδομένων.

6.2 Παρατηρήσεις και Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της εργασίας μας καθώς και της δοκιμής της, προέκυψαν διάφορα συμπεράσματα για τη λειτουργικότητα του συστήματος που προτείνουμε και υλοποιήσαμε. Ειδικότερα, βασική παράμετρος της εργασίας μας είναι η κλιμάκωση. Όπως

αναφέραμε και προηγούμενα η εφαρμογή του ασθενούς είναι υλοποιημένη σε ένα εμπορικό smartwatch κάτι που το καθιστά διαθέσιμο σε πολλούς χρήστες. Παράλληλα, επειδή το λειτουργικό σύστημα είναι Android, το οποίο διαθέτει μία διαδικτυακή αγορά όπου τρίτοι μπορούν να δημοσιεύουν εφαρμογές, η εφαρμογή μας μπορεί να είναι εύκολα διαθέσιμη σε όλους τους χρήστες του λογισμικού Wear Os. Επομένως καλύπτει ένα σημαντικό ποσοστό χρηστών, που τείνει συνεχώς να αυξάνεται.

Μία άλλη σημαντική παράμετρος της εργασίας μας είναι η επεκτασιμότητα και συγκεκριμένα το πώς το Firebase και το Flutter αλλά και το Android επιτρέπουν εύκολη επέκταση με νέες λειτουργίες και νέα δεδομένα όπως πχ νέους αισθητήρες, νέα μοντέλα κλπ. Την ίδια στιγμή, οι backend υπηρεσίες που αναπτύξαμε στη Firebase μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διαφορετικές εφαρμογές. Οι υπηρεσίες backend που αναπτύξαμε είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να επιτρέπουν εύκολη συνεργασία με άλλες εφαρμογές. Μέσω της εξαγωγής κομματιών του backend μας, ως διεπαφών προγραμματισμού εφαρμογών, (Application Programming Interface), άλλοι προγραμματιστές μπορούν να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες και τη λειτουργικότητα της δικής μας εφαρμογής στις δικές τους. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε τις υπηρεσίες συνταγογράφησης και υπενθύμισης φαρμάκων όπως και τις υπηρεσίες καταγραφής και ειδοποιήσεων για έκτακτα περιστατικά.

Επιπλέον, αξίζει να σημειώσουμε ως παράμετρο της εργασίας μας το απόρρητο των δεδομένων των χρηστών, το οποίο προστατεύεται μέσω μηχανισμών που παρέχει η Firebase και συγκεκριμένα μέσω του Firebase Authentication και των κανόνων στην Realtime Database. Τέλος, δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τον ρόλο που έχει η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε μία τέτοια εργασία. Συγκεκριμένα, η ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ σελίδας και εφαρμογής, είτε αφορά σε αποστολή δεδομένων είτε σε αποστολή σημάτων έναρξης/λήξης, είναι γρήγορη και καθιστά το σύστημα αξιόπιστο.

6.3 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Η λύση που προτείνουμε στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι δυνατόν να θεωρηθεί ως μία βάση η οποία δίνει την ευχέρεια να πλαισιωθεί από περαιτέρω επεκτάσεις που θα την καταστήσουν περισσότερο λειτουργική και πλήρη. Μία τέτοιου είδους προέκταση είναι η χρήση νέου smartwatch. Παρότι το Mobvoi Ticwatch E παραμένει μία σύγχρονη συσκευή, στα χρόνια που μεσολάβησαν από την κυκλοφορία του, διατέθηκαν στο εμπόριο καινούργιες συσκευές τόσο της Mobvoi όσο και άλλων κατασκευαστών που χρησιμοποιούν Wear Os. Οι συσκευές αυτές έχουν περισσότερους αισθητήρες και περισσότερη αυτονομία, ενώ εξαιτίας της χρήσης του Wear OS, η επέκταση της εφαρμογής μας σε αυτές θα είναι εύκολη.

Μία άλλη πιθανή προέκταση, είναι η δημιουργία και η χρήση ενός συνόλου δεδομένων για την αναγνώριση πτώσεως, καταγεγραμμένο εξ ολοκλήρου με το smartwatch που χρησιμοποιούμε, προκειμένου να υπάρχουν καλύτερα αποτελέσματα και μεγαλύτερη ακρίβεια στη διαδικασία αυτή. Τέλος, υπάρχει η προοπτική να αναπτυχθεί ένα μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης για την ανάλυση των μετρήσεων καρδιακού ρυθμού, από το οποίο θα είναι δυνατόν να εξαχθούν περισσότερα συμπεράσματα για την υγεία του ασθενούς.

Παραρτήματα

Ερωτηματολόγια για τον Ασθενή

A'.1 Νοσοκομειακή Μέτρηση Άγχους και Κατάθλιψης (HADS)

Νιώθω ανήσυχος ή τρομαγμένος

1. Τον περισσότερο καιρό
2. Πολύ καιρό
3. Από καιρό σε καιρό, περιστασιακά
4. Καθόλου

Εξακολουθώ να απολαμβάνω τα πράγματα που συνήθιζα να απολαμβάνω

1. Σαφέστατα, στον ίδιο βαθμό
2. Όχι στον ίδιο βαθμό
3. Από καιρό σε καιρό, περιστασιακά
4. Λίγο μόνο
5. Καθόλου

Αντιμετωπίζω κάποιο συναίσθημα φόβου σαν να πρόκειται κάτι τρομακτικό να σύμβει

1. Ακριβώς, μάλιστα σε σοβαρό βαθμό
2. Ναι, αλλά όχι τόσο σοβαρά
3. Από καιρό σε καιρό, περιστασιακά
4. Ελάχιστα, αλλά δεν με ανησυχεί
5. Καθόλου

Μπορώ να γελώ και να βλέπω τη χαρωπή όψη των πραγμάτων

1. Βεβαίως, έτσι όπως πάντα μπορούσα

2. Ναι, αλλά όχι τόσο σοβαρά
3. Μάλλον όχι τόσο, όπως το παρελθόν
4. Σίγουρα όχι τώρα τόσο πολύ
5. Καθόλου

Ανήσυχες σκέψεις περνούν από το μυαλό μου

1. Πάρα πολύ καιρό
2. Πολύ καιρό
3. Όχι τόσο συχνά
4. Πολύ λίγο

Νιώθω κεφάτος

1. Ποτέ
2. Όχι συχνά
3. Μερικές φορές
4. Τον περισσότερο καιρό

Μπορώ να κάθομαι άνετα και να νιώθω χαλαρωμένος

1. Ακριβώς
2. Συνήθως
3. Όχι συχνά
4. Καθόλου

Νιώθω σαν να έχουν πέσει οι ρυθμοί μου

1. Σχεδόν όλο τον καιρό
2. Πολύ συχνά
3. Μερικές φορές
4. Καθόλου

Αντιμετωπίζω κάποιο συναίσθημα φόβου σαν να έχω «πεταλούδες» στο στομάχι μου

1. Καθόλου
2. Περιστασιακά

3. Αρκετά συχνά

4. Πολύ συχνά

Έχασα το ενδιαφέρον για την εμφάνιση μου

1. Ακριβώς

2. Δεν τη φροντίζω όσο θα έπρεπε

3. Ίσως δεν την φροντίζω όσο θα έπρεπε

4. Την φροντίζω όπως πάντοτε

Νιώθω νευρικός κι ανήσυχος, σαν να πρέπει συνέχεια να κινούμαι

1. Μάλιστα σε πολύ μεγάλο βαθμό

2. Σε αρκετά μεγάλο βαθμό

3. Όχι σε τόσο μεγάλο βαθμό

4. Καθόλου

Προσμένω με χαρά διάφορα πράγματα

1. Τόσο όπως και στο παρελθόν

2. Μάλλον λιγότερο από όσο συνήθιζα

3. Σίγουρα λιγότερο από ότι συνήθιζα

4. Καθόλου

Αντιμετωπίζω αιφνίδια συναισθήματα πανικού

1. Πράγματι πολύ συχνά

2. Αρκετά συχνά

3. Όχι τόσο συχνά

4. Καθόλου

Μπορώ να απολαμβάνω ένα ενδιαφέρον βιβλίο ή ένα ραδιοφωνικό/τηλεοπτικό πρόγραμμα

1. Συχνά

2. Μερικές φορές

3. Όχι συχνά

4. Πολύ σπάνια

Α΄.2 Διερεύνηση ημερήσιας υπνηλίας

Η ημερήσια υπνηλία εκφράζεται σαν έντονη επιθυμία για ύπνο σε ώρες που το άτομο θα ήθελε να είναι σε πλήρη εγρήγορση. Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αποτελεί εργαλείο έγκαιρης διάγνωσης και αξιολόγησης της υπνηλίας. Το άτομο που ερωτάται πρέπει να ξεχωρίζει το αίσθημα υπνηλίας από το αίσθημα κούρασης. Αξιολογείστε την πιθανότητα να αποκοιμηθείτε στις παρακάτω καθημερινές σας δραστηριότητες. Ακόμα και αν δεν έχετε βρεθεί στις συγκεκριμένες καταστάσεις πρόσφατα, σκεφτείτε πως θα μπορούσαν να σας επηρεάσουν.

Σημειώστε με ένα κύκλο τον πιο κατάλληλο αριθμό (από το 0-3) σε κάθε μια από τις παρακάτω 8 καταστάσεις.

0: Δεν θα με έπαιρνε ποτέ ο ύπνος

1:Μικρή πιθανότητα να αποκοιμηθώ,

2:Μέτρια πιθανότητα να αποκοιμηθώ

3:Μεγάλη πιθανότητα να αποκοιμηθώ.

Πιθανότητα να αποκοιμηθείτε :

Όταν διαβάζετε κάτι καθισμένος (η)

Όταν παρακολουθείτε τηλεόραση

Όταν κάθεστε σε δημόσιο χώρο αδρανής (θέατρο,σινεμά, συγκέντρωση).

Ως επιβάτης σε αυτοκίνητο για μια ώρα χωρίς στάση.

Αν ξαπλώσετε το απόγευμα για να ξεκουραστείτε.

Όταν μιλάτε σε κάποιον καθισμένος (η).

Καθισμένος (η) σε ήσυχο περιβάλλον μετά το μεσημεριανό φαγητό χωρίς να έχετε καταναλώσει αλκοόλ

Στο αυτοκίνητο ενώ είστε σταματημένος (η) για λίγα λεπτά λόγω κίνησης

Βιβλιογραφία

- [1] Vanessa Novaes Barros. *The heart cycle: review*. *MOJ Women's Health*, όλυμε 8(Ιοοσε 1):66-69, 2019.
- [2] José R. Villar, Camelia Chira, Enrique de la Cal, Víctor M. González, Javier Sedano και Samad B. Khojasteh. *Autonomous on-wrist acceleration-based fall detection systems: unsolved challenges*. *Neurocomputing*, 452(ξξξξ):404-413, 2021.
- [3] Samad Barri Khojasteh, José R. Villar, Camelia Chira, Víctor M. González και Enrique de la Cal. *Improving fall detection using an on-wrist wearable accelerometer*. *Sensors (Switzerland)*, 18(5):1-28, 2018.
- [4] *Mobvoi Ticwatch E Smartwatch Review - Consumer Reports*.
- [5] *Why Flutter is the most popular cross-platform mobile SDK - Stack Overflow Blog*.
- [6] *i-symmorfosi-asthenon-sti-farmakeftiki-agogi-mia-proklisi-stis-ypiresies-ygeias*.
- [7] Steven Baroletti και ; Heather Dell'orfano. *Medication Adherence in Cardiovascular Disease*. 2010.
- [8] World Health Organization. *Adherence to long-term therapies : evidence for action*, 2003.
- [9] Saif Saad Fakhruddin και Sadik Kamel Gharghan. *An autonomous wireless health monitoring system based on heartbeat and accelerometer sensors*. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8(3), 2019.
- [10] Rafael Luque, Eduardo Casilari, María José Morón και Gema Redondo. *Comparison and characterization of android-based fall detection systems*. *Sensors (Switzerland)*, 14(10):18543-18574, 2014.
- [11] Yoshida, S. (2007) *A global report on falls prevention, epidemiology of falls*. *Ageing and Life Course, Family and Community Health, WHO*. - *References - Scientific Research Publishing*.
- [12] Mark C. Hornbrook, Victor J. Stevens, Darlene J. Wingfield, Jack F. Hollis, Merwyn R. Greenlick και Marcia G. Ory. *Preventing falls among community-dwelling older persons: results from a randomized trial*. *The Gerontologist*, 34(1):16-23, 1994.
- [13] Stefano Abbate, Marco Avenuti, Francesco Bonatesta, Guglielmo Cola, Paolo Corsini και Alessio Vecchio. *A smartphone-based fall detection system*. *Pervasive and Mobile Computing*, 8(6):883-899, 2012.

- [14] Jay Chen, Karric Kwong, Dennis Chang, Jerry Luk και Ruzena Bajcsy. *Wearable sensors for reliable fall detection*. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, 7 "ΟΑΣ :3551–3554, 2005.
- [15] Fu Tai Wang, Hsiao Lung Chan, Ming Hung Hsu, Cheng Kuan Lin, Pei Kuang Chao και Ya Ju Chang. *Threshold-based fall detection using a hybrid of tri-axial accelerometer and gyroscope*. *Physiological measurement*, 39(10), 2018.
- [16] Angela Sucerquia, José David López και Jesús Francisco Vargas-Bonilla. *SisFall: A Fall and Movement Dataset*. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 17(1), 2017.
- [17] Taylor R. Mauldin, Marc E. Canby, Vangelis Metsis, Anne H.H. Ngu και Coralys Curobero Rivera. *Smartfall: A smartwatch-based fall detection system using deep learning*. *Sensors (Switzerland)*, 18(10):1–19, 2018.
- [18] *The FARSEEING real-world fall repository: a large-scale collaborative database to collect and share sensor signals from real-world falls | FARSEEING*.
- [19] *The MobiFall and MobiAct datasets | BMI*.
- [20] *FallDetector/study at master · luloeh/FallDetector · GitHub*.
- [21] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever και Geoffrey E Hinton. *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*.
- [22] Zhiguang Wang, Weizhong Yan και Tim Oates. *Time Series Classification from Scratch with Deep Neural Networks: A Strong Baseline*, 2016.
- [23] David E Rumelhart, Geoffrey E Hinton και Ronald J Williams. *Learning representations by back-propagating errors*. *Nature*, 323(6088):533–536, 1986.
- [24] Sepp Hochreiter και Jürgen Schmidhuber. *Long Short-Term Memory*. *Neural Computation*, 9(8):1735–1780, 1997.
- [25] Xingjian Shi, Zhoung Chen, Hao Wang, Dit Yan Yeung, Waikin Wong και Wangchun Woo. *Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting*, 2015.
- [26] *Edge computing and Tensorflow Lite*.
- [27] Yahya Alhomsy, Abdullah Alsalemi, Mohammed Aldisi, Ibrahim Ahmed, Faycal Bensaali, Abbes Amira και Guillaume Alinier. *Real-Time Communication Network Using Firebase Cloud IoT Platform for ECMO Simulation*. *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Internet of Things, IEEE Green Computing and Communications, IEEE Cyber, Physical and Social Computing, IEEE Smart Data, iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData 2017*, 2018-0avua :178–182, 2018.
- [28] *Firebase Realtime Database*.

-
- [29] Neal Leavitt. *Will NoSQL Databases Live Up to Their Promise?* *Computer*, 43(2):12–14, 2010.
- [30] *How to use Google Firebase to build real-time IoT apps* | TechTarget.
- [31] *Getting started with Flutter Event Calendar widget* | Syncfusion.
- [32] *RxNav*.
- [33] Xingjian Shi, Zhouong Chen, Hao Wang, Dit Yan Yeung, Wai Kin Wong και Wang Chun Woo. *Convolutional LSTM Network: A Machine Learning Approach for Precipitation Nowcasting*. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2015-Θαυα:802–810, 2015.
- [34] TensorFlow Authors. *TensorFlow Lite*. <https://www.tensorflow.org/lite>. Αρχειοθετηθηκε στις 31 Μαρη 2023.

Συντομογραφίες - Αρκτικόλεξα - Ακρωνύμια

βλπ	βλέπε
κ.λπ.	και λοιπά
κ.ο.κ	και ούτω καθεξής
ΤΕΙ	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
BPF	Band Pass Filter

Απόδοση ξενόγλωσσων όρων

Απόδοση

έξυπνο ρολόι
διαδικτυακή εφαρμογή
αλγόριθμος κατωφλιού
βάση δεδομένων
παρασκήνιο
ειδοποίηση από εφαρμογή κινητού
Διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών
Συστήμα υποστήριξης
Σύνολα Δεδομένων
όριο
άμεση επαναφόρτωση

Ξενόγλωσσος όρος

smartwatch
web app
treshold algorithm
database
background
push notification
Application Programming Interface
backend
data sets
threshold
hot reload

