Logo

Description automatically generatedΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

***Μελέτη Επίδρασης Ανηχοϊκού Θαλάμου στη Μοντελοποίηση Ηλεκτρικών Πηγών Πολύ Χαμηλής Συχνότητας με Χρήση της Θεωρίας των Ειδώλων***

Διπλωματική Εργασία

Θεόδωρος Κ. Χρονόπουλος

Μιχαήλ Πατσάκης

Επιβλέπων : Παναγιώτης Τσανάκας

Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022

Logo

Description automatically generatedΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

***Μελέτη Επίδρασης Ανηχοϊκού Θαλάμου στη Μοντελοποίηση Ηλεκτρικών Πηγών Πολύ Χαμηλής Συχνότητας με Χρήση της Θεωρίας των Ειδώλων***

Διπλωματική Εργασία

Θεόδωρος Κ. Χρονόπουλος

Μιχαήλ Πατσάκης

Επιβλέπων : Παναγιώτης Τσανάκας

Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή το Σεπτέμβριο του 2022.

………………. ……………… ………………...

Χ.Καψάλης Π.Κωττής Γ.Φικιώρης

Καθηγητής Ε.Μ.Π. Καθηγητής Ε.Μ.Π. Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

………………………

Θεόδωρος Κ. Χρονόπουλος

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

Μιχαήλ Πατσάκης

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

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022

Copyright **©**Θεόδωρος Χρονόπουλος Μιχαήλ Πατσάκης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Στους γονείς μου Κώστα και Βάντα

και στον αδερφό μου Παναγιώτη,

Θοδωρής Κ. Χρονόπουλος

# Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες, παράλληλα με τη ραγδαία ανάπτυξη του συνόλου του κλάδου της τεχνολογίας, παρατηρείται αξιοσημείωτη εξέλιξη και στις έξυπνες συσκευές, οι οποίες διεισδύουν ολοένα και περισσότερο στην καθημερινότητά μας και προτιμώνται λόγω των συγκριτικών και αδιαμφισβήτητων πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν, διευκολύνοντας την καθημερινότητα του χρήστη. Μια τέτοια έξυπνη συσκευή που με το πέρασμα του χρόνου όλο και περισσότεροι άνθρωποί επιλέγουν, είναι τα έξυπνα ρολόγια. Ανάμεσα σε ποικίλες δυνατότητες που προσφέρουν, τα έξυπνα ρολόγια συλλέγουν live δεδομένα για την ζωτική κατάσταση του χρήστη με σκοπό την παρακολούθηση της πορείας κατά την διάρκεια της αθλητικής δραστηριότητας, την πρόληψη ατυχημάτων, την έγκυρη ενημέρωση του γιατρού αλλά και την συνεχή μελέτη ενός ασθενή. Έτσι, όλες οι μεγάλες τεχνολογικές εταιρείες έχουν στραφεί στην παραγωγή τέτοιων ρολογιών που μέσω των αισθητήρων που διαθέτουν, δίνουν την δυνατότητα στους προγραμματιστές να αναπτύξουν εφαρμογές που παρακολουθούν τις ζωτικές ενδείξεις του χρήστη και βγάζουν τα κατάλληλα συμπεράσματα. Στο πλαίσιο αυτό, στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη αυτόνομης εφαρμογής για το Apple Watch Series 7. Η εφαρμογή αυτή καταγράφει τις μετρήσεις για τους καρδιακούς παλμούς, καθώς και το ποσοστό οξυγόνου στο αίμα με την βοήθεια των ειδικών αισθητήρων που διαθέτει ο συγκεκριμένος τύπος ρολογιού. Στη συνέχεια οι μετρήσεις αυτές αποστέλλονται στο cloud όπου και υπόκεινται σε συγκεκριμένη επεξεργασία με σκοπό την ενημέρωση του χρήστη σχετικά με την κατάσταση της υγείας του.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μία γενική αναφορά στα χαρακτηριστικά των δορυφορικών επικοινωνιών και στα πλεονεκτήματα που η χρήση τους προσφέρει. Επιπλέον, τονίζεται η ανάγκη μελέτης της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε μία δορυφορική ή διαστημική αποστολή, καθώς επίσης και τις προκλήσεις που η τελευταία καλείται να υπερκεράσει. Τέλος, αναφέρεται η μέθοδος μοντελοποίησης με τη χρήση ηλεκτρικών διπόλων που θα ακολουθηθεί όσον αφορά τις ανεπιθύμητες πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο εσωτερικό του δορυφορικού θαλάμου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται διεξοδικά η έννοια του ανηχοϊκού θαλάμου, τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα, οι περιπτώσεις στις οποίες ενδείκνυται η χρήση του, όπως ακόμα και τα αποτελέσματα που επιφέρει στο παραγόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Συμπληρωματικά, τονίζεται η συμβολή του για τον έλεγχο των παρεμβολών σε μία δορυφορική αποστολή και η συσχέτισή του με ένα δορυφορικό κέλυφος.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται λεπτομερώς η θεωρία των ειδώλων, η οποία στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα χρησιμοποιηθεί ως βασική μέθοδος για τη μοντελοποίηση των προβλημάτων και την εξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων. Η θεωρία των ειδώλων αναπτύσσεται και εξειδικεύεται για 2 μεγάλες θεματικές ενότητες: (α) την περίπτωση σημειακών φορτίων ή κατανομών φορτίων και (β) την περίπτωση γραμμικών κεραιών, ενώ επισημαίνονται και διάφορες επιστημονικές χρήσεις της στην αντιμετώπιση ποικίλων προβλημάτων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο εμπεριέχονται όλες οι προσομοιώσεις διαφόρων διατάξεων με ηλεκτρικά δίπολα που εκτελέστηκαν για την αναπαράσταση των πηγών ανεπιθύμητης ακτινοβολίας σε διαστημικό περιβάλλον. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα CST (Computer Science Technology) και παρατίθενται όλα τα αποτελέσματα των προβλημάτων που εξετάστηκαν, ενώ ταυτόχρονα γίνεται αξιολόγηση και σχολιασμός τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια να επιλυθεί το αντίστροφο πρόβλημα, δηλαδή, δεδομένων των τιμών του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που παράγεται, να εντοπιστεί η ακριβής θέση της πηγής που το δημιουργεί. Προκειμένου να επιτευχθεί ο εν λόγω στόχος, χρησιμοποιείται κώδικας γραμμένος στη γλώσσα MATLAB, του οποίου οι βασικές αρχές και επιδιώξεις παρουσιάζονται συνοπτικά. Για κάθε μία από τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν στο κεφάλαιο 4 εκτελείται ο παραπάνω κώδικας και ακολουθεί επεξήγηση και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων του.

Στο έκτο κεφάλαιο συνοψίζονται και παρουσιάζονται κωδικοποιημένα όλα τα συμπεράσματα τα οποία αντλήθηκαν συνολικά από όλα τα ενδιάμεσα στάδια εκτέλεσης της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, ενώ τέλος, στο κεφάλαιο 7 επισυνάπτεται η χρησιμοποιούμενη βιβλιογραφία.

Αναζήτηση:

-Το ρολόι:

Αρχικά, μελετήθηκαν τα διαθέσιμα στην αγορά έξυπνα ρολόγια καθώς και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το καθένα. Η αναζήτησή που πραγματοποιήσαμε μας οδήγησε στην επιλογή του Apple Watch Series 7, καθώς έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε συγκρισή με τις ανταγωνίστριες εταιρείες. Το συγκεκριμένο ρολόι διαθέτει υψηλής ακρίβειας αισθητήρων για την μέτρηση των καρδιακών παλμών, και επίσης με την βοήθεια ακτιβολιών μπορεί και μετρά το ποσοστό οξυγόνου στο αίμα. Πιο συγκεκριμένα οι αισθητήρες που έχει το Apple Watch Series 7 είναι οι εξής:

***Optical heart sensor / PPG.***

***Optical heart sensor / PPG.***

***Electrical heart sensor / electrodes.***

***Next generation accelerometer and gyroscope.***

**Καρδιακοί Παλμοί**

***Ο οπτικός αισθητήρας καρδιάς στο Apple Watch χρησιμοποιεί τεχνολογία που βασίζεται στο εξής απλό γεγονός: Το αίμα είναι κόκκινο γιατί αντανακλά το κόκκινο φως και απορροφά το πράσινο φως. Το Apple Watch χρησιμοποιεί πράσινα φώτα LED σε συνδυασμό με φωτοδίοδοδους για να ανιχνεύει την ποσότητα αίματος που ρέει στον καρπό ανά πάσα στιγμή. Όταν η καρδιά χτυπά, η ροή του αίματος στον καρπό, επομένως και η απορρόφηση του πράσινου φωτός, είναι μεγαλύτερη. Μεταξύ χτύπων της καρδίας η ροή είναι μικρότερη.***

***Αναβοσβήνοντας τα φώτα LED εκατοντάδες φορές το δευτερόλεπτο, το Apple Watch μπορεί να υπολογίσει τον καρδιακό παλμό. Επιπλέον, ο οπτικός αισθητήρας καρδιάς έχει σχεδιαστεί για να αντισταθμίζει τα χαμηλά επίπεδα σήματος αυξάνοντας τόσο τη φωτεινότητα των LED όσο και τον ρυθμό δειγματοληψίας.*** ***Ο οπτικός αισθητήρας καρδιάς μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει υπέρυθρο φως. Αυτή τη λειτουργία χρησιμοποιεί το Apple Watch όταν μετρά τον καρδιακό ρυθμό στο παρασκήνιο και για ειδοποιήσεις καρδιακού ρυθμού.***

**Οξυγονομέτρηση**

***Στο Apple Watch Series 7, ο οπτικός αισθητήρας καρδιάς έχει επανασχεδιαστεί για να προσθέσει δυνατότητες μέτρησης οξυγόνου στο αίμα. Ο αισθητήρας οξυγόνου αίματος είναι ενσωματωμένος στο πίσω μέρος του Apple Watch. Χρησιμοποιεί τέσσερις ομάδες κόκκινων, πράσινων και υπέρυθρων φώτων LED και τέσσερις φωτοδίοδοι, συσκευές που μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα. Τα φώτα λάμπουν στα αιμοφόρα αγγεία στον καρπό και οι φωτοδίοδοι μετρούν πόσο φως αναπηδά πίσω.***

**Γυροσκόπειο και αισθητήρας επιτάχυνσης**

***Η εξαγωγή δεδομένων από το αξελερόμετρο και γυροσκόπιο για την παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο είναι επίσης εφικτή. Για παράδειγμα, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε δεδομένα κίνησης για να μετρηθεί το επίπεδο δραστηριότητας του χρήστη και να καταγραφούν συγκεκριμένοι τύποι κίνησης, όπως τις κινήσεις των χεριών που γίνονται κατά τη διάρκεια μιας προπόνησης. Το Apple Watch επιτρέπει την πρόσβαση σε δεδομένα αισθητήρων και για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.***

Παράλληλα, ένα άλλο πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου ρολογιού είναι το λογισμικό WatchOS 8 που υποστηρίζει. Το ρολόι έχει έναν ταχύτατο διπύρηνο 64-bit επεξεργαστή Apple S7 που ενσωματώνει GPU, 32 GB flash memory, Bluetooth 5.0, 1 GB RAM, 802.11 b/g/n 2.4 και 5 GHz WiFi καθώς και δορυφορικό εντοπισμό θέσης (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS). Ο ισχυρός επεξεργαστής του ρολογιού σε συνδυασμό με την πρόσβαση στο App Store, δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να κατεβάσει εφαρμογές οι οποίες επιχειρούν δύσκολα και απαιτητικά έργα. Επίσης, η Apple διαθέτει μια ευρύ κοινότητα προγραμματιστών, όπου κάποιος μπορεί να λάβει βοήθεια. Στη συνέχεια, αναζητήθηκαν τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάπτυξη εφαρμογή σε λειτουργικό WatchOs 8. Οι εφαρμογές αυτές αναπτύσσονται σε Swift. Πρόκειται για μια αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού γενικής χρήσης, που αναπτύσσεται από την [Apple Inc.](https://el.wikipedia.org/wiki/Apple_Inc.) και την κοινότητα ανοιχτού κώδικα. Κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2014, στο Παγκόσμιο Συνέδριο Προγραμματιστών WWDC, ως αντικαταστάτης της παλαιότερης γλώσσας προγραμματισμού της Apple Objective-C, καθώς η τελευταία ήταν αμετάβλητη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και δεν είχε σύγχρονες δυνατότητες. Η Swift συνεργάζεται με τα πλαίσια Cocoa και Cocoa Touch της Apple και μια βασική πτυχή του σχεδιασμού της Swift ήταν η δυνατότητα διαλειτουργικότητας με το τεράστιο σώμα του υπάρχοντος κώδικα Objective-C που αναπτύχθηκε για τα προϊόντα της Apple τις προηγούμενες δεκαετίες. Είναι χτισμένο με το πλαίσιο μεταγλωττιστή LLVM ανοιχτού κώδικα και έχει συμπεριληφθεί στο Xcode από την έκδοση 6, που κυκλοφόρησε το 2014. Στις πλατφόρμες της Apple, χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη χρόνου εκτέλεσης [Objective-C](https://el.wikipedia.org/wiki/Objective-C), η οποία επιτρέπει [C](https://el.wikipedia.org/wiki/C_(%CE%B3%CE%BB%CF%8E%CF%83%CF%83%CE%B1_%CF%80%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D)), [C++](https://el.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B), [Objective-C](https://el.wikipedia.org/wiki/Objective-C) και Swift code για εκτέλεση σε ένα πρόγραμμα. Απαραίτητο πρόγραμμα για την ανάπτυξη τέτοιων εφαρμογών,είναι το Xcode που διατίθεται μόνο σε συσκευές iOS και περιέχει όλα τα απαραίητα εργαλεία για να μπορέσει να προγραμματίσει κανείς σε περιβάλλον Swift, όπως interpreter, compilers, source editor, assistant editor, fix-it, quick-help καθώς και τους απαραίτητους simulators τόσο συσκευών iPhone αλλά και AppleWatch iPad κλπ.

Προφανώς, η Apple δεν αποτελεί την μοναδική επιλογή στην αγορά. Μια άλλη μεγάλη κατηγορία τέτοιων ρολογιών είναι εκείνα που υποστηρίζουν Android λογισμικό. Τεχνολογικοί κολοσσοί όπως η Samsung, Huawei, Xiaomi κυκλοφορούν έξυπνα ρολόγια αντίστοιχα με το Apple Watch Series 7. Όπως είναι λογικό ο προγραμματισμός αντίστοιχης εφαρμογής σε Android λογισμικό ακολουθεί μια διαφορετική, αλλά παρόμοια προσέγγιση με αυτή που πραγματοποιήσαμε εμείς. Στις Android συσκευές η ανάπτυξη εφαρμογών γίνεται μέσω του εργαλείου Android Studio αντί του Xcode, ενώ η γλώσσα προγραμματισμού που υποστηρίζεται είναι η Java που αποτελεί και αυτή μια αντικειμενοστρεφή γλώσσα προγραμματισμού με πολλά κοινά στοιχεία με την Swift. Μία ίσως βασική διαφορά των δύο αυτών κόσμων προγραμματισμού που αξίζει να σημειωθεί, είναι το γεγονός πως το Android Studio είναι διαθέσιμο σε όλες τις πλατφόρμες (Windows, Μac, Linux, ChromeOS) σε αντίθεση με το Xcode που είναι αποκλειστικά για Mac.

Cloud:

Η διπλωματική αυτή εργασία χωρίζεται σε δύο μεγάλα μέρη. Το πρώτο μέρος σχετίζεται με την συσκευή. Πιο συγκεκριμένα, την ανάπτυξη μιας εφαρμογής που θα μπορεί να συλλέγει τις μετρήσεις από τους αισθητήρες του ρολογιού. Το δεύτερο μέρος αφορά την σύνδεση της εφαρμογής με μια βάση δεδομένων στο cloud. Εκεί θα αποθηκεύονται τα δεδομένα του κάθε χρήστη όπως οι μετρήσεις των καρδιακών παλμών και το ποσοστό οξυγόνου. Στη συνέχεια, θα γίνεται επεξεργασία αυτών των τιμών, έτσι ώστε να υπάρχει έγκυρη ενημέρωση του χρήστη σε περίπτωση κινδύνου της υγείας του. Για το σκοπό αυτό, εξετάστηκαν οι δίαφοροι πάροχοι cloud υπηρεσιών (Αmazon Web Services, Microsoft Azure, IBM Cloud, Google Cloud Platform). Οι απαιτήσεις που είχαμε από τον πάροχο σε συνδυασμό με το διαθέσιμο προϋπολογισμό μας οδήγησαν στην επιλογή του Google Cloud Platform. Έτσι, προσανατολιστήκαμε στην πλατφόρμα Firebase το οποίο ενδείκνυται για την ανάπτυξη mobile εφαρμογών καθώς προσφέρει με απλή χρήση βιβλιοθηκών, χωρίς να απαιτεί κάποια υλοποίηση, αποθήκευση δεδομένων σε Realtime Database, Authentication χρηστών και πολλά άλλα (https://firebase.google.com/docs/ios/learn-more). Αναλυτικότερα, τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το Google Firebase είναι τα εξής:

- Realtime Database. Πρόκειται για μία βάση δεδομένων που επιτρέπει την εγγραφή και το διάβασμα δεδομένων με απλές εντολές. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή json tree και έτσι αφήνεται στην ευχέρια του προγραμματιστή η διαμόρφωση της βάσης ώστε η ανάγνωση και η εγγραφή να γίνται με αποδοτικό τρόπο.

- Authentication. Η Εγγραφή / Σύνδεση χρηστών καθώς και η εξασφάλιση της προστασίας των ευαίσθητων δεδομένων γίνεται μέσω της χρήσης της βιβλιοθήκης Firebase Auth απαλλάσοντας τον προγραμματιστή από μια δύσκολη και πολύπλοκη διεργασία.

- Functions. …

- Web Console. Η διαχείριση όλων των υπηρεσιών του Google Firebase πραγματοποιείται από ένα φιλικό και εύχρηστο για τον Administrator, Web Console.

Απαραίτητο βήμα για την χρήση των παραπάνω με την γλώσσα Swift, είναι η εγκατάσταση των αναγκαίων pod files στο Xcode που περιέχουν τις βιβλιοθήκες που θα χρησιμοποιήσουμε τον κώδικα.

A picture containing text, electronics

Description automatically generated

**HRV (heart rate variability)**

Το HRV αναπαριστά τη μέτρηση του τρόπου με τον οποίο εναλλάσσεται το χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών καρδιακών παλμών, δηλαδή τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού. Οι μικρές αυτές χρονικές αποκλίσεις, της τάξεως των ms, δεν είναι αισθητές από τον άνθρωπο. Συσκευές όπως το Apple Watch έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν το HRV εξίσου αξιόπιστα με προϊόντα όπως οθόνες καρδιακών παλμών της Polar για τη μέτρηση του HRV.

Το HRV είναι μέγεθος που έχει νόημα να μετράται σε χρονικό διάστημα μερικών λεπτών. Ενδεικτικές μετρήσεις γίνονται σε διαστήματα από δύο έως δέκα λεπτών. Τα χρονικά αυτά διαστήματα συνίσταται να μην είναι μικρά, προκειμένου να έχει σημειωθεί ικανοποιητικός αριθμός καρδιακών παλμών. Ομοίως τα διάστηματα καταγραφής δεν πρέπει να είναι χαρακτηριστικά μεγάλα, ώστε οι μεταβολές παραγόντων να μην επηρεάζουν τα αποτελέσματα.

Αποδεκτό μεγαλύτερο διάστημα καταγραφής HRV αποτελεί ο ύπνος. Ωστόσο, ειδικοί στηρίζουν, πως η καλύτερη μέτρηση λαμβάνεται αμέσως αφού ο άνθρωπος ξυπνήσει.

**Σημασία του HRV**

Επαγγελματίες υγείας και φυσικής κατάστασης θεωρούν το HRV ως μία από τις καλύτερες μετρήσεις για να προσδιορίζει το πότε το σώμα χρειάζεται ανάπαυση. Εκτός αυτού δίνει μια κατατοπιστική εικόνα για την κατάσταση του αυτόνομου νευρικού συστήματος.

**Μέτρηση HRV στο Apple Watch**

To Apple Watch παρέχει στους προγραμματιστές τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων HRV μέσω της βιβλιοθήκης HealthKit.

Το HealthKit υπολογίζει τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) μετρώντας τη διακύμανση μεταξύ των μεμονωμένων καρδιακών παλμών. Ενώ υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού του HRV, το HealthKit χρησιμοποιεί μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού SDNN, η οποία χρησιμοποιεί την τυπική απόκλιση των διαστημάτων μεταξύ των παλμών (RR) (συνήθως μετράται σε χιλιοστά του δευτερολέπτου).

**Δείκτης SDNN (SDNNI)**

Το SDNNI είναι ο μέσος όρος των τυπικών αποκλίσεων όλων των διαστημάτων για κάθε τμήμα 5 λεπτών μιας εγγραφής HRV σε συνολικό διάστημα 24 ωρών. Επομένως, αυτή η μέτρηση εκτιμά μόνο τη μεταβλητότητα λόγω των παραγόντων που επηρεάζουν το HRV μέσα σε μια περίοδο 5 λεπτών. Υπολογίζεται διαιρώντας πρώτα την εγγραφή 24 ωρών σε 288 τμήματα των 5 λεπτών και στη συνέχεια υπολογίζοντας την τυπική απόκλιση όλων των διαστημάτων που περιέχονται σε κάθε τμήμα. Το SDNNI είναι ο μέσος όρος αυτών των 288 τιμών. Το SDNNI αντανακλά πρωτίστως την αυτόνομη επιρροή στο HRV.

**Υποδειγματικές HRV τιμές**

Το HRV είναι μια πολύ εξατομικευμένη και συνεχώς μεταβαλλόμενη μέτρηση. Εξαρτάται επίσης από διάφορους παράγοντες όπως η σωματική και ψυχική υγεία/στρες, η διατροφή, η χρήση αλκοόλ, οι συνήθειες ύπνου, η ηλικία, το φύλο, η γενετική, η συχνότητα/ένταση σωματικής ή ψυχικής άσκησης και πολλά άλλα.

Chart

Description automatically generated