



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Ανάπτυξη Συστήματος Μέτρησης Περιβαλλοντικών Συνθηκών & Προσδιορισμού Θερμικής Άνεσης σε Φορητή Πλατφόρμα Κινητής Τηλεφωνίας. Development of Measurement System for Environmental Conditions & Determination of Thermal Comfort on Mobile Telephone Platform.
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Χριστοδουλίδου Μαρία
Πατρώνυμο	Κωνσταντίνος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 12063
Επιβλέπων	Κατερίνα Καμπάση, Επίκουρη Καθηγήτρια

Ημερομηνία Παράδοσης **Μάιος 2015**

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

Κατερίνα Καμπάση
Επίκουρη Καθηγήτρια

(υπογραφή)

Ευθύμιος Αλέπης
Λέκτορας

(υπογραφή)

Μαρία Βίρβου
Καθηγήτρια

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract	8
1 Εισαγωγή	9
2 Άνεση σε εσωτερικούς χώρους	10
2.1 Θερμική Άνεση	11
2.2 Προσδιορισμός θερμικής άνεσης	13
2.2.1 Θερμοκρασία αέρα	14
2.2.2 Θερμοκρασία ακτινοβολίας επιφανειών	14
2.2.3 Ταχύτητα αέρα.....	20
2.2.4 Υγρασία του αέρα.....	21
2.2.5 Σωματική δραστηριότητα - Μεταβολισμός	22
2.2.6 Ρουχισμός	23
2.2.7 Υπολογισμός Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής, PMV	25
2.2.8 Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων, PPD	26
3 Εξοπλισμός μέτρησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών	27
3.1 Arduino	27
3.1.1 Περιγραφή Arduino Uno SMD.....	28
3.1.2 Λογισμικό για Arduino Uno SMD	29
3.1.3 Σειριακή θύρα επικοινωνίας	31
3.2 Όργανα	32
3.2.1 Breadboard και Jumper Wires	32
3.2.2 Αντιστάσεις	32
3.2.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας.....	34
3.2.4 Αισθητήρας ανέμου	34
4 Υλοποίηση συστήματος μέτρησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών	36
5 Βάση δεδομένων μετρήσεων και μεταφορά δεδομένων	38
5.1 Python – Σύνδεση με βάση δεδομένων	39
5.2 Σύνδεση εφαρμογής με βάση δεδομένων – PHP	40
6 Σχεδιασμός Εφαρμογής.....	42
6.1 Απαιτήσεις Υψηλού Επιπέδου	42
6.2 Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης.....	42
6.2.1 Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (Use Case Diagram)	43
6.2.2 Τεκμηρίωση Περιπτώσεων Χρήσης.....	43
6.3 Διάγραμμα Κλάσεων – Class Diagrams	45
6.4 Διάγραμμα Συνεργασίας – Collaboration Diagram.....	47
6.5 Διάγραμμα Ακολουθίας – Sequence diagram	48
6.6 Διάγραμμα Δραστηριοτήτων – Activity diagram.....	49
6.7 Διάγραμμα Καταστάσεων - Statechart diagram	50
6.8 Διάγραμμα Εξαρτημάτων – Component diagram	51
6.9 Διάγραμμα Διανομής - Deployment diagram.....	51
7 Ανάπτυξη Λογισμικού.....	52
7.1 Φορητές πλατφόρμες - Λειτουργικά συστήματα.....	52
7.2 Επιλογή Λειτουργικού Συστήματος	52

7.3	iOS Software Development Kit	54
7.4	Η Γλώσσα Προγραμματισμού Objective-C.....	54
7.5	Εργαλεία Προγραμματισμού	57
7.6	Επισκόπηση Συστήματος	58
7.7	Τεχνική Ανάλυση Λογισμικού.....	58
8	Η εφαρμογή iPMV.....	62
8.1	Εγκατάσταση εφαρμογής	62
8.2	Χρήση της εφαρμογής.....	63
9	Επαλήθευση υπολογισμών	66
9.1	Συμπεράσματα επαλήθευσης	68
10	Συμπεράσματα	69
11	Βιβλιογραφία	69

Εικόνες

Εικόνα 1: Σχηματική παράσταση του ισοζυγίου ενέργειας του ανθρώπινου οργανισμού. Πως αποβάλλει - δέχεται θερμότητα ο άνθρωπος	11
Εικόνα 2: Συσχέτιση δεικτών PMV και PPD με θερμική άνεση	13
Εικόνα 3: Θερμόμετρο μαύρης σφαίρας	14
Εικόνα 4: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα σε ένα άτομο που κάθεται και την κατακόρυφη ορθογώνια επιφάνεια (τοίχος, παράθυρο). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2	16
Εικόνα 5: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα ένα άτομο που κάθεται και της οριζόντιας επιφάνειας (πάτωμα, ταβάνι). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2	17
Εικόνα 6: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα σε ένα άτομο που στέκεται και της κατακόρυφης ορθογώνιας επιφάνεια (τοίχος, παράθυρο). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2	18
Εικόνα 7: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα ένα άτομο που στέκεται και της οριζόντιας επιφάνειας (πάτωμα, ταβάνι). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2	19
Εικόνα 8: Ψυχομετρικό διάγραμμα	22
Εικόνα 9: Υπολογισμός συνολικής μόνωσης ανάλογα με τα ρούχα που φοράει το άτομο.	23
Εικόνα 10: Σχέση μεταξύ δεικτών PMV και PPD	27
Εικόνα 11: Φωτογραφία Arduino Uno SMD	28
Εικόνα 12: Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα Arduino με δυνατότητα επιλογής πλακέτας (π.χ. Arduino Uno)	29
Εικόνα 13: Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα ARDUINO και κουμπί για προβολή δεδομένων που στέλνονται στη σειριακή θύρα	31
Εικόνα 14: breadboard και εσωτερικές συνδέσεις	32
Εικόνα 15: Χρωματικός κώδικας αντίστασης.....	32
Εικόνα 16: Αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα μέτρησης	33
Εικόνα 17: Αισθητήρες DHT11	34
Εικόνα 18: Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας αέρα βασιζόμενος στην αρχή του hot wire	34
Εικόνα 19: Ηλεκτρονικό διάγραμμα αισθητήρα μέτρησης ταχύτητα αέρα	35
Εικόνα 20: Σχεδιασμός συνδεσμολογία συστήματος μέτρησης	36
Εικόνα 21: Τυπωμένο PCB σχέδιο	36
Εικόνα 22: Σχέδιο συνδεσμολογίας αισθητήρων και ARDUINO	37
Εικόνα 23: Υλοποιημένο σύστημα μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών	38
Εικόνα 24: Στήλες πίνακα μετρήσεων	38
Εικόνα 25: Συμπληρωμένη βάση δεδομένων με μετρήσεις	39
Εικόνα 26: Σύνταξη JSON για αντικείμενα	41
Εικόνα 27: Σύνταξη JSON για πίνακα αντικειμένων.....	41
Εικόνα 28: Τυπική θέση του λειτουργικού συστήματος σε ένα υπολογιστικό σύστημα.....	52
Εικόνα 29: Top Mobile OS 2014	53
Εικόνα 30: iOS Software Development Kit.....	54
Εικόνα 31: Τυπική σύνταξη κλάσης, που κληρονομεί από την βασική κλάση NSObject	55
Εικόνα 32: Δήλωση της instance method insertObject:atIndex	56
Εικόνα 33: Λογότυπο XCODE	57
Εικόνα 34: Βασικά παράθυρα XCODE	57
Εικόνα 35: Εκτέλεση προγράμματος iPMV με τη χρήση του προσομοιωτή	58
Εικόνα 36: Μέθοδοι κλάσεων	61
Εικόνα 37: Αρχεία εφαρμογής και συνδέσεις	62
Εικόνα 38: Λογότυπο εφαρμογής.....	62
Εικόνα 39: Λογότυπο App store.....	62
Εικόνα 40: Μήνυμα απουσίας δεδομένων για την τελευταία ώρα	63
Εικόνα 41: Ετικέτες παρουσίασης αποτελεσματικών και επιλογών εφαρμογής	64
Εικόνα 42: Περιστρεφόμενοι επιλογείς δραστηριότητας και ρουχισμού	65
Εικόνα 43: Οθόνη εκκίνησης και στιγμιότυπα από την πρώτη σελίδα και τον τρόπο παρουσίασης αποτελεσμάτων	65

Πίνακες

Πίνακας 1: Θερμική μόνωση για τυπικούς συνδυασμούς ενδυμάτων	23
Πίνακας 2: Θερμική μόνωση ενδυμάτων και αλλαγές στη θερμοκρασία λειτουργίας	24
Πίνακας 3: Τιμές θερμικής μόνωσης για καρέκλα [7].....	25
Πίνακας 4: Κλίμακα 7 βαθμών για τη θερμική αίσθηση	25
Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακέτας Arduino Uno SMD	29
Πίνακας 6: Βασικές δομές προγραμματισμού σε ARDUINO [10]	30
Πίνακας 7: Βασικές τιμές (μεταβλητές & σταθερές) προγραμματισμού σε ARDUINO	30
Πίνακας 8: Βασικές συναρτήσεις προγραμματισμού σε ARDUINO	31
Πίνακας 9: Χρωματικός κώδικας για αναγνώριση αντιστάσεων	33
Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DHT11.....	34
Πίνακας 11: Συνδέσεις αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου	35
Πίνακας 12: Τύποι αρχείων και επεκτάσεις.....	55

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή παρουσιάζει την ανάπτυξη ενός συστήματος μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών και προσδιορισμού θερμικής άνεσης σε πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας. Αρχικά παρατίθεται μελέτη της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους και των περιβαλλοντικών συνθηκών που την επηρεάζουν καθώς και τους τρόπους μέτρησης των περιβαλλοντικών αυτών συνθηκών. Επίσης αξιολογούνται τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων λειτουργικών συστημάτων και υλικών ώστε να μπορέσει να υλοποιηθεί το σύστημα μέτρησης. Η εξέταση των ως άνω χαρακτηριστικών αποτελεί τη βάση για την επιλογή των κατάλληλων υλικών και της πλατφόρμας κινητής τηλεφωνίας για την υλοποίηση της εφαρμογής, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι η πλατφόρμα iOS. Για τον μετρητικό και καταγραφικό εξοπλισμό επιλέχθηκε η πλακέτα Arduino Uno SMD με τον μικροεπεξεργαστή της και επομένως ο προγραμματισμός σε γλώσσα C. Η επιλογή της πλατφόρμας καθορίζει και το αναπτυξιακό περιβάλλον που πρέπει να χρησιμοποιηθεί, το οποίο είναι το περιβάλλον Xcode και η γλώσσα προγραμματισμού Objective C. Η ανάπτυξη του συστήματος λογισμικού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μεθοδολογία UML για τη δημιουργία διαγραμμάτων ως ενδιάμεσα προϊόντα κατά την εξέλιξη τόσο του δυναμικού, όσο και του στατικού μοντέλου του συστήματος. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους υπολογισμούς που ορίζονται στο πρότυπο ISO 7730 "Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria". Τέλος, η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της σύγκρισης των μετρήσεων του συστήματος που αναπτύχθηκε, με αυτά μιας εξειδικευμένης μετρητικής συσκευής περιβαλλοντικών συνθηκών.

Λέξεις-κλειδιά: Θερμική άνεση, PMV, PPD, iOS.

Abstract

This thesis examines the development of a measuring environmental conditions system for the determination of thermal comfort on a mobile telephone platform. Firstly we study the thermal comfort criteria and the environmental conditions that influence the comfort. Also we study the instruments for measuring these physical quantities. Additionally we evaluate the characteristics of available operating systems and materials to enable the measurement system implementation. The examination of these characteristics is the basis for the selection of appropriate materials and the mobile platform for the development of the application, which in this case is the iOS platform. For measuring and recording equipment we choose the Arduino Uno SMD board with microprocessor and thus the programming language C. The selection of a platform dictates the development environment that has to be used, which for iOS is the Xcode environment with Objective C/C++ programming language. The software development follows the UML methodology which is based on the creation of diagrams as intermediate products during the development of the static, as well as the dynamic system model. The application was developed according to the requirements and calculations in standard ISO 7730 "Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria".

Finally, the thesis presents a comparative analysis of the measurements acquired by our measurement system, with those obtained through the use of specialized measuring instruments.

Keywords: Thermal comfort, PMV, PPD, iOS.

1 Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η ανάπτυξη συστήματος μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών και πρόβλεψης της γενικής θερμικής αίσθησης σε φορητή πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας. Η διατριβή χωρίζεται σε 2 κύρια μέρη, το πρώτο είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός συστήματος μέτρησης και καταγραφής κλιματολογικών δεδομένων ενώ το δεύτερο μέρος αφορά την αξιοποίηση των κλιματολογικών δεδομένων αναπτύσσοντας ένα σύστημα λογισμικού το οποίο θα προβλέπει τα επίπεδα θερμικής άνεσης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 7730.

Το λογισμικό υλοποιήθηκε για φορητή πλατφόρμα (smartphone) και έχει τη δυνατότητα να εκμεταλλεύεται τη σύνδεση της συσκευής στο διαδίκτυο για την αναζήτηση και απόκτηση των κλιματολογικών δεδομένων και την μετέπειτα εκμετάλλευσή τους στους υπολογισμούς. Η ανάπτυξη του παραπάνω συστήματος λογισμικού έγινε με χρήση του αναπτυξιακού περιβάλλοντος μιας αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού. Η τελική επιλογή της πλατφόρμας και κατ' επέκταση του λειτουργικού συστήματος πραγματοποιήθηκε ύστερα από διερεύνηση και αξιολόγηση των διαθέσιμων χαρακτηριστικών τους ως προς την καταλληλότητά τους για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής στη φάση της ανάπτυξης του κύκλου ζωής του λογισμικού.

Ο άνθρωπος περνά τον περισσότερο χρόνο της ημέρας του μέσα σε κτίρια τα οποία έχουν ως κύριο σκοπό, με τα εγκατεστημένα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού διαθέτουν, να παρέχουν στους χρήστες τους ένα περιβάλλον που θα είναι ευχάριστο, άνετο και υγιεινό. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και κυρίως οι θερμικοί παράγοντες του εσωτερικού μικροκλίματος που επηρεάζουν τους ενοίκους είναι σήμερα γνωστές και αποτυπώνονται σε διεθνή πρότυπα (ISO 7730 και ASHRAE-55).

Επιπλέον οι συνεχείς εξελίξεις στον τομέα των ηλεκτρονικών και στην ανάπτυξη φορητών συστημάτων έχει επιτρέψει την ανάπτυξη και υποστήριξη νέων μορφών εφαρμογών οι οποίες έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν δεδομένα επιτρέποντας την πλήρη χρησιμοποίηση των λειτουργικών υπομονάδων των συσκευών.

Βασικό αντικείμενο της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση ενός συστήματος που θα μετρά όλα τα απαραίτητα κλιματολογικά δεδομένα για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 7730. Καθώς επίσης και ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας εφαρμογής λογισμικού για την επεξεργασία των κλιματολογικών δεδομένων και την πρόβλεψη της θερμικής άνεσης σε μια φορητή συσκευή κινητής τηλεφωνίας. Σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο και για την αξιοποίηση των δεδομένων το σύστημα που θα υλοποιηθεί θα πρέπει να έχει τις εξής δυνατότητες:

- Μέτρησης θερμοκρασίας αέρα.
- Μέτρησης ταχύτητας αέρα.
- Μέτρησης υγρασίας.
- Επικοινωνίας με ηλεκτρονικό υπολογιστή

Η εφαρμογή που θα αναπτυχθεί σε φορητή πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να έχει τις παρακάτω δυνατότητες:

- Επικοινωνία με ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Καταχώρηση δεδομένων από το χρήστη
- Επεξεργασία δεδομένων και
- Παρουσίαση των αποτελεσμάτων στην οθόνη.

Για την υλοποίηση των προαναφερθέντων απαιτήθηκε κυρίως η μελέτη του προτύπου ISO 7730 "Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria" καθώς και της θερμικής άνεσης, η θεωρητική μελέτη των μεθοδολογιών μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών και συναφών θεμάτων δειγματοληψίας και μεταφοράς σημάτων κ.α.

Η ανάπτυξη του συστήματος λογισμικού βασίστηκε στην αξιοποίηση της UML για την δημιουργία διαγραμμάτων ως ενδιάμεσα προϊόντα κατά την εξέλιξη του δυναμικού και στατικού μοντέλου της εφαρμογής που αναπτύσσεται. Συγκεκριμένα από το σύνολο των διαγραμμάτων της UML, χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης, κλάσεων, συνεργασίας, ακολουθίας, δραστηριοτήτων, καταστάσεων, εξαρτημάτων και διανομής.

Κατά τη φάση της υλοποίησης κατασκευάστηκε ένας μικρός σταθμός μέτρησης κλιματολογικών δεδομένων και η συγγραφή του κώδικα της εφαρμογής ο οποίος αποτυπώνει τα αποτελέσματα που έχουν παραχθεί κατά τη φάση του σχεδιασμού. Η εργασία ολοκληρώθηκε με τη χρησιμοποίηση του μετρητικού συστήματος που αναπτύχθηκε για την μέτρηση επιπέδων άνεσης.

Οι φάσεις ανάπτυξης της μεταπτυχιακής διατριβής και τα κεφάλαια της εργασίας παρουσιάζονται παρακάτω.

- Φάση Α – Ανάλυση (κεφάλαια 1-2): Επισήμανση στόχων, θεωρητική μελέτη θερμικής άνεσης και τρόπων μέτρησης των περιβαλλοντικών συνθηκών που την επηρεάζουν .
- Φάση Β – Σχεδιασμός συστήματος μέτρησης (κεφάλαιο 3): Ανάλυση απαιτήσεων εξοπλισμού και τεχνολογιών.
- Φάση Γ – Υλοποίηση μετρητικού συστήματος και καταγραφής (κεφάλαια 4-5): Σύνδεση όλων των απαραίτητων εξαρτημάτων μέτρησης, εγκατάσταση και εξοικείωση με Software καταγραφικών και αισθητήρων.
- Φάση Δ – Σχεδιασμός /εφαρμογή UML (κεφάλαιο 6): Ανάλυση απαιτήσεων (υψηλού επιπέδου και πεδίο προβλήματος), δημιουργία διαγραμμάτων.
- Φάση Ε – Υλοποίηση / Ανάπτυξη λογισμικού (κεφάλαιο 7): Επιλογή λειτουργικού συστήματος, εγκατάσταση και εξοικείωση με Software Developer Kit, συγγραφή κώδικα, γραφικό περιβάλλον – GUI.
- Φάση ΣΤ – Ολοκλήρωση (κεφάλαια 8-10): Εγκατάσταση προγράμματος, έλεγχος καλής λειτουργίας, χρήση μετρητικού συστήματος για την μέτρηση θερμικής άνεσης και επαλήθευση υπολογισμών.

2 Άνεση σε εσωτερικούς χώρους

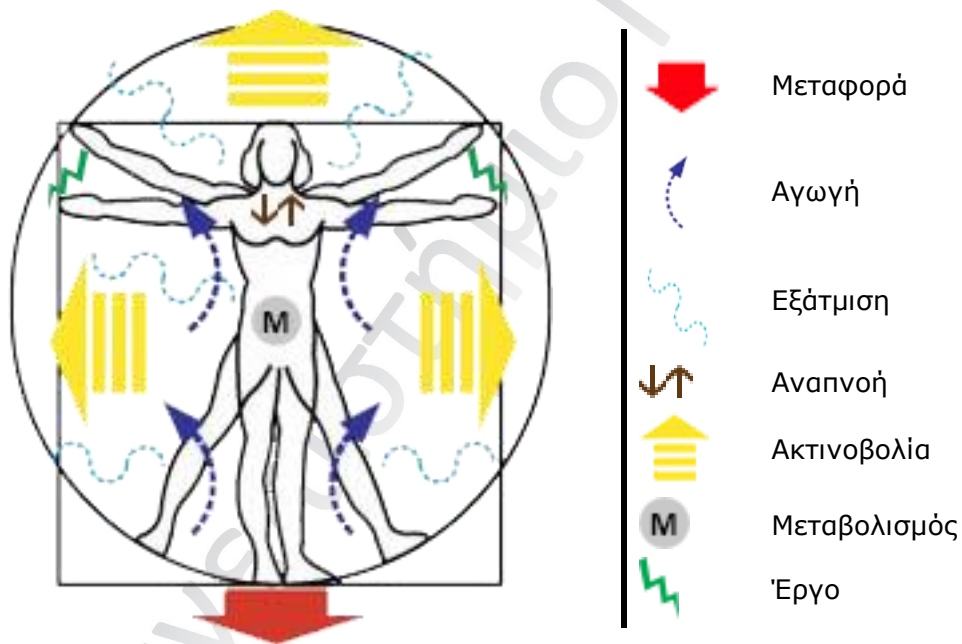
Οι εσωτερικοί χώροι και κυρίως τα κτίρια, είτε χρησιμοποιούνται ως χώροι διαβίωσης είτε ως χώροι εργασίας, έχουν ως στόχο να παρέχουν προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και να υποβοηθούν την ανθρώπινη δραστηριότητα. Για την υλοποίηση των παραπάνω στόχων και την ευχάριστη παραμονή των ενοίκων στα κτίρια οι παράγοντες που επιδρούν είναι αρκετοί όπως η στάθμη θορύβου, το οπτικό περιβάλλον, η φωτεινότητα, η ποιότητας του αέρα αλλά κυρίως η θερμική άνεση.

Το εσωτερικό μικροκλίμα και γενικότερα η άνεση εξαρτάται τόσο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και από τον ανθρώπινο παράγοντα. Ο τρόπος χρήσης του κτιρίου και οι δραστηριότητες των ενοίκων επηρεάζουν την αξιολόγηση τους καθιστώντας την πρόβλεψη των αξιολογήσεων ιδιαίτερα δύσκολη.

2.1 Θερμική Άνεση

Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού κατά την οποία ένα άτομο εκφράζει ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία θερμική μεταβολή [1]. Από τον ορισμό της θερμικής άνεσης προκύπτει ότι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν δύο άτομα να έχουν διαφορετική άποψη για τις θερμικές συνθήκες που επικρατούν, επομένως η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα.

Η θερμική αίσθηση ενός ατόμου εξαρτάται κυρίως από την θερμική ισορροπία του σώματός του ως σύνολο [2]. Η έννοια της θερμικής άνεσης στηρίζεται στην αρχή ότι σε σταθερές συνθήκες η παραγωγή θερμότητας θα πρέπει να ισούται με τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματος στους 37 °C, περίπου. Στην Εικόνα 1 δίνεται μια σχηματική παράσταση του ισοζυγίου ενέργειας του ανθρώπινου οργανισμού, όπου παρουσιάζονται οι παράμετροι που καθορίζουν το θερμικό ισοζύγιο στο ανθρώπινο σώμα και άρα το αίσθημα της θερμικής άνεσης [3]. Οι άνθρωποι επιδιώκουν βελτίωση των συνθηκών άνεσής τους προσαρμόζοντας τα επίπεδα ρουχισμού τους αλλά και το μεταβολικό τους ρυθμό. Όταν η δυνατότητα προσαρμογής είναι περιορισμένη προκαλείται στρες και δυσφορία.



Εικόνα 1: Σχηματική παράσταση του ισοζυγίου ενέργειας του ανθρώπινου οργανισμού. Πως αποβάλλει - δέχεται θερμότητα ο άνθρωπος

Μέσα από τη χρήση του σύνθετου μηχανισμού ρύθμισης της θερμοκρασίας του, το ανθρώπινο σώμα είναι σε θέση να έρθει σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας με το περιβάλλον του, όταν η μεταβολή του θερμικού ισοζυγίου είναι ίση με το μηδέν. Η θερμική ανταλλαγή μεταξύ του υποκειμένου και του περιβάλλοντος ισούται με τη διαφορά μεταξύ της παραγωγής θερμότητας λόγω μεταβολισμού και των θερμικών

απωλειών, λόγω της αναπνοής ή της ανταλλαγής θερμότητας μέσω του δέρματος, αλλά και της εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας.

Η ενέργεια των τροφών που προσλαμβάνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό μετατρέπεται σε θερμική μέσω χημικών αντιδράσεων (μεταβολικός ρυθμός). Ένα μέρος της παραγόμενης θερμικής ενέργειας είναι απαραίτητη για την διατήρηση του ανθρώπινου σώματος σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και για τη διασφάλιση της λειτουργίας των οργάνων (βασικός μεταβολισμός ο οποίος ποικίλει ανάλογα με το ύψος και το βάρος του ανθρώπου). Ένα άλλο μέρος της παραγόμενης θερμικής ενέργειας είναι αναγκαία για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων του ανθρώπου, μέσω των οποίων μέρος του μεταβολισμού παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε μηχανική ισχύ.

Κατά τη διαδικασία της αναπνοής μία ποσότητα αέρα εισπνέεται από το άτομο, η οποία έχει γενικά διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία σε σχέση με τον πυρήνα του σώματος. Επιπλέον, ένα τμήμα της εσωτερικής θερμότητας του σώματος μεταφέρεται, ανάλογα και με το επίπεδο δραστηριότητας, στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω της εκπνοής. Ως εκ τούτου, οι απώλειες λόγω αναπνοής εξαρτώνται από το επίπεδο της δραστηριότητας του υποκειμένου και από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος.

Η εξωτερική επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος χαρακτηρίζεται γενικά από συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας διαφορετικές από εκείνες του περιβάλλοντος του. Αυτό προκαλεί θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του υποκειμένου και του περιβάλλοντος. Αυτή η ανταλλαγή θερμότητας εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη θερμοκρασία του αέρα, τη θερμοκρασία του δέρματος, το ποσοστό των καλυμμένων από ρούχα επιφανειών του σώματος, καθώς και από τον τύπο ρουχισμού. Η ανταλλαγή θερμότητας μέσω εφίδρωσης εξαρτάται από το τύπο ρουχισμού, το επίπεδο υγρασίας του δέρματος και από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των υδρατμών στον αέρα και των υδρατμών στη λεπτή επιφάνεια που καλύπτει το δέρμα. Όλες οι ανταλλαγές θερμότητας μέσω του δέρματος, επίσης, εξαρτώνται από το μέγεθος της επιφάνειας του σώματος.

Σε πολύ ζεστούς χώρους όπου η θερμοκρασία μπορεί να είναι μεγαλύτερη των 37 °C, η απόρριψη θερμότητας από τον οργανισμό προς το περιβάλλον με μεταφορά, αγωγή και ακτινοβολία είναι μικρότερη από αυτή που χρειάζεται για να νιώθει άνετα ο οργανισμός και ενεργοποιείται ο μηχανισμός της εφίδρωσης, δηλαδή ο οργανισμός απορρίπτει θερμότητα μέσω των υδρατμών από τους πόρους του δέρματος, και η κυκλοφορία του αίματος αυξάνεται.

Σε πολύ κρύους χώρους ο οργανισμός απορρίπτει περισσότερη θερμότητα από αυτή που χρειάζεται και για να μειώσει αυτή τη ροή θερμότητας προς το περιβάλλον, ο οργανισμός μειώνει την κυκλοφορία του αίματος για να μειώσει τη θερμότητα που χάνει και ενεργοποιεί το ρίγος για να αυξήσει την παραγωγή θερμότητας.

Συνοψίζοντας οργανισμός αυτορρυθμίζει την θερμοκρασία του χρησιμοποιώντας τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Αύξηση ροής αίματος,
- Εφίδρωση
- Μείωση ροής αίματος
- Ρίγος

Εξαιτίας των μεγάλων διακυμάνσεων της θερμικής άνεσης από άτομο σε άτομο, είναι δύσκολο να ικανοποιηθούν όλοι σε ένα χώρο διότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που απαιτούνται για την άνεση δεν είναι ίδιες για όλους.

Πέρα από τους παράγοντες που συνδέονται με την κοινωνική και ψυχολογική κατάσταση του ατόμου, η θερμική αίσθηση του ατόμου επηρεάζεται από:

- Βιολογικές παράμετροι του ατόμου
 - Φύλλο
 - Ηλικία
 - Φυσική κατάσταση
- Εξωτερικοί παράμετροι
 - Ο ρουχισμός του ατόμου
 - Η σωματική δραστηριότητα που επηρεάζει τον μεταβολικό ρυθμό
- Φυσικές παράμετροι
 - Θερμοκρασία αέρα
 - Θερμοκρασία ακτινοβολίας επιφανειών
 - Υγρασία του αέρα
 - Ταχύτητα αέρα

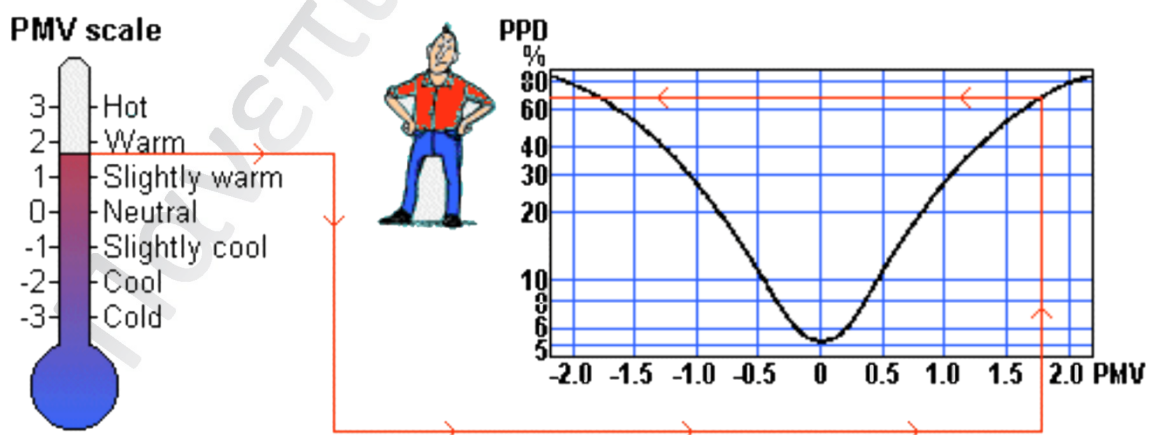
Η αίσθηση της θερμικής άνεσης παρόλο που είναι υποκειμενική, με εκτεταμένες εργαστηριακές δοκιμές και στατιστικά στοιχεία έχουν καθοριστεί οι παράμετροι οι οποίοι αν εκτιμηθούν ή μετρηθούν μπορεί να γίνει πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης. Η μέθοδος εκτίμησης της θερμικής άνεσης αναλύεται στα πρότυπα ISO 7730 και ASHRAE-55 ενώ τα όργανα και ο τρόπος μέτρησης των φυσικών μεγεθών που απαιτούνται για τους υπολογισμούς της θερμικής άνεσης αναλύονται στο πρότυπο ISO 7726.

2.2 Προσδιορισμός θερμικής άνεσης

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 7730 η μέθοδος πρόβλεψης της γενικής θερμικής αίσθησης και ο βαθμός δυσφορίας (θερμική δυσαρέσκεια) μπορούν να καθοριστούν υπολογίζοντας της τιμές του δείκτη αναμενόμενης μέσης αποδοχής PMV (Predicted Mean Vote) και του δείκτη αναμενόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied).

Αναμενόμενη Μέση Αποδοχή, PMV είναι ένας δείκτης συσχέτισης, σε επταβάθμια κλίμακα (Πολλή Ζέστη, Ζέστη, Λίγη Ζέστη, ΑΝΕΣΗ, Λίγη Δροσιά, Δροσιά, Κρύο), μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων.

Προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων, PPD είναι ένας δείκτης που καθορίζει



Εικόνα 2: Συσχέτιση δεικτών PMV και PPD με θερμική άνεση

μια ποσοτική πρόβλεψη του ποσοστού των θερμικά δυσαρεστημένων ανθρώπων που καθορίζεται από PMV.

Για τους υπολογισμούς των δύο παραπάνω δεικτών απαιτείται η μέτρηση των εξής περιβαλλοντικών συνθηκών:

1. Θερμοκρασία του αέρα
2. Θερμοκρασία ακτινοβολίας επιφανειών
3. Ταχύτητα αέρα και
4. Υγρασία αέρα

Καθώς και ο προσδιορισμός

5. της σωματικής δραστηριότητας - μεταβολισμός και
6. του ρουχισμού του.

2.2.1 Θερμοκρασία αέρα

Η θερμοκρασία του αέρα που περιβάλλει το ανθρώπινο σώμα συνήθως είναι ο καθοριστικός παράγοντας της θερμικής άνεσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμότητας που αποβάλλεται από το ανθρώπινο σώμα, μεταφέρεται στο περιβάλλον, ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί σε αυτό.

Η θερμοκρασία του αέρα μετριέται με ένα θερμόμετρο, προφυλαγμένο από την ακτινοβολία, τοποθετημένο σε ύψος περίπου 1.5 m και σε απόσταση τουλάχιστον 1 m από τους τοίχους και τα εξωτερικά παράθυρα. Σημαντικό στοιχείο είναι και η ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας σε ένα χώρο. Γενικά δεν επιτρέπεται να εμφανίζονται θερμοκρασιακές διαφορές μεγαλύτερες από 4°C, ανάμεσα στα διάφορα σημεία του χώρου.

Γενικά, ένα γυμνό άτομο ανέχεται θερμοκρασία ακίνητου αέρα 37.5°-35°C ενώ αισθάνεται ευχάριστα όταν η θερμοκρασία είναι 26.5°-25°C. Κρυώνει σε θερμοκρασία 15°C, ενώ εάν είναι εκτεθειμένο σε ακίνητο αέρα θερμοκρασίας 11.5°C αισθάνεται πολύ κρύο σε ελάχιστα λεπτά. Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5 και 25°C (με σχετική υγρασία 50%).

2.2.2 Θερμοκρασία ακτινοβολίας επιφανειών



Εικόνα 3: Θερμόμετρο μαύρης σφαίρας

Το καθαρό ποσό κέρδους ή απώλειας της θερμότητας από ακτινοβολία που δέχεται το ανθρώπινο σώμα είναι το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ροών ακτινοβολίας που ανταλλάσσονται από το εκτεθειμένα σημεία με τις διάφορες πηγές θερμότητας που το περιτριγυρίζουν. Κάθε μια από αυτές τις ροές μπορεί να υπολογιστεί αν είναι γνωστές οι διαστάσεις, οι αποστάσεις, ο συντελεστή γωνίας μεταξύ του ατόμου και της εξεταζόμενης επιφάνειας και τα θερμικά χαρακτηριστικά (επιφανειακή θερμοκρασία, εκπομπή) των πηγών και του εκτεθειμένου σώματος ή του ρουχισμού. Η μέθοδος αυτή υπολογισμού γίνεται ιδιαίτερα επίπονη όταν υπεισέρχεται στην εξίσωση ο χρόνος και όταν αυξάνονται οι πηγές και τα σχήματα γίνονται περίπλοκα [1]. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ενός χώρου ορίζεται ως η ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία μιας συμπαγούς μαύρης επιφάνειας για την οποία παρατηρείται η ίδια απώλεια θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, σε σχέση με την εξεταζόμενη επιφάνεια.

Ο υπολογισμός της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας από τις γύρο επιφάνειες μπορεί να γίνει γνωρίζοντας την επιφανειακή θερμοκρασία των επιφανειών, τον συντελεστή γωνίας ανάμεσα στο άτομο και στις περιβάλλουσες επιφάνειες, τη συνάρτηση του σχήματος, του μεγέθους και της σχετικής θέσης της επιφάνειας ως προς το άτομο. Επειδή τα περισσότερα δομικά υλικά έχουν υψηλή εκπεμπιμότητα (ϵ), μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα η ανακλαστικότητα, δηλ. θεωρούμε ότι έχουμε ένα δωμάτιο που περιβάλλεται από μαύρες επιφάνειες. Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία τότε είναι:

$$\bar{T}_r = T_1^4 * F_{\rho-1} + T_2^4 * F_{\rho-2} + \dots + T_N^4 * F_{\rho-N} \quad (1)$$

Όπου,

\bar{T}_r είναι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας σε Kelvins

T_N είναι η επιφανειακή θερμοκρασία της επιφάνειας N σε Kelvins

$F_{\rho-N}$ είναι ο συντελεστής της γωνίας ανάμεσα στο άτομο και την επιφάνεια N.

Ο συντελεστής της γωνίας ($F_{\rho-N}$) μπορεί να εκτιμηθεί σύμφωνα με τα τέσσερα διαγράμματα που παρουσιάζονται στις εικόνες 4 - 7 ανάλογα με τη στάση του ατόμου (καθιστός ή όρθιος) και το μέγεθος και τη θέση της επιφάνειας [4].

Διαφορετικά ο συντελεστής αυτός μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (2)

$$F_{\rho-N} = F_{\max}(1 - e^{-(a/c)/\tau}) * (1 - e^{-(b/c)/\gamma}) \quad (2)$$

Όπου

$$\tau = A + B * (a/c)$$

$$\gamma = C + D(b/c) + E(a/c)$$

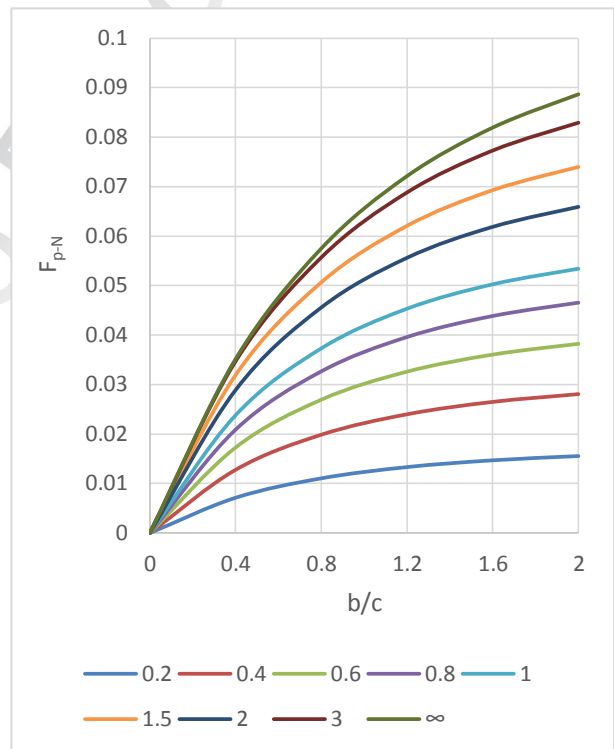
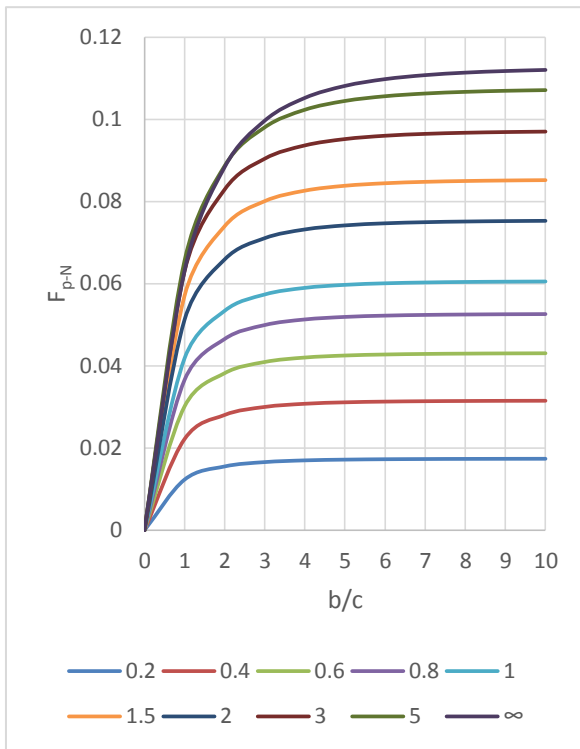
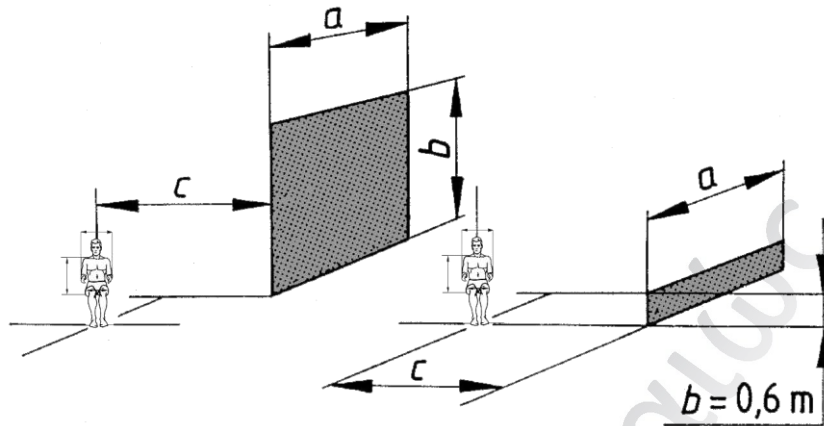
και

	F_{\max}	A	B	C	D	E
Καθιστό άτομο (εικ. 4), κατακόρυφες επιφάνειες: τοίχος, παράθυρο	0,118	1,216	0,169	0,717	0,087	0,052
Καθιστό άτομο (εικ. 5), οριζόντιες επιφάνειες: πάτωμα, ταβάνι	0,116	1,396	0,130	0,951	0,080	0,055
Όρθιο άτομο (εικ. 6), κατακόρυφες επιφάνειες: τοίχος, παράθυρο	0,120	1,242	0,167	0,616	0,082	0,051
Όρθιο άτομο (εικ. 7), οριζόντιες επιφάνειες: πάτωμα, ταβάνι	0,116	1,595	0,128	1,226	0,046	0,044

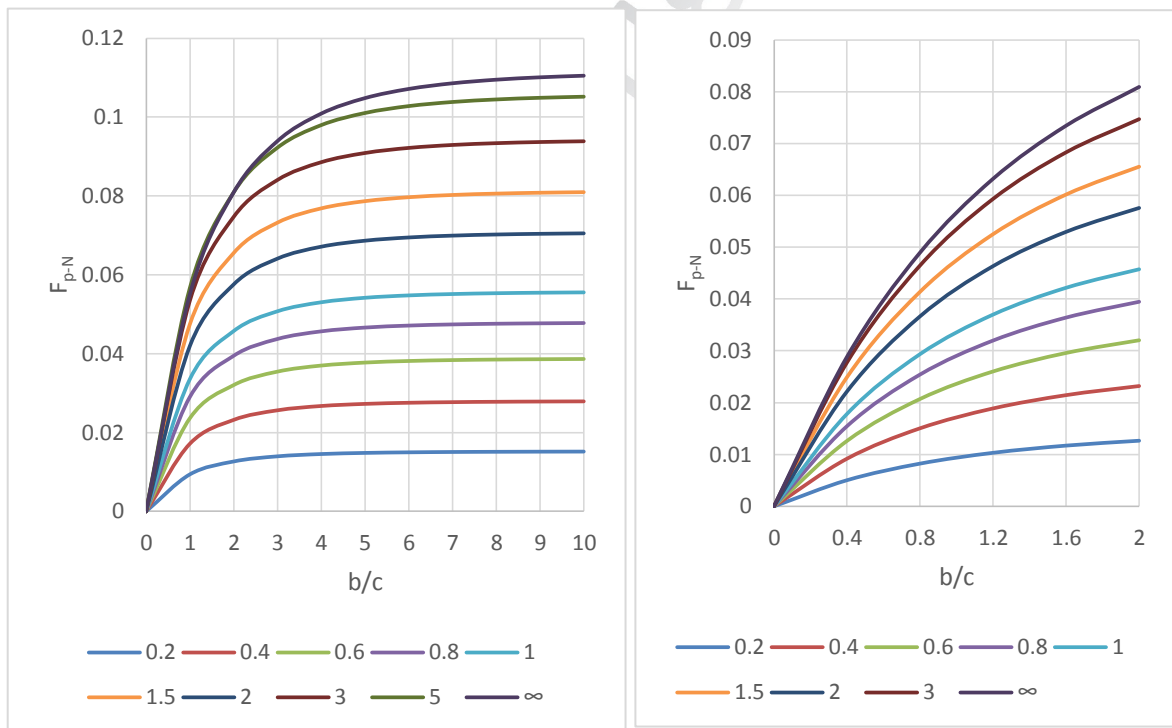
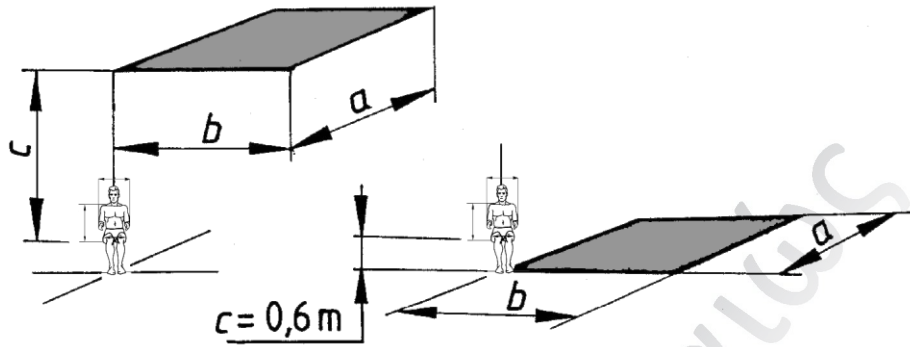
Εάν υπάρχουν μόνο μικρές σχετικά διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών τότε η εξίσωση (1) μπορεί να απλοποιηθεί στην ακόλουθη γραμμική μορφή:

$$\bar{T}_r = T_1 * F_{\rho-1} + T_2 * F_{\rho-2} + \dots + T_N * F_{\rho-N} \quad (3)$$

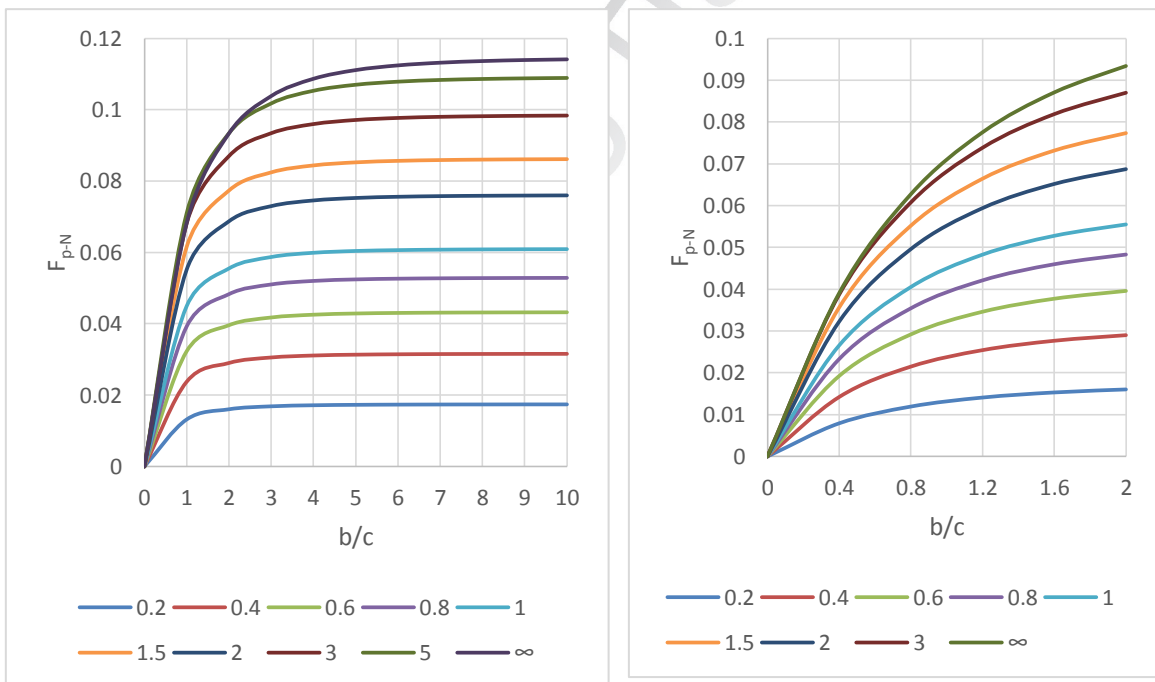
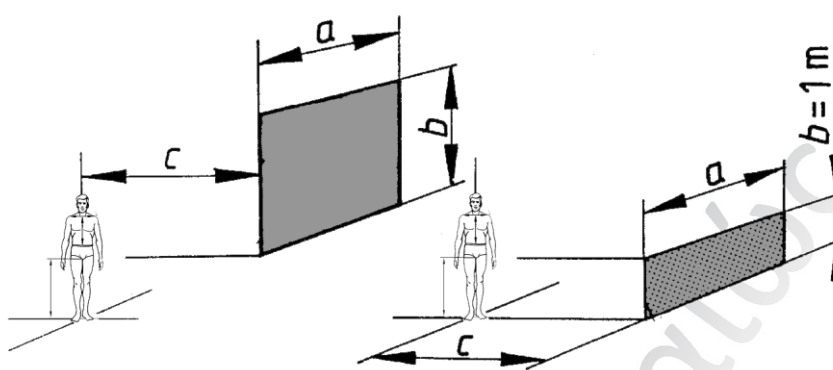
Η εξίσωση (3) δίνει χαμηλότερη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας από την (1), αλλά σε πολλές περιπτώσεις η διαφορά είναι μικρή. Εάν υπάρχουν μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των επιφανειών, το σφάλμα χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3) μπορεί να είναι σημαντικό [4].



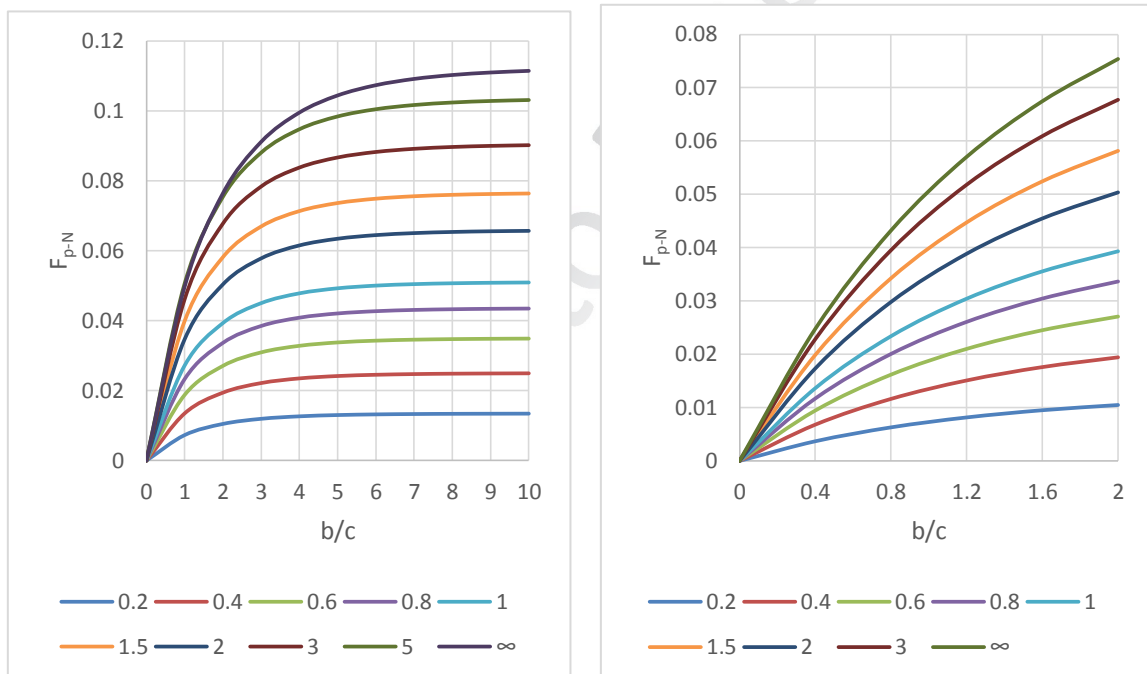
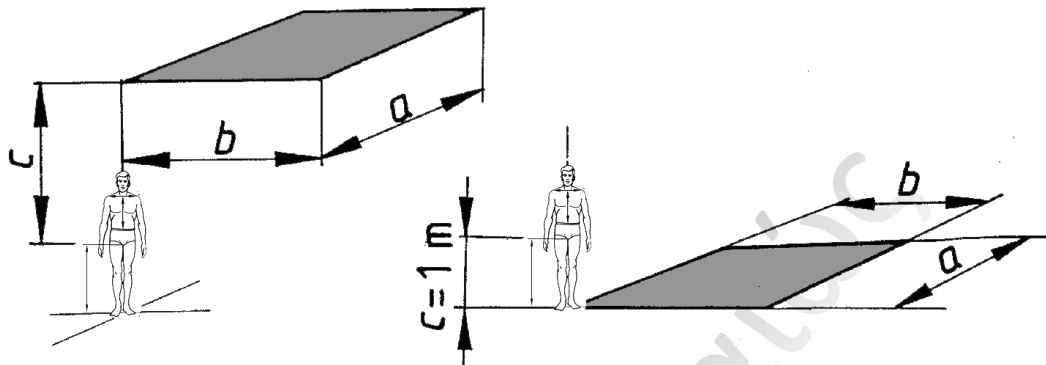
Εικόνα 4: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα σε ένα άτομο που κάθεται και την κατακόρυφη ορθογώνια επιφάνεια (τοίχος, παράθυρο). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2



Εικόνα 5: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα ένα άτομο που κάθεται και της οριζόντιας επιφάνειας (πάτωμα, ταβάνι). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2



Εικόνα 6: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα σε ένα άτομο που στέκεται και της κατακόρυφης ορθογώνιας επιφάνεια (τοίχος, παράθυρο). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2



Εικόνα 7: Η μέση τιμή του συντελεστή γωνίας ανάμεσα ένα άτομο που στέκεται και της οριζόντιας επιφάνειας (πάτωμα, ταβάνι). Η δεύτερη γραφική παράσταση δίνει με περισσότερη λεπτομέρεια τις τιμές b/c 0 έως 2

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας ακτινοβολίας υπάρχουν ειδικά θερμοόμετρα που χρησιμοποιούν μια μαύρη σφαίρα. Το θερμοόμετρο μαύρης σφαίρας αποτελείται από μια μαύρη σφαίρα στο κέντρο της οποίας έχει τοποθετηθεί ένας αισθητήρας θερμοκρασίας ηχ θερμοζεύγος. Για να απορροφά την ακτινοβολία από τους τοίχους που την περιβάλλουν η επιφάνεια της σφαίρας πρέπει να είναι σκούρα (στρώματα από ματ μαύρη βαφή ή ηλεκτροχημική επίστρωση). Η σφαίρα αυτή συστήνεται να έχει διάμετρο 0,15 m.

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας διαφοροποιείται από τη θερμοκρασία του αέρα, γιατί είναι πρωτίστως υπεύθυνη για τις χωροταξικές διαφορές της

θερμοκρασίας σε ένα χώρο και τη δημιουργία τοπικής δυσφορίας. Αν ένα κτίριο είναι προσεκτικά μονωμένο, η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας των εξωτερικών τοίχων πλησιάζει τη θερμοκρασία του χώρου. Γενικά για το αίσθημα της θερμικής άνεσης δεν θα πρέπει η θερμοκρασία του αέρα και η θερμοκρασία της περιβάλλουσας επιφάνειας να διαφέρει περισσότερο από 3°-4°C, ανάλογα με τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο αυτό, καθώς και την ικανότητα εκπομπής θερμότητας.

2.2.3 Ταχύτητα αέρα

Η ταχύτητα του αέρα είναι ένας σημαντικός παράγοντας θερμικής άνεσης γιατί σε κλειστούς χώρους ο άνθρωπος είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στην κίνηση του αέρα παρόλο που το ανθρώπινο σώμα δε διαθέτει ειδικά αισθητήρια για την ταχύτητα του αέρα μπορεί και την προσδιορίζει έμμεσα με τον ανθρώπινο εγκέφαλο, από τις μεταβολές τις θερμοκρασίες στο δέρμα. Η κίνηση του αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα μπορεί να επηρεάσει το αίσθημα της θερμικής άνεσης καθορίζοντας, αφενός την ανταλλαγή θερμότητας με συναγωγή, ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον, και αφετέρου την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς. Έτσι, η απώλεια θερμότητας με συναγωγή από το ανθρώπινο σώμα, εξαρτάται από την ένταση του αέρα και τη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στο δέρμα και το περιβάλλον.

Γενικά είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν ακριβείς μετρήσεις της ταχύτητας του αέρα σε ένα χώρο διότι η κίνηση του αέρα είναι τυρβώδης. Για τα θερμικά περιβάλλοντα μας ενδιαφέρει η ταχύτητα του αέρα και όχι η φορά του. Τα όργανα που μετράνε την ταχύτητα του αέρα ονομάζονται ανεμόμετρα και είναι δυο τύπων [4].

- Τα ανεμόμετρα που έχουν πανκατευθυντικούς δέκτες και είναι ευαίσθητα μόνο στο μέγεθος της ταχύτητας.
- Τα ανεμόμετρα που χρησιμοποιούν αισθητήρες τριών κατευθύνσεων που επιτρέπουν η ταχύτητα του αέρα να μετρηθεί στους τρεις κάθετους άξονες και η συνολική ταχύτητα του αέρα δίνεται από τη σχέση $v_a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

Παραδείγματα ανεμόμετρων που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις σε χώρους είναι:

- Ανεμοδείκτης και κύπελλο (κατευθυντική συσκευή)
- Ανεμόμετρο θερμού σύρματος (hot-wire) (κατευθυντική συσκευή)
- Ανεμόμετρο με παλμικό σύρμα (pulsed wire) (μη ευαίσθητο στη κατεύθυνση ροής)
- Ανεμόμετρο καυτής σφαίρας και θερμίστορ (hot sphere and thermistor) (μη ευαίσθητο στη κατεύθυνση ροής)
- Ανεμόμετρο με υπερήχους (ultrasonic) (μη ευαίσθητο στη κατεύθυνση ροής)
- Ανεμόμετρο λέιζερ με ντόπλερ (Laser-doppler) (μη ευαίσθητο στη κατεύθυνση ροής)

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο της ταχύτητας του αέρα σε εσωτερικό χώρο ορίζεται στα 0,8m/sec [1]. Σε κατοικημένο εσωτερικό χώρο με άτομα η ταχύτητα του αέρα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,15m/s το χειμώνα και τα 0,25m/s το καλοκαίρι. Η ταχύτητα του αέρα μπορεί να είναι μεγαλύτερη σε μεγάλους χώρους που υπάρχουν άτομα με έντονη δραστηριότητα.

Σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και υψηλής σχετικής υγρασίας, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προσφέρει αυξημένες απώλειες θερμότητας με αποτέλεσμα ισορροπημένο θερμικό ισοζύγιο. Σε αντίθετη περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας, η αυξημένη ταχύτητα αέρα επιταχύνει τις απώλειες θερμότητας από το σώμα, σε σημείο που να προκαλεί την δυσφορία.

2.2.4 Υγρασία του αέρα

Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από μίγμα αερίων που κάνουν τον αέρα ξηρό όπως άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα κ.α. καθώς και από ποσότητα υδρατμών, που στις κανονικές συνθήκες μπορεί να φθάσει έως 3% κατά μάζα, συνεπώς ο υγρός ατμοσφαιρικός αέρας είναι μίγμα ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα και υδρατμών. Σε οποιαδήποτε δοσμένη θερμοκρασία, ο αέρας να περιέχει συγκεκριμένη ποσότητα υδρατμών. Πάνω από αυτή τη ποσότητα οι υδρατμοί συμπυκνώνονται. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία του αέρα τόσο αυξάνει και η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να κρατήσει ο αέρας.

Η απόλυτη υγρασία του αέρα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στον προσδιορισμό της μεταφοράς θερμότητας από εξάτμιση. Η υγρασία επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης, επειδή επιδρά στην ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα με την εξάτμιση του ιδρώτα. Απόλυτη υγρασία ονομάζεται ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχεται στον όγκο του ατμοσφαιρικού αέρα προς τον όγκο αυτό. Μετριέται σε kg ή gr υδρατμών προς m³ ατμοσφαιρικού αέρα. Δυο είναι οι τιμές που χαρακτηρίζουν την απόλυτη υγρασία του αέρα η ειδική υγρασία και η μερική πίεση των υδρατμών.

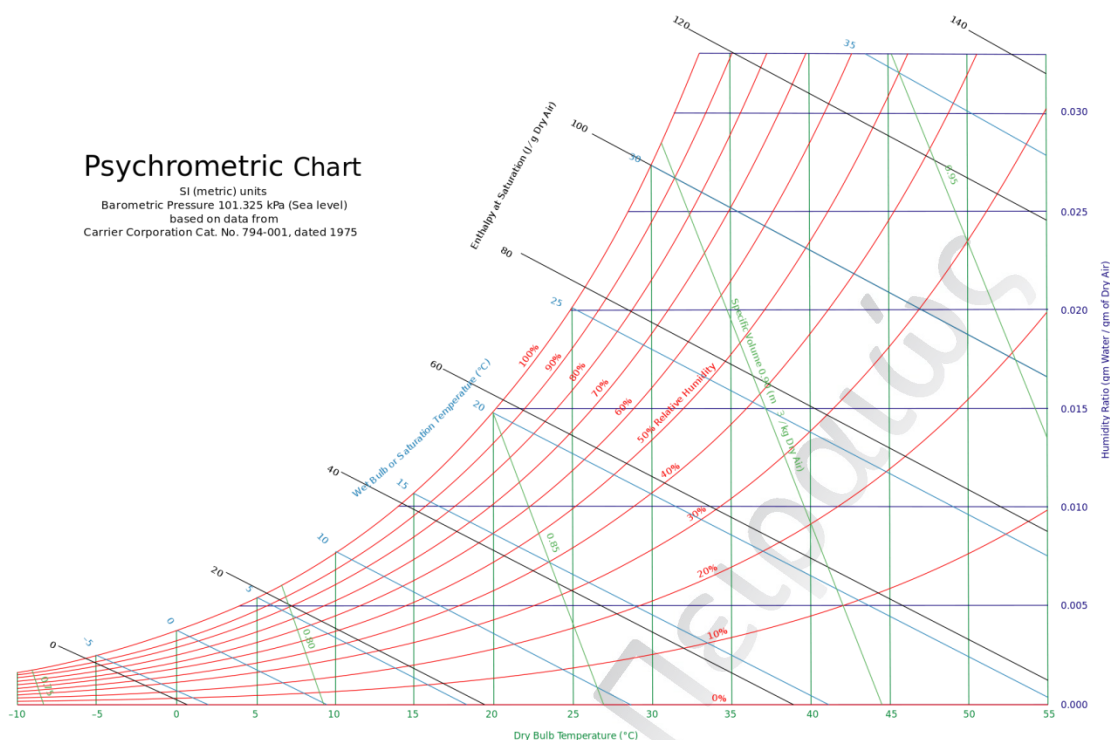
Ειδική υγρασία ονομάζεται ο λόγος της μάζας των υδρατμών προς τη μάζα του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα στην οποία περιέχεται και μερική πίεση υδρατμών είναι η πίεση που θα ασκούσαν οι υδρατμοί του μίγματος, όταν στην ίδια θερμοκρασία με το μίγμα καταλαμβάνει όγκο ίσο με το συνολικό όγκο μίγματος.

Ο όρος που χρησιμοποιείται περισσότερο όταν κάνουμε αναφορά στην υγρασία είναι η σχετική υγρασία η οποία είναι ο λόγος της μερικής πίεσης υδρατμών που περιέχονται σε υγρό ατμοσφαιρικό αέρα προς τη μερική πίεση των υδρατμών στον ίδιο αέρα όταν αυτός είναι κορεσμένος στην ίδια θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Η σχετική υγρασία συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό επί της 100%.

Συνδυασμός υψηλής σχετικής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας του αέρα δημιουργεί θερμική δυσφορία. Τιμές χαμηλής σχετικής υγρασίας διευκολύνουν την αποβολή νερού από το ανθρώπινο σώμα (υπό τη μορφή ιδρώτα), προκαλώντας μια αίσθηση δροσισμού. Το αντίθετο συμβαίνει με τιμές υψηλής σχετικής υγρασίας, η οποία παρεμποδίζει την εξάτμιση του ιδρώτα, δηλαδή την αποβολή θερμότητας, που είναι και ο μόνος τρόπος διατήρησης του θερμικού ισοζυγίου σε υψηλές θερμοκρασίες.

Γενικά, η σχετική υγρασία σε ένα εσωτερικό χώρο πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα στο 30 -70%. Σχετική υγρασία κάτω από 30% προκαλεί ξηρότητα των βλεννογόνων, του λαιμού, ακόμη και προβλήματα στην όραση, ενώ σχετική υγρασία άνω του 70% μπορεί να προκαλέσει σχηματισμό μούχλας στο χώρο.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της υγρασίας του αέρα έχουν ομαδοποιηθεί σε διαγράμματα τα οποία είναι γνωστά ως να ψυχομετρικά διαγράμματα. Στην εικόνα 8 παρουσιάζεται ένα τέτοιο διάγραμμα.



Εικόνα 8: Ψυχομετρικό διάγραμμα

Τα όργανα που μετρούν την υγρασία ονομάζονται ψυχρόμετρα και αποτελούνται από ένα ζεύγος θερμομέτρων όπου η κάτω άκρη μόνο του ενός σκεπάζεται από ύφασμα η άκρη του οποίου καταλήγει βυθισμένη σε δοχείο με αποσταγμένο νερό. Έτσι το θερμομέτρο αυτό υγραίνεται συνεχώς σε αντίθεση με το άλλο του ζεύγους, που παραμένει ξηρό.

2.2.5 Σωματική δραστηριότητα - Μεταβολισμός

Ο μεταβολισμός είναι το σύνολο των βιοχημικών διαδικασιών που πραγματοποιούνται στο ανθρώπινο σώμα, ενώ μεταβολικός ρυθμός είναι ο ρυθμός μετασχηματισμού χημικής ενέργειας (τροφής) σε έργο και θερμότητα ενός οργανισμού. Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος, οι αντιδράσεις του μεταβολισμού πραγματοποιούνται προκειμένου να αντισταθμίσουν τις απώλειες προς το περιβάλλον. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στόχος είναι να διατηρηθεί η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος γύρω στους 37°C.

Ο μεταβολικός ρυθμός σχετίζεται με την ηλικία, το φύλλο και το βάρος του σώματος αλλά ο βασικός παράγοντας από τον οποίο εξαρτάται είναι από τη δραστηριότητα του οργανισμού. Έτσι η θερμότητα που παράγει το ανθρώπινο σώμα αυξάνεται ανάλογα με τον βαθμό δραστηριότητας [5].

Η μονάδα που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ενέργεια που παράγεται στο εσωτερικό του σώματος λόγω της μεταβολικής δραστηριότητας είναι το met και ορίζεται ως 58,2 W/m² το οποίο αντιστοιχεί στην ενέργεια που παράγεται ανά μονάδα επιφάνεια ενός μέσου ανθρώπου, που κάθεται σε κατάσταση ηρεμίας [6]. Ως

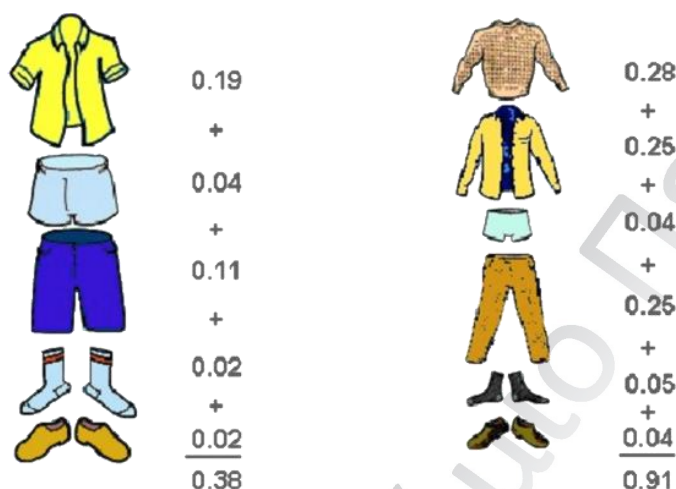
μέσο άνθρωπο θεωρούμε έναν ενήλικα με εμβαδόν επιφάνειας σώματος περίπου 1,8 m².

2.2.6 Ρουχισμός

Ο ρουχισμός λειτουργεί ως θερμική αντίσταση (μόνωση) μεταξύ της επιδερμίδας και του περιβάλλοντος. Η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγή από το δέρμα στα ρούχα και στη συνέχεια με ακτινοβολία και μεταφορά προς το περιβάλλον.

Η μόνωσης ένδυσης αφορά μεταφορά θερμότητας από όλο το σώμα και, έτσι, περιλαμβάνει επίσης τα ακάλυπτα μέρη του σώματος, όπως κεφάλι και τα χέρια.

Σε ζεστό περιβάλλον φοράμε ελαφριά ρούχα (μικρή αντίσταση) που δεν απορροφούν την ακτινοβολία ενώ σε κρύο περιβάλλον βαριά ρούχα (μεγάλη αντίσταση).



Εικόνα 9: Υπολογισμός συνολικής μόνωσης ανάλογα με τα ρούχα που φοράει το άτομο.

Μονάδα μέτρησης της αντίστασης ρουχισμού είναι το clo, όπου εκφράζει την θερμική μόνωση που παρέχουν ενδύματα και τα σύνολα του ρουχισμού, και ισοδυναμεί με 0,155 m²·°C/W [[6]] . Επομένως 1clo = 0,155 m²·°C/W.

Η μόνωση των ενδυμάτων μπορεί να υπολογιστεί απευθείας από τα δεδομένα που παρουσιάζονται στους πίνακες του προτύπου ISO 7730 για τυπικούς συνδυασμούς ενδυμάτων, ή έμμεσα, από την άθροιση των τιμών της μόνωσης για κάθε ρούχο

ξεχωριστά. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τις τυπικές τιμές μόνωσης διαφόρων ενδυμάτων.

Πίνακας 1: Θερμική μόνωση για τυπικούς συνδυασμούς ενδυμάτων [7]

Καθημερινά ρούχα	clo
Εσώρουχα, T-shirt, σορτς, καλοκαιρινές κάλτσες, σανδάλια	0,30
Εσώρουχα, πουκάμισο με κοντά μανίκια, ελαφρύ παντελόνι, κάλτσες, παπούτσια	0,50
Εσώρουχα, μεσοφόρι, κάλτσες, φόρεμα, παπούτσια	0,70
Εσώρουχα, πουκάμισο, παντελόνι, κάλτσες, παπούτσια	0,70

Εσώρουχα, πουκάμισο, παντελόνι, μπουφάν, κάλτσες, παπούτσια	1,00
Εσώρουχα, κάλτσες, μπλούζες, μακριά φούστα, σακάκι, παπούτσια	1,10
Εσώρουχα με μακριά μανίκια και πόδια, πουκάμισο, παντελόνι, πουλόβερ V-λαιμός, μπουφάν, κάλτσες, παπούτσια	1,30
Εσώρουχα με κοντά μανίκια και πόδια, πουκάμισο, παντελόνι, γιλέκο, μπουφάν, παλτό, κάλτσες, παπούτσια	1,50

Πίνακας 2: Θερμική μόνωση ενδυμάτων και αλλαγές στη θερμοκρασία λειτουργίας [7]

Ένδυση	clo	Βέλτιστη μεταβολή θερμοκρασίας, °C
Εσώρουχα		
Αντρικό κάτω εσώρουχο	0,03	0,2
Κάτω εσώρουχο με μακριά πόδια	0,10	0,6
Φανέλα	0,09	0,6
Φανέλα με μακριά μανίκια	0,12	0,8
Γυναικείο άνω και κάτω εσώρουχο	0,03	0,2
Πουκάμισο/Μπλούζες		
Κοντά μανίκια	0,15	0,9
Ελαφριά ένδυση, μακριά μανίκια	0,20	1,3
Κανονική ένδυση, μακριά μανίκια	0,25	1,6
Πουκάμισο, μακριά μανίκια	0,30	1,9
Παντελόνι		
Σορτς	0,06	0,4
Ελαφρύ	0,20	1,3
Κανονικό	0,25	1,6
Βαρύ	0,28	1,7
Φορέματα/Φούστες		
Ελαφριά φούστα (καλοκαίρι)	0,15	0,9
Βαριά φούστα (χειμώνας)	0,25	1,6
Ελαφρύ φόρεμα, κοντά μανίκια	0,20	1,3
Χειμωνιάτικο φόρεμα, μακριά μανίκια	0,40	2,5
Βαρύ κουστόμι	0,55	3,4
Πουλόβερ		
Αμάνικο γιλέκο	0,12	0,8
Λεπτό πουλόβερ	0,20	1,3
Ζακέτα	0,28	1,7
Χοντρό πουλόβερ	0,35	2,2
Μπουφάν		
Ελαφρύ καλοκαιρινό σακάκι	0,25	1,6
σακάκι	0,35	2,2
Μπλούζα εργασίας	0,30	1,9

Ρούχα με υφάσματα υψηλής μόνωσης		
Κουστόμι	0,90	5,6
Παντελόνι	0,35	2,2
Σακάκι	0,40	2,5
Γιλέκο	0,20	1,3
Εξωτερική Ένδυση		
Παλτό	0,60	3,7
Καμπαρίνα	0,55	3,4
Ζακέτα με κουκούλα	0,70	4,3
Διάφορα		
κάλτσες	0,02	0,1
Χοντρά, σοσόνια	0,05	0,3
Χοντρές, μακριές κάλτσες	0,10	0,6
Νάilon κάλτσες	0,03	0,2
Παπούτσια (λεπτή σόλα)	0,02	0,1
Παπούτσια (παχιά σόλα)	0,04	0,3
Μπότες	0,10	0,6
Γάντια	0,05	0,3

Ο δεύτερος πίνακας δίνει την αντίστοιχη μεταβολή στην θερμοκρασία λειτουργίας για να διατηρηθεί ουδέτερη η θερμική αίσθηση. Για τα άτομα που κάθονται η καρέκλα μπορεί να συμβάλει επιπλέον μόνωση από 0 clo σε 0,4 clo.

Πίνακας 3: Τιμές θερμικής μόνωσης για καρέκλα [7]

ΤΥΠΟΣ ΚΑΡΕΚΛΑΣ	clo
Μεταλλική καρέκλα	0,00
Ξύλινο σκαμπό	0,01
Βασική καρέκλα γραφείου	0,1
Διευθυντική καρέκλα	0,15

2.2.7 Υπολογισμός Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής, PMV

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο δείκτης PMV είναι ένας δείκτης συσχέτισης, σε επταβάθμια κλίμακα, μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος.

Πίνακας 4: Κλίμακα 7 βαθμών για τη θερμική αίσθηση

PMV	Αίσθηση Θερμικού Περιβάλλοντος
3	Πολλή Ζέστη
2	Ζέστη
1	Λίγη Ζέστη
0	ΑΝΕΣΗ
-1	Λίγη Δροσιά
-2	Δροσιά
-3	Κρύο

Ο δείκτης PMV υπολογίζεται για συνθήκες σταθερής κατάστασης, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί με καλή προσέγγιση κατά τη διάρκεια μικρών διακυμάνσεις ενός ή περισσοτέρων από τις μεταβλητές, με την προϋπόθεση ότι διατηρούνται οι χρονικά σταθμισμένες μέσες τιμές των μεταβλητών κατά τη διάρκεια της προηγούμενης μιας ώρας.

$$PMV = [0,0303 * \exp(-0,036 * M + 0,028)] * \{ (M - W) - 3,05 * 10^{-3} * [5733 - 6,99 * (M - W) - P_a] - 0,42 * [(M - W) - 58,15] - 1,7 * 10^{-5} * M * (5867 - P_a) - 0,0014 * M * (34 - t_a) - 3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a) \} \quad (4)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 (M - W) - I_{cl} * \{ 3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a) \} \quad (5)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{για } 2,388 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 * \sqrt{v_{ar}} & \text{για } 2,388 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (6)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1,290 * I_{cl} & \text{για } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 * \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 * I_{cl} & \text{για } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 * \text{K/W} \end{cases} \quad (7)$$

Όπου,

M είναι ο μεταβολικός ρυθμός, σε W/m².

W είναι η πραγματική μηχανική ενέργεια W/m².

I_{cl} είναι η μόνωση της ένδυσης, σε m²* K/W.

f_{cl} είναι ο συντελεστής επιφάνειας ένδυσης.

t_a είναι η θερμοκρασία του αέρα, σε °C.

t_r είναι η μέση ακτινοβόλος θερμοκρασία, °C.

v_{ar} είναι η σχετική ταχύτητα του αέρα, σε m/s.

p_a είναι η μερική πίεση των υδρατμών, σε Pa.

h_c είναι ο συντελεστής συναγωγής μεταφοράς θερμότητας, σε [W/(m²*K)].

t_{cl} είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας της ένδυσης, σε °C.

Οι εξισώσεις h_c και t_{cl} λύνονται με την επανάληψη μέθοδο.

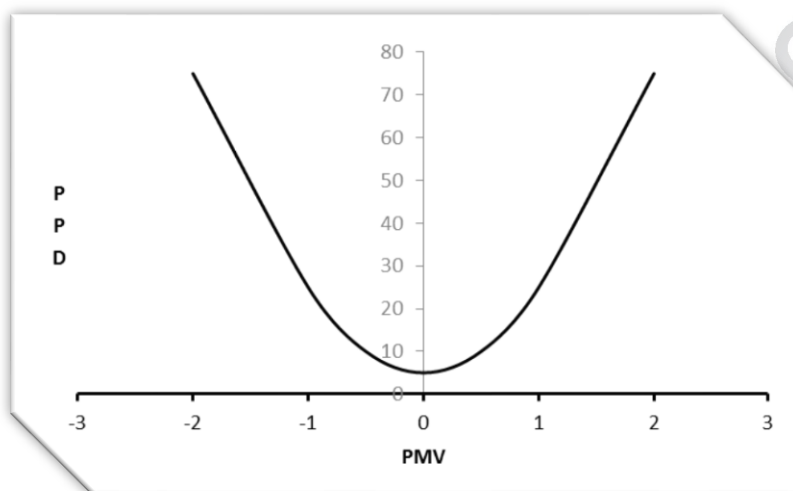
2.2.8 Προβλεπόμενο ποσοστό δυσανεκτικών, PPD

Ο δείκτης PPD προβλέπει την αναμενόμενη μέση τιμή των θερμικών ψήφων μιας μεγάλης ομάδας ανθρώπων που εκτίθενται στον ίδιο περιβάλλον. Όμως, οι ατομικές ψήφοι είναι διάσπαρτες γύρω από αυτή τη μέση τιμή και είναι χρήσιμο να είμαστε σε θέση να προβλέψουμε τον αριθμό των ατόμων που ενδέχεται να αισθάνονται άβολα ζεστά ή δροσερά.

Το PPD είναι ένας δείκτης που καθορίζει μια ποσοτική πρόβλεψη του ποσοστού των θερμικά δυσανεκτικών ανθρώπων που αισθάνονται κρύο ή πολλή ζέστη. Θερμικά δυσανεκτικοί άνθρωποι είναι εκείνοι που θα ψηφίσουν ζέστη, πολλή ζέστη, δροσερά ή κρύα στην 7-βάθμια κλίμακα θερμικής αίσθησης.

Ο δείκτης PPD υπολογίζεται από τον δείκτη PMV σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

$$PPD=100-95*\exp(-0,03353*PMV^4-0,2179*PMV^2) \quad (8)$$



Εικόνα 10: Σχέση μεταξύ δεικτών PMV και PPD

3 Εξοπλισμός μέτρησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών

Για την μέτρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών που είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης απαιτήθηκε να κατασκευαστεί ένα σύστημα μέτρησης και καταγραφής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Η επιλογή των απαιτούμενων υλικών έγινε σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια.

- Οι μετρήσεις θα πραγματοποιούνται σε συνθήκες σταθερής κατάστασης (steady-state), και στο κέντρο του χώρου μέτρησης επομένως μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η θερμοκρασία αέρα και η θερμοκρασία ακτινοβολίας από τις γύρω επιφάνειες είναι ίσες.
- Μέγεθος καταγραφικού και αισθητήρων
- Δυνατότητα σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Κόστος εξαρτημάτων
- Τάση εξαρτημάτων
- Ακρίβεια μετρήσεων, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης θα είναι ενδεικτικός.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα επιλεγμένα στοιχεία του μετρητικού εξοπλισμού.

3.1 Arduino

Η πλακέτα με τον μικροεπεξεργαστή που επιλέχθηκε για την επεξεργασία και καταγραφή των δεδομένων είναι το Arduino Uno SMD. Πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel και του οποίου όλα τα σχέδια, καθώς και το software που χρειάζεται για την λειτουργία του, διανέμονται ελεύθερα και δωρεάν. Το Arduino μπορεί να συμπεριφερθεί σαν ένας

μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού ο χρήστης μπορεί να συνδέσει επάνω του πολλαπλές μονάδες εισόδου/εξόδου και να προγραμματίσει τον μικροελεγκτή να δέχεται δεδομένα από τις μονάδες εισόδου, να τα επεξεργάζεται και να στέλνει κατάλληλες εντολές στις μονάδες εξόδου.



Εικόνα 11: Φωτογραφία Arduino Uno SMD

Η κύρια ομάδα ανάπτυξης του Arduino αποτελείται από τους: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis και Nicholas Zambetti. Το Arduino είναι υλισμικό ανοιχτού λογισμικού: τα σχέδια αναφοράς του υλισμικού του Arduino διανέμονται υπό την Creative Commons και είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του Arduino. Ο σχεδιασμός και η παραγωγή αρχείων για κάποιες εκδόσεις του υλισμικού Arduino είναι επίσης διαθέσιμοι. Ο πηγαίος κώδικας για το IDE είναι διαθέσιμος και διανέμεται υπό την GNU General Public License. Παρά το γεγονός ότι το υλισμικό και τα σχέδια του λογισμικού είναι διαθέσιμα ελεύθερα οι προγραμματιστές έχουν ζητήσει η ονομασία "Arduino" είναι αποκλειστική για το επίσημο προϊόν [8]. Στην επίσημη σελίδα του Arduino (<http://arduino.cc/>) υπάρχουν πολλές πληροφορίες και το περιβάλλον προγραμματισμού μπορεί να βρεθεί στη σελίδα (<http://arduino.cc/en/Main/Software>).

3.1.1 Περιγραφή Arduino Uno SMD

Το Arduino Uno SMD έχει 14 ψηφιακές θύρες εισόδου ή εξόδου, 6 αναλογικές εισόδους, έναν 16 MHz κρύσταλλο ταλαντωτής, μια σύνδεση USB, μια υποδοχή ρεύματος, μια κεφαλίδα ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς. Οι 14 ψηφιακές θύρες ονομάζονται με νούμερα από το 0 έως το 13, ενώ οι έξι αναλογικές με το γράμμα A ακολουθούμενο από ένα νούμερο από 0 μέχρι το 5 (π.χ. A3). Στην έξοδο τα pins μπορούν να δώσουν 0 έως και 5V τάση. Από τις 14 ψηφιακές θύρες οι έξι, και

ειδικότερα οι 3, 5, 6, 9, 10, 11, είναι και PWM θύρες (Pulse Width Modulation), δηλαδή μπορούν να προσομοιώσουν αναλογικές εξόδους [9].

Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της πλακέτας που χρησιμοποιήθηκε.

Πίνακας 5: Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακέτας Arduino Uno SMD

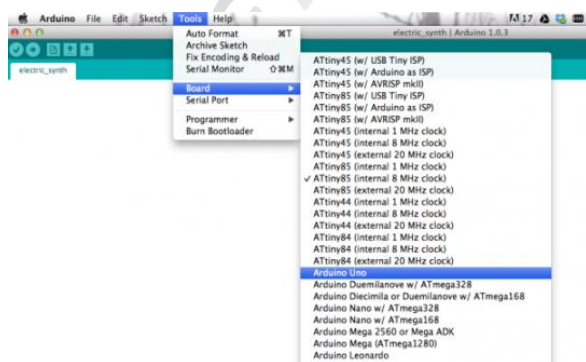
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Digital I/O Pins	14
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB
Flash Memory for Bootloader	0.5 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm

Το Arduino μπορεί να δουλέψει με ρεύμα από τη USB θύρα του υπολογιστή ή με αυτόνομη παροχή ρεύματος από μπαταρία. Η μονάδα παρέχει σταθερά τάση 5V στις εξόδους της. Για παροχή ρεύματος στη μονάδα από εξωτερική πηγή δέχεται τροφοδοσία από εξωτερικό βύσμα - συνιστώμενη παρεχόμενη τάση λειτουργίας είναι στα 7V έως 12V, ώστε να μπορεί να λειτουργήσει και να δώσει σταθερά τα 5V στην έξοδο.

3.1.2 Λογισμικό για Arduino Uno SMD

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη με τη γνωστή γλώσσα αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων, είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει τα προγράμματα στην πλακέτα.

Εικόνα 12: Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα Arduino με δυνατότητα επιλογής πλακέτας (π.χ. Arduino Uno)



Συνηθισμένη τακτική για τον προγραμματισμό του hardware είναι η χρήση της γλώσσα προγραμματισμού

C. Έτσι και τα προγράμματα προγραμματισμού του Arduino είναι γραμμένα σε γλώσσα προγραμματισμού C ή C++ [9].

Τα κύρια στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα πρόγραμμα Arduino μπορούν να χωριστούν σε τρία κύρια μέρη: τις δομές, τις τιμές (μεταβλητές και σταθερές) και τις συναρτήσεις. Κάποια από τα βασικά στοιχεία παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες [10].

Πίνακας 6: Βασικές δομές προγραμματισμού σε ARDUINO [10]

Δομές ελέγχου		Στοιχεία Σύνταξης	Αριθμητικοί τελεστές	
if	continue	#include	=	+
if...else	return	#define	-	*
for	return	/*...*/ (σχόλιο πολλαπλών γραμμών)	/	%
switch case	break	// (σχόλιο μιας γραμμής)		
while	do... while			

Τελεστές σύγκρισης		Boolean τελεστές	Λογικοί τελεστές	
==	!=	&& (AND)	&	
ίσο	Διάφορο	(OR)	(bitwise AND)	(bitwise OR)
<	>	! (NOT)	^	~
Μικρότερο	μεγαλύτερο		(bitwise XOR)	(bitwise NOT)
<=	>=		<<	>>
Μικρότερο ή ίσο	Μεγαλύτερο ή ίσο		(bitshift left)	(bitshift right)

setup(): Χρησιμοποιείτε για την αρχικοποίηση των μεταβλητών, τον ορισμό του τρόπου χρήσης των pins. Η λειτουργία εκτελεστεί μόνο μια φορά, μετά από κάθε εκκίνηση ή επαναφορά της πλακέτας Arduino.

loop(): Χρησιμοποιείται για διαδοχικές εκτελέσεις, επιτρέποντας στο πρόγραμμα να αλλάζει και να ελέγξει όλες της εισόδους και εξόδους του μικροελεγκτή καθώς και της επικοινωνίες με άλλες συσκευές

Πίνακας 7: Βασικές τιμές (μεταβλητές & σταθερές) προγραμματισμού σε ARDUINO [10]

Τύποι δεδομένων			Σταθερές	
void	float	double	HIGH LOW	true false
boolean	word	array	INPUT OUTPUT INPUT_PULLUP	
char	unsigned long	string Πίνακας char	LED_BUILTIN	integer constants
int	unsigned int	String Αντικείμενο	floating constants	point
byte	short	long		

Μετατροπές		Βοηθητικά	
char()	word()	variable scope	sizeof()
byte()	long()	static	PROGMEM
int()	float()	const	volatile

Πίνακας 8: Βασικές συναρτήσεις προγραμματισμού σε ARDUINO [10]

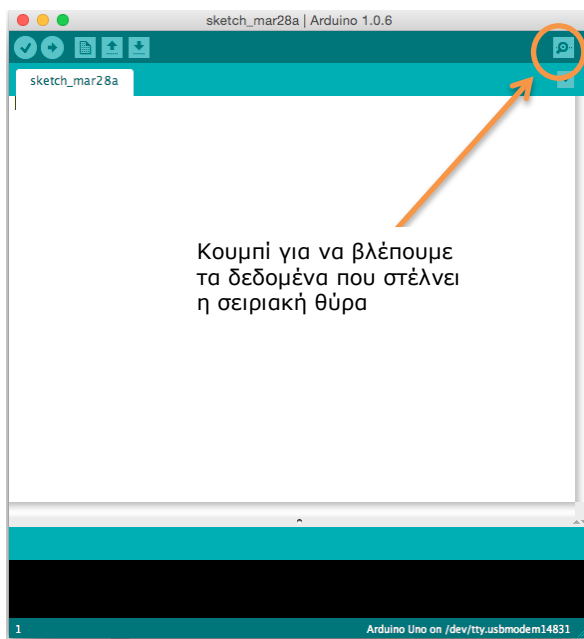
Ψηφιακές I/O	Αναλογικές I/O	Ανώτερες I/O	Bits & Bytes	Εξωτερικά Interrupts
pinMode()	analogReference()	tone()	lowByte()	attachInterrupt()
digitalWrite()	analogRead()	noTone()	highByte()	detachInterrupt()
digitalRead()	analogWrite()	shiftOut()	bitRead()	
		shiftIn()	bitWrite()	Interrupts
		pulseIn()	bitSet()	interrupts()
			bitClear()	noInterrupts()
			bit()	

Μαθηματικές	
min()	max()
abs()	sqrt()
constrain()	map()
pow()	sin()
cos()	tan()

Επικοινωνίας	
Serial	Stream

3.1.3 Σειριακή θύρα επικοινωνίας

Το Arduino παρέχει μια σειριακή θύρα επικοινωνίας μεταξύ της πλακέτας και του υπολογιστή. Για το σκοπό αυτό



Εικόνα 13: Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικά ARDUINO και κουμπί για προβολή δεδομένων που στέλνονται στη σειριακή θύρα

που έχουμε δημιουργήσει. Επίσης μπορούμε τα δεδομένα που στέλνονται από τη σειριακή θύρα να τα καταγράψουμε σε αρχεία ώστε να εκμεταλλευτούμε τα δεδομένα αργότερα.

χρησιμοποιείται η σύνδεση με καλώδιο USB. Η σειριακή θύρα χρησιμοποιείται για την αμφίδρομη επικοινωνία με το ARDUINO. Για ενεργοποίησή της σειριακής θύρα επικοινωνίας αρκεί να δώσουμε την εντολή `Serial.begin(BaudRate)`, όπου το `BaudRate` εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο θα μεταδίδονται τα bits δηλαδή να στείλουμε και να λάβουμε δεδομένα και μπορεί να πάρει τις τιμές 4800, 9600, 19200 και 38400.

Μέσω της σειριακής θύρας και με την βοήθεια της συνάρτησης `print()` μπορούμε να βλέπουμε ή ακόμα και να παίρνουμε στον υπολογιστή τα δεδομένα που θέλουμε. Μέσα από το λογισμικό του ARDUINO μπορούμε να βλέπουμε τα μηνύματα και τα δεδομένα που στέλνονται από την πλακέτα σύμφωνα με τον κώδικά

3.2 Όργανα

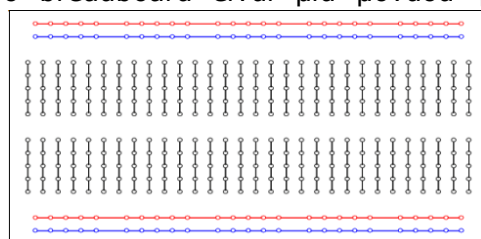
Για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης και σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε στο κεφάλαιο 4 τα απαραίτητα υλικά που θα χρειαστούν εκτός από το ARDUINO είναι:

- Breadboard (πλακέτα δοκιμών)
- Jumper Wires (καλώδια βραχυκύκλωσης)
- Αντιστάσεις
- Αισθητήρας θερμοκρασίας
- Αισθητήρας υγρασίας
- Αισθητήρας ανέμου

Παρακάτω παρουσιάζονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

3.2.1 Breadboard και Jumper Wires

Το breadboard είναι μια μονάδα για την κατασκευή προσωρινών κυκλωμάτων (πρωτοτύπων) και δεν απαιτούν καμία συγκόλληση. Ένα breadboard αποτελείται από ένα διάτρητο πλαστικό μπλοκ. Κάτω από το πλαστικό υπάρχουν μεταλλικά κλιπ που επιτρέπουν διαφορετικές συνδέσεις. Οι δύο σειρές πάνω και οι δύο σειρές κάτω είναι οριζόντια ενωμένες και χρησιμοποιούνται για την διανομή των τάσεων τροφοδοσίας σε όλο το μήκος της πλακέτας. Εσωτερικά οι δυο πεντάδες (ABCDE και FGHIJ) από οπές είναι κατακόρυφα ενωμένες.



Εικόνα 14: breadboard και εσωτερικές συνδέσεις

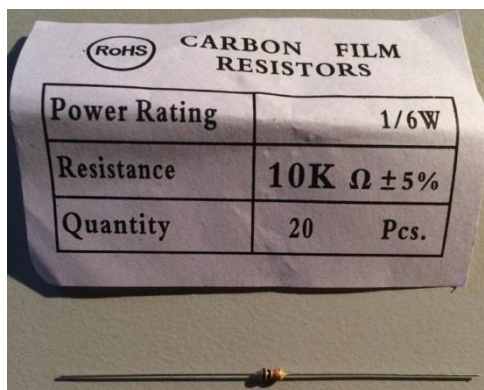
Τα jumper wires χρησιμοποιούνται για γεφυρώσεις ανάμεσα στο breadboard και το arduino. Στις δύο άκρες έχουν αρσενικά pins και εφαρμόζουν σε όλες τις οπές των breadboard. Τα καλώδια βραχυκύκλωσης έχουν διάφορα χρώματα και μήκη ώστε να βοηθούν στην εύκολη αναγνώριση του κυκλώματος.

3.2.2 Αντιστάσεις



Εικόνα 15: Χρωματικός κώδικας αντίστασης

Η ωμική ηλεκτρική αντίσταση είναι το μέγεθος με το οποίο μετράται η δυσχέρεια στην έλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα υλικό. Την αντίσταση τη χρησιμοποιούμε για να μειώσουμε την κατανάλωση - ισχύ σε κάποιο ηλεκτρονικό εξάρτημα, π.χ. ένα led. Όσο πιο μεγάλη η τιμή της αντίστασης τόσο λιγότερο ρεύμα θα περάσει από αυτή. Οι αντιστάσεις έχουν δυο ακροδέκτες και δεν έχουν πολικότητα. Οι αντιστάσεις χρησιμοποιούν τον χρωματικό κώδικα για την ανάγνωση τους. Ο χρωματικός κώδικας αποτελεί μέσο για τον υπολογισμό της ωμικής αντίστασης καθώς και της ανοχής της. Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τις τιμές που αντιστοιχούν σε κάθε χρώμα σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60062 [11].



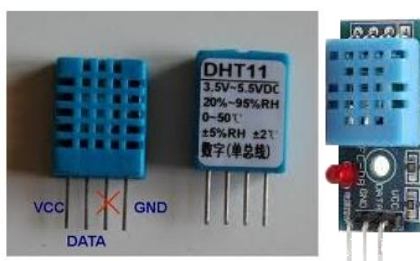
Εικόνα 16: Αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα μέτρησης

Πίνακας 9: Χρωματικός κώδικας για αναγνώριση αντιστάσεων

Χρώμα	1 ^ο ψηφίο	2 ^ο ψηφίο	Πολλαπλασιαστής	Ανοχή
Μαύρο	0	0	$\times 10^0$	-
Καφέ	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
Κόκκινο	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)
Πορτοκαλί	3	3	$\times 10^3$	-
Κίτρινο	4	4	$\times 10^4$	-
Πράσινο	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)
Μπλε	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)
Μοβ	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)
Γκρι	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)
Λευκό	9	9	$\times 10^9$	-
Χρυσό	-	-	$\times 0,1$	$\pm 5\%$ (J)
Ασημί	-	-	$\times 0,01$	$\pm 10\%$ (K)
Κανένα	-	-	-	$\pm 20\%$ (M)

Για την εφαρμογή μας θα χρειαστούμε μια αντίσταση $10\text{K}\Omega \pm 0.5\%$ (καφέ, μαύρο, πορτοκαλί, χρυσό).

3.2.3 Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας



Εικόνα 17: Αισθητήρες DHT11

Για την μέτρηση της υγρασίας είναι απαραίτητη η γνώση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος οπότε επιλέχθηκε ένας αισθητήρας αντιστάσεως ο DHT11 που είναι αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι αισθητήρες αυτού του τύπου μετρούν την αλλαγή της υγρασίας και την μεταφράζουν σε αλλαγή της ηλεκτρικής αντίστασης. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένα NTC θερμίστορ [12]. Τυπικά, η αλλαγή της αντίστασης με την υγρασία ακολουθεί μια εκθετικά αντίστροφη συσχέτιση, και σχεδόν κυμαίνεται από 1 έως 100MΩ. Ο αισθητήρας βαθμονομείται σε

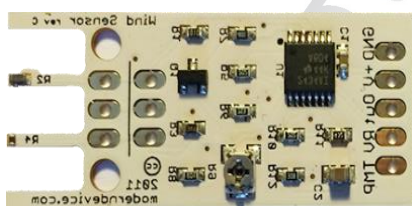
εργαστήρια και οι συντελεστές βαθμονόμησης αποθηκεύονται στη μνήμη OTP και χρησιμοποιούνται από την εσωτερική διαδικασία ανίχνευσης του σήματος του αισθητήρα [13]. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10: Τεχνικά χαρακτηριστικά αισθητήρα DHT11

Εύρος μέτρησης υγρασίας	20-90%RH
Εύρος μέτρησης θερμοκρασίας	0-50 °C
Ακρίβεια μέτρησης υγρασίας	±5%RH
Ακρίβεια μέτρησης θερμοκρασίας	±2°C

Ο αισθητήρας είναι τεσσάρων pin και η τροφοδοσία του πρέπει να είναι 3-5.5V DC ενώ ο τρόπος σύνδεσης των pin φαίνεται στο σχήμα 17.

3.2.4 Αισθητήρας ανέμου



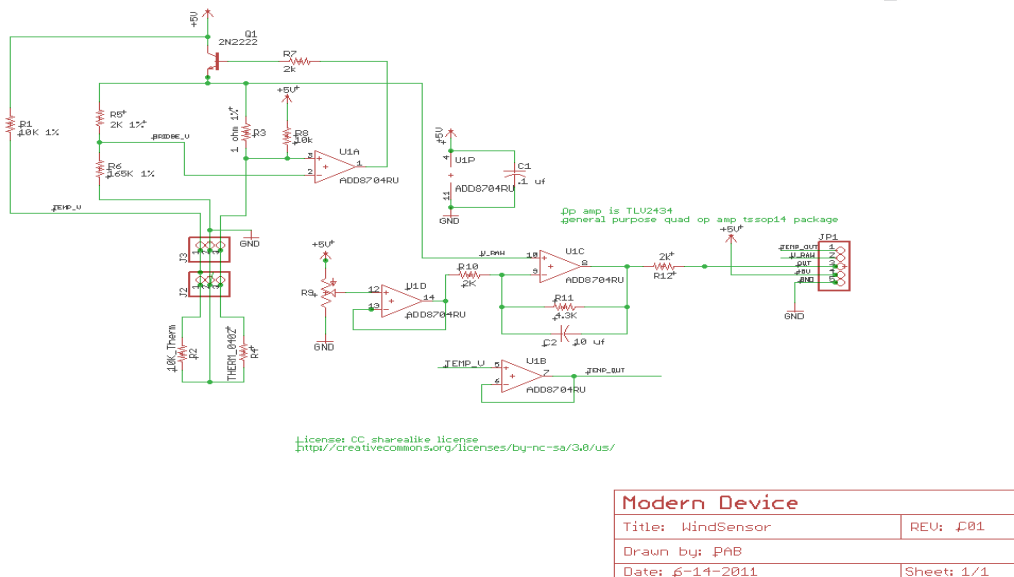
Εικόνα 18: Αισθητήρας μέτρησης ταχύτητας αέρα βασισμένος στην αρχή του hot wire

Για την μέτρηση της ταχύτητας του αέρα επιλέχθηκε ένας ηλεκτρονικός αισθητήρας ανέμου της εταιρείας Modern Device. Ο αισθητήρας ανέμου είναι ένα θερμικό ανεμόμετρο βασίζεται σε μια παραδοσιακή τεχνική για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου που ονομάζεται hot wire (θερμό σύρμα) και περιλαμβάνει την θέρμανση ενός στοιχείου σε μια σταθερή θερμοκρασία και μετά μετράται η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται για να διατηρηθεί το θερμαινόμενο στοιχείο στη

θερμοκρασία και με τις αλλαγές του ανέμου. Έτσι η μετρούμενη ηλεκτρική εισόδου είναι ευθέως ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας του ανέμου. Αυτή η τεχνική υπερέχει σε χαμηλή έως μέση ταχύτητα του ανέμου, και είναι η προτιμώμενη τεχνική για την ανίχνευση της κίνησης του αέρα στους εσωτερικούς χώρους.

Η τάση τροφοδοσίας του αισθητήρα είναι μεταξύ 5V και 10V. Για τις ανάγκες εκκίνησης του αισθητήρα πρέπει να ζεσταθεί περίπου 10 δευτερόλεπτα για να σταθεροποιηθεί θερμικά για την καλύτερη ακρίβεια. Αυτό το χρονικό διάστημα επιτρέπει στο θερμίστορ να ζεσταθεί στη θερμοκρασία λειτουργίας. Ο αισθητήρας ανέμου περιλαμβάνει ένα trimpot (μικρό κομβίο) που χρησιμοποιείται για τη

βαθμονόμηση του αισθητήρα για μηδενικό άνεμο. Η βαθμονόμηση είναι απλή. Απλά τοποθετούμε τον αισθητήρα σε ένα κλειστό περιβάλλον για να εμποδιστεί οποιοδήποτε αεράκι και ρυθμίζουμε το trimpot στο επιθυμητό επίπεδο μηδέν. Η βαθμονόμηση του αισθητήρα θα πρέπει να επαναλαμβάνεται όταν αλλάζουμε την τάση εισόδου. Παρακάτω παρουσιάζεται το σχηματικό διάγραμμα όπως το δίνει η εταιρεία [14].



Εικόνα 19: Ηλεκτρονικό διάγραμμα αισθητήρα μέτρησης ταχύτητα αέρα [14]

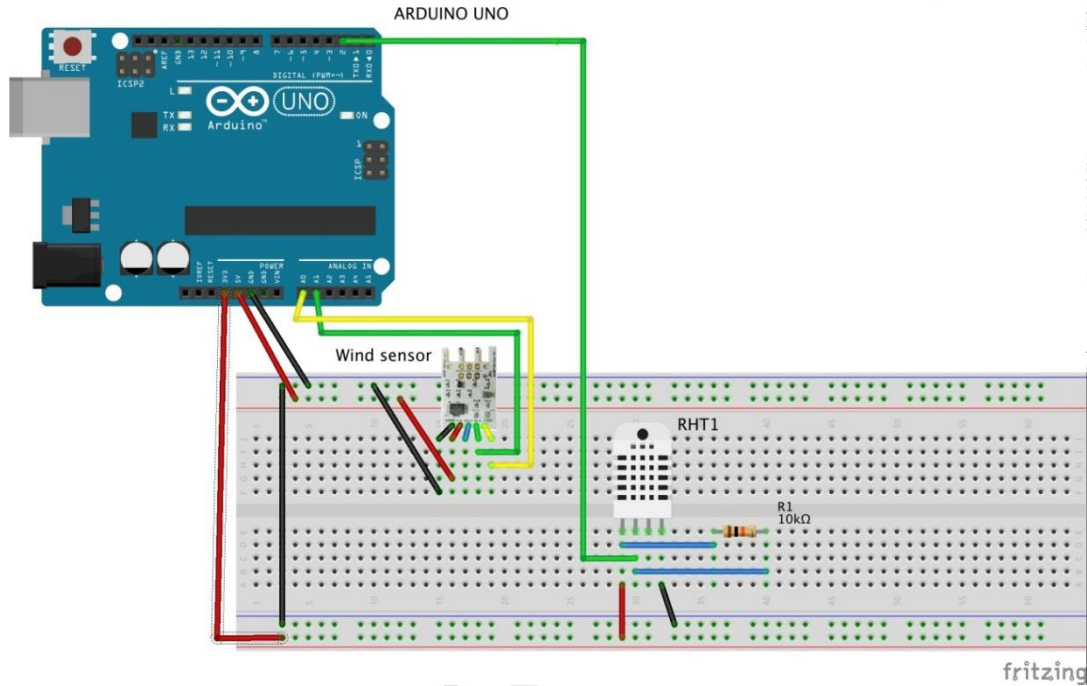
Ο αισθητήρας έχει πέντε pins και ο τρόπος σύνδεσης των pins παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 11: Συνδέσεις αισθητήρα μέτρησης ταχύτητας ανέμου

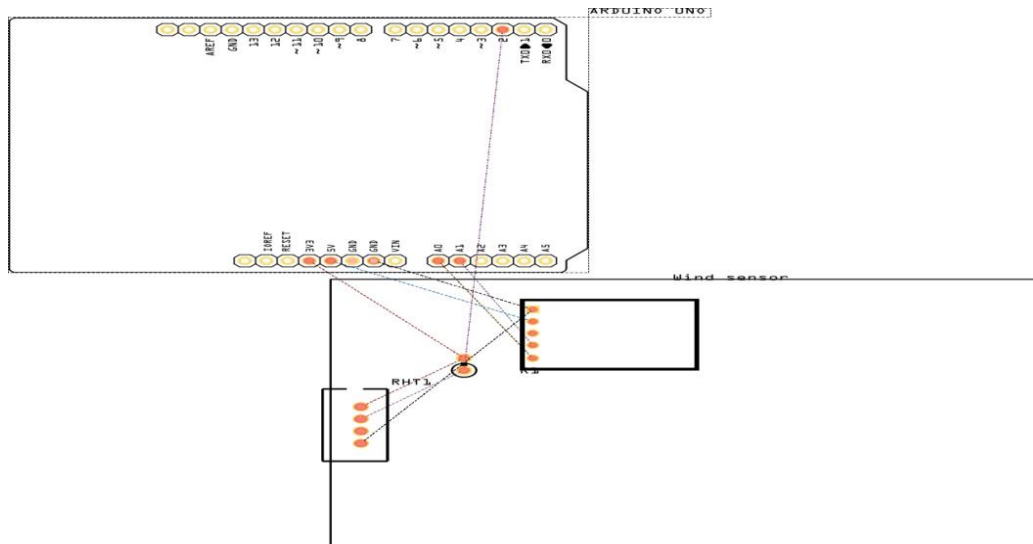
Όνομασία pin (από αισθητήρα)	Επεξήγηση
GRD	Γείωση
+V	Τάση τροφοδοσίας – 5 έως 10 volts –
Out	Τάση εξόδου. Αυτή είναι η τάση στο RV πολλαπλασιασμένη με τρία και μετατοπισμένη ανάλογα με τη ρύθμιση της βαθμονόμησης.
RV	Αυτή είναι η τάση βρόχου χωρίς επεξεργασία. Δεν θα πάει κάτω από περίπου 1,8 volt σε θερμοκρασία δωματίου. Αυτή η τάση δεν επηρεάζεται από την βαθμονόμηση. Η έξοδος του αισθητήρα είναι λογαριθμική, που σημαίνει ότι ο αισθητήρας μπορεί να συλλάβει πολύ μικρές μετακινήσεις του αέρα.
TMP	Έξοδος θερμοκρασίας. Αυτή είναι μόνο μια αντίσταση διαιρέτη τάσης και θερμίστορ. Διαβάσει περίπου 2,8volt σε θερμοκρασία δωματίου και μειώνεται με υψηλότερες θερμοκρασίες ενώ αυξάνει με χαμηλότερες θερμοκρασίες.

4 Υλοποίηση συστήματος μέτρησης και καταγραφής περιβαλλοντικών συνθηκών

Με την ανάλυση του απαιτήτου για τις μετρήσεις εξοπλισμού που έγινε στο κεφάλαιο 5 οι συνδεσμολογία των αισθητήρων για την πραγματοποίηση των μετρήσεων παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα.

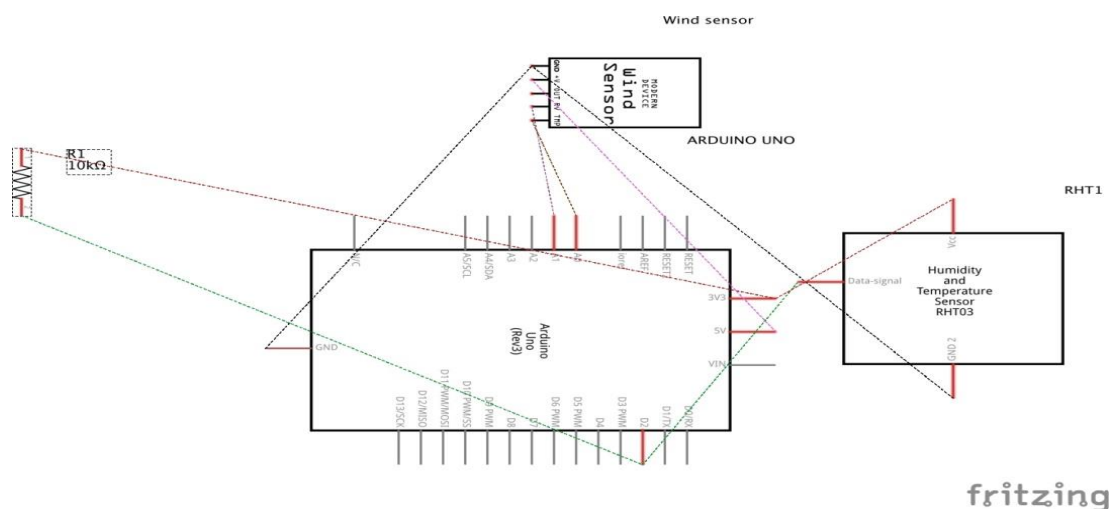


Εικόνα 20: Σχεδιασμός συνδεσμολογία συστήματος μέτρησης



Εικόνα 21: Τυπωμένο PCB σχέδιο

Για την υλοποίηση των διαγραμμάτων χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα με την ονομασία Fritzing, ελεύθερου λογισμικού (<http://fritzing.org/home/>).



Εικόνα 22: Σχέδιο συνδεσμολογίας αισθητήρων και ARDUINO

Για την τροφοδοσία των αισθητήρων χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές τάσεις μια 5V, για το ανεμόμετρο και μία 3,3V για τον αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας – υγρασίας. Για όλες τις συνδέσεις με τις τάσεις χρησιμοποιείται κόκκινο καλώδιο, ενώ για τη γείωση μαύρο.

Για το ανεμόμετρο η θέση RV συνδέθηκε με την αναλογική θύρα A1 (πράσινο καλώδιο) και η θέση TEMP με την αναλογική θύρα A0 (κίτρινο καλώδιο). Από τις θέσεις αυτές διαβάζουμε τις ενδείξεις του αισθητήρα χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `analogRead(pinNumber)`, δηλαδή για τη θέση A0 έχουμε `analogRead(0)`.

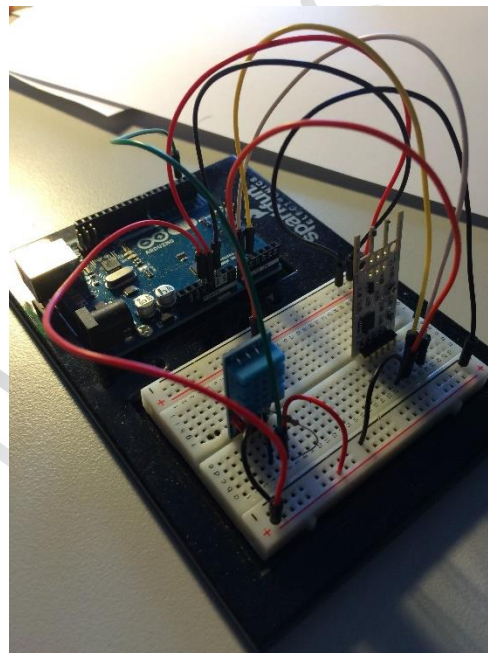
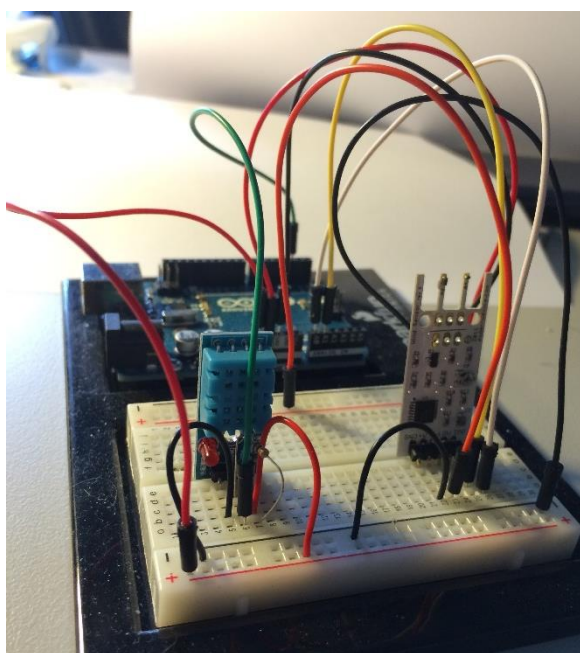
Για τον αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη "DHT". Η θέση data του αισθητήρα τοποθετείται στην ψηφιακή θύρα 2 (πράσινο καλώδιο), ενώ ανάμεσα στις θέσεις του αισθητήρα data και Vcc παρεμβάλλεται μια αντίσταση 10KΩ.

Το ARDUINO συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας και το BaudRate που χρησιμοποιείται είναι 9600. Μέσω της σειριακής θύρας έγινε ο προγραμματισμός της πλακέτας και σύμφωνα με το κώδικα προγραμματισμού αφού διαβαστούν οι ενδείξεις πού στέλνουν τα αισθητήρια πραγματοποιούνται στο ARDUINO όλοι οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα στέλνονται μέσω της σειριακής θύρας στον υπολογιστή από όπου μπορούν να γίνουν ορατά μέσα από το λογισμικό του ARDUINO. Για να σταλούν τα δεδομένα μέσω της θύρας χρησιμοποιείται η συνάρτηση `Serial.print(variable)`.

Βάσει της παραπάνω ροής θα γेमίζει απευθείας η βάση δεδομένων επομένως το μόνο που χρειάζεται είναι να παίρνουμε τις τιμές. Οι τιμές εμφανίζονται με την μορφή θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα αέρα, υγρασία.

```
Serial.print(t);
Serial.print(",");
Serial.print((float)WindSpeed_MS);
Serial.print(",");
Serial.println(h);
```

Δεδομένου ότι οι μετρήσεις αφορούν steady-state κατάσταση του χώρου και για τους υπολογισμούς της θερμικής άνεσης θα χρησιμοποιηθούν οι μέσες τιμές των περιβαλλοντικών συνθηκών της τελευταίας μιας ώρας οι μετρήσεις θα λαμβάνονται ανά μισό λεπτό (30sec). Για να διαβάζει το ARDUINO τις τιμές των αισθητήρων ανά μισό λεπτό χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση *delay(30000)*. Η συνάρτηση *delay* δέχεται το χρόνο σε ms.



Εικόνα 23: Υλοποιημένο σύστημα μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών

5 Βάση δεδομένων μετρήσεων και μεταφορά δεδομένων

Το λογισμικό που θα αναπτυχθεί θα αφορά σε ένα σύστημα πρόβλεψης της θερμικής άνεσης χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό των PMV και PPD και θα είναι διαθέσιμο σε πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας. Για να μπορέσουν να γίνουν οι υπολογισμοί για την

Temp	
ID INT(11)	
temperature VARCHAR(10)	
velocity VARCHAR(10)	
RH VARCHAR(10)	
time TIMESTAMP	
Indexes	
PRIMARY	

Εικόνα 24: Στήλες πίνακα μετρήσεων

μετρήσεις.

Η βάση δεδομένων θα αποτελείται από ένα πίνακα που οι στήλες θα είναι:

- Κωδικός εγγραφής

- Θερμοκρασία
- Ταχύτητα αέρα
- Υγρασία
- Ημερομηνία – ώρα

Για την δημιουργία της βάσης δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η MySQL η οποία είναι μια από τις πιο δημοφιλείς βάσεις δεδομένων, ανοιχτού κώδικα, στον κόσμο.

ID	temperature	velocity	RH	time
5	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:14
6	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:19
7	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:23
8	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:27
9	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:31
10	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:36
11	23.00	0.12	39.00	2015-03-14 11:12:40
12	24.00	0.2	39.00	2015-04-21 10:54:05
13	24.00	0.13	39.00	2015-03-14 11:12:49
14	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:12:53
15	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:12:57
16	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:01
17	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:06
18	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:10
19	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:14
20	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:18
21	25.00	0.13	38.00	2015-03-14 11:13:23
22	23.00	0.01	39.00	2015-03-14 16:54:25
23	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:29
24	23.00	0.01	39.00	2015-03-14 16:54:33
25	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:37
26	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:42
27	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:46
28	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:50
29	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:54:55
30	23.00	nan	39.00	2015-03-14 16:54:59
31	23.00	nan	39.00	2015-03-14 16:55:03
32	23.00	0.00	39.00	2015-03-14 16:55:07
33	23.00	nan	39.00	2015-03-14 16:55:12
34	23.00	nan	39.00	2015-03-14 16:55:16

Εικόνα 25: Συμπληρωμένη βάση δεδομένων με μετρήσεις

5.1 Python – Σύνδεση με βάση δεδομένων

Τα στοιχεία των μετρήσεων από το ARDUINO στέλνονται στον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας. Τα δεδομένα αυτά για να περάσουν απευθείας στη βάση δεδομένων χρειάστηκε να γραφτεί κατάλληλο πρόγραμμα με την βοήθεια της γλώσσας σεναρίου Python. Η Python είναι μια διερμηνευόμενη (interpreted), αλληλεπιδραστική (interactive) και προσανατολισμένη σε αντικείμενα (object-oriented) γλώσσα προγραμματισμού. Οι διερμηνευτές (interpreters) της Python είναι διαθέσιμοι για τα περισσότερα λειτουργικά συστήματα και ο πηγαίος κώδικας της Python διατίθεται δωρεάν [15]. Η επίσημη ιστοσελίδα της γλώσσας είναι η <http://www.python.org>. Τα βήματα που ακολουθούνται και ο κώδικας παρουσιάζονται παρακάτω:

1. Γίνεται σύνδεση με τη βάση δεδομένων.
2. Διαβάζει τα δεδομένα από τη σειριακή θύρα.
3. Ξεχωρίζει τις τιμές σε θερμοκρασία, ταχύτητα αέρα, υγρασία
4. Γεμίζει τη βάση δεδομένων με τα στοιχεία

```
import serial
import mysql.connector

ser = serial.Serial('/dev/tty.usbmodem14831', 9600)
config = {
    'user': 'root',
    'password': '*****',
    'host': 'localhost',
    'database': 'Lab',
    'raise_on_warnings': True,
}
cnx = mysql.connector.connect(**config)
cur = cnx.cursor()
while True:
    s = ser.readline().strip("\r\n")
    words = s.split(",")
    cur.execute('insert into Temp (temperature, velocity, RH) values (%s, %s, %s)',
                (words[0], words[1], words[2]))
    cnx.commit()
```

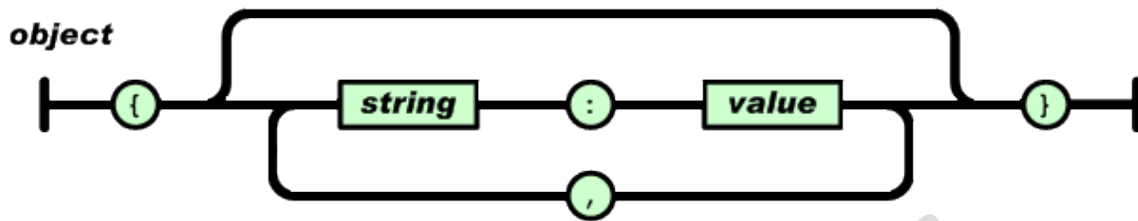
5.2 Σύνδεση εφαρμογής με βάση δεδομένων – PHP

Το τελικό στάδιο για να γίνει η πρόβλεψη της θερμικής άνεσης είναι το κινητό να συνδεθεί μέσω δικτύου στη βάση δεδομένων ώστε να χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών στους υπολογισμούς. Η σύνδεση γίνεται εφικτή με τη χρήση μίας ιστοσελίδας γραμμένης σε php που στέλνει τα αποτελέσματα του ερωτήματος που γίνεται στη βάση στην εφαρμογή. Το ερώτημα προς τη βάση είναι να μας φέρει τους μέσους όρους των μετρήσεων για την τελευταία μία ώρα και την ημερομηνία και ώρα της τελευταίας καταγραφής στη βάση δεδομένων.

Με την ιστοσελίδα γίνεται απλώς η σύνδεση με τη βάση δεδομένων και τα αποτελέσματα στέλνονται στο κινητό με τη βοήθεια του προτύπου ανταλλαγής δεδομένων JSON. Το JSON (JavaScript Object Notation) είναι ένα ελαφρύ πρότυπο ανταλλαγής δεδομένων. Είναι εύκολο για τους ανθρώπους να το διαβάσουν και γράψουν. Είναι εύκολο για τις μηχανές να το αναλύσουν (parse) και να το παράγουν (generate). Είναι βασισμένο πάνω σε ένα υποσύνολο της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript, Standard ECMA-262 Έκδοση 3η - Δεκέμβριος 1999. Το JSON είναι ένα πρότυπο κειμένου το οποίο είναι τελείως ανεξάρτητο από γλώσσες προγραμματισμού αλλά χρησιμοποιεί πρακτικές (conventions) οι οποίες είναι γνωστές στους προγραμματιστές της οικογένειας προγραμματισμού C, συμπεριλαμβανομένων των C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python, και πολλών άλλων. Αυτές οι ιδιότητες κάνουν το JSON μια ιδανική γλώσσα προγραμματισμού ανταλλαγής δεδομένων.

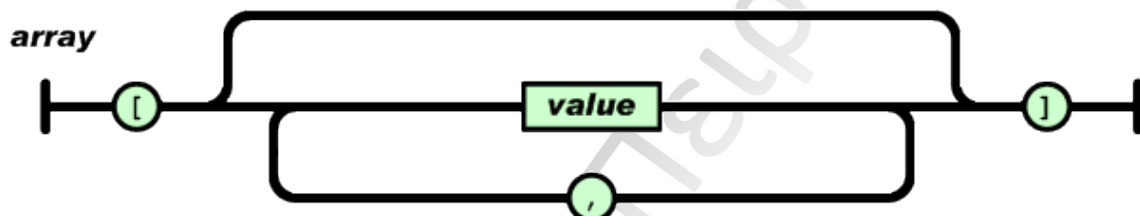
Το JSON είναι χτισμένο σε δύο δομές:

- Μια συλλογή από ζευγάρια ονομάτων/τιμών. Σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, αυτό αντιλαμβάνεται ως ένα object, καταχώριση, δομή, λεξικό, πίνακα hash (hash table), λίστα κλειδιών, ή associative πίνακα [16].



Εικόνα 26: Σύνταξη JSON {"string1":"value1", "string2":"value2"} για αντικείμενα

- Μία ταξινομημένη λίστα τιμών. Στις περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού, αυτό αντιλαμβάνεται ως ένας πίνακας, διάνυσμα, λίστα, ή ακολουθία [16].



Εικόνα 27: Σύνταξη JSON για πίνακα αντικειμένων [{"string1":"value1", "string2":"value2"}, {"string3":"value3", "string4":"value4"}]

Αυτά είναι τα universal data structures. Ουσιαστικά όλες οι μοντέρνες γλώσσες προγραμματισμού τα υποστηρίζουν με τον έναν ή τον άλλον τρόπο. Λογικό είναι πως ένα πρότυπο δεδομένων το οποίο είναι εύκολα μεταβαλλόμενο με γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες επίσης είναι βασισμένες σε αυτές τις δομές.

Παρακάτω παρουσιάζεται ο κώδικας της php που χρησιμοποιείται ως ενδιάμεσο βήμα για να σταλούν τα δεδομένα από τον υπολογιστή στην εφαρμογή του κινητού.

getData.php

```
<?php
$host = "localhost";
$db = "Lab";
$user = "root";
$pass = "****";

$connection = mysql_connect($host, $user, $pass);

if(!$connection)
{
    die("Database server connection failed.");
}
else
{
    $dbconnect = mysql_select_db($db, $connection);
    if(!$dbconnect)
    {
        die("Unable to connect to the specified database!");
    }
}
```

```
else
{
$query="SELECT ID,AVG(temperature) AS temperature, AVG(RH) AS RH, AVG (velocity) AS velocity,
MAX(time) AS time FROM Temp WHERE time > (NOW() - INTERVAL 1 HOUR)";

//$query = "SELECT * FROM Temp WHERE ID=12"
$resultset = mysql_query($query, $connection);

$records = array();

while($r = mysql_fetch_assoc($resultset)){
    $records[] = $r;
}

//Output the data as JSON
echo json_encode($records);
}
}
?>
```

6 Σχεδιασμός Εφαρμογής

6.1 Απαιτήσεις Υψηλού Επιπέδου

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε αφορά σε ένα σύστημα πρόβλεψης της θερμικής άνεσης χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό των PMV και PPD, το οποίο λειτουργεί σε φορητή πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας. Η πρόβλεψη του επιπέδου άνεσης γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ISO7730.

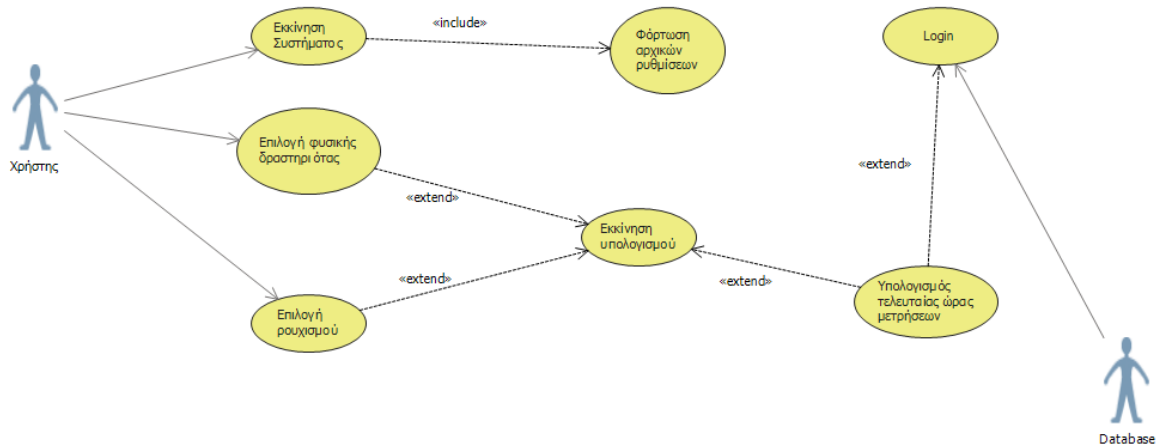
Συγκεκριμένα ο χρήστης του συστήματος θα έχει την δυνατότητα να ορίσει τις παραμέτρους της φυσικής δραστηριότητας και του ρουχισμού, επιλέγοντας από προκαθορισμένες λίστες. Εκτός από τα στοιχεία αυτά για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης είναι απαραίτητα τα κλιματολογικά στοιχεία. Ο χρήστης πατώντας το κουμπί "RUN" αναγκάζει το σύστημα να συνδεθεί, μέσω php, στη βάση δεδομένων που καταγράφονται οι μετρήσεις και να πάρει τους μέσους όρους των κλιματολογικών συνθηκών της τελευταίας μιας ώρας.

Έχοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα το σύστημα υπολογίζει την πρόβλεψη της γενικής θερμικής αίσθησης (PMV) και το βαθμό δυσφορίας (PPD) των ατόμων που εκτίθενται σε αυτές τις συνθήκες. Ο χρήστης θα πληροφορείται για τις παραπάνω προβλέψεις με την εμφάνιση των τιμών τους αλλά και για την θερμικής αίσθησης λεκτικά. Επίσης θα παρουσιάζεται στον χρήστη ο χρόνος που πραγματοποιήθηκε η τελευταία μέτρηση των κλιματολογικών συνθηκών.

6.2 Μοντέλο περιπτώσεων χρήσης

Παρακάτω παρουσιάζονται οι περιπτώσεις χρήσης που περιγράφουν τη συμπεριφορά του συστήματος από την οπτική γωνία του χρήστη. Στην τεκμηρίωση των περιπτώσεων χρήσης φαίνονται τα όρια του συστήματος και του περιβάλλοντος.

6.2.1 Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης (Use Case Diagram)



6.2.2 Τεκμηρίωση Περιπτώσεων Χρήσης

Τίτλος: Εκκίνηση μέτρησης

Χρήστης: Κύριος Χρήστης.

Περιγραφή: Ο χρήστης ξεκινάει την εφαρμογή υπολογισμού επιπέδου άνεσης.

Προϋποθέσεις:

- Φόρτωση προκαθορισμένων παραμέτρων.
- Ενεργοποίηση συσκευής κλιματολογικών μετρήσεων

Μετασυνθήκες:

- Το σύστημα υπολογίζει τα επίπεδα άνεσης

Βασική Ροή:

1. Ο χρήστης επιλέγει το κουμπί "RUN" που βρίσκεται στην κεντρική οθόνη εφαρμογής με τις επιλεγμένες ρυθμίσεις.
2. Η εφαρμογή συνδέεται με τη βάση δεδομένων.
3. Το σύστημα πληροφορεί τον χρήστη για τα επίπεδα άνεσης, το υπολογιζόμενο PMV και το PPD.

Εναλλακτικές Ροές:

Εναλλακτική ροή A: Δεν υπάρχει σύνδεση με τη βάση δεδομένων.

2α. Εμφάνιση κατάλληλου μηνύματος.

2β. Κλείσιμο εφαρμογής.

Εναλλακτική ροή B: Δεν υπάρχουν μετρήσεις από τη συσκευή.

- 3α. Εμφάνιση κατάλληλου μηνύματος που αναφέρει ότι δεν υπάρχουν κλιματολογικές μετρήσεις την τελευταία μια ώρα.
- 3β. Ο έλεγχος επιστρέφει στο βήμα 1.

Τίτλος: Ρύθμιση παραμέτρων φυσικής δραστηριότητας

Χρήστης: Κύριος Χρήστης.

Περιγραφή: Για τον υπολογισμό της άνεσης απαιτείται να καθοριστεί η φυσική δραστηριότητα του ατόμου.

Προϋποθέσεις:

Δεν υπάρχουν.

Μετασυνθήκες:

Το σύστημα αποθηκεύει την δραστηριότητα του χρήστη.

Βασική Ροή:

1. Στην κεντρική οθόνη εμφανίζεται περιστρεφόμενος επιλογέας δραστηριοτήτων.
2. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη φυσική του δραστηριότητα μεταξύ των προκαθορισμένων δραστηριοτήτων (Seated relaxed, Sedentary activity, Standing light activity, Standing medium activity, Reclining, Walking 2 km/h, Walking 3 km/h, Walking 4 km/h, Walking 5 km/h).
3. Στο πεδίο της φυσικής δραστηριότητας εμφανίζεται η αντιστοίχιση της λεκτικής επιλογής σε μεταβολικό ισοδύναμο (MET) .

Εναλλακτικές Ροές:

Δεν υπάρχουν.

Τίτλος: Ρύθμιση παραμέτρων ρουχισμού

Χρήστης: Κύριος Χρήστης.

Περιγραφή: Για τον υπολογισμό της άνεσης απαιτείται να καθοριστεί ο ρουχισμός του χρήστη.

Προϋποθέσεις:

Δεν υπάρχουν.

Μετασυνθήκες:

Το σύστημα αποθηκεύει τον ρουχισμό του χρήστη.

Βασική Ροή:

1. Στην κεντρική οθόνη εμφανίζεται περιστρεφόμενος επιλογέας ρουχισμού.
2. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τα ρούχα που φοράει μεταξύ των προκαθορισμένων (Typical summer indoor, Typical winter indoor, Typical summer outdoor, Typical autumn outdoor, Typical winter outdoor).
3. Στο πεδίο του ρουχισμού εμφανίζεται η αντιστοίχιση της λεκτικής επιλογής σε θερμική μόνωση (μονάδες clo).

Εναλλακτικές Ροές:

Δεν υπάρχουν.

6.3 Διάγραμμα Κλάσεων – Class Diagrams

Για την δημιουργία της εφαρμογής θα χρειαστούν οι παρακάτω κλάσεις.

Κλάση χρήστης, η κλάση αυτή έχει μόνο λειτουργίες οι οποίες είναι:

- `SelectActivity()`: είναι η λειτουργία της επιλογής της δραστηριότητας από προκαθορισμένη λίστα
- `SelectClothing()`: είναι η λειτουργία της επιλογής ρουχισμού από προκαθορισμένη λίστα
-

Κλάση Database, η κλάση αυτή έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- ID, που είναι ο αύξων αριθμός της μέτρησης.
- Ημερομηνία - Ώρα, που αντιστοιχεί στην ημερομηνία και στην ώρα εγγραφής των μετρήσεων
- Θερμοκρασία, που είναι η θερμοκρασία αέρα που μετρήθηκε από το θερμόμετρο.
- Ταχύτητα αέρα, που είναι η ταχύτητα του αέρα που μετρήθηκε από το ανεμόμετρο
- Υγρασία, που είναι η σχετική υγρασία που μετρήθηκε από το όργανο

Κλάση Data, η οποία έχει τα χαρακτηριστικά:

- Ημερομηνία - Ώρα, που αντιστοιχεί στην ημερομηνία και στην ώρα της τελευταίας εγγραφής μετρήσεων
- Θερμοκρασία, που είναι η μέση θερμοκρασία αέρα που μετρήθηκε την τελευταία ώρα.
- Ταχύτητα αέρα, που είναι η μέση ταχύτητα του αέρα που μετρήθηκε την τελευταία ώρα.
- Υγρασία, που είναι η μέση σχετική υγρασία που μετρήθηκε την τελευταία ώρα.

Και τις λειτουργίες

- `getHumidity()`: είναι η λειτουργία που παίρνουμε από τη βάση την μέση τιμή της υγρασίας για την τελευταία ώρα.
- `getTemp()`: είναι η λειτουργία που παίρνουμε από τη βάση την μέση τιμή της θερμοκρασίας για την τελευταία ώρα.
- `getTime()`, είναι η λειτουργία που παίρνουμε από τη βάση την ώρα και την ημέρα της τελευταίας εγγραφής.
- `getWind()`, είναι η λειτουργία που παίρνουμε από τη βάση την μέση τιμή της ταχύτητας αέρα για την τελευταία ώρα.

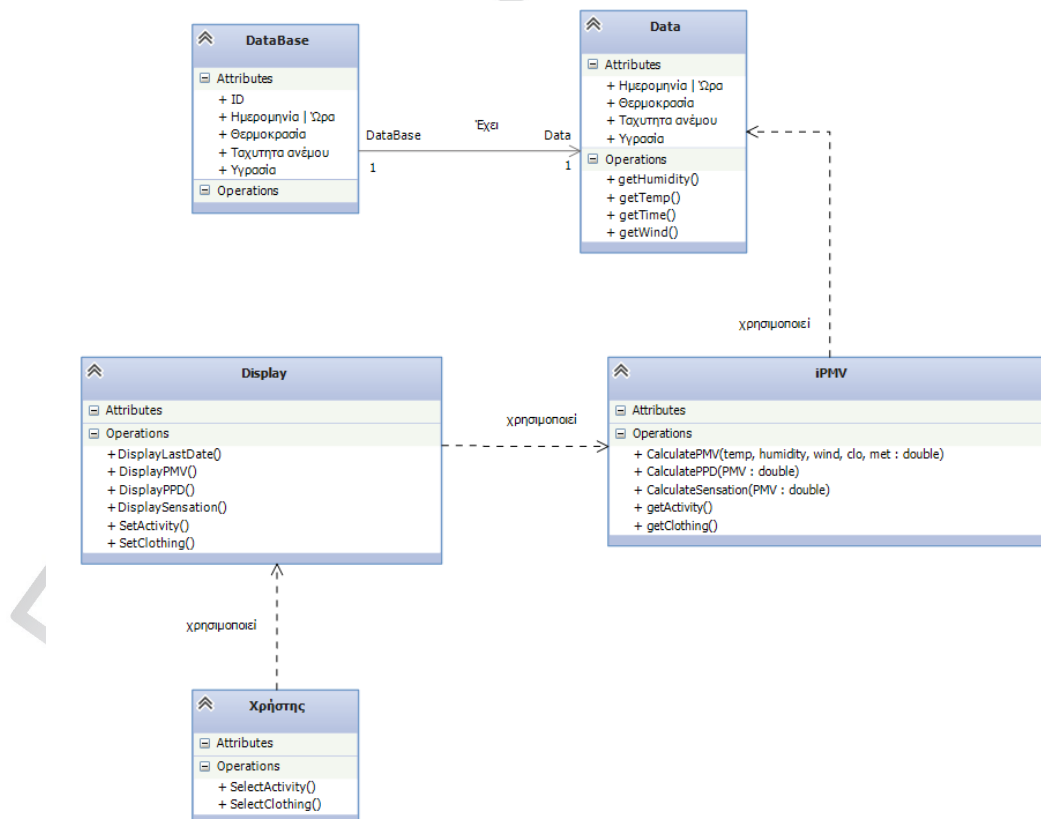
Κλάση Display, η κλάση αυτή έχει μόνο λειτουργίες οι οποίες είναι:

- `DisplayLastDate()`, είναι η λειτουργία που εμφανίζει την ημερομηνία και ώρα της τελευταίας μέτρησης.

- DisplayPMV(), είναι η λειτουργία που εμφανίζει την τιμή του υπολογισμένου PMV.
- DisplayPPD(), είναι η λειτουργία που εμφανίζει την τιμή του υπολογισμένου PPD.
- DisplaySensation(), είναι η λειτουργία που εμφανίζει λεκτικά τα επίπεδα άνεσης.
- SetActivity(), είναι η λειτουργία που αντιστοιχίζει την τιμή της ενέργειας στην επιλεγμένη δραστηριότητα
- SetClothing(), είναι η λειτουργία που αντιστοιχίζει την τιμή της μόνωσης στον επιλεγμένο ρουχισμό

Κλάση iPMV, η κλάση αυτή έχει μόνο λειτουργίες οι οποίες είναι:

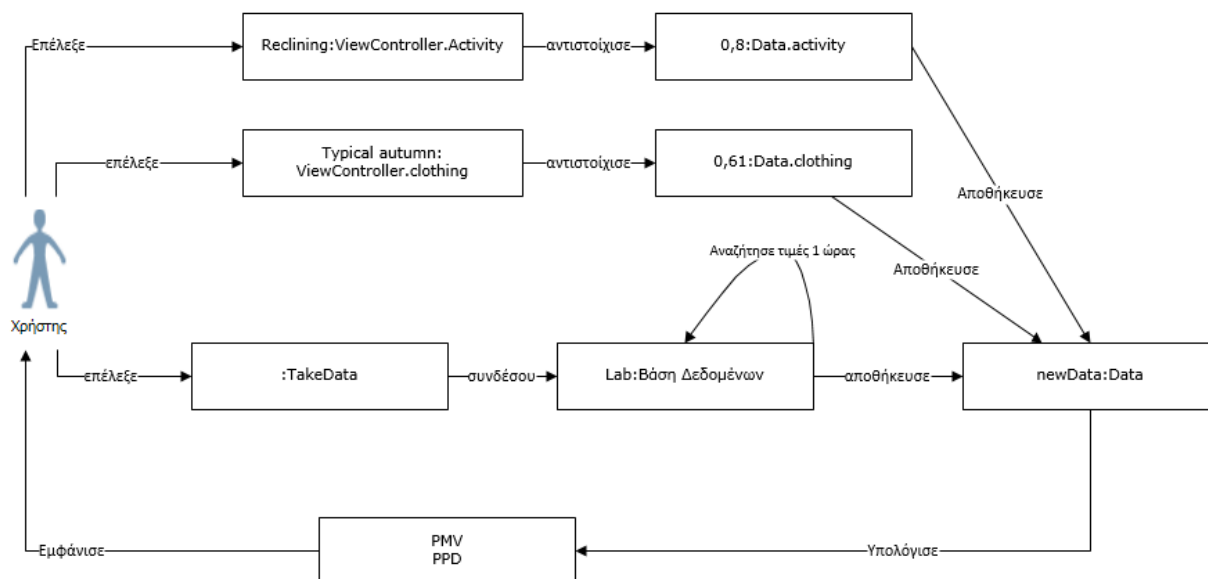
- getActivity(), είναι η λειτουργία που παίρνουμε την τιμή της ενέργειας.
- getClothing(), είναι η λειτουργία που παίρνουμε την τιμή της μόνωσης.
- CalculatePMV(temp, humidity, wind, clo, met : double), είναι η λειτουργία που υπολογίζει τα επίπεδα άνεσης.
- CalculatePPD(PMV : double), είναι η λειτουργία που υπολογίζεται η τιμή προβλεπόμενου ποσοστού δυσανεξιμένων, PPD.
- CalculateSensation(PMV : double), είναι η λειτουργία που αντιστοιχεί την τιμή του PMV στα επίπεδα άνεσης.



6.4 Διάγραμμα Συνεργασίας – Collaboration Diagram

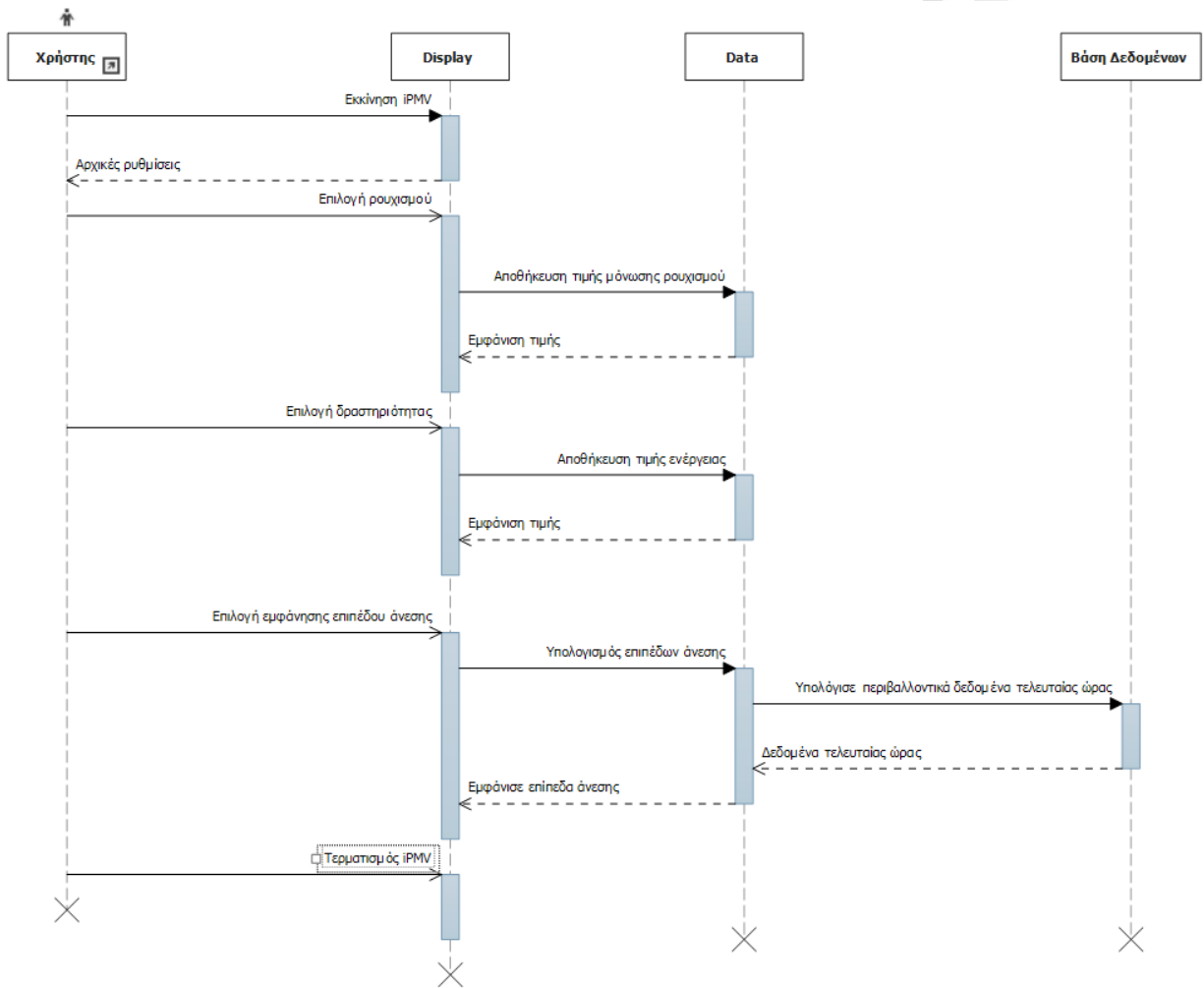
Το διάγραμμα περιγράφει τη διαδικασία κατά την οποία γίνεται η επιλογή των παραμέτρων και ο υπολογισμός των επιπέδων άνεσης.

1. Αρχικά ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Επιλέγει τη δραστηριότητα που κάνει, από προκαθορισμένη λίστα
3. Επιλέγει τα ρούχα που φοράει από προκαθορισμένη λίστα.
4. Η εφαρμογή αντιστοιχίζει της επιλογές του χρήστη με τις τιμές της ενέργειας και της μόνωσης.
5. Ο χρήστης πατάει το κουμπί για τον υπολογισμό του επιπέδου άνεσης.
6. Η εφαρμογή συνδέεται με τη βάση δεδομένων και παίρνει τους μέσους όρους των περιβαλλοντικών δεδομένων της τελευταίας μίας ώρας και την ώρα της τελευταίας μέτρησης.
7. Η εφαρμογή αποθηκεύει όλα τα δεδομένα στο αντικείμενο "newData".
8. Υπολογίζονται από τα αποθηκευμένα δεδομένα οι συντελεστές PMV και PPD.
9. Εμφανίζονται τα αποτελέσματα στην οθόνη του κινητού.

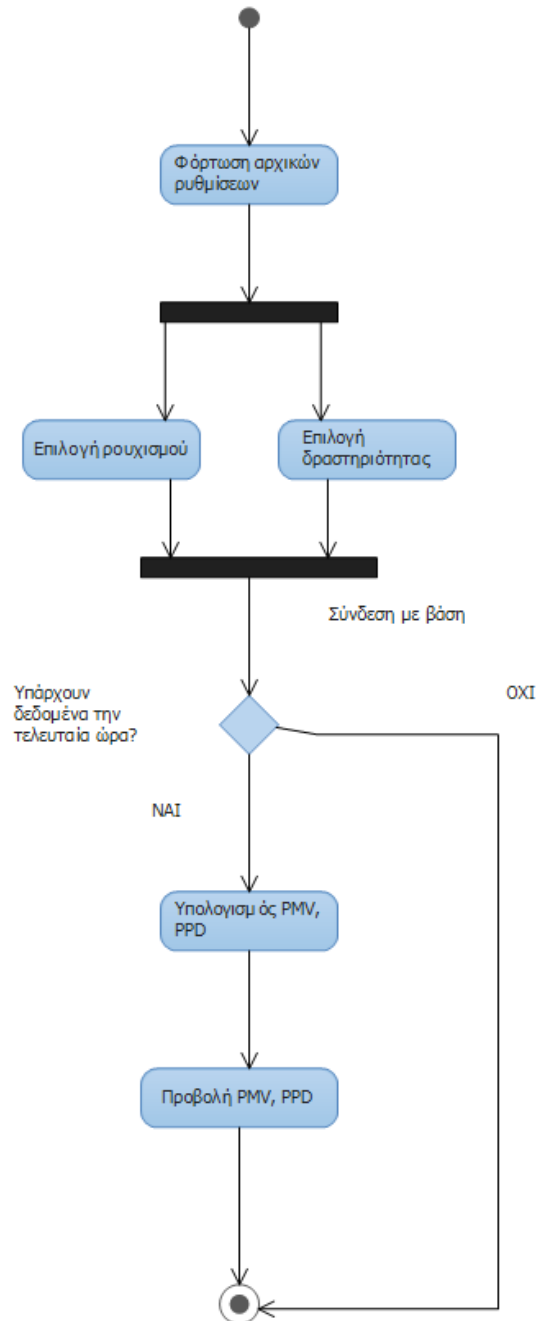


6.5 Διάγραμμα Ακολουθίας – Sequence diagram

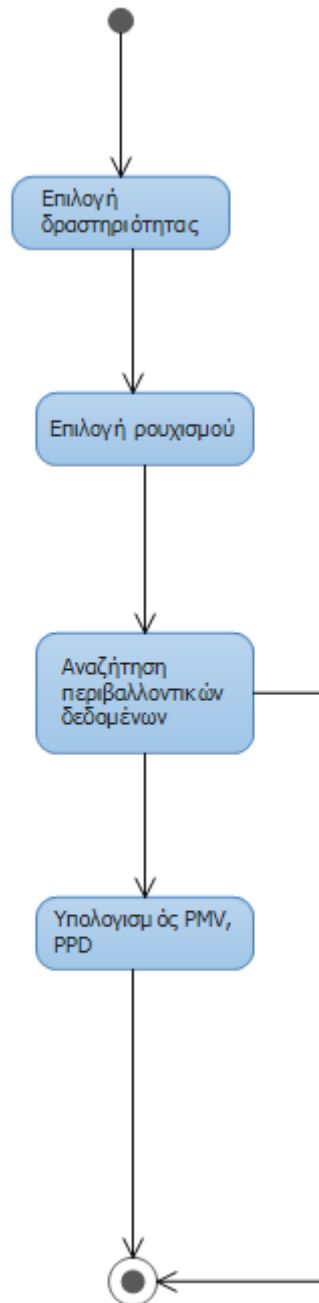
Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας το οποίο παρουσιάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ αντικειμένων



6.6 Διάγραμμα Δραστηριοτήτων – Activity diagram

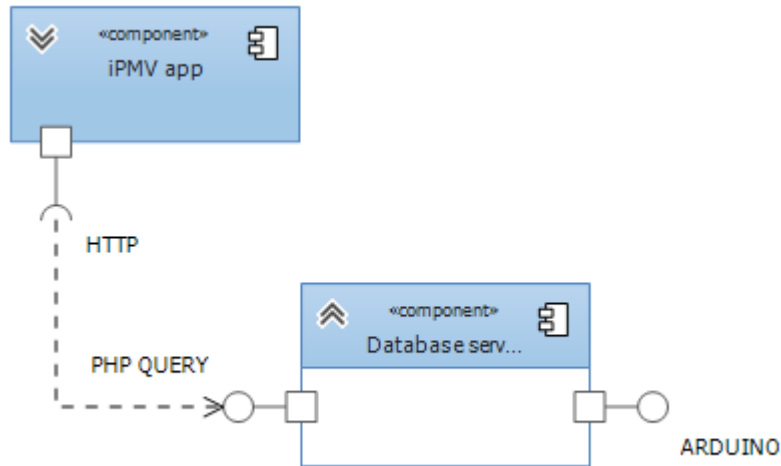


6.7 Διάγραμμα Καταστάσεων - Statechart diagram



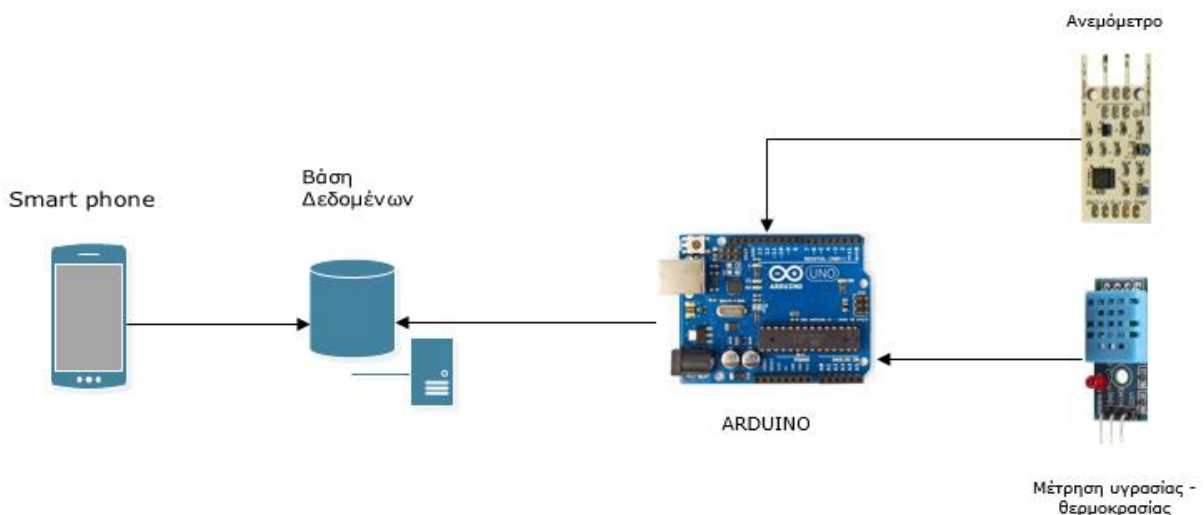
6.8 Διάγραμμα Εξαρτημάτων – Component diagram

Τα διαγράμματα εξαρτημάτων περιγράφουν τμήματα λογισμικού και τη σχέση τους με το περιβάλλον υλοποίησης.



6.9 Διάγραμμα Διανομής - Deployment diagram

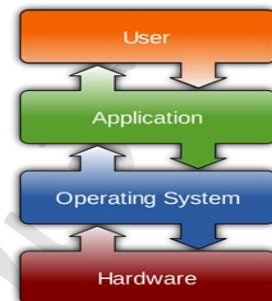
Τα διαγράμματα διανομής δείχνουν τη φυσική διάταξη των διάφορων εξαρτημάτων (κόμβων) υλικού, που αποτελούν ένα σύστημα, όπως και τη διανομή των εκτελέσιμων προγραμμάτων σε αυτό το υλικό.



7 Ανάπτυξη Λογισμικού

7.1 Φορητές πλατφόρμες - Λειτουργικά συστήματα

Μια φορητή πλατφόρμα είναι ένας υπολογιστής σε μικρές διαστάσεις που αποτελείται από μία οθόνη και παλαιότερα υπήρχε συνήθως και ένα ενσωματωμένο πληκτρολόγιο, ώστε να μπορεί να μετακινείται εύκολα. Οι φορητές πλατφόρμες εμφανίστηκαν ευρέως στην καθημερινότητα των ανθρώπων από τη δεκαετία του 90. Αρχικά η χρήση τους περιοριζόταν στην φωνητική επικοινωνία και στην υπηρεσία SMS (Short Message Service). Λίγο αργότερα από τα κινητά τηλέφωνα, εμφανίστηκαν και οι πρώτοι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (PDAs), οι οποίοι είχαν ως βασική δυνατότητα τη σύνδεση στο διαδίκτυο. Ο συνδυασμός των δυο παραπάνω κατηγοριών δημιούργησε τα «έξυπνα κινητά τηλέφωνα» (smartphones) και κατ' επέκταση τις ταμπλέτες (Tablets).



Εικόνα 28: Τυπική θέση του λειτουργικού συστήματος σε ένα υπολογιστικό σύστημα

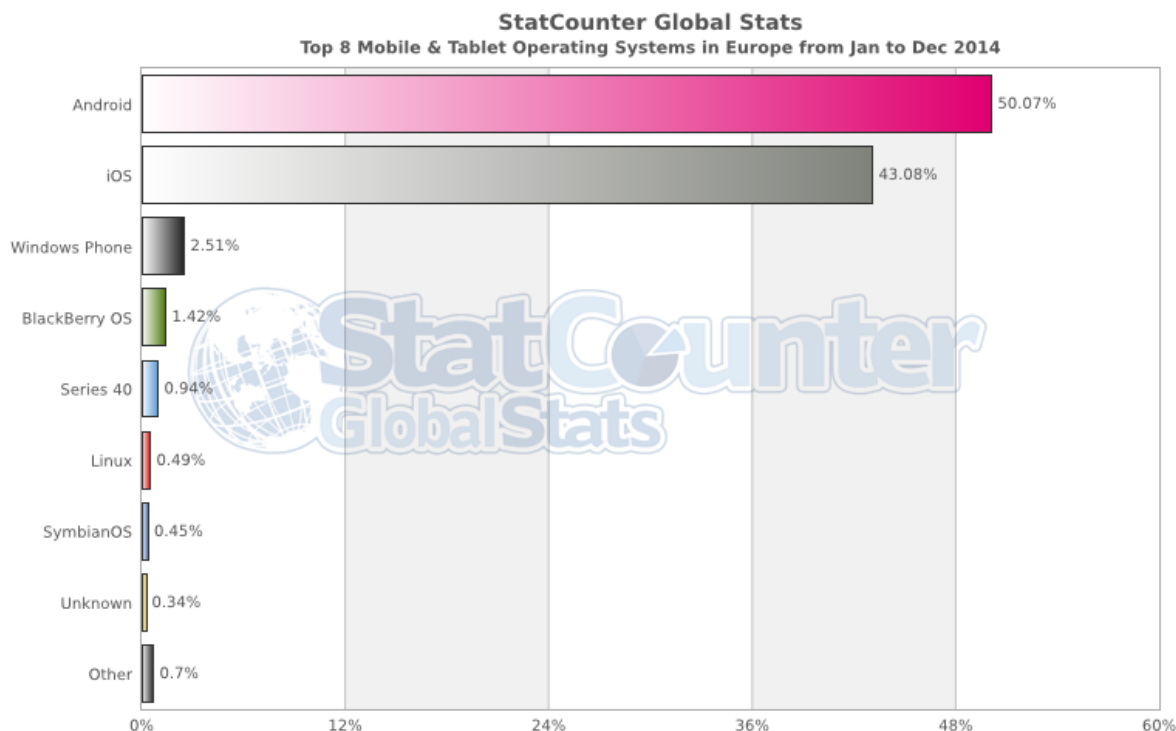
Όταν έκαναν την πρώτη τους εμφάνιση τα smartphones αρκετοί χρήστες για την αγορά της συσκευής άρχισε να εξετάζει και το λειτουργικό σύστημα που φέρει το κινητό εκτός από την εμφάνισή του. Τα smartphones χρησιμοποιούν ισχυρά ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα, που ελέγχουν τη φορητή πλατφόρμα, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να αναπτύξουν τις εφαρμογές τους. Στην αρχή κάθε εταιρία είχε το δικό της λειτουργικό σύστημα. Οι συσκευές όμως με τον καιρό έγιναν πολύπλοκες και η ανάπτυξη λογισμικού χρονοβόρα και πολυέξοδη με αποτέλεσμα οι εταιρίες να ενσωματώνουν στα κινητά τους έτοιμα λειτουργικά συστήματα. Ένα λειτουργικό σύστημα (Operating System - OS) είναι ένα ολοκληρωμένο σύνολο ειδικών προγραμμάτων που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση των «πόρων» και γενικά για τη δημιουργία κατάλληλου περιβάλλοντος για την εκτέλεση προγραμμάτων. Τα λειτουργικά συστήματα για τις κινητές πλατφόρμες είναι κατασκευασμένα να λειτουργούν με χαμηλούς υπολογιστικούς πόρους.

Σήμερα με την επιλογή ενός smartphone, γίνεται και η επιλογή του λειτουργικού συστήματος στο οποίο τρέχει. Σήμερα τα πιο γνωστά λειτουργικά συστήματα που καλύπτουν σχεδόν όλες τις τηλεφωνικές συσκευές είναι τα Android OS, BlackBerry OS, iOS και Windows Phone OS, με διάφορες γλώσσες προγραμματισμού και User Interfaces (UI). Είναι βέβαιο, ότι κατά την παραγωγή ενός λογισμικού, μας ενδιαφέρει τόσο η διεύθυνσή του στη αγορά, όσο και το κόστος ανάπτυξής του.

7.2 Επιλογή Λειτουργικού Συστήματος

Μετά την μελέτη των λειτουργικών συστημάτων και του σχεδιασμού της εφαρμογής, θα πρέπει να ξεκινήσει η ανάπτυξη της. Σύμφωνα με την έρευνα της StatCounter τον τελευταίο χρόνο (2014), στην Ευρώπη φαίνεται να έχουν ξεχωρίσει δύο λειτουργικά συστήματα που κατέχουν σχεδόν όλο το μερίδιο της αγοράς το Android OS έχοντας σήμερα ποσοστό 50,07% και το iOS με ποσοστό 43,08% (Εικόνα 29). Τα υπόλοιπα λειτουργικά συστήματα έχουν ένα πολύ μικρό μέρος της αγοράς αλλά σε αυτά τα ξεχωρίζουν τα Windows Phone 2,51% και το BlackBerry OS ποσοστό 1,42% [17]. Συνοψίζοντας την ανάλυση των λειτουργικών συστημάτων καταλήγουμε ότι τα δύο πιο διαδεδομένα λειτουργικά συστήματα που κατέχουν και

το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς είναι το iOS και το Android OS, επομένως η τελική επιλογή θα γίνει ανάμεσα σε αυτά τα δυο λειτουργικά συστήματα.



Εικόνα 29: Top Mobile OS 2014

Σύμφωνα με τις στατιστικές μελέτες και παρόλο που το Android OS χρησιμοποιείται από μεγαλύτερο αριθμό συσκευών της αγοράς, οι προγραμματιστές προτιμούν να αναπτύσσουν εφαρμογές σε περιβάλλον iOS. Το κλειστό λειτουργικό σύστημα του iOS και η εφαρμογή του μόνο σε συγκεκριμένες συσκευές (iPhone – iPad –iWatch) της Apple προστατεύει τον προγραμματιστή από τις ασυμβατότητες που μπορεί να δημιουργηθούν όταν η ίδια εφαρμογή πρέπει να λειτουργήσει σε κινητά διαφορετικών κατασκευαστών, όπως συμβαίνει με το Android OS. Η εταιρεία της Apple παρέχει πολύ καλή υποστήριξη τόσο στους χρήστες όσο και στους προγραμματιστές του iOS κρατώντας τους άμεσα ενημέρους για τις εξελίξεις και τις αναβαθμίσεις που πραγματοποιούνται στο iOS. Αντίθετα όταν η Google αναβαθμίσει το λογισμικό της με καινούργια έκδοση, είναι στη κρίση της κάθε κατασκευάστριας εταιρείας πότε θα το βγάλει προς χρήση για την δικιά της συσκευή.

Σύμφωνα, με την παραπάνω ανάλυση επιλέχθηκε το λειτουργικό iOS της Apple και κατά προέκταση η γλώσσα προγραμματισμού Objective C, για την ανάπτυξη συστήματος λογισμικού το οποίο θα χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση της εφαρμογής προσδιορισμού της θερμικής άνεσης.

7.3 iOS Software Development Kit



Εικόνα 30: iOS Software Development Kit

Για την ανάπτυξη εφαρμογών σε κινητές πλατφόρμες, η Apple προσφέρει το iOS SDK (Software Development Kit). Παράλληλα, διένειμε και το "iOS Simulator", όπου μπορούν οι προγραμματιστές να δοκιμάζουν εικονικά της εφαρμογές τους. Η φόρτωση της εφαρμογής στην συσκευή είναι δυνατή, μόνο με την συμμετοχή στο "iOS Developer Program", όπου είναι απαραίτητη η ετήσια συνδρομή.

Το iOS SDK αποτελείται από 4 βασικά μέρη τα

- Cocoa Touch, είναι ένα API όπου είναι υπεύθυνο για το Accelerometer, την camera, τα events, το multi-touch και τις υπηρεσίες τοποθεσίας.
- Media, είναι μια οικογένεια από APIs που είναι υπεύθυνα για την διαχείριση όλων συνολικά των πολυμέσων της συσκευής (OpenGL, Quartz, Audio, Video)
- Core Services, οικογένεια από APIs που είναι υπεύθυνα για την διαχείριση του δικτύου και των δεδομένων (Networking, SQLite, Core Location, CoreMotion, Threads)
- Πυρήνα του Mac OS X, που είναι υπεύθυνο για το TCP/IP, File System, Security, Sockets και Power Management.

Το επίσημο περιβάλλον ανάπτυξης για το iOS SDK είναι το Xcode. Η εγκατάστασή γίνεται αποκλειστικά σε λειτουργικό σύστημα Mac OS X της Apple. Το περιβάλλον ανάπτυξης Xcode διατίθεται δωρεάν από το AppStore. Η βασική γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται είναι η Objective-C και από το 2015 η νέα γλώσσα που αναπτύχθηκε από την Apple η swift.

7.4 Η Γλώσσα Προγραμματισμού Objective-C

Η Objective-C είναι μια αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού η οποία δημιουργήθηκε το 1986 από τους Brad Cox και Tom Love. Έχει επιρροές από την SmallTalk και την ANSI C και χρησιμοποιείται κυρίως για προγραμματισμό συσκευών της Apple και γενικά συστημάτων που βασίζονται στο OpenStep.

Ως υπερσύνολο της γλώσσας προγραμματισμού C, η Objective-C υποστηρίζει την ίδια βασική σύνταξη, δηλαδή τα γνωστά είδη μεταβλητών (int, float, ..), δομές, λειτουργίες και δείκτες. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει καθορισμό νέων κλάσεων, καθορισμό μεθόδων, μπλοκ τμήματα κώδικα που μπορούν να εκτελεστούν ανά πάσα στιγμή και επεκτάσεις στα πρωτόκολλα και τις κατηγορίες

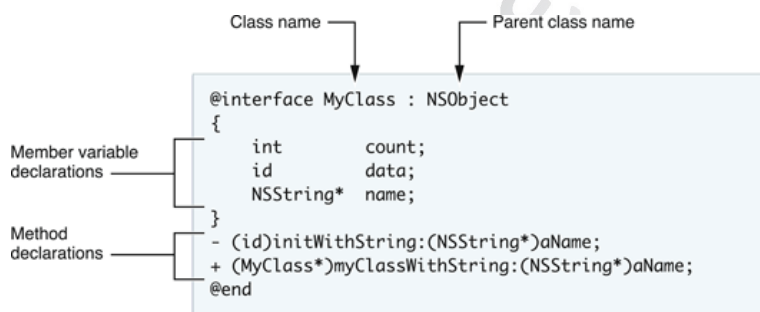
Όπως όλες οι αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού έτσι και η Objective-C οργανώνει το πρόγραμμα σε αντικείμενα. Ένα αντικείμενο είναι μια μονάδα που αποτελείται από την περιγραφή κάποιων δεδομένων των λειτουργιών που μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτά. Ένα αντικειμενοστραφές πρόγραμμα αποτελείται από διάφορα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο καθορισμός μιας κλάσης απαιτεί δυο διαφορετικά τμήματα κώδικα, της διεπαφής και της υλοποίησης. Το μέρος της διεπαφής περιέχει τον ορισμό της κλάσης και καθορίζει τις μεταβλητές στιγμιότυπα καθώς και τις μεθόδους που είναι συσχετισμένες με αυτή την κλάση. Όπως συμβαίνει και στη C ορίζονται αρχεία κεφαλίδων και αρχεία πηγαίου κώδικα σε ξεχωριστές "public" δηλώσεις. Τα συγκεκριμένα αρχεία και οι αντίστοιχες επεκτάσεις τους αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12: Τύποι αρχείων και επεκτάσεις

Προέκταση	Τύπος αρχείου
.h	Κεφαλίδα. Τα αρχεία κεφαλίδας περιέχουν κλάσεις, τύπους, μεθόδους και δηλώσεις σταθερών.
.m	Πηγαίος κώδικας. Ένα αρχείο πηγαίου κώδικα με αυτή την επέκταση μπορεί να περιέχει κώδικα γραμμένο στις γλώσσες Objective-C και C
.mm	Πηγαίος κώδικας. Ένα αρχείο πηγαίου κώδικα με αυτή την επέκταση μπορεί να περιέχει επιπλέον κώδικα γραμμένο σε C++, τα αρχεία αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου ο κώδικας σε Objective-C αναφέρεται σε κλάσεις υλοποιημένες σε C++

Για την εισαγωγή κεφαλίδας χρησιμοποιούμε το `#import` και στην συνέχεια προσθέτουμε το όνομά της. Η δήλωση μιας διεπαφής ξεκινάει με `@interface`, ακολουθεί το όνομά της και στην συνέχεια στην περίπτωση κληρονομικότητας, μετά από άνω-κάτω τελεία δηλώνεται το όνομα της κλάσης από την οποία κληρονομεί [18].

Στην Objective-C υπάρχει μονή κληρονομικότητα, έτσι δεν μπορεί μια κλάση να



Εικόνα 31: Τυπική σύνταξη κλάσης, που κληρονομεί από την βασική κλάση NSObject

κληρονομήσει από περισσότερες της μίας, κλάσεις. Ακολουθούν οι δηλώσεις των μεταβλητών μέσα σε αγκύλες στην περίπτωση που έχουμε περισσότερες από μία. Ακολουθούν οι επικεφαλίδες των μεθόδων και τελειώνει με `@end`.

Η σύνταξη για την υλοποίηση μιας κλάσης είναι παρόμοια. Ξεκινά με την οδηγία μεταγλωττιστή `@implementation` ακολουθούμενη από το όνομα της κλάσης και τελειώνει με την οδηγία μεταγλώττισης `@end`. Η υλοποίηση των μεθόδων μιας κλάσης πραγματοποιείται μεταξύ των παραπάνω οδηγιών. Ο κώδικας που αφορά στην υλοποίηση μιας κλάσης θα πρέπει να ενσωματώνει πάντοτε το αντίστοιχο αρχείο διεπαφής στις πρώτες γραμμές του.

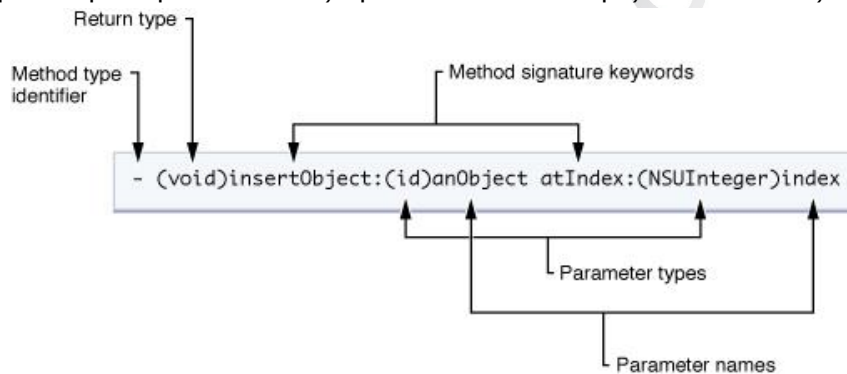
Ο ορισμός μιας μεθόδου αποτελείται από το αναγνωριστικό του τύπου της μεθόδου, του τύπου επιστροφής, ενός ή περισσότερων λέξεων κλειδιά που αφορούν την υπογραφή της μεθόδου, του τύπου της αντίστοιχης παραμέτρου και του ονόματός της. Η κλάση ενός αντικειμένου είναι αυτή που καθορίζει την διεπαφή με την οποία οι χρήστες μπορούν να προσπελαύνουν (getter methods) και να τροποποιούν (setter methods) τις τιμές των ιδιοτήτων της. Οι μέθοδοι που πραγματοποιούν αυτή την λειτουργία ονομάζονται μέθοδοι προσπέλασης (accessor methods) [18].

Υπάρχουν δυο τύποι μεθόδων προσπέλασης και καθένας από αυτούς θα πρέπει να είναι σύμφωνος με τις σχετικές συμβάσεις ονοματολογίας. Μια μέθοδος τύπου getter η οποία επιστρέφει την τιμή μιας ιδιότητας θα πρέπει να έχει το ίδιο όνομα με

την ιδιότητα αυτή. Αντίστοιχα μια μέθοδος τύπου setter η οποία τροποποιεί την τιμή μιας ιδιότητας με όνομα `propertyName` θα πρέπει να είναι της μορφής `setPropertyName:` όπου το πρώτο γράμμα του ονόματος της ιδιότητας θα είναι κεφαλαίο. Η δήλωση μιας ιδιότητας είναι: `@property (nonatomic, copy) NSString *userName;`

Η δήλωση ιδιοτήτων εκμηδενίζει την ανάγκη υλοποίησης μεθόδων getter και setter για κάθε ιδιότητα που δηλώνεται σε μια κλάση. Αντίθετα η επιθυμητή συμπεριφορά προσδιορίζεται μέσω της δήλωσης μιας ιδιότητας και της αντίστοιχης σύνθεσής της με την οδηγία μεταγλώττισης `@synthesize`. Η δήλωση ιδιοτήτων ελαττώνει το συνολικό όγκο του κώδικα καθιστώντας τον περισσότερο ευανάγνωστο και κατά συνέπεια μειώνοντας τα πιθανά σφάλματα. Οι δηλώσεις ιδιοτήτων όπως και οι δηλώσεις των μεθόδων μιας κλάσης πραγματοποιούνται στο αντίστοιχο αρχείο διεπαφής [18].

Ένα πρωτόκολλο είναι μια συλλογή μεθόδων οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν από μια οποιαδήποτε κλάση, ακόμα και από κλάσεις που δεν κληρονομούν από την ίδια υπερκλάση. Οι μέθοδοι ενός πρωτοκόλλου καθορίζουν ένα είδος συμπεριφοράς



Εικόνα 32: Δήλωση της instance method `insertObject:atIndex`

το οποίο είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε συγκεκριμένη κλάση. Τα πρωτόκολλα στην ουσία καθορίζουν μια διεπαφή, η υλοποίηση της οποίας αποτελεί ευθύνη των κλάσεων που συμμορφώνονται με το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Στην πράξη ένα πρωτόκολλο καθορίζει ένα σύνολο μεθόδων οι οποίες εγκαθιδρύουν μια συμφωνία μεταξύ αντικειμένων χωρίς να είναι απαραίτητο να αποτελούν στιγμιότυπα κάποιας συγκεκριμένης κλάσης. Η συγκεκριμένη συμφωνία παρέχει την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων αντικειμένων. Για παράδειγμα η κλάση `UIApplication` υλοποιεί την επιθυμητή συμπεριφορά μιας εφαρμογής. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η χρήση πρωτοκόλλων εξυπηρετεί την επικοινωνία με το αντικείμενο της εφαρμογής χωρίς να είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός νέου αντικειμένου που θα κληρονομεί από την κλάση `UIApplication`. Η επικοινωνία αυτή εξασφαλίζεται καλώντας τις μεθόδους που είναι συσχετισμένες με το αντικείμενο delegate της κλάσης `UIApplication`. Η δήλωση του πρωτοκόλλου με το οποίο συμμορφώνεται μια συγκεκριμένη κλάση μπορεί να γίνει μέσα σε brackets (`<...>`) όπως φαίνεται παρακάτω:

```
@interface ViewController : UIViewController<UIPickerViewDataSource, UIPickerViewDelegate, UIAlertViewDelegate>
```

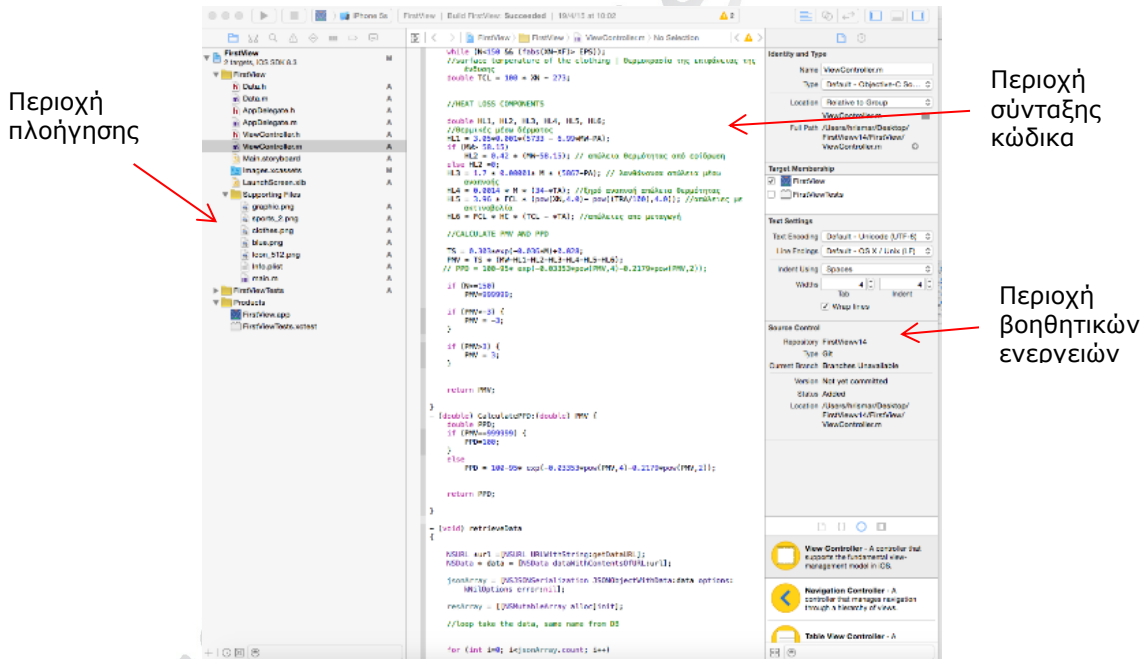

7.5 Εργαλεία Προγραμματισμού

Το Xcode είναι μια σουίτα από εργαλεία προγραμματισμού, που προσφέρεται από την Apple, για την ανάπτυξη λογισμικού τόσο για το λειτουργικό Mac OS X όσο και για το iOS. Ο χώρος εργασίας του Xcode χωρίζεται σε τρία βασικά παράθυρα, έναν χώρο πλοήγησης, την περιοχή σύνταξης κειμένου και τον βοηθητικό χώρο όπου επιτρέπει την εύκολη οργάνωση βοηθητικών ενεργειών, όπως την άμεση πρόσβαση της βιβλιοθήκης, την εύκολη δοκιμή της εφαρμογής στην συσκευή και την προετοιμασία αυτής για την υποβολή στο App Store.



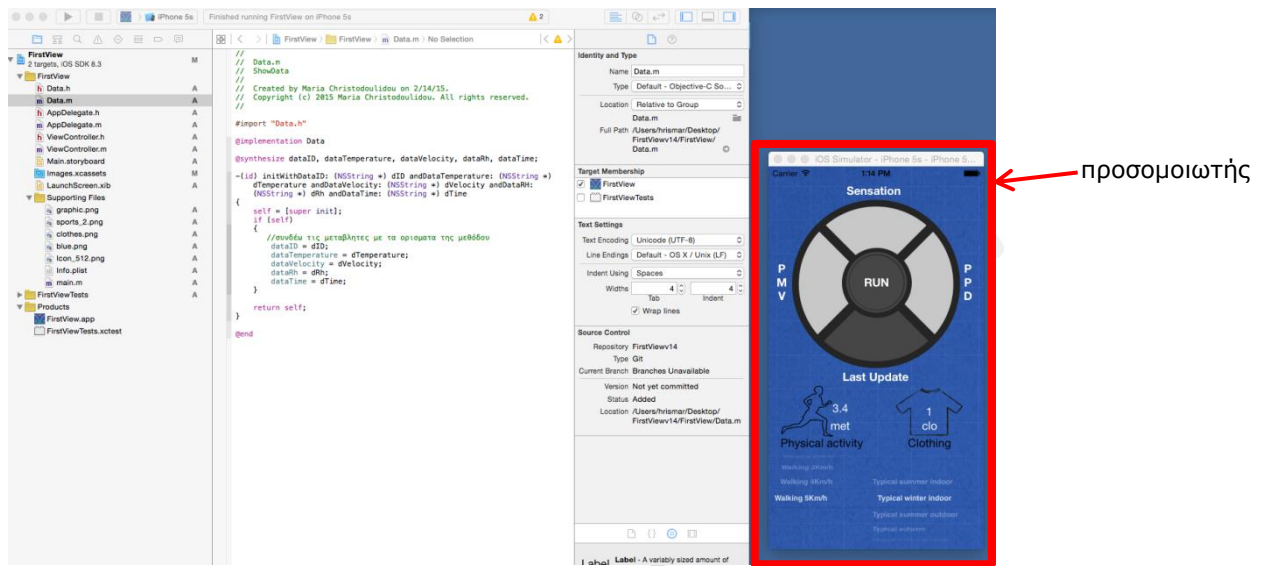
Εικόνα 33: Λογότυπο XCODE

Μέσω της σουίτας του Xcode έχουμε τη δυνατότητα να τρέχουμε την εφαρμογή ή να κάνουμε αποσφαλμάτωση με τη βοήθεια του προσομοιωτή, iOS Simulator. Χρησιμοποιώντας τον προσομοιωτή είμαστε βέβαιοι ότι η εφαρμογή μας θα λειτουργήσει με τον τρόπο που θέλουμε. Ο οδηγός αποσφαλμάτωσης βρίσκεται ενσωματωμένος στο Xcode. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα να εκτελεστεί η εφαρμογή μας απευθείας στη φορητή συσκευή, αφού αυτή συνδεθεί στον υπολογιστή. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να έχει εγκατασταθεί ένα "associated provisioning profile" στην συσκευή.



Εικόνα 34: Βασικά παράθυρα XCODE

Ο έλεγχος της απρόσκοπτης λειτουργίας της εφαρμογής μπορεί να πραγματοποιηθεί κάνοντας ανάλυση της απόδοσής της, με τη βοήθεια του Instruments application. Το εργαλείο αυτό συγκεντρώνει στοιχεία, κατά τη διάρκεια λειτουργίας της εφαρμογής και τα παρουσιάζει σε ένα γραφικό χρονοδιάγραμμα. Τα στοιχεία που μπορεί να απεικονίσει είναι η μνήμη της εφαρμογής, η δραστηριότητα του δίσκου, η δραστηριότητα του δικτύου, η απόδοση γραφικών και άλλων μετρήσεων. Στην περίπτωση που κάτι δεν λειτουργεί σωστά, μετά από αλλαγές στον κώδικα, η λειτουργία "snapshot" του Xcode δίνει την δυνατότητα επαναφοράς του project σε προηγούμενη κατάσταση. Τέλος, οποιαδήποτε στιγμή θελήσει ο προγραμματιστής μπορεί να πραγματοποιήσει snapshots χειροκίνητα [19].



Εικόνα 35: Εκτέλεση προγράμματος IPMV με τη χρήση του προσομοιωτή

7.6 Επισκόπηση Συστήματος

Συνοπτικά η λειτουργία του συστήματος περιγράφεται παρακάτω. Το σύστημα δέχεται από τον χρήστη τις επιλογές του για τη δραστηριότητα που κάνει και τα ρούχα που φοράει. Κάθε φορά που γίνεται μια επιλογή το σύστημα μετατρέπει την επιλογή σε τιμή ενέργειας που παράγεται στο εσωτερικό του σώματος λόγω της δραστηριότητας και σε τιμή θερμικής μόνωσης εξαιτίας του ρουχισμού. Μετά ο χρήστης για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης πατάει το κουμπί υπολογισμού. Για τον υπολογισμό το σύστημα συνδέεται στη βάση δεδομένων που έχουν καταγραφεί οι μετρήσεις και παίρνει τους μέσους όρους της τελευταίας ώρας για τις μετρήσεις θερμοκρασίας, υγρασίας και ταχύτητα αέρα.

Έχοντας όλα τα στοιχεία πραγματοποιείται ο υπολογισμός της θερμικής άνεσης και του προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων. Στην οθόνη εμφανίζονται οι υπολογιζόμενες τιμές αλλά η αντιστοιχία των τιμών στη θερμική άνεση.

7.7 Τεχνική Ανάλυση Λογισμικού

Οι κλάσεις που υλοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής μέτρησης της θερμικής άνεσης σύμφωνα με την ανάλυση απαιτήσεων που έγινε σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι οι εξής:

AppDelegate

Η συγκεκριμένη κλάση αποτελεί τον πυρήνα της εφαρμογής που υλοποιήθηκε καθώς αναλαμβάνει την διαχείριση του κεντρικού παραθυρικού αντικείμενου που αντιστοιχεί στην κλάση MainViewController. Μεταξύ των δύο αυτών κλάσεων υπάρχει απλή κατευθυνόμενη συσχέτιση από την κλάση AppDelegate προς την κλάση MainViewController. Η πληθυκότητα της παραπάνω συσχέτισης είναι 1-1 καθώς σε κάθε στιγμή εκτέλεσης του προγράμματος ένα αντικείμενο της AppDelegate είναι συσχετισμένο με ένα και μόνο αντικείμενο της MainViewController. Η κατεύθυνση αυτής της συσχέτισης δεν είναι αμφίδρομη καθώς μόνο το αντικείμενο της AppDelegate έχει πρόσβαση στο αντικείμενο της

MainViewController, το οποίο και δημιουργεί με την έναρξη του προγράμματος, και όχι το αντίστροφο.

MainViewController

Η κλάση αυτή ενθυλακώνει το σύνολο της παραθυρικής λειτουργικότητας που παρέχεται από την εφαρμογή, καθώς αναλαμβάνει την διαχείριση της γραφικής διεπαφής με τον χρήστη. Είναι άμεσα συσχετισμένη με το αντίστοιχο αρχείο γραφικού περιεχομένου .xib στο οποίο πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος της κεντρικής φόρμας της εφαρμογής. Επιπλέον η κλάση MainViewController έχει την ευθύνη της δημιουργίας των αντικειμένων όλων των υπόλοιπων κλάσεων της εφαρμογής με τις οποίες συνδέεται με απλή κατευθυνόμενη συσχέτιση πληθυκότητας 1-1. Αυτό συμβαίνει διότι η κλάση MainViewController έχει την δυνατότητα πρόσβασης στα αντικείμενα των υπόλοιπων κλάσεων και όχι το αντίστροφο. Επιπρόσθετα, αναγνωρίζεται η πληθυκότητα 1-1 καθώς σε κάθε στιγμή εκτέλεσης του προγράμματος, το μοναδικό αντικείμενο της MainViewController είναι συσχετισμένο με ένα και μόνο αντικείμενο των υπολοίπων κλάσεων. Μέσα στην κλάση αυτή γίνεται ο υπολογισμός και η εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Παρακάτω παρουσιάζεται η μέθοδος *retrieveData* που δημιουργήθηκε για να συνδεθεί με τη βάση δεδομένων και να πάρει όλα τα απαραίτητα στοιχεία. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο JSON.

```
- (void) retrieveData
{
    NSURL *url = [NSURL URLWithString:getDataURL];
    NSData *data = [NSData dataWithContentsOfURL:url];

    jsonArray = [NSJSONSerialization JSONObjectWithData:data options:kNilOptions error:nil];

    resArray = [[NSMutableArray alloc] init];

    //loop για να πάρουμε τα δεδομένα προσοχή στα ονόματα πρέπει να είναι ίδια με την DB
    for (int i=0; i<jsonArray.count; i++)
    {
        NSString *dID = [[jsonArray objectAtIndex:i] objectForKey:@"ID"];
        NSString *dTemperature = [[jsonArray objectAtIndex:i] objectForKey:@"temperature"];
        NSString *dVelocity = [[jsonArray objectAtIndex:i] objectForKey:@"velocity"];
        NSString *dRh = [[jsonArray objectAtIndex:i] objectForKey:@"RH"];
        NSString *dTime = [[jsonArray objectAtIndex:i] objectForKey:@"time"];

        //NSLog(@"ttrttt %@", dVelocity);

        [resArray addObject:[Data alloc] initWithDataID: dID andDataTemperature:dTemperature
andDataVelocity:dVelocity andDataRH:dRh andDataTime:dTime]];
    }

    currentResult = resArray[0];
    [self reloadInputViews];
}
}
```

Data

Σκοπός της κλάσης αυτής είναι η συλλογή όλων των απαραίτητων δεδομένων από τις επιλογές του χρήστη και από τη βάση δεδομένων με σκοπό τον υπολογισμό των επιπέδων θερμικής άνεσης.

UIPickerView

Σκοπός της κλάσης αυτής είναι η γραφική απεικόνιση των επιλογών ένδυσης και δραστηριότητας του χρήστη. Ο χρήστης επιλέγει τιμές με την περιστροφή των τροχών, έτσι ώστε η επιθυμητή σειρά τιμών να ευθυγραμμίζεται με τον δείκτη επιλογής. Οι μέθοδοι της κλάσης που χρησιμοποιήθηκαν μαζί με τον αντίστοιχο κώδικα εμφανίζονται παρακάτω.

```
//Αριθμός τροχών που θα εμφανίζεται
-(NSInteger)numberOfComponentsInPickerView:(UIPickerView *)pickerView{
    return 2;
}

//Αριθμός δεδομένων ανά τροχό
-(NSInteger)pickerView:(UIPickerView *)pickerView
numberOfRowsInComponent:(NSInteger)component{
    switch (component) {
        case 0:
            return activityArray.count;
            break;
        case 1:
            return clothingArray.count;
            break;
        default:
            break;
    }
    return 0;
}

//Επιλογή δεδομένων
-(void) pickerView:(UIPickerView *)pickerView didSelectRow:(NSInteger)row
inComponent:(NSInteger)component {

    activity.text = [NSString stringWithFormat:@"%@",[activityArrayNum
objectAtIndex:[picker selectedRowInComponent:0]]];
    takenMET = [[activityArrayNum objectAtIndex:[picker selectedRowInComponent:0]]
doubleValue];
    //Αριθμός κελιού επιλογής
    //NSLog(@"%i",[picker selectedRowInComponent:0]);

    clothing.text = [NSString stringWithFormat:@"%@",[clothingArrayNum
objectAtIndex:[picker selectedRowInComponent:1]]];
    takenCLO = [[clothingArrayNum objectAtIndex:[picker selectedRowInComponent:1]]
doubleValue];
}

//Επιλογές εμφάνισης τροχών
- (UIView *)pickerView:(UIPickerView *)pickerView viewForRow:(NSInteger)row
forComponent:(NSInteger)component reusingView:(UIView *)view
{
    UILabel* tView1 = (UILabel*)view;
    UILabel* tView2 = (UILabel*)view;

    switch (component) {
        case 0:

            tView1 = [[UILabel alloc] init];
            [tView1 setFont:[UIFont fontWithName:@"Helvetica-Bold" size:11]];

```

```

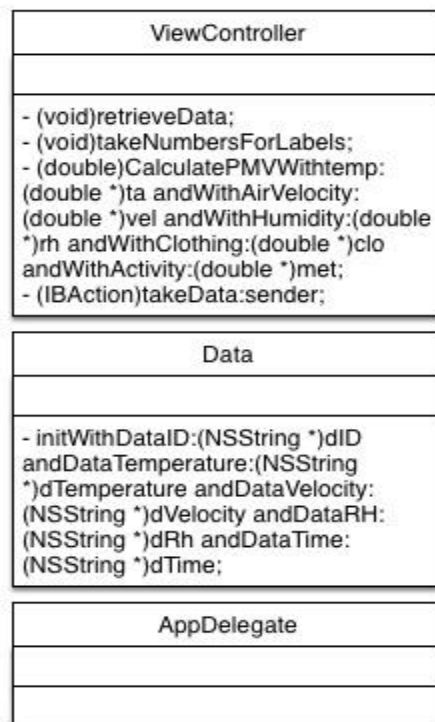
tView1.textColor = [UIColor whiteColor];
// [tView setTextAlignment:UITextAlignmentCenter];

tView1.text=[activityArray objectAtIndex:row];

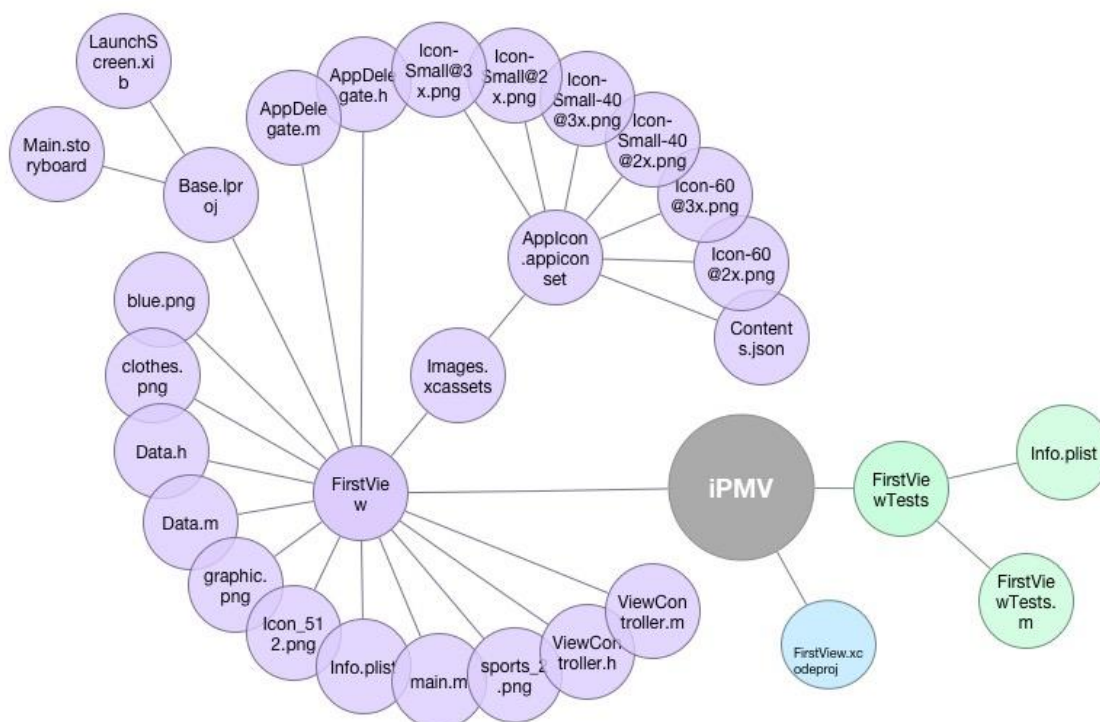
return tView1;
break;
case 1:
tView2 = [[UILabel alloc] init];
[tView2 setFont:[UIFont fontWithName:@"Helvetica-Bold" size:11]];
// [tView setTextAlignment:UITextAlignmentCenter];
tView2.text= [clothingArray objectAtIndex:row];
tView2.textColor = [UIColor whiteColor];
return tView2;
default:
break;
}

return tView2;
}

```

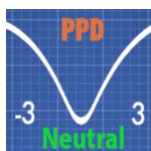


Εικόνα 36: Μέθοδοι κλάσεων



Εικόνα 37: Αρχεία εφαρμογής και συνδέσεις

8 Η εφαρμογή iPMV



Εικόνα 38: Λογότυπο εφαρμογής

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της μεταπτυχιακής εργασίας ονομάστηκε iPMV. Το όνομά της είναι μια σύνθεση του i, που παραπέμπει στο iOS, του PMV που είναι ο δείκτης της αναμενόμενης μέσης αποδοχής και ο βασικός δείκτης του προσδιορισμού της θερμικής άνεσης. Κάθε εφαρμογή που στέλνεται για έγκριση στο App Store πρέπει να έχει και το δικό της λογότυπο. Το λογότυπο του iPMV εμφανίζεται στην εικόνα 38 και παρουσιάζει την γραφική παράσταση ανάμεσα στους δείκτες PMV και PPD.

8.1 Εγκατάσταση εφαρμογής



Εικόνα 39: Λογότυπο App store

Για την εγκατάσταση της εφαρμογής σε μια συσκευή με λειτουργικό iOS πρέπει να γίνει αίτηση για την διάθεση αυτής από το App Store. Το App Store είναι ένα ηλεκτρονικό κατάστημα στο οποίο έχουν πρόσβαση όλες οι iOS συσκευές. Το μόνο που έχει να κάνει ο χρήστης είναι να επιλέξει το εικονίδιο του App Store (Εικόνα 39) από τη συσκευή του, έχοντας την απαραίτητη σύνδεση με το internet. Στη συνέχεια επιλέγει την καρτέλα "Search" όπου πληκτρολογεί το όνομα της εφαρμογής iPMV και κάνοντας αναζήτηση παρουσιάζονται

όλες οι σχετικές με τον τίτλο εφαρμογές, κάθε εφαρμογή που έχει και ένα αντιπροσωπευτικό εικονίδιο. Όταν ο χρήστης αποφασίσει ότι θέλει να αγοράσει την εφαρμογή επιλέγει το κατάλληλο κουμπί και η εφαρμογή εγκαθίσταται στη συσκευή του.

8.2 Χρήση της εφαρμογής

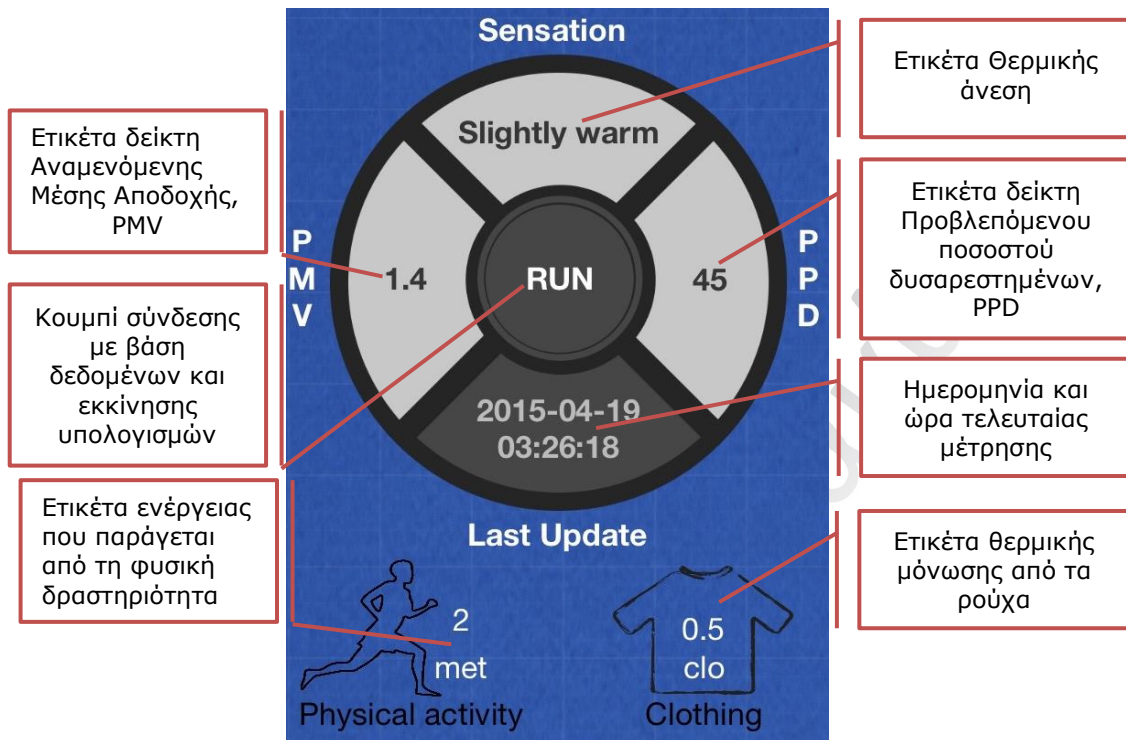
Η εφαρμογή iPMV αποτελείται από την βασική οθόνη επιλογών - μετρήσεων και από την οθόνη εκκίνησης (splash screen). Όταν επιλεγεί το εικονίδιο της εφαρμογής (Εικόνα 38) και μέχρι να φορτωθεί το πρόγραμμα εμφανίζεται η οθόνη εκκίνησης (Εικόνα 43). Η αρχική οθόνη είναι η πρώτη οθόνη που βλέπει ο χρήστης μετά την φόρτωση του προγράμματος. Η αρχική οθόνη αποτελείται από ένα κουμπί έναρξης υπολογισμών, από δύο περιστρεφόμενους επιλογείς και έξι (6) ξεχωριστές ετικέτες παρουσίασης των επιλογών και των υπολογισμών.

Κουμπί έναρξης και ένδειξη υπολογισμού θερμικής άνεσης: Το κουμπί αυτό με την ένδειξη "RUN" όταν πατηθεί γίνεται η σύνδεση με τη βάση δεδομένων των μετρήσεων και παίρνονται η μέση όροι των περιβαλλοντικών συνθηκών για να γίνουν οι υπολογισμοί των δεικτών PMV, PPD και της θερμικής αίσθησης.

Για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης έχει επιλεγεί να χρησιμοποιούνται οι μέσοι όροι των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούσαν την τελευταία μια ώρα πριν από το πάτημα του κουμπιού. Στην περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα την τελευταία μια ώρα στην εφαρμογή εμφανίζεται μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη ότι δεν υπάρχουν δεδομένα (εικόνα 40) και η εφαρμογή επιστρέφει στην αρχική κατάσταση. Όταν υπάρχουν δεδομένα την τελευταία μια ώρα και γίνουν οι υπολογισμοί τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε κατάλληλες ετικέτες όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 41.



Εικόνα 40: Μήνυμα απουσίας δεδομένων για την τελευταία ώρα



Εικόνα 41: Ετικέτες παρουσίασης αποτελεσματικών και επιλογών εφαρμογής

Ένδειξη PMV: Εμφανίζεται δείκτης της αναμενόμενης μέσης αποδοχής από τον οποίο εξαρτάται και η θερμική άνεση.

Ένδειξη PPD: Εμφανίζεται ο δείκτης προβλεπόμενου ποσοστού δυσαρεστημένων.

Ένδειξη θερμικής αίσθησης: Εμφανίζεται λεκτικά η θερμική άνεση (Πολλή Ζέστη, Ζέστη, Λίγη Ζέστη, ΑΝΕΣΗ, Λίγη Δροσιά, Δροσιά, Κρύο).

Ένδειξη φυσικής δραστηριότητας: Εμφανίζεται η τιμή της ενέργεια που παράγεται στο εσωτερικό του σώματος λόγω της μεταβολικής δραστηριότητας.

Ένδειξη μόνωσης ρουχισμού: Εμφανίζεται η τιμή της μόνωσης του ρουχισμού.

Οι τροχοί επιλογής είναι:



Εικόνα 42: Περιστρεφόμενοι επιλογείς δραστηριότητας και ρουχισμού

Επιλογή φυσικής δραστηριότητας: ο χρήστης επιλέγει την φυσική δραστηριότητα που κάνει τη δεδομένη στιγμή η επιλογές που έχει είναι καθισμένος χαλαρά, καθιστική δραστηριότητα, ελαφριά δραστηριότητα σε όρθια στάση, μέση δραστηριότητα σε όρθια στάση, ξαπλωμένος, περπάτημα με 2 χλμ/ώρα, περπάτημα με 3 χλμ/ώρα, περπάτημα με 4 χλμ/ώρα, περπάτημα με 5 χλμ/ώρα.

Επιλογή ρουχισμού: ο χρήστης επιλέγει τα ρούχα που φοράει η επιλογές που έχει είναι τυπική καλοκαιρινή ένδυση εσωτερικού χώρου, χειμερινή ένδυση εσωτερικού χώρου, καλοκαιρινή ένδυση εξωτερικού χώρου, φθινοπωρινή ένδυση εξωτερικού χώρου, χειμερινή ένδυση εξωτερικού χώρου.



Εικόνα 43: Οθόνη εκκίνησης και στιγμιότυπα από την πρώτη σελίδα και τον τρόπο παρουσίασης αποτελεσμάτων


9 Επαλήθευση υπολογισμών






Για την επαλήθευση των υπολογισμών της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας αποτελεσμάτων που δίνεται από το πρότυπο ISO7730 (table D.1 – Example output [7]). Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο 3 θεωρούμε ότι η θερμοκρασία αέρα με την θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι ίδιες καθώς οι μετρήσεις γίνονται σε συνθήκες σταθερής κατάστασης και στο κέντρο του δωματίου. Επομένως από το πίνακα επικυρώσεις υπολογισμών που δίνεται στο πρότυπο θα χρησιμοποιήσουμε μόνο οι συνθήκες στις οποίες οι δύο θερμοκρασίες είναι ίσες.

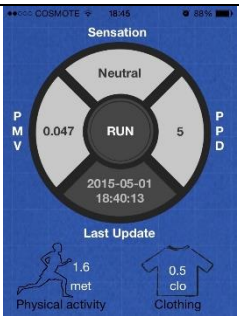


Όπως είναι λογικό οι τιμές των περιβαλλοντικών συνθηκών δεν μπορούν να προκύψουν από τις μετρήσεις διότι είναι αδύνατον να πετύχουμε μετρώντας της περιβαλλοντικές συνθήκες ακριβώς τις τιμές που θέτει το πρότυπο. Η επαλήθευση επιλέχθηκε να γίνει βάζοντας στην βάση δεδομένων τις τιμές που θέτει το πρότυπο και επιλέγοντας από το κινητό τις τιμές του ρουχισμού και της δραστηριότητας που απαιτούνται για να πραγματοποιηθούν οι συγκρίσεις. Τα αποτελέσματα των συγκρίσεων παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Run no.	Air temperature °C	Air velocity m/s	RH %	Metabolic rate met	Clothing insulation clo	αναμενόμενη τιμή* PMV	αναμενόμενη τιμή* PPD
1	22,0	0,10	60	1,2	0,5	-0,75	17
2	27,0	0,10	60	1,2	0,5	0,77	17
3	27,0	0,30	60	1,2	0,5	0,44	9
4	19,0	0,10	40	1,2	1	-0,60	13
5	23,5	0,10	40	1,2	1	0,5	10
6	23,5	0,30	40	1,2	1	0,12	5
7	22,0	0,10	60	1,6	0,5	0,05	5
8	27,0	0,10	60	1,6	0,5	1,17	34
9	27,0	0,30	60	1,6	0,5	0,95	24

* Οι τιμές προέρχονται από το πρότυπο ISO7730:2006

Run no.	Υπολογισμένο PMV	Υπολογισμένο PPD	Print Screen εφαρμογής
1	-0,75	17	

2	0,76	17	
3	0,43	8,9	
4	-0,6	13	
5	0,36	7,7	
6	0,12	5,3	

7	0,047	5	
8	1,2	34	
9	0,95	24	

9.1 Συμπεράσματα επαλήθευσης

Από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της επαλήθευσης των υπολογισμών της θερμικής άνεσης φαίνεται ότι οι υπολογισμοί που γίνονται από την εφαρμογή σχεδόν ταυτίζονται με τα αποτελέσματα που δίνει το πρότυπο. Στις δοκιμές 1, 4, 9 οι τιμές τόσο του δείκτη PMV όσο και του δείκτη PPD, ταυτίζονται. Οι διαφορές που παρουσιάστηκαν στις μετρήσεις 2, 3, 6, 7 και 8 οφείλονται στην ακρίβεια των δεκαδικών ψηφίων που έχει επιλεγεί να εμφανίζονται από την εφαρμογή. Η μεγαλύτερη διαφορά τόσο στον δείκτη PMV όσο και στον δείκτη PPD παρουσιάστηκε στους υπολογισμούς με νούμερο 5. Η διαφορά του δείκτη PMV είναι 0,14 και δεδομένου ότι έχουν εξεταστεί στις άλλες μετρήσεις οι αλλαγές όλων των παραμέτρων (θερμοκρασία υγρασία, ταχύτητα αέρα, ρουχισμός και δραστηριότητα) η διαφορά αυτή δεν θεωρείται σημαντική.

Συμπερασματικά από τα αποτελέσματα της σύγκρισης της εφαρμογής iPMV που αναπτύχθηκε με τα αποτελέσματα που δίνει το πρότυπο παρατηρήθηκε ότι η εφαρμογή iPMV υπολογίζει με μεγάλη ακρίβεια τα επίπεδα της θερμικής άνεσης. Η εφαρμογή iPMV επειδή συνδέεται με τη βάση δεδομένων μέσω internet μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε συσκευή iPhone και iPad και όχι μόνο στο iPhone 5s που δοκιμάστηκε.

10 Συμπεράσματα

Βασικό αντικείμενο της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη συστήματος μέτρησης περιβαλλοντικών συνθηκών και πρόβλεψης της γενικής θερμικής αίσθησης σε φορητή πλατφόρμα κινητής τηλεφωνίας. Η γνώση της θερμικής αίσθησης κρίνεται σημαντική καθώς επηρεάζει τις καθημερινές δραστηριότητες του ανθρώπου.

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και κυρίως οι θερμικοί παράγοντες του εσωτερικού χώρου που επηρεάζουν τους ενοίκους αποτυπώνονται σε διεθνή πρότυπα και είναι η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας επιφανειών, η ταχύτητα του αέρα και η υγρασία. Επίσης παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση του ατόμου είναι τα ρούχα που φοράει και η δραστηριότητα που κάνει.

Στις τεχνικές δυνατότητες του συστήματος που αναπτύχθηκε συμπεριλαμβάνεται το σύστημα μέτρησης των περιβαλλοντικών συνθηκών καθώς και η εφαρμογή που υπολογίζει τα επίπεδα θερμικής άνεσης. Για την ανάπτυξη του συστήματος μέτρησης μελετήθηκαν τα τεχνικά μέσα χαμηλού κόστους που υπάρχουν διαθέσιμα για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος μέτρησης. Για την υλοποίηση του συστήματος μέτρησης χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα C για το προγραμματισμό της πλακέτας και τον έλεγχο των αισθητήρων καθώς και η γλώσσες python και php για την μεταφορά των δεδομένων στη Βάση και στην εφαρμογή αντίστοιχα.

Η παρούσα εργασία εκμεταλλεύτηκε τις εξελίξεις στον τομέα ανάπτυξης φορητών συστημάτων η οποία επιτρέπει την δημιουργία και υποστήριξη νέων μορφών εφαρμογών και συγκεκριμένα στηρίχτηκε στην εύκολη πρόσβαση που έχουν οι συσκευές αυτές στο διαδίκτυο ώστε να λαμβάνει τα δεδομένα των μετρήσεων των περιβαλλοντικών συνθηκών και να υπολογίζει τη θερμική άνεση.

Για την επιλογή της πλατφόρμας και κατ' επέκταση του λειτουργικού συστήματος πραγματοποιήθηκε διερεύνηση στα διαθέσιμων λειτουργικά συστήματα ως προς την καταλληλότητά τους για τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής. Η εφαρμογή υλοποιήθηκε για το λειτουργικό σύστημα iOS, και κατά συνέπεια χρησιμοποιήθηκε το αναπτυξιακού περιβάλλον Xcode Developer Tools και η αντικειμενοστρεφής γλώσσα προγραμματισμού Objective C. Η γνώση που κατακτήθηκε από την χρήση του Xcode και των επιμέρους εργαλείων του, επιτρέπει την ανάπτυξη εφαρμογών για όλες τις φορητές πλατφόρμες της Apple όπως iPhone, iPad και iWatch.

Η χρήση της μεθοδολογίας UML αποδείχθηκε σημαντική για τον σωστό σχεδιασμό και την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου. Στα πλαίσια αυτής της μεθοδολογίας δημιουργήθηκαν διαγράμματα ως ενδιάμεσα προϊόντα κατά την εξέλιξη του δυναμικού και στατικού μοντέλου του συστήματος που αναπτύχτηκε.

Τέλος έγινε επαλήθευση των υπολογισμών της θερμικής άνεσης με τα αποτελέσματα που δίνονται στα διεθνή πρότυπα και τα αποτελέσματα της σύγκρισης της εφαρμογής iPMV με τα αποτελέσματα που δίνει το πρότυπο σχεδόν ταυτίζονται επομένως η εφαρμογή iPMV υπολογίζει με μεγάλη ακρίβεια τα επίπεδα της θερμικής άνεσης και μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε συσκευή χρησιμοποιεί λειτουργικό σύστημα iOS.

11 Βιβλιογραφία

[1] Ά. Μ. Παπαδόπουλος, Θερμική Άνεση στα Κτίρια - Νέα Πρότυπα και Βελτίωση

- Θερμικής Άνεσης στα Κτίρια, Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ, Τμ. Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργ. Μετάδοσης Θερμότητας & Περιβαλλοντικής Μηχανικής, 2006.
- [2] Κ. Δημήτρης, «Ψυχομετρία,» ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ - Εργ. Αιολικής Ενέργειας, 2012.
- [3] ΚΑΠΕ, «Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοικτών Χώρων,» ΚΑΠΕ, ΑΘΗΝΑ, 2011.
- [4] ISO, «Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities,» ISO, 1998.
- [5] I. H. K. P. George Havenitha, «Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production,» *Energy and Buildings*, pp. Volume 34, Issue 6, Pages 581–591, 07 2002.
- [6] ANSI/ASHRAE Standard 55, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy," Atlanta, 2004.
- [7] ISO, «Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria,» ISO, 2005.
- [8] «wikipedia,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>. [Πρόσβαση 26 03 2015].
- [9] Ε. Πουλάκης, Προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino, Ηράκλειο: Ε. Πουλάκης: Ηράκλειο, 2015.
- [10] ARDUINO, «<http://www.arduino.cc/>,» ARDUINO, [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.arduino.cc/>. [Πρόσβαση 03 2015].
- [11] Βικιπαίδεια, «Βικιπαίδεια,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://el.wikipedia.org/wiki/Χρωματικός_κώδικας_ηλεκτρονικών_εξαρτημάτων. [Πρόσβαση 30 03 2015].
- [12] R. W. a. M. N. H. Hamid Farahan, «Humidity Sensors Principle, Mechanism, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review,» *Sensors 2014*, 14, pp. 7881-7939, 30 04 2014.
- [13] D-Robotics, «DHT11 Humidity & Temperature Sensor,» D-Robotics UK (www.droboticsonline.com), 2010.
- [14] M. Device, «Modern Device,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://moderndevice.com/product/wind-sensor/>. [Πρόσβαση 30 03 2015].
- [15] «Python.org,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.python.org/>. [Πρόσβαση 01 2015].
- [16] E.-4. T. J. D. I. Standard., «Εισαγωγή στο JSON,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://json.org/json-el.html>. [Πρόσβαση 01 2015].
- [17] StatCounter, «Statcounter,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://gs.statcounter.com/#mobile+tablet-os-eu-monthly-201401-201412-bar>. [Πρόσβαση 02 2015].
- [18] S. G. Kochan, Programming in Objective-C, Pearson Education (US), 2013.
- [19] A. K. C. C. J. Hillegass, iOS για Προγραμματιστές, Γκιούρδας Μ., 2014.