



**ΕΚΕΤΑ**

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

# **Ανίχνευση Περιπτώσεων Έκτακτης Ανάγκης (Θέματα Υγείας, Άσκοπη Περιπλάνηση και Αυτόματες Ειδοποιήσεις)**

ΕΚΕΤΑ-ΙΠΤΗΛ

Α. Γραμματικοπούλου, Ν. Γραμμαλίδης

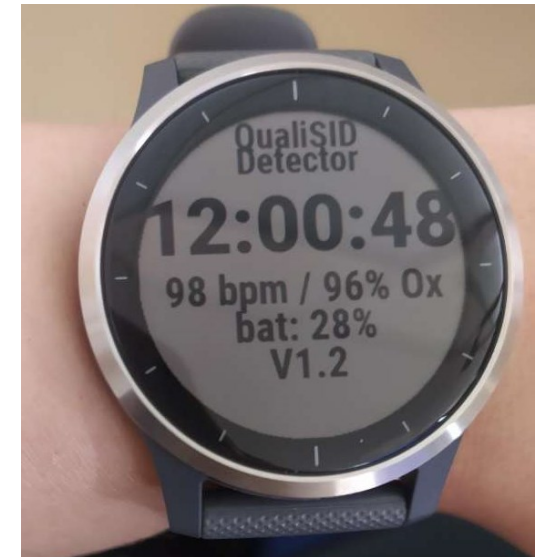
QuaLiSID



# Καταγραφή Βιοσημάτων

Ανάπτυξη εφαρμογών για smartwatch (Garmin Vivoactive 4/monkey C) και Fitbit Sense (Javascript)

- Καταγραφή βιοσημάτων (Ρυθμός δειγματοληψίας: 1/sec, καταγραφή μ.ο. ανά λεπτό στον server)
  - Καρδιακός παλμός
  - Κορεσμός οξυγόνου
  - Αριθμός βημάτων
  - Θερμοκρασία (εκτίμηση μέσω μοντέλου Kalman)
  - Στρες (0-100)
- Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται μέσω php script που ενεργοποιείται από το ρολόι στην βάση δεδομένων MySQL του server



# Υπολογισμός επιπρόσθετων βιοσημάτων (1/2)

- Θερμοκρασία σώματος (εκτίμηση ανά λεπτό)

- Χρήση αλγορίθμου ECTemp™ (Buller et al, 2013) δηλαδή Extended Kalman Filter που βασίζεται σε δύο μοντέλα:
- ένα γραμμικό μοντέλο χρονικής ενημέρωσης της μεταβλητής κατάστασης (θερμοκρασία) και της αντίστοιχης αβεβαιότητας:

$$CT_t = a_1 CT_{t-1} + a_0 + f \text{ Where : } f \sim N(0, \gamma) \quad (1)$$

- Ένα quadratic μοντέλο πρόβλεψης της μεταβλητής κατάστασης (θερμοκρασία) από την παρατήρηση (καρδιακός ρυθμός HR) και της αντίστοιχης αβεβαιότητας:

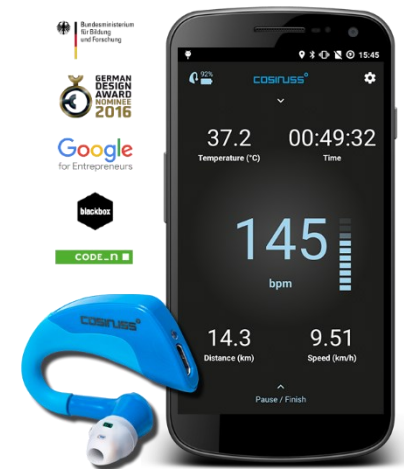
$$HR_t = b_2 CT_t^2 + b_1 CT_t + b_0 + g \text{ Where : } g \sim N(0, \sigma) \quad (2)$$

- Οι μεταβλητές  $a, b, \gamma, \sigma$  υπολογίζονται από δεδομένα εκπαίδευσης από 100 νέους στρατιώτες σε διαφορετικές καταστάσεις (ασκήσεις, ρουχα κλπ).
- Σε πρόσφατη μελέτη της ακρίβειας του μοντέλου για αθλητές : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2022.882254/full> προέκυψε καλή ακρίβεια για  $37.75 < T < 38.75$ , αλλά μικρότερη για  $T > 39$
- Νεότερη δημοσίευση (Looney et al., 2018) βελτιώνει το αποτέλεσμα με χρήση sigmoid model αντί quadratic



# Συλλογή δεδομένων και ανάπτυξη μοντέλου θερμοκρασίας

- Αγοράστηκε αισθητήρας cosinuss One για συλλογή δεδομένων θερμοκρασίας και καρδιακού ρυθμού (ground truth)
- Πιθανότητα υποστηρίζει MONO Bluetooth (καταργήθηκε το Ant+ στα νέα μοντέλα) οπότε υπάρχουν κάποια προβλήματα συμβατότητας. Παράδειγμα σύνδεσης μέσω BLE με Garmin: <https://apps.garmin.cn/th-TH/apps/46af5ff7-b29c-4219-8ad7-a981d852a4c7>
- Σύγκριση με παραγόμενων δεδομένων θερμοκρασίας με χρήση του μοντέλου Kalman filter (Garmin vivoactive S4/ Venu)
- Αν οι μετρήσεις αποδειχθούν αξιόπιστες μπορεί να γίνει ανάπτυξη βελτιωμένων μοντέλων πρόβλεψης (π.χ. με LSTM) με παραμέτρους όπως: φύλο, ηλικία, κιλά κτλ.
  - Συλλογή δεδομένων 5 ατόμων μέχρι στιγμής



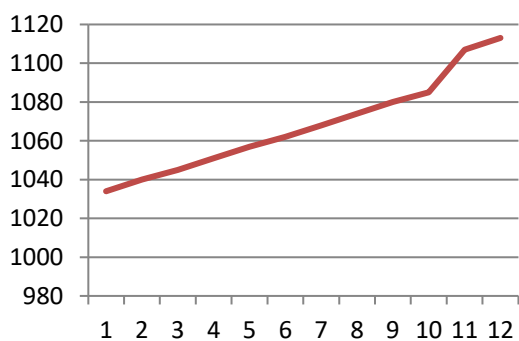
# Υπολογισμός επιπρόσθετων βιοσημάτων 2/2

- Στρες (ανά λεπτό ως ποσοστό 0-100)
  - Βασίζεται στην μέτρηση του heart rate variability (HRV) μέσω διαδοχικών μετρήσεων της διάρκειας μεταξύ χτύπων (beat-to-beat intervals)
  - Η μέτρηση του stress έχει αξία μόνο όταν το σώμα βρίσκεται σε ακινησία (resting). Επειδή όμως το ρολόι εκτελεί παράλληλα και διαδικασίες activity recognition, χρησιμοποιεί για την εκτίμηση του stress MONO τις μετρήσεις σε ακινησία. (<https://www.digitaltrends.com/mobile/how-does-garmin-measure-stress/>)
  - Υπάρχει διαθέσιμη η βιβλιοθήκη στο <https://github.com/vtrifonov-esfiddle/Meditate> που υπολογίζει διάφορους δείκτες σχετικούς με το HRV και Stress, αλλά προϋποθέτει να έχουμε MONO μετρήσεις σε ακινησία, οπότε δεν είναι βολικό για άτομα με νοητική αναπηρία.
  - Χρήση μιας συνάρτησης που προστέθηκε πρόσφατα από την Garmin: `SensorHistory.getStressHistory()` – Επιστροφή ποσοστού (0-100) στρες χρήση με βάση ένα ορισμένο χρονικό διάστημα καταγραφής

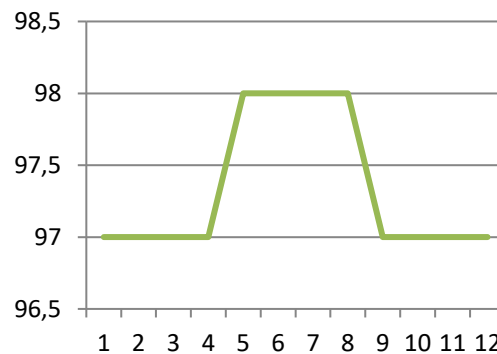


# Παράδειγμα καταγραφής

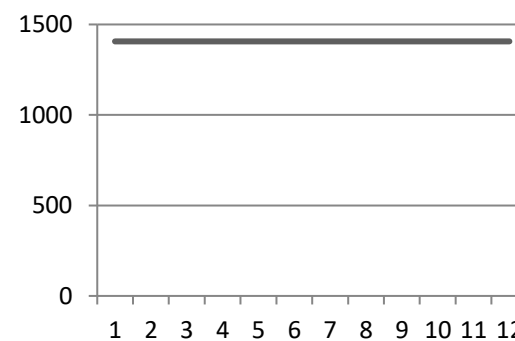
1 χρήστης, καταγραφή 1 ώρας (μ.ο. τιμών ανά 5 λεπτά)



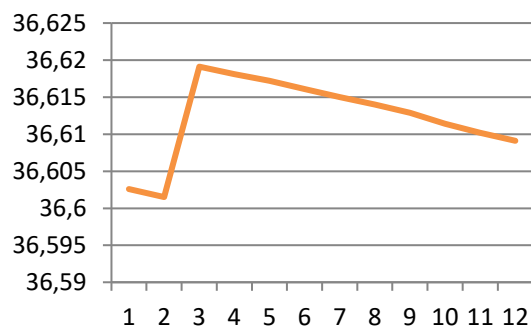
Θερμίδες



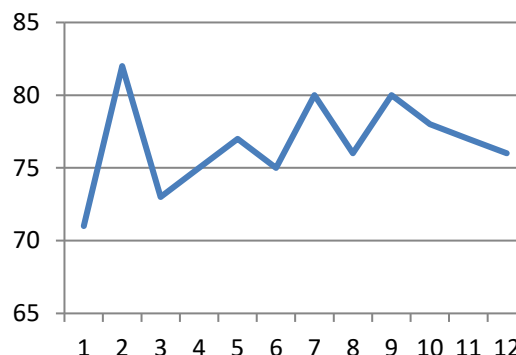
Κορεσμός οξυγόνου



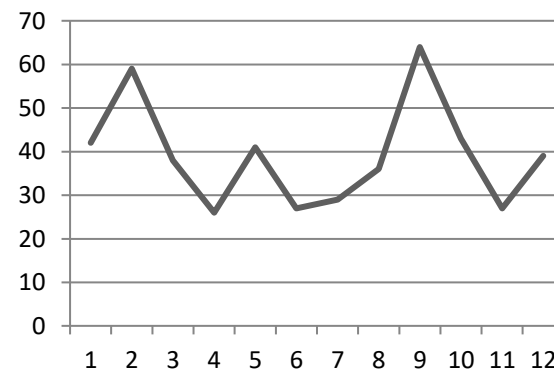
βήματα



Θερμοκρασία



καρδιακοί παλμοί



στρες

# Αυτόματες ειδοποιήσεις

- Για υπενθύμιση λήψης ιατροφαρμακευτικής αγωγής (ρύθμιση φροντιστή)
- Σε περίπτωση υπέρβασης ορίων φυσιολογικών τιμών βιοσημάτων
  - ✓  $40 < \text{Καρδιακοί παλμοί} < 100$
  - ✓  $95 < \text{Κορεσμός οξυγόνου} < 100$
  - ✓  $75 > \text{στρες} > 0$
  - ✓  $35.7 < \text{Θερμοκρασία} < 37.2$
- Σε περίπτωση εξόδου εκτός προκαθορισμένων ορίων των safety zones ή ανίχνευση άσκοπης περιπλάνησης



# Στατιστική ανάλυση στον server

- Υπολογισμός μεγεθών ανά μέρα ή βδομάδα (πχ. μέση τιμή, διασπορά, ελάχιστο, μέγιστο, κύρτωση, λοξότητα κλπ.)
- Εύρος Φυσιολογικού Βιοϊατρικών παραμέτρων (% μετρήσεων όπου το άτομο είναι εκτός φυσιολογικών παραμέτρων καρδιακού ρυθμού, θερμοκρασίας, οξυγόνου).
- Αλλαγή περιόδου καταγραφών α) βιοιατρικών και β) συντεταγμένων ανάλογα με τον χώρο που βρίσκεται το άτομο





# Διεπαφή προβολής αποτελεσμάτων στατιστικής ανάλυσης



## Health Stats

Start time   
End time   
User id   
Measurement

N=925  
mean=79.419459459459  
sigma=80.15848490773  
skew=1.0297111817429  
kurtosis=1.0842684175787  
min=41  
max=147



- Αναζήτηση στη βάση για χρονικό διάστημα, χρήστη, μέγεθος
- Υπολογισμός αριθμού εγγραφών(N), μέσης τιμής, διασποράς, κύρτωσης, λοξότητας, ελάχιστο, μέγιστο
- Απεικόνιση σε γράφημα

# Άσκοπη περιπλάνηση

Ο αποπροσανατολισμός και η άσκοπη περιπλάνηση είναι ένα άλλο κοινό πρόβλημα στα άτομα με ΝΑ (όπως και για άτομα με άνοια). Σχετίζεται με ανεπιθύμητα συμβάντα όπως πτώση, απώλεια και συναισθηματική δυσφορία. Τα μοτίβα περιπλάνησης μπορεί να διαφέρουν για διαφορετικά άτομα.

Υλοποιήθηκε μια κατηγοριοποίηση των κινήσεων περιπλάνησης που βασίζεται σε ακολουθίες διαδοχικών θέσεων  $L_i, i=1..N$  (μοντέλο Martino-Salzman 1991):

(α) **direct (απ' ευθείας)**: Κάθε θέση εμφανίζεται μόνο μία φορά

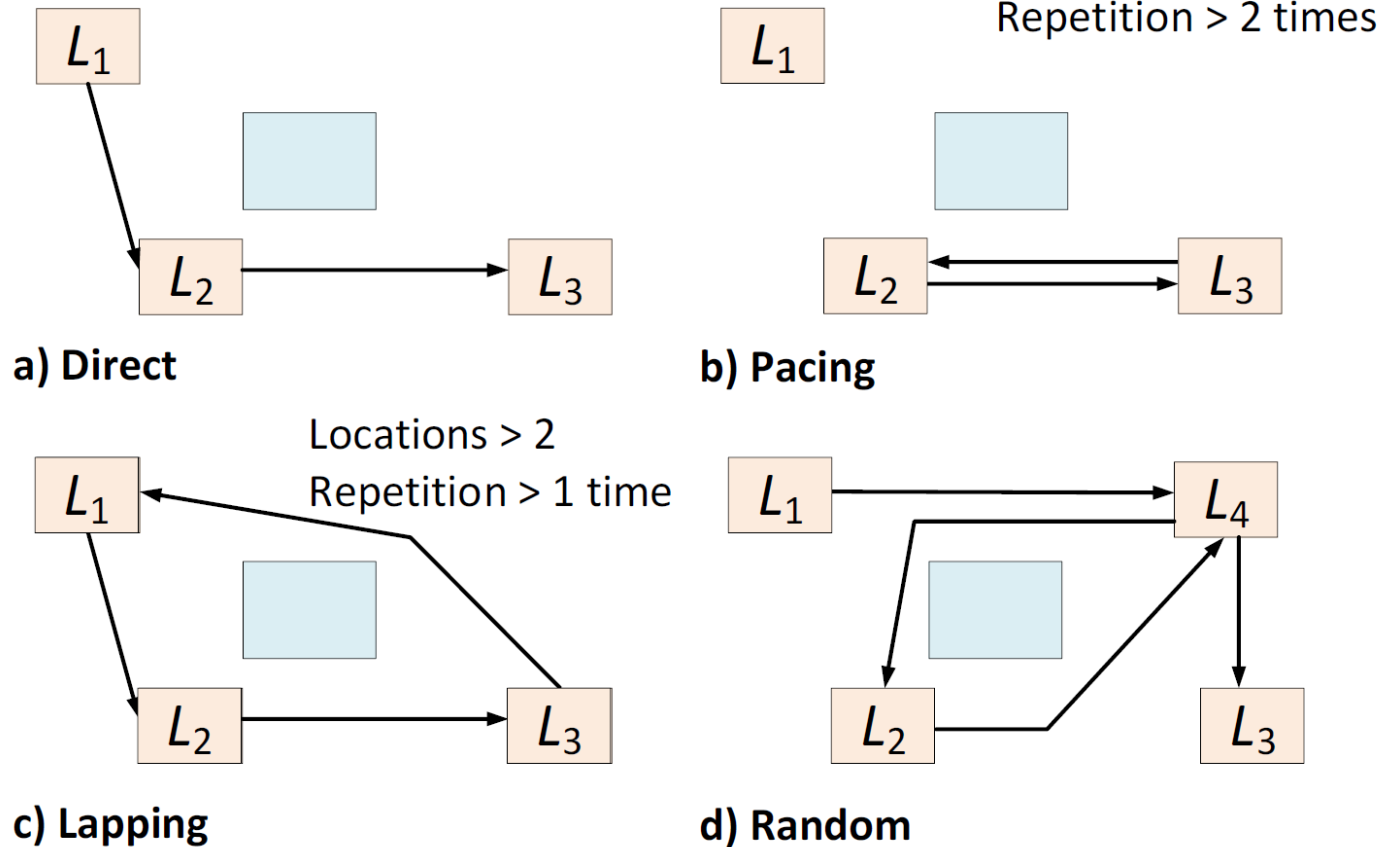
(β) **racinig (πηγαινέλα)**: Περιλαμβάνονται κινήσεις πηγαινέλα μεταξύ δύο σημείων,

(γ) **lapping (με αναγυρίσματα)**: Περιλαμβάνονται κυκλικές κινήσεις μεταξύ, τουλάχιστον, τριών σημείων και

(δ) **random (τυχαία)**: απρόβλεπτη και αναποτελεσματική ακολουθία ταξιδιού - συμπεριλαμβάνει και τα (β), (γ)



# Κατηγοριοποίηση κινήσεων περιπλάνησης



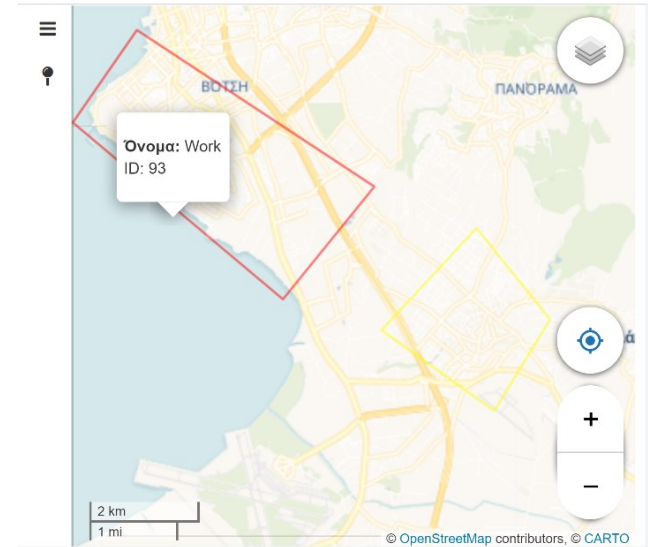
- Οι τοποθεσίες ανιχνεύονται τόσο για **εσωτερικούς χώρους** (με τη χρήση smart sensors ή αισθητήρων κίνησης), όσο και για **εξωτερικούς χώρους** (με τη χρήση GPS)

# Άσκοπη περιπλάνηση - Υλοποίηση

α) Σχεδιασμος “**safety zones**” από τον φροντιστή (πχ. σπίτι, εργασία).

β) **Alarm** όταν υπάρχει έξοδος από την safety zone.

γ) Προαιρετικά, μπορούν να ελέγχονται οι κατηγοριοποιημένες κινήσεις του ατόμου **εκτός των safety zones** μέσω του μοντέλου Martino-Salzman, όταν έχουν προκαθοριστεί στον (εξωτερικό) χώρο συγκεκριμένες **θέσεις ενδιαφέροντος**.



# Άσκοπη περιπλάνηση - Υλοποίηση

α) Τα τέσσερα μοτίβα περιπλάνησης απαιτούν τον προκαθορισμό **N τοποθεσιών ενδιαφέροντος**  $L_i, i=0, \dots, N-1$ . Για εξωτερικούς χώρους οι τοποθεσίες αυτές ορίζονται πχ. κοντά στο σπίτι ή σε σημεία συχνών επισκέψεων και καταγράφονται οι συντεταγμένες GPS αυτών των σημείων

β) Όταν ενεργοποιείται η καταγραφή κίνησης από τον φροντιστή, ανιχνεύονται και καταγράφονται παράλληλα σε ειδικό πεδίο τυχόν επισκέψεις στα σημεία αυτά, δηλαδή όποτε το άτομο βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από ένα κατώφλι (πχ. 20μ) από κάποιο από αυτά τα σημεία.



# Άσκοπη περιπλάνηση - Υλοποίηση

γ) Η ανάλυση κίνησης μπορεί να γίνει είτε online είτε offline σε 2 στάδια:

γ1) Διαχωρισμός σε «**επεισόδια**» (**ακολουθίες θέσεων**) με χρήση κάποιου κανόνα: πχ. εκκίνηση νέου «**επεισοδίου**» όταν το άτομο μένει στην ίδια θέση για  $> T$  sec ή όταν το στίγμα απέχει  $> S$  μέτρα από ΟΛΕΣ τις προκαθορισμένες θέσεις

γ2) Αυτόματη αναγνώριση τυχόν κινήσεων περιπλάνησης (πηγαινέλα/αναγυρίσματα/τυχαίες κινήσεις) απόκάθε επεισόδιο.

# Συμπεράσματα

- Οι δράσεις του έργου για την ανίχνευση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης έχουν ολοκληρωθεί σε μεγάλο βαθμό
- Τα έξυπνα ρολόγια αποτελούν ένα ισχυρό και αξιόπιστο εργαλείο για την παρακολούθηση καταστάσεων στρες ή έκτακτης ανάγκης
- Η μέτρηση θερμοκρασίας σώματος/πυρετού με smart watches είναι προβληματική, οπότε γίνεται εκτίμηση με βάση τους καρδιακό ρυθμό.
- Η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης δεν είναι εφικτή, παρά μόνο σε πολύ ακριβά έξυπνα ρολόγια που απαιτούν συγκεκριμένη διαδικασία
- Μελλοντικά μπορούν να υλοποιηθούν και άλλοι αλγόριθμοι ανίχνευσης άσκοπης περιπλάνησης που βασίζονται στην ανάλυση τροχιών του ατόμου χωρίς να απαιτείται προκαθορισμός N σημείων ενδιαφέροντος

# Βιβλιογραφία

- Buller, M. J., Tharion, W. J., Cheuvront, S. N., Montain, S. J., Kenefick, R. W., Castellani, J., ... & Hoyt, R. W. (2013). Estimation of human core temperature from sequential heart rate observations. *Physiological measurement*, 34(7), 781.
- Looney, D. P., Buller, M. J., Gribok, A. V., Leger, J. L., Potter, A. W., Rumpler, W. V., ... & Hoyt, R. W. (2018). Estimating resting core temperature using heart rate. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*, 1(2), 79-86.

