

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Τεχνολογίες Κινητής και Ηλεκτρονικής Υγείας

Μέτρηση μεταβλητότητας καρδιακού ρυθμού σε πραγματικό χρόνο μέσω φορητού αισθητήρα EmotiBit.

Αργυρώ Τσίπη

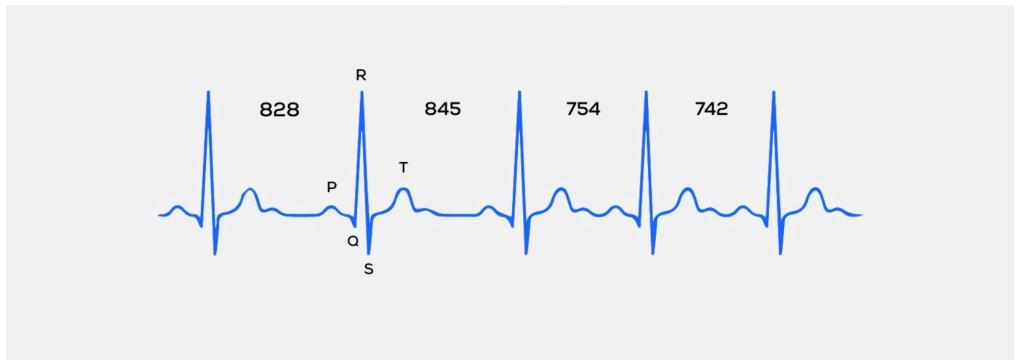
Αριστομένης Κουμπανάκης

Χάρης Μπότσας

Εισαγωγή

Η μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού (HRV) ορίζεται ως η μεταβολή του χρόνου μεταξύ των διαδοχικών καρδιακών παλμών.

Η μεταβλητότητα αυτή είναι διαφορετική από τον καρδιακό ρυθμό – που είναι μία μέτρηση του αριθμού των φορών που χτυπά η καρδιά σε ένα χρονικό διάστημα.



Συμπαθητικό και Παρασυμπαθητικό Νευρικό Σύστημα

Η μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού ελέγχεται από το συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Σε περίοδο στρες, το συμπαθητικό νευρικό σύστημα υπερ-ενεργεί, προκαλώντας ψυχολογικές και συμπεριφορικές διαταραχές επηρεάζοντας τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού.

EmotiBit

Ο EmotiBit είναι ένας φορητός αισθητήρας για τη λήψη υψηλής ποιότητας συναισθηματικών, φυσιολογικών και κινητικών δεδομένων. Ο EmotiBit παρέχει επιστημονικά επικυρωμένη αίσθηση, καθιστώντας το ιδανικό εργαλείο για έρευνα.

HRV και στρες

Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επιρροής της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού στην ποιότητα ζωής των ατόμων και η διερεύνηση πιθανής εναλλακτικής θεραπείας για το στρες μέσω μέτρησης της μεταβλητότητας αυτής χρησιμοποιώντας τον EmotiBit.

HRV και Αθλητισμός

- Η μέτρηση και παρακολούθηση του HRV έχει γίνει αρκετά δημοφιλής ανάμεσα σε άτομα που ασχολούνται με τον αθλητισμό. Όλο και περισσότεροι αθλητές μετρούν τη μεταβλητότητα του καρδιακού τους ρυθμού χρησιμοποιώντας κάποια εφαρμογή, με στόχο να λάβουν άμεση γνώση των αλλαγών που άφησε η προπόνηση στην υγεία τους.
- Η σωματική άσκηση σχετίζεται με παρασυμπαθητική απόσυρση και αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα με αποτέλεσμα την αύξηση του καρδιακού ρυθμού. Όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα τόσο καλύτερη αντοχή και ανάρρωση έπειτα από προπόνηση και έχει κάποιος.

Ανάλυση σήματος για την εξαγωγή του HRV

Μέθοδοι λήψης σήματος:

- Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)
 - Μέτρηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς
 - Παρέχει πιο ακριβή και αξιόπιστη μέτρηση
- Φωτοπληθυσμογραφία (PPG)
 - Μέτρηση τΦωτοπληθυσμογραφίαων αλλαγών του όγκου αίματος στα περιφερικά αιμοφόρα αγγεία μέσω της εκπομπής φωτός στο δέρμα και της ανίχνευσης του ανακλώμενου ή μεταδιδόμενου φωτός
 - Απλούστερη και μη επεμβατική μέθοδος
 - Εφαρμογή σε φορητές συσκευές, παλμικά οξύμετρα
 - ΑΛΛΑ, σήμα εναίσθητο στον θόρυβο λόγω κίνησης ή λόγω εξωτερικού φωτός

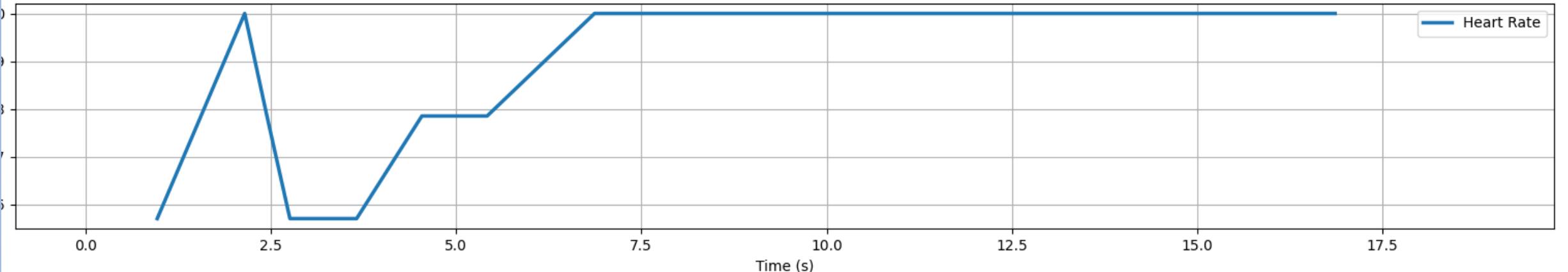
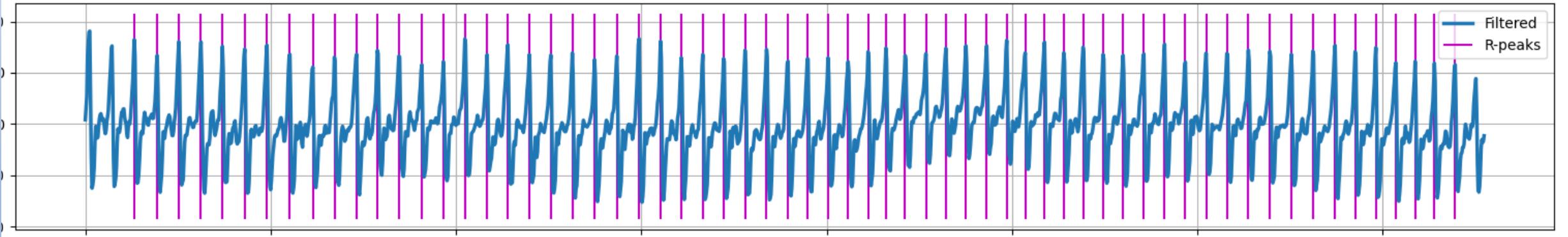
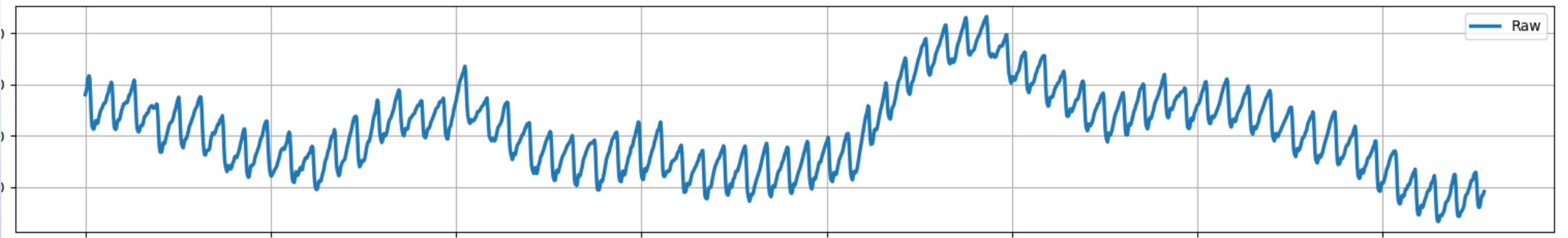
Το χρονικό πλαίσιο υπολογισμού του HRV

- Μακροπρόθεσμη παρακολούθηση (long-term)
 - Συνεχείς καταγραφές ΗΚΓ για αρκετές ώρες ή και ημέρες
 - Ολοκληρωμένη ανάλυση των διακυμάνσεων του HRV, αξιολόγηση των μακροπρόθεσμων τάσεων
 - Απαιτούσε δυσκίνητο εξοπλισμό, καθιστώντας το λιγότερο πρακτικό για καθημερινή χρήση
- Βραχυπρόθεσμη παρακολούθηση (short-term)
 - Καταγραφή σημάτων ΗΚΓ ή PPG για διάρκεια από λίγα λεπτά έως μερικές ώρες
 - Απαιτεί λιγότερο εξοπλισμό και μπορεί να διεξαχθεί σε διάφορα περιβάλλοντα
 - Προσφέρει το πλεονέκτημα της ευκολίας χρήσης
- Εξαιρετικά βραχυπρόθεσμη παρακολούθηση (ultra-short-term)
 - Καταγραφή μοτίβων HRV σε πολύ μικρά διαστήματα, συνήθως μερικά λεπτά ή και δευτερόλεπτα
 - Χρήσιμη σε σενάρια όπου απαιτείται παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και άμεση ανατροφοδότηση, όπως η διαχείριση του άγχους
 - Επιτυγχάνεται συχνά με χρήση φορητών συσκευών ή εφαρμογών smartphone
 - Μπορεί να μην καταγράφει όλο το φάσμα της δυναμικής του HRV και μπορεί να είναι πιο εναίσθητο σε θόρυβο ή artifacts

Υπολογισμός HRV από δεδομένα Emotibit

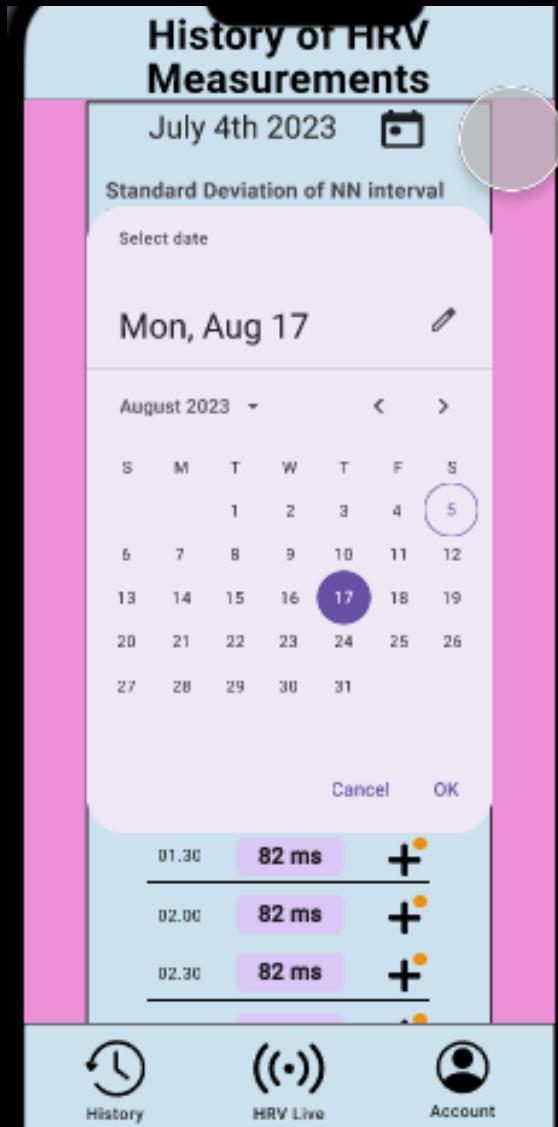
Υλοποίηση του απαραίτητου data processing pipeline ώστε από raw δεδομένα να φτάσουμε στον υπολογισμό του HRV:

- Συλλογή raw δεδομένων
 - Αρχείο csv με μετρήσεις από όλους τους αισθητήρες του Emotibit
- Data parsing
 - Χρήση του Emotibit Dataparser ώστε να λάβουμε ένα csv για κάθε αισθητήρα
 - Από αυτά τα αρχεία, η χρήσιμη πληροφορία είναι οι τιμές του σήματος
 - Τα χρονικά του χαρακτηριστικά προκύπτουν από τη συχνότητα δειγματοληψίας (25Hz)
- Χρήση κατάλληλων βιβλιοθηκών Python
 - BioSPPy: παρέχει εργαλεία για την επεξεργασία διαφόρων ιατρικών σημάτων
 - PyHRV: υπολογισμός πληθώρας παραμέτρων που αφορούν τον HRV (time/frequency domain, nonlinear)
- Αποθορυβοποίηση και εύρεση peaks των καρδιακών παλμών
 - Χρήση της biosppy.signals.ecg.ecg() με είσοδο το σήμα μας και θέτοντας το sampling rate στα 100Hz, διότι έτσι λάβαμε καλύτερα αποτελέσματα



Υπολογισμός HRV από δεδομένα Emotibit

- Υπολογισμός χρονικών διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών καρδιακών παλμών (NN intervals)
 - Χρήση της `pyhrv.tools.nn_intervals()` δίνοντας ως είσοδο τα ανιχνευμένα peaks
- Υπολογισμός σημαντικών χρονικών παραμέτρων του HRV
 - Πολλαπλασιάζουμε τα NN intervals κατά παράγοντα 4 ώστε να αντισταθμίσουμε την αύξηση του sampling rate
 - Υπολογίζουμε τις παραμέτρους:
 - SDNN: Τυπική απόκλιση των NN intervals
 - RMSSD: Root-Mean-Square των διαφορών διαδοχικών παλμών μέσω των συναρτήσεων `pyhrv.time_domain.sdnn()` και `pyhrv.time_domain.rmssd`, αντίστοιχα
 - Λάβαμε τις τιμές:
 - SDNN: 61.56 ms
 - RMSSD: 50.03 msοι οποίες είναι εντός των αναμενόμενων ορίων, υποδηλώνοντας επιτυχή υπολογισμό
- Συνοψίζοντας
 - Από ένα αρχείο με raw δεδομένα Emotibit υπολογίσαμε τελικώς τις σημαντικότερες χρονικές παραμέτρους του HRV
 - Συμπέρασμα: εφικτός ο συνδυασμός του Emotibit με κάποια εφαρμογή, όπως αυτή που ακολουθεί



Εφαρμογή Figma

Κύριο χαρακτηριστικό της εφαρμογής είναι η συλλογή και η παρουσίαση των μετρήσεων HRV σε μορφή ιστορικού.

Η κάθε μέτρηση αντιστοιχεί σε διάστημα 30 λεπτών.

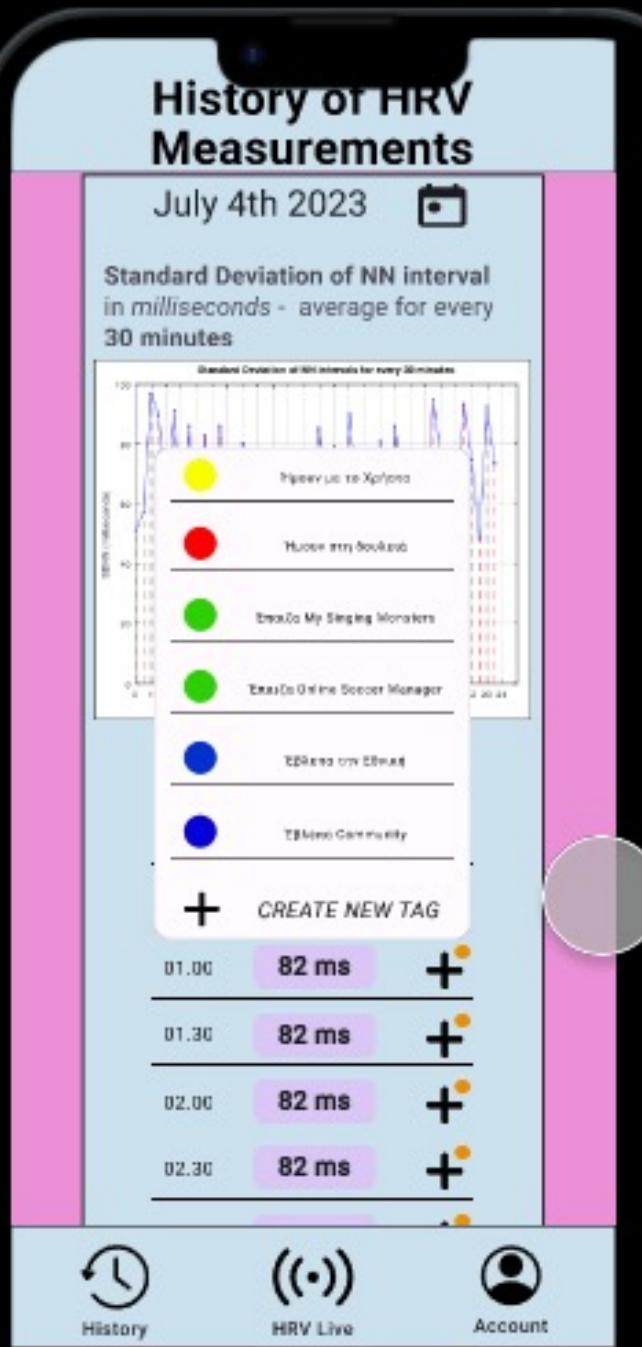
Οι μετρήσεις διατάσσονται ανά ημέρα.



Εφαρμογή Figma

Σκοπός της εφαρμογής είναι να παρέχει στο χρήστη ευρεία εικόνα της πορείας του HRV του.

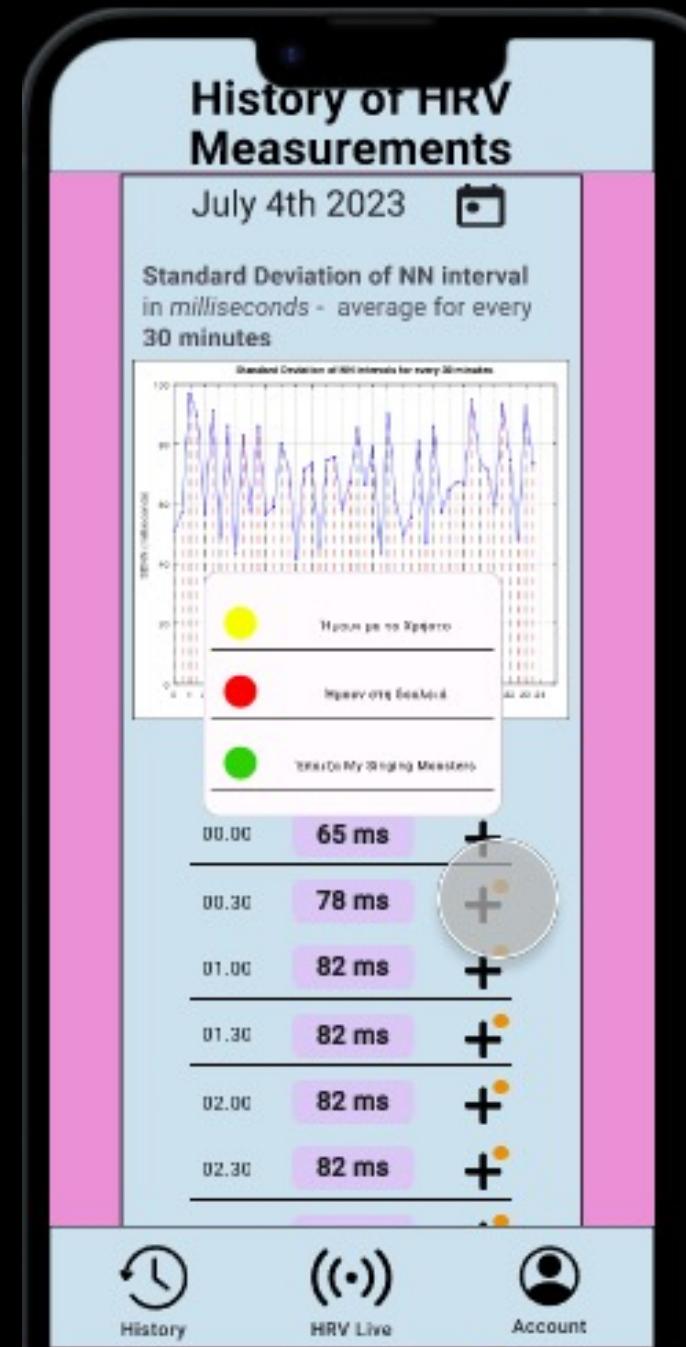
Γίνεται εύκολο να παρατηρηθούν συσχετίσεις μεταξύ συγκεκριμένων δραστηριοτήτων και αυξομειώσεων του HRV.

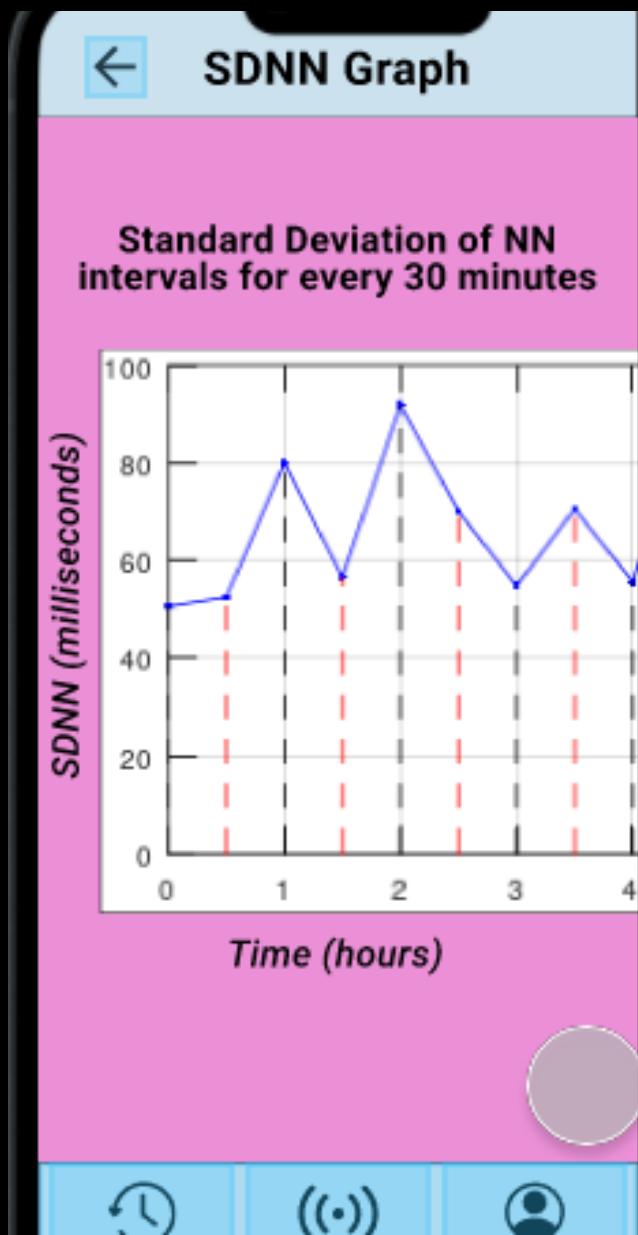


Σε κάθε μέτρηση μπορούν να καταχωρηθούν λεζάντες (tags).

Μπορούν να επιλεχθούν προϋπάρχοντα tag ή να δημιουργηθούν επί τόπου.

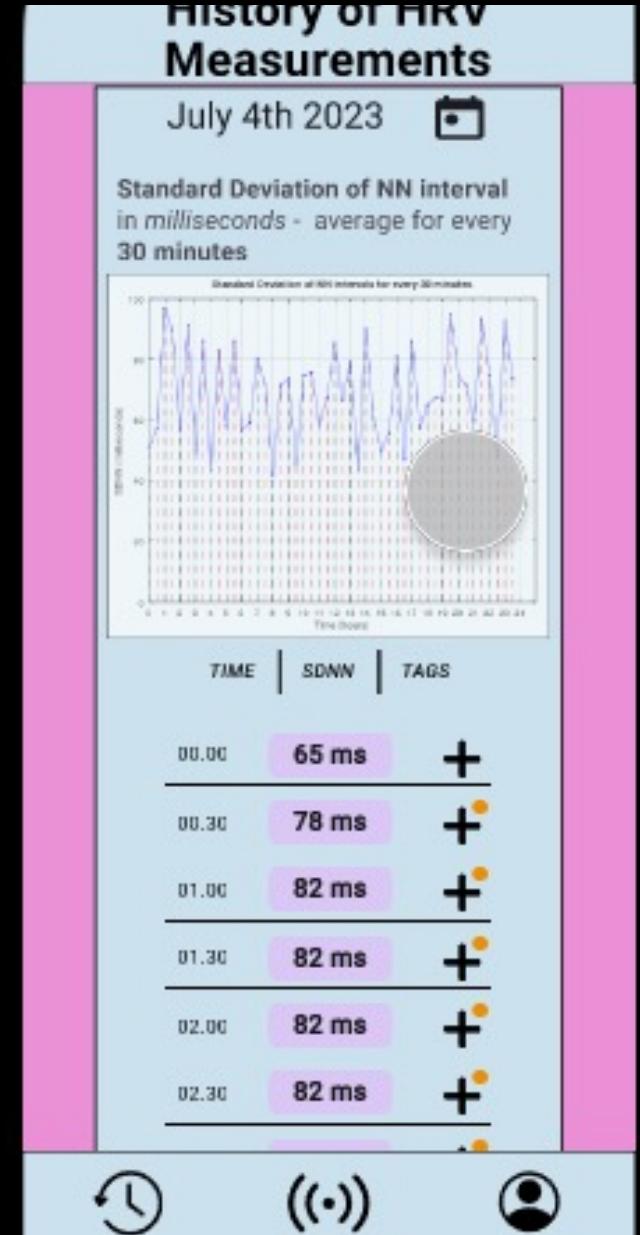
Με λειτουργία hover.





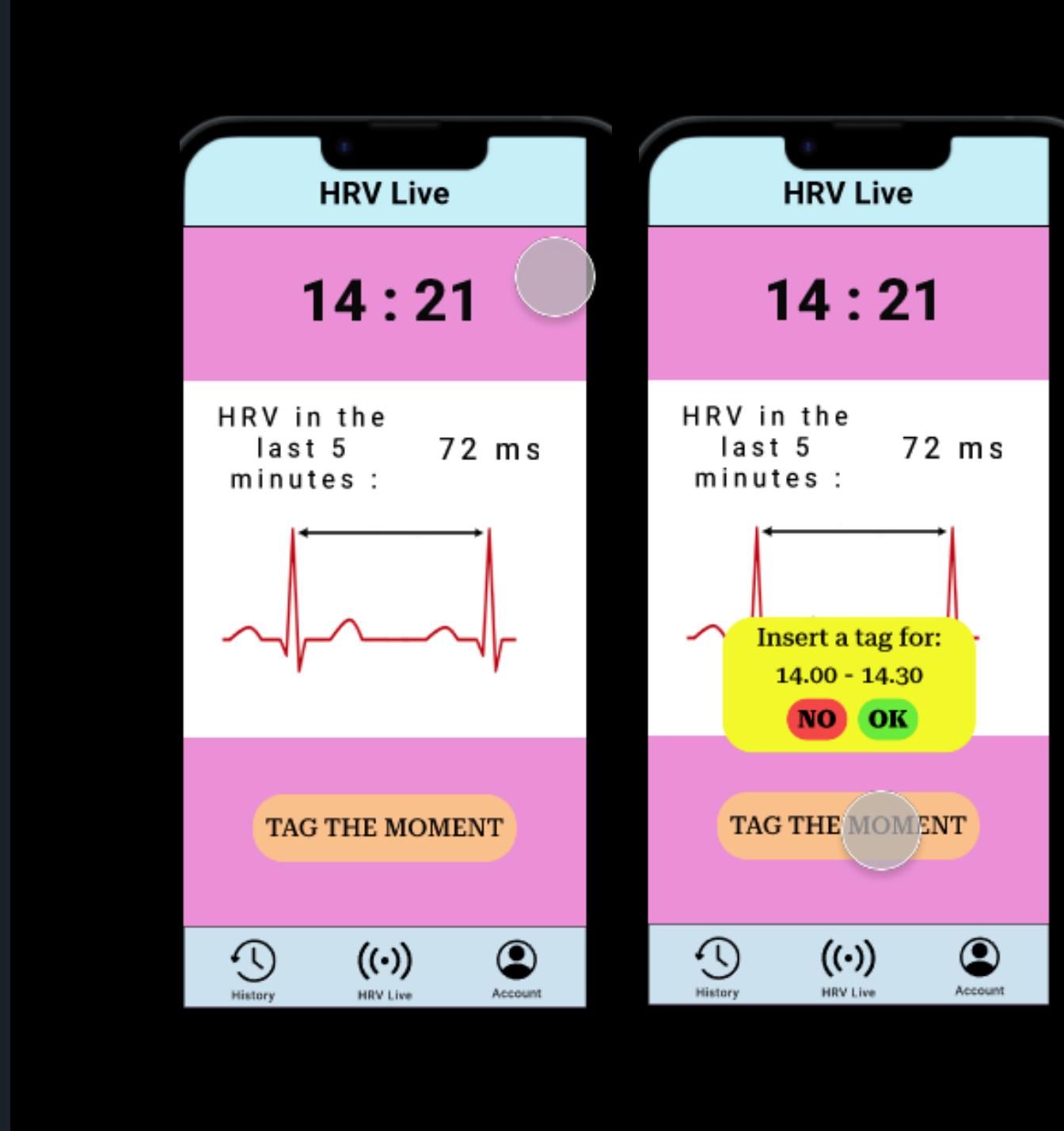
Η εφαρμογή δημιουργεί γράφημα με τις τιμές του HRV μέσα στη μέρα.

Το γράφημα διατρέχεται με horizontal scroll.



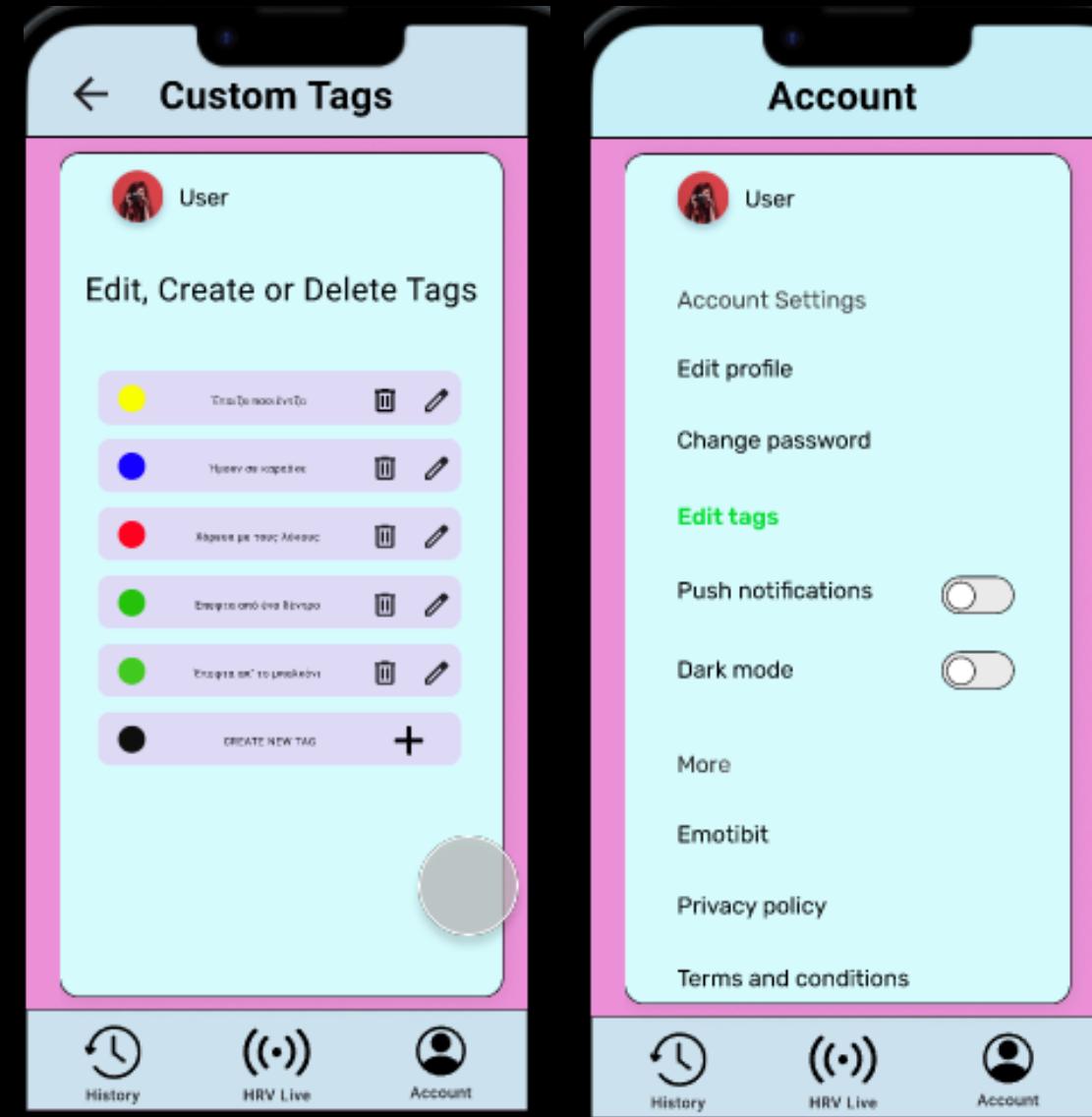
Στην αρχική οθόνη της εφαρμογής απεικονίζεται σε ζωντανό χρόνο η μέτρηση του HRV των τελευταίων 5 λεπτών.

Ο χρήστης μπορεί εύκολα να προσθέσει επί τόπου ένα tag στο τρέχον διάστημα 30 λεπτών.



Στην εφαρμογή οι χρήστες συνδέονται με το λογαριασμό τους, ώστε να έχουν και αποκλειστική πρόσβαση στα ιδιωτικά τους δεδομένα.

Στην καρτέλα χρήστη υποστηρίζονται διάφορες ρυθμίσεις, μεταξύ των οποίων και η δυνατότητα επεξεργασίας των προσωπικών του tag.



Συμπεράσματα - Επίλογος

Τα αποτελέσματα μεγάλους πλήθους ερευνών συγκλίνουν στο συμπέρασμα πως η μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV) μπορεί να αποτελέσει σημαντικό δείκτη και, ενδεχομένως, ρυθμιστή της ψυχικής υγείας.

Η διαδικασία υπολογισμού του HRV μέσω βιοαισθητήρων δεν έχει ακόμα τελειοποιηθεί και η ανάλυση του σήματος των αισθητήρων και η αποτύπωση του HRV βρίσκονται ακόμα σε πρώιμο στάδιο.

Επομένως, κρίνεται σκόπιμη η εστίαση στην ανάπτυξη μίας σχετικής εφαρμογής, που να είναι σε θέση να παρέχει στο χρήστη μια εικόνα του HRV του και των διακυμάνσεών του κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Τέλος.