



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη Πληροφοριακού Συστήματος Συλλογής και
Επεξεργασίας Δεδομένων Αθλητικής Δραστηριότητας**

Σπυρίδων Π. Γεώργας

**Εισηγητές: Αναστασία Βελώνη,
Διονύσης Κανδρής**

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη Πληροφοριακού Συστήματος Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων Αθλητικής Δραστηριότητας

**Σπυρίδων Π. Γεώργας
Α.Μ. ΑΙΣ-0107**

**Εισηγητές: Αναστασία Βελώνη,
Διονύσης Κανδρής**

Εξεταστική Επιτροπή:

Ημερομηνία εξέτασης ___/6/2018

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος Σπυρίδων Γεώργας, του Παναγιώτη με αριθμό μητρώου AIS-0107 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε κάτω από δύσκολες συνθήκες και μέσα σε ένα ασφυκτικό χρονικό πλαίσιο.

Ευτυχώς, στην προσπάθειά μου αυτή, είχα την υποστήριξη των επιβλεπόντων καθηγητών μου, τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, για την καθοδήγησή τους και την ενθάρρυνση τους σε όλη αυτήν την προσπάθεια.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Γεώργιο Γλακουσάκη, ο οποίος διάθεσε τον πολύτιμο χρόνο του και τις γνώσεις του παραχωρώντας μας δύο συνεντεύξεις, στο πλαίσιο της διερεύνησης του συστήματος καταγραφής αθλητικής δραστηριότητας Vert.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τη σύζυγό μου και τον υιό μου για την συμπαράσταση τους και κυρίως, για την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων ενός wearable συστήματος, σε αθλητές πετοσφαίρισης και καλαθοσφαίρισης. Μέσω ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, γίνεται η αποθήκευση των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο σε έναν Cloud Server. Με αυτόν τον τρόπο, προσφέρεται η δυνατότητα της άμεσης παρακολούθησης των επιδόσεων των αθλητών από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, κινητά και ταμπλέτες. Παράλληλα, παρέχεται και προσανατολισμένη ενημέρωση μέσω μηνυμάτων στο Twitter.

Σε δεύτερο χρόνο, ασύγχρονα, γίνεται η αποθήκευση όλων των μετρήσεων σε μία βάση δεδομένων, για περαιτέρω ανάλυση, με ιστορικά αλλά και συγκριτικά στοιχεία.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, Cloud Εφαρμογές.
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: IoT, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Matlab, Βάσεις δεδομένων.

ABSTRACT

This thesis focuses on the collection and processing of data provided by a wearable system, for volleyball and basketball players. Measurements are stored in real time on a Cloud Server through a wireless network of sensors. In this way, we can monitor the athletes' performance directly through computers, mobile phones and tablets. At the same time, targeted information may also be provided through Twitter messages.

All measurements are stored in a data base at a later stage, for further processing through both historical and comparative data.

SCIENTIFIC AREA: Wireless Sensor Network, Cloud Applications

KEYWORDS: IoT, Internet of Things, Matlab, Databases.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	15
1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας	17
1.2 Ιστορική αναδρομή	18
1.3 Vert	27
1.4 Ανασκόπηση της πτυχιακής εργασίας	33
2. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	47
2.1 Επιλογές για την διπλωματική	47
2.2 Ανάπτυξη Εφαρμογής.....	52
2.2.1 Συλλογή Δεδομένων και αποστολή σε ιδιωτικά κανάλια.....	52
2.2.2 Ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων με Matlab.....	57
2.2.3 Ενέργειες	60
2.2.4 Βάσεις Δεδομένων.....	63
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	67
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	75
4.1 Σύνοψη της πτυχιακής εργασίας	77
4.2 Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.....	78
4.3 Συμπεράσματα	80
4.3 Προτάσεις για το μέλλον	80
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.2.1: Η τεχνολογία στον αθλητισμό. Μέτρηση κατακόρυφου άλματος.	16
Εικόνα 1.2.2 : Υπολογισμός μυϊκής δύναμης στο άλμα.....	18
Εικόνα 1.2.3 : Συνδυασμός κινήσεων μυωσκελετικού συστήματος.....	19
Εικόνα 1.2.4 : Μέτρηση άλματος με αισθητήρες στα παπούτσια.....	24
Εικόνα 1.3.1 : «G-Vert» μέτρηση ενέργειας αντοχής δύναμης Άλματος συμμετρίας.....	25
Εικόνα 1.3.2 : Φορείς και ιδρύματα ερευνών για τα αποτελέσματα των μετρήσεων του «Vert».....	26
Εικόνα 1.3.3 : Σύγκριση VERT με VERTEC.....	27
Εικόνα 1.3.4 : G-VERT σύγκριση των αλμάτων για όλη την ομάδα.....	29
Εικόνα 1.3.5 : G-VERT ανάλυση αλμάτων αθλητή σε έναν αγώνα.....	30
Εικόνα 1.4.1 : Φορετή (Wearable) συσκευή μέτρησης άλματος και επιτάχυνσης».....	31
Εικόνα 1.4.2 : LSM9DS1 της Adafruit	31
Εικόνα 1.4.3 : Μαγνητόμετρο, Γυροσκόπιο, Επιταχυνσιόμετρο.....	32
Εικόνα 1.4.4 : ESP-12E NodeMCU Development Board ESP8266	32
Εικόνα 1.4.5 : NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) Aduino IDE.....	33
Εικόνα 1.4.6 : Τοπολογία αστέρα (star) και σύνδεση με σύννεφο (Cloud)	34
Εικόνα 1.4.7 : Διάγραμμα υλοποίησης της διπλωματικής.....	35
Εικόνα 1.4.8: Γραφική απεικόνιση της αρχιτεκτονικής δομής ενός ΑΔΑ.	36
Εικόνα 1.4.9 : Γραφική απεικόνιση τοπολογίας αστέρα.	37
Εικόνα 1.4.10: Τί είναι το Internet of Things (IoT) ;	38
Εικόνα 1.4.11 : Πόσα πράγματα συνδέονται στο Internet;	39
Εικόνα 1.4.12 : Τι σηματοδοτεί το (IoT) για την εξέλιξη του ανθρώπου.	39
Εικόνα 1.4.13 : Relational and Non-Relational databases.	41
Εικόνα 2.1.1 : Συλλογή, Ανάλυση, Ενέργειες.	45
Εικόνα 2.1.2 : Χαρακτηριστικά και συνδέσεις του ThingSpeak.	46
Εικόνα 2.2.1.1 : Άνοιγμα Λογαριασμού στο ThingSpeak.	50
Εικόνα 2.2.1.2 : Άνοιγμα Καναλιού στο ThingSpeak.	51
Εικόνα 2.2.1.3 : Διαχείριση Καναλιών.	51
Εικόνα 2.2.1.4 : Κλειδιά για να γράψουμε και να διαβάσουμε από το κανάλι..	52
Εικόνα 2.2.1.5 : Σύνδεση μεταξύ δύο ESP8266.	52

Εικόνα 2.2.2.1: Δυνατότητα Matlab analysis για δημιουργία νέου καναλιού πληροφόρησης.	55
Εικόνα 2.2.2.2: Matlab Visualization για δημιουργία καμπύλης plot.	57
Εικόνα 2.2.3.1: Authorization του ThingTweet στο Twitter.	59
Εικόνα 2.2.3.2 : Δημιουργία του ThingTweet στο Twitter.	59
Εικόνα 2.2.3.3: Ανάλυση δημιουργίας ενός ThingTweet.	60
Εικόνα 2.2.4.1 : Εξαγωγή δεδομένων από το ThingSpeak.	61
Εικόνα 2.2.4.2 : Εισαγωγή δεδομένων στην Microsoft Access.....	61
Εικόνα 2.2.4.3: Ρυθμίσεις μορφής δεδομένων.	62
Εικόνα 2.2.4.4 : Ρυθμίσεις στηλών για εισαγωγή δεδομένων.	62
Εικόνα 2.2.4.5 : Ορισμός προδιαγραφών της διαδικασίας.	63
Εικόνα 2.2.4.6 : Αυτοματοποίηση της διαδικασίας.	63
Εικόνα 2.2.4.7 : Φόρμα εισαγωγής αθλητών.	64
Εικόνα 2.2.4.8 : Δεδομένα αθλητών στον πίνακα Athletes.....	64
Εικόνα 2.2.4.9: Δημιουργία ερωτήματος SQL. Επιδόσεις ανά ημέρα.	65
Εικόνα 2.2.4.10 : Δημιουργία έκθεσης. Επιδόσεις ανά ημέρα.	66
Εικόνα 2.2.4.11 : Δημιουργία γραφήματος. Επιδόσεις ανά ημέρα.	66
Εικόνα 3.1.1 : Οθόνη Εγγραφής στον Server ThinkSpeak	67
Εικόνα 3.1.2 : Οθόνη Εισαγωγής στον Server ThinkSpeak	67
Εικόνα 3.1.3 : Οθόνη Επιλογής Ιδιωτικού Καναλιού	68
Εικόνα 3.1.4 : Οθόνη Μετρήσεων Αθλητή 2.	68
Εικόνα 3.1.5 : Οθόνη Μετρήσεων Αθλητή 1.	69
Εικόνα 3.1.6 : Οθόνη μέσω μετρήσεων άλματος και ενέργειας.	70
Εικόνα 3.1.7 : Οθόνη από Matlab Visualizations.	70
Εικόνα 3.1.8 : Οθόνη επιλογής αθλητή από κινητό.	71
Εικόνα 3.1.9 : Οθόνη απεικόνισης άλματος σε κινητό.	71
Εικόνα 3.1.10 : Οθόνη απεικόνισης γενικής επιτάχυνσης αλλά και επιτάχυνσης άλματος σε κινητό.	72
Εικόνα 3.1.11 : Οθόνη με λήψη μηνύματος στο Tweeter.	72
Εικόνα 3.1.12 : Οθόνη περιήγησης και καταχώρησης αθλητή ομάδας βόλεϊ..	73
Εικόνα 3.1.13 : Οθόνη αναφοράς αθλητή ανά ημέρα.	74
Εικόνα 3.1.14: Οθόνη αναφοράς αθλητή ανά ημέρα σε γράφημα.....	74

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

TEE: Error of the Estimate

CV: Cefficient of Variation

EMS : Electric Muscle Stimulation

PT : Physical Training

RT : Resistance training

IoT: Internet of Things

AP : Access Point

ΑΔΑ : Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο, αναλύεται το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας και παράλληλα, παρουσιάζεται μια ιστορική αναδρομή γύρω από τις μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί στην υπό μελέτη περιοχή.

1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η σχεδίαση και ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος, το έδωσε τη δυνατότητα της συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, που σχετίζονταν με αθλητικές δραστηριότητες. Για την υλοποίηση της εν λόγω διπλωματικής, χρησιμοποιήθηκε φορετό (wearable) σύστημα, το οποίο κατέγραφε τόσο το κατακόρυφο άλμα αθλητών όσο και την επιτάχυνση τους, κατά τη διάρκεια μίας αθλητικής δραστηριότητας. Για τις ανάγκες της εν λόγω μελέτης, κατασκευάστηκε wearable (φορετό) σύστημα καταγραφής δεδομένων αθλητικής δραστηριότητας το οποίο αναλύεται στη διπλωματική εργασία στα πλαίσια του Π.Μ.Σ. « Εφαρμοσμένα Πληροφοριακά Συστήματα», του κ. Ιωάννη Γεωργιάδη, με τίτλο: «Σχεδίαση και Ανάπτυξη Φορητού Ηλεκτρονικού Συστήματος Καταγραφής Δεδομένων Αθλητικής Δραστηριότητας» και αποτελεί το αρχικό τμήμα της συνολικής έρευνας.

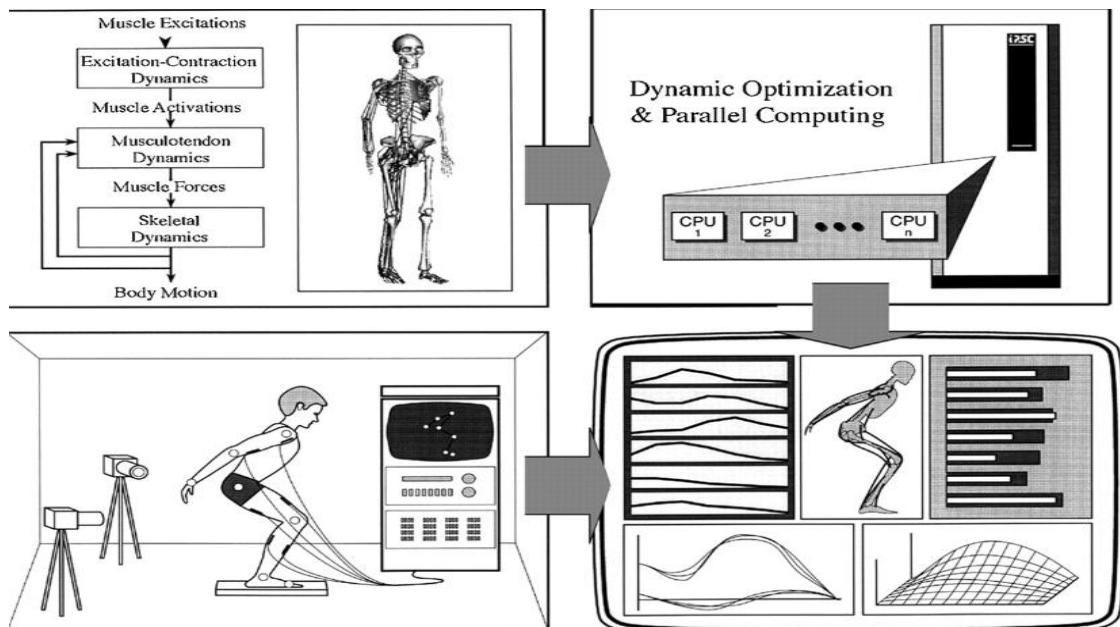
Συγκεκριμένα, μέσω του wearable συστήματος, ελήφθησαν μετρήσεις με τη βοήθεια ενός αισθητήρα, οι οποίες στη συνέχεια, επεξεργάστηκαν, αξιολογήθηκαν και στάλθηκαν σε ένα σημείο πρόσβασης (access point). Από εκεί, στάλθηκαν και αποθηκεύτηκαν σε μία πολύ δημοφιλή Cloud Internet of Things πλατφόρμα, την ThingSpeak.

Στο περιβάλλον που διαθέτει η εταιρία Mathworks, υπάρχει η δυνατότητα, τα δεδομένα είτε να απεικονίζονται άμεσα (On line) είτε επεξεργασμένα με το Matlab analytics. Στη συνέχεια, αφού πρώτα επεξεργάζονται, αναλύονται συνδυάζονται και παρουσιάζονται σε όλα τις ηλεκτρονικές συστήματα, όπως Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές, ταμπλέτες και κινητά (PC,Tablets,Mobiles). Τέλος, ανάλογα με τα αποτελέσματα εκτελούνται ενέργειες, όπως ειδοποιήσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης όπως το Twitter.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Σε μια εποχή ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων σε κάθε τομέα της σύγχρονης ζωής, ο αθλητισμός δεν θα μπορούσε να μην κατέχει εξέχουσα θέση, καθώς αποτελεί ένα από τα πιο ισχυρά κατορθώματα του ανθρώπινου πολιτισμού, σε βάθος αιώνων. Η συνεχής αναζήτηση του ανθρώπου για το ακατόρθωτο και την επιβράβευση που μπορεί να ακολουθεί, έκανε τον αθλητισμό, ιδιαίτερα μετά τον Β΄ παγκόσμιο πόλεμο, να εξελιχθεί με ταχείς ρυθμούς. Παράλληλα, οι οικονομικές αλλά και κοινωνικές μεταβολές που μπορεί να προκαλέσει έδωσαν μια επιπλέον ώθηση στην εξελικτική του πορεία.

Στις μέρες μας, η ανάγκη των αθλητών να πετυχαίνουν ολοένα και υψηλότερες επιδόσεις, ξεπερνώντας πολλές φορές τα όρια της ανθρώπινης φύσης, έγινε ακόμη πιο επιτακτική. Το ενδιαφέρον πλέον, όσων ανθρώπων ασχολούνται με τον αθλητισμό, έγκειται στην αναζήτηση μεθόδων, τεχνικών και εργαλείων τεχνολογίας, μέσω των οποίων, θα μπορούν να παρατηρούν, να μετρούν και να καταγράφουν δεδομένα αθλητών, με κύριο στόχο την απόκτηση των απαραίτητων γνώσεων για τη βελτιστοποίηση των αθλητικών κινήσεων του σώματος και ως εκ τούτου, τη μεγιστοποίηση των αθλητικών επιδόσεων.



Εικόνα 1.2.1 : Η τεχνολογία στον αθλητισμό. Μέτρηση κατακόρυφου άλματος.

Η τεχνολογική πρόοδος έδωσε τα κατάλληλα εργαλεία και δυνατότητες που μέχρι πρότινος, κανείς δε θα μπορούσε να διανοηθεί. Δεν είναι λοιπόν τυχαία η ισχυρή διείσδυση των τεχνολογικών επιτευγμάτων σε κάθε τομέα του αθλητισμού, μεταφέροντάς τον σε πολύ υψηλά επίπεδα. Από την κατασκευή σταδίων, οργάνων και αντικειμένων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση αγώνων, μέχρι τη δημιουργία ρούχων και παπουτσιών, η τεχνολογία κατάφερε να είναι πάντα παρούσα ευνοώντας και ενισχύοντας τις επιδόσεις με τρόπο εντυπωσιακό πολλές φορές.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, γεννήθηκαν και άρχισαν να εξαπλώνονται σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία και εφαρμογές για την αξιολόγηση, τον έλεγχο και την ανάπτυξη των αθλητικών επιδόσεων με σκοπό την καλύτερη δυνατή προετοιμασία των αθλητών. Πλέον, υπάρχουν αρκετά λογισμικά, τα οποία επιτρέπουν την καταγραφή και τη μελέτη των κινήσεων των αθλητών, την επιτάχυνση τους, την ενέργεια που καταναλώνουν σε κάθε τους κίνηση, δίνοντας τους τη δυνατότητα να μεγιστοποιήσουν τις επιδόσεις τους. Επιπρόσθετα, προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, δημιουργήθηκαν τα φορετά wearable συστήματα, μέσω των οποίων, δίνεται η δυνατότητα μέτρησης καταγραφής και απεικόνισης των επιδόσεων των αθλητών ετεροχρονισμένα σε κινητά τηλέφωνα ή και σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Τα καινοτόμα αυτά προϊόντα έχουν σχεδιαστεί και μπορούν να εφαρμοστούν από το σύνολο σχεδόν των αθλημάτων.

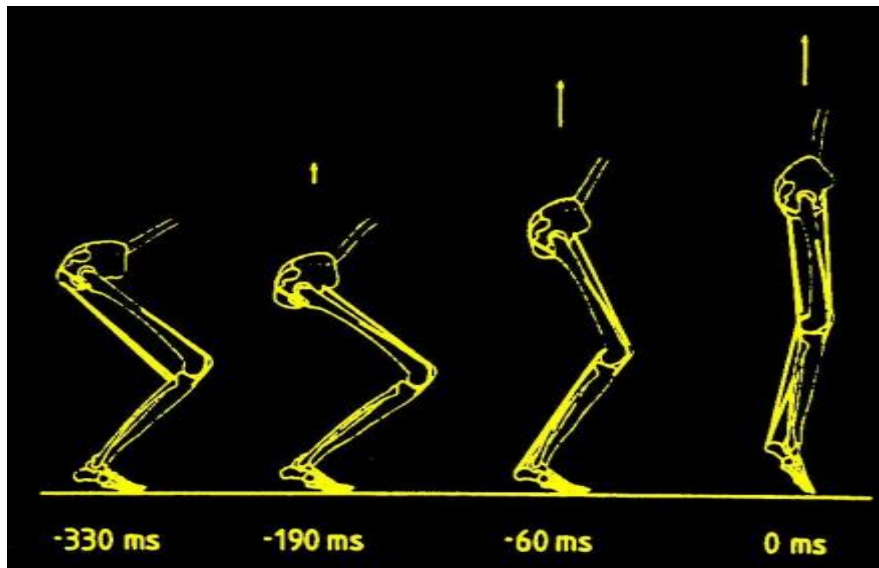
- **Αθλήματα πετοσφαίρισης (βόλεϊ) και καλαθοσφαίρισης (μπάσκετ).**

Τα αθλήματα κλειστού χώρου απαιτούν ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό μυϊκής δύναμης, κυρίως στα κάτω άκρα, λόγω των κατακόρυφων αλμάτων που είναι υποχρεωμένοι να πραγματοποιούν οι αθλητές, εξαιτίας της φύσης των εν λόγω αθλημάτων. [1]. Η μυϊκή δύναμη διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη αλλά και στη βελτίωση της αλτικότητας των αθλητών [2].

Η μυϊκή δύναμη μπορεί να οριστεί ως:

- ✓ Η εφαρμοζόμενη δύναμη πολλαπλασιαζόμενη με τη ταχύτητα της κίνησης ($P=F \times V$) [3].
- ✓ Το έργο που ασκήθηκε προς τη μονάδα χρόνου ($P=W/t$) [4].
- ✓ Ο ρυθμός που μια δύναμη αναπτύσσεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο ($P=F \times D/t$)

- ✓ Η ικανότητα ανάπτυξης της υψηλότερης τιμής δύναμης στη μονάδα του χρόνου [5] .



Εικόνα 1.2.2: Υπολογισμός μυϊκής δύναμης στο άλμα.

Η μονάδα μέτρησης της μυϊκής δύναμης είναι τα Watt και υπολογίζεται ότι σε ένα κατακόρυφο άλμα παράγονται περίπου 7000 W [4] .

Το κατακόρυφο άλμα αποτελεί μια συνδυαστική κίνηση, η οποία εξαρτάται από τον κινητικό συντονισμό των μελών του σώματος, τον τύπο των μυϊκών ινών, την σκληρότητα (stiffness) (η οποία δείχνει την ικανότητα των μυών να επιστρέφουν την κίνηση από έκκεντρη συστολή σε σύγκεντρη και η οποία αλληλοεπιδρά με το μυοτατικό αντανακλαστικό) και από την μέγιστη δύναμη ανάλογα με το επίπεδο του αθλητή[6] .

Διακρίνονται σε τρεις τύπους:

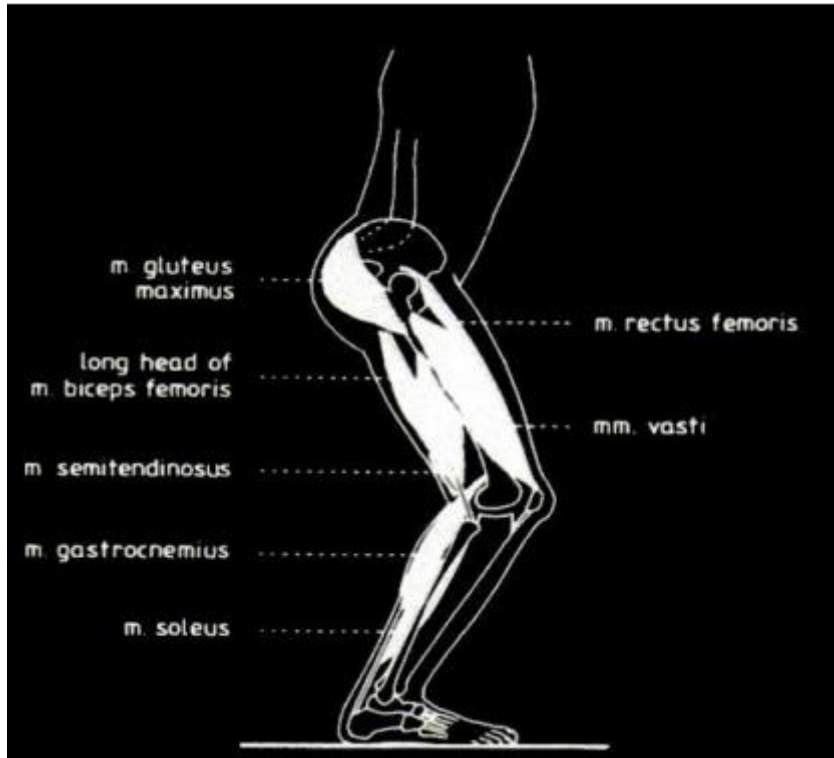
α) Στατικό άλμα με κατακόρυφη απογείωση (ΣΑΚΑ),

β) Άλμα με Ταλάντευση και Απογείωση (ΑΤΑ) και

γ) Άλμα με πτώση και Απογείωση (ΑΠΑ)

και στην ουσία περιλαμβάνουν συσσώρευση και απόδοση της ελαστικής ενέργειας [7].

Οι ενέργειες που απαιτούνται αναφορικά με την εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος ακολουθούν ένα συγκεκριμένο μοτίβο και απαιτούν έναν συνδυασμό κινήσεων του μυοσκελετικού συστήματος και των αρθρώσεων.



Εικόνα 1.2.3 : Συνδυασμός κινήσεων μυοσκελετικού συστήματος.

Η ενίσχυση της αλτικότητας ενός αθλητή μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από μια ποικιλία ασκήσεων διαφορετικής έντασης και διαβαθμισμένης δυσκολίας.

- **Ερευνητικά δεδομένα για το άθλημα πετοσφαίρισης**

Τα αθλήματα κλειστού χώρου, όπως το βόλεϊ και το μπάσκετ είναι στην ουσία ιδιαίτερα δυναμικά αθλήματα και απαιτούν πλήθος δεξιοτήτων όπως: δύναμη, ταχύτητα, αλτικότητα και αντοχή. Επιπλέον, αναφορικά με το άθλημα του βόλεϊ, τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν τα απαραίτητα εφόδια, που πρέπει να έχει ένας αθλητής, καθώς η χρονική διάρκεια ενός παιχνιδιού είναι αβέβαιη. Η δύναμη σε συνδυασμό με την ικανότητα άλματος και την αντοχή έχουν κρίσιμη σημασία και μπορούν να παράσχουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των αντιπάλων σε κρίσιμα σημεία ενός αγώνα. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το άλμα μπορεί να αποτελεί και ένα φυσικό ταλέντο κάποιων αθλητών, ένα ταλέντο που περιλαμβάνει μια πολύπλοκη κίνηση, η οποία συνδέεται με την ισχύ των μυών των κάτω άκρων, την εκρηκτική τους δύναμη, αλλά και την ευελιξία τους. Ωστόσο, και σε αυτήν την περίπτωση, η μελέτη της

ενίσχυσης των ανωτέρω χαρακτηριστικών- ταλέντων, κρίνεται απαραίτητη, καθώς θα είναι αυτή η ειδοποιός διαφορά που μπορεί να κρίνει την έκβαση ενός αγώνα. Επιπρόσθετα, η αλτικότητα ενός παίκτη του βόλεϊ θεωρείται βασική και σημαντική, καθώς παρατηρείται στο σύνολο σχεδόν των δραστηριοτήτων και των ενεργειών που απαιτούνται σε ένα αγώνα.

Προς αυτήν την κατεύθυνση και αναφορικά με τα αθλήματα κλειστού χώρου, έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες, κυρίως στο εξωτερικό, οι οποίες είχαν ως κύριο στόχο τη μελέτη των μηχανισμών (φυσικών ή μη) που ευθύνονται για την ανάπτυξη και ενίσχυση της αλτικότητας των αθλητών, την αύξηση της μυϊκής τους δύναμης, καθώς και της ενίσχυσης της ελαστικότητας των μυών και των τενόντων τους.

Χαρακτηριστική είναι η έρευνα ανασκόπησης των Milo, Grosu & Milo (2009) [8], οι οποίοι μελέτησαν τρεις βασικές μεθόδους για την ενίσχυση του κατακόρυφου άλματος των αθλητών του βόλεϊ, όπως αυτές παρουσιάζονται μέσα από συγκεκριμένες έρευνες, με τη χρήση α) της πλειομετρικής εκπαίδευσης των αθλητών (PT), περιλαμβάνει άλματα για την ενίσχυση της μυϊκής δραστηριότητας των νεύρων και την βελτίωση της αποκατάστασης της ελαστικής τους ενέργειας, β) της ηλεκτρομυοδιέγερσης (EMS), η οποία έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την ικανότητα της χρήσης των κινητικών μονάδων των μυών και γ) προπόνηση αντίστασης (RT), η οποία εκτελείται με τη χρήση βαρών και έχει ως στόχο να αυξήσει την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας των μυών. Φυσικά, όπως αναφέρουν και οι συγγραφείς, τα οφέλη, αναφορικά με τις επιδόσεις των αθλητών, ενισχύονται όταν οι παραπάνω μέθοδοι συνδυαστούν εποικοδομητικά ολικώς ή μερικώς. Παρουσιάζοντας τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση του κατακόρυφου άλματος, οι εν λόγω μελετητές, καταλήγουν στο γεγονός, ότι το τελευταίο μπορεί να επηρεαστεί τόσο από μυϊκές όσο και από νευρικές πτυχές. Συγκεκριμένα, αναφέρουν ότι η ενίσχυση των μυών αλλά και η εκπαίδευση και ενίσχυση της ελαστικότητας των νευρικών μηχανισμών (π.χ μυϊκός άξονας) πρέπει να θεωρούνται ως οι ουσιαστικοί παράμετροι για την ενίσχυση της αλτικότητας. Ωστόσο, οι συγκεκριμένοι μελετητές καταλήγουν εφιστώντας την προσοχή, που είναι απαραίτητο να δοθεί, στον σχεδιασμό ενός δομημένου και οργανωμένου προγράμματος ενίσχυσης της αλτικότητας και της δύναμης των αθλητών, καθώς η έλλειψη γνώσης ή σωστής οργάνωσης ενέχει κινδύνους για τους ίδιους τους αθλητές.

Οι ερευνητές Lidor & Ziv (2009) [9], στηριζόμενοι σε αναθεωρημένες μελέτες, θέλησαν να ασχοληθούν με τη μελέτη των φυσικών χαρακτηριστικών και φυσιολογικών ιδιοτήτων που μπορούν να έχουν αθλήτριες του βόλεϊ και πώς τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να έχουν άμεση επίδραση στις επιδόσεις τους. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι τα φυσικά χαρακτηριστικά των αθλητριών του βόλεϊ, όπως: σωματική μάζα, αντοχή, ευκινησία, αλλά και έλλειψη λίπους από το σώμα, σε συνδυασμό με ένα δομημένο και συνδυασμένο πρόγραμμα προπόνησης (συνδυασμός διαφορετικών προγραμμάτων), μπορούν να οδηγήσουν στη μεγιστοποίηση των αθλητικών επιδόσεων. Μέσα από την ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκαν τα εξής: α) Αθλητές με υψηλότερο επίπεδο δεξιοτήτων τείνουν να είναι ψηλότεροι, κάπως βαρύτεροι και έχουν υψηλότερες τιμές, αναφορικά με το κάθετο άλμα, σε σχέση με παίκτες χαμηλότερου επιπέδου δεξιοτήτων, β) Αθλήτριες του βόλεϊ και του μπάσκετ παρουσιάζουν κοινά στοιχεία, αναφορικά με το αερόβιο προφίλ τους, γ) Η δημιουργία ενός προγράμματος με εκπαίδευση κατάρτισης (RT) μπορεί να αυξήσει τις τιμές των κάθετων αλμάτων και δ) Για την καλύτερη επίδοση των αθλητών και για να αποφευχθεί η κόπωση και η μειωμένη απόδοση θα πρέπει η προετοιμασία του pre- season να διεξάγεται στην αρχή της σεζόν.

Επιπρόσθετα, οι μελετητές κάνουν αναφορά για την έλλειψη ερευνητικών δεδομένων σχετικά με τις επιδόσεις των αθλητών στο γήπεδο, κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, αλλά και για την έλλειψη στοιχείων που να σχετίζονται με την ανάλυση της χρονικής κίνησης των γυναικών του βόλεϊ. Παράλληλα, επισημαίνεται η ανάγκη για περισσότερα ερευνητικά δεδομένα μέσα από πειραματικές διαδικασίες, οι οποίες θα εξετάζουν την αποτελεσματικότητα διαφορετικών προγραμμάτων κατάρτισης- προπόνησης και οι οποίες θα συνδυάζουν και τις φυσιολογικές ιδιότητες των αθλητριών. Ενώ τέλος, επισημαίνεται η ανάγκη της μελέτης πολλαπλών ομάδων, ώστε να γίνει εφικτή η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των διαφορετικών προγραμμάτων αντοχής, ενίσχυσης της αλτικότητας και αύξησης της δύναμης σε αθλήτριες του βόλεϊ και φυσικά, μέσα σε πραγματικές συνθήκες.

Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και η έρευνα των Melrose, Spaniol, Bohling & Bonnette (2007) [10], η οποία είχε ως βασική επιδίωξη να εξετάσει τη σχέση ανάμεσα στα φυσικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά απόδοσης εφήβων αθλητριών του βόλεϊ. Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 29 κορίτσια (n=29),

ηλικίας 12-17 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ηλικία, η εμπειρία, οι ώμοι, τα ισχία και οι μηροί, η δύναμη και η ισορροπία αποτελούσαν τα βασικά χαρακτηριστικά της σωματικής απόδοσης των εφηβικών κοριτσιών που ασχολούνταν με το βόλεϊ και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στις επιδόσεις, στην αλτικότητα και στη δύναμη. Ο συνδυασμός αυτών των φυσικών χαρακτηριστικών με ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα εκπαίδευσης, ενδεχομένως, να οδηγήσει και σε καλύτερες επιδόσεις. Παράλληλα, τα αποτελέσματα της εν λόγω μελέτης, δίνουν τη δυνατότητα στους προπονητές αλλά και στους αθλητές να προσδιορίσουν τα φυσικά δεδομένα και τα δεδομένα απόδοσης συγκεκριμένων ηλικιακών ομάδων με κύριο στόχο την αξιολόγηση αλλά και την ανάπτυξη των φυσικών χαρακτηριστικών των αθλητών.

Με το ίδιο ερευνητικό πεδίο ασχολούνται και οι μελετητές Nikolaidis, Afonso, Clemente-Suarez, Knechtle, Kasabalis, Kasabalis, Douda, Tokmakidis & Torres-Luque (2017) [11], οι οποίοι εξέτασαν τις ανθρωπομετρικές και φυσιολογικές συσχετίσεις που μπορούν να υπάρξουν σε σχέση με το κατακόρυφο άλμα, ανάμεσα σε κορυφαίες αθλήτριες του βόλεϊ, συμπεριλαμβανομένου και του χαρακτηριστικού της ηλικίας. Παράλληλα, εξετάστηκε το προφίλ των αθλητριών του βόλεϊ με υψηλή ικανότητα άλματος σε σχέση με τις αντίστοιχες με χαμηλότερη ικανότητα. Οι συμμετέχοντες ήταν 72 επιλεγμένες αθλήτριες του βόλεϊ από την περιοχή της Αθήνας (ηλικίας $13,3 \pm 0,7$ ετών, με σωματική μάζα $62,0 \pm 7,2$ kg, ύψος $171,5 \pm 5,7$ cm και σωματικό λίπος $21,2 \pm 4,5\%$). Αφού ταξινομήθηκαν σε τεταρτημόρια σύμφωνα με την απόδοση AJ (ομάδα A, 21,4-26,5 cm, ομάδα B, 26,8-29,9 cm, ομάδα C, 30,5-33,7 cm, ομάδα D, 33,8-45,9 cm), έλαβαν μέρος σε σειρά δοκιμών φυσικής κατάστασης. Όλες οι συμμετέχουσες ακολούθησαν τις ίδιες διαδικασίες. Αρχικά, εξετάστηκαν για ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και η ευελιξία. Στη συνέχεια, αφού ακολούθησαν μια τυποποιημένη μορφή προθέρμανσης, δοκιμάστηκαν για ισομετρική μυϊκή δύναμη και δοκιμές αλτικότητας.

Αναφορικά με τη μελέτη της Ανθρωπομετρίας χρησιμοποιήθηκε μια ηλεκτρονική κλίμακα μάζας σώματος (HD-351 Tanita, Arlington Heights, IL, ΗΠΑ) και ένα φορητό σταδιομέτρο (SECA, Leicester, UK) για να μετρηθεί το ΒΜ με τα πλησιέστερα 0.1 κιλά και το ύψος με ακρίβεια 1 χλστ. Αυτές οι μετρήσεις χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ΔΜΣ. Επιπρόσθετα, εκτός από το ύψος, μετρήθηκε και το ύψος καθίσματος. Επιπλέον, υπολογίστηκε το ποσοστό

σωματικού λίπους και η χρονολογική ηλικία (CA) με βάση έναν πίνακα δεκαδικών αριθμών, οι οποίοι αναφέρονταν στο έτος. Τέλος, μελετήθηκε και η ταχύτητα ύψους αιχμής (PHV), η οποία αντικατοπτρίζει τη μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης του ύψους.

Τα βασικά ευρήματα της εν λόγω έρευνας έδειξαν αρχικά, ότι η απόδοση του άλματος συσχετίζεται τόσο με ανθρωπομετρικές (APH V, BM, BMI, BF) όσο και με φυσιολογικές παραμέτρους (ισομετρική αντοχή, SJ, CMJ, και FI στο WAnT) και επιπλέον, ότι οι αθλήτριες με ανώτερη απόδοση σε άλματα (δηλαδή εκείνες με AJ ~ 37 cm) είχαν επίσης παλαιότερα CA και APH V και χαμηλότερη BF, ισομετρική ισχύ, SJ, CMJ, απόδοση στη δοκιμή Bosco και Pmean στο WAnT, από τις αντίστοιχες αθλήτριες με χαμηλότερη απόδοση άλματος (δηλαδή με AJ≈25 cm).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης, που αφορούσαν στη σύγκριση μεταξύ των ομάδων, έδειξαν ότι υπήρχαν διαφορές στις επιδόσεις των αλμάτων, με τους ρόλους τόσο των ανθρωπομετρικών όσο και φυσιολογικών παραμέτρων για την απόδοση του άλματος, να κατέχουν πρωταρχική θέση. Ενώ τέλος, η βιολογική ηλικία δε φάνηκε να διαδραματίζει κάποιο ιδιαίτερο ρόλο, σε αντίθεση με τη σημαντικότητα που φάνηκε να παίζει ο βαθμός αλλά και ο ρυθμός ωριμότητας μιας αθλήτριας. Επιπλέον, οι ερευνητές τόνισαν τη συσχέτιση που υπάρχει στην επίδοση του άλματος και της μυϊκής δύναμης αλλά και της αερόβιας ικανότητας των αθλητών.

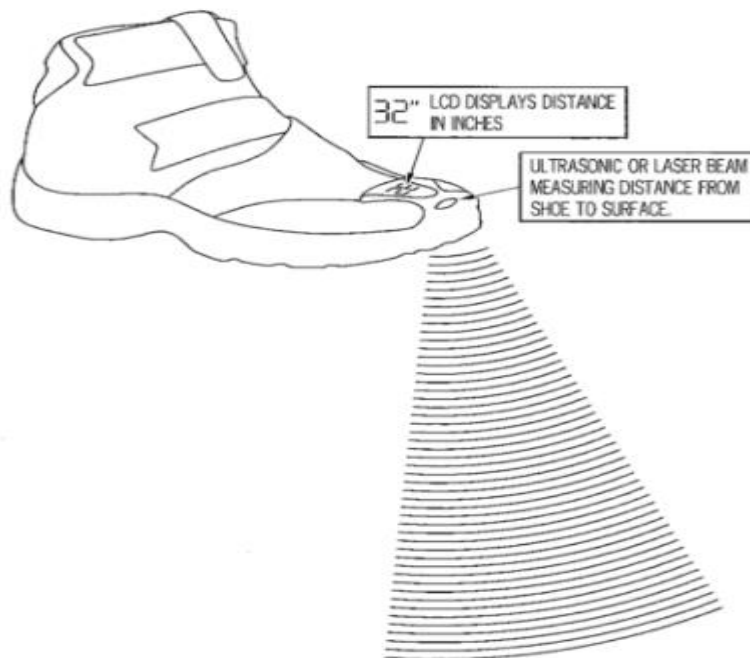
Συνοψίζοντας, στην εν λόγω έρευνα, διαφάνηκε ότι μπορούν οι ανθρωπομετρικές και φυσιολογικές παράμετροι να εξηγούν σημαντικές διακυμάνσεις των επιδόσεων του άλματος ενός αθλητή, αλλά θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη και ο ρόλος άλλων παραγόντων, όπως οι κινητικές δεξιότητες και η μέθοδος της προθέρμανσης. Επιπλέον, αναφέρεται ότι οι εμπειρογνώμονες του βόλεϊ θα ήταν σωστό να επικεντρωθούν στη βελτιστοποίηση τόσο των ανθρωπομετρικών όσο και των φυσιολογικών παραμέτρων, προκειμένου να επιτευχθεί υψηλή κατακόρυφη απόδοση, δίνοντας έμφαση στην ανάπτυξη σωστών παρεμβάσεων- ασκήσεων αλλά και διατροφής, καθώς μέσα από τη συγκεκριμένη μελέτη διαφάνηκε ο αρνητικός ρόλος της περίσσειας σωματικής μάζας και λίπους και ο θετικός ρόλος της μυϊκής δύναμης.

Έχοντας ως γνώμονα τα παραπάνω, γίνεται φανερό πόσο σημαντική είναι για τους αθλητές των αθλημάτων κλειστού χώρου και συγκεκριμένα του βόλεϊ, η

ανάγκη συνεχούς βελτίωσης και ενίσχυσης της αλτικότητάς τους, καθώς αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο για τη συνολική τους επίδοση.

Στις μέρες μας, η τεχνολογία μπορεί να λειτουργήσει επικουρικά και συνδυαστικά με την προπονητική πορεία και διαδικασία, καθώς ο προπονητής, η ιατρική ομάδα αλλά και ο ίδιος ο αθλητής μπορεί να παρακολουθεί την εξέλιξή του μέσα από wearable συστήματα και να έχει ίδια άποψη για την απόδοσή του.

Οι πρώτες προσπάθειες για μέτρηση άλματος γίνονται στις αρχές της δεκαετίας μας με ένα σύστημα μέτρησης με αισθητήρες, το οποίο ενσωματώνεται στο παπούτσι του αθλητή (εικόνα 1.2.4).



Εικόνα 1.2.4 : Μέτρηση άλματος με αισθητήρες στα παπούτσια.

Το σύστημα έχει υπολογιστική μονάδα για τον συντονισμό, την επεξεργασία και τη διαβίβαση των δεδομένων του αισθητήρα. Ο πομπός στο παπούτσι εκπέμπει υπερήχους ή λέιζερ για να υπολογίσει την απόσταση από το έδαφος. Μάλιστα, στο επάνω μέρος του παπουτσιού, υπάρχει και οθόνη LCD, για να βλέπει ο αθλητής άμεσα την επίδοσή του στο άλμα [12].

Τελικά, η λύση που φαίνεται να επικρατεί παγκοσμίως σήμερα, για τα αθλήματα πετοσφαίρισης (βόλεϊ) και καλαθοσφαίρισης (μπάσκετ), είναι το wearable σύστημα μέτρησης VERT.

1.3 VERT

Το VERT είναι μία wearable συσκευή, η οποία τοποθετείται στους αθλητές και μετρά τις επιδόσεις τους, κατά την διάρκεια μίας αθλητικής δραστηριότητας. Επιπλέον, με την ανατροφοδότηση που παρέχει το σύστημα βοηθά κάθε προπόνηση να είναι προσαρμοσμένη στον αθλητή, με σκοπό να είναι πιο αποτελεσματική και κυρίως να εξαλείψει τον κίνδυνο των τραυματισμών.

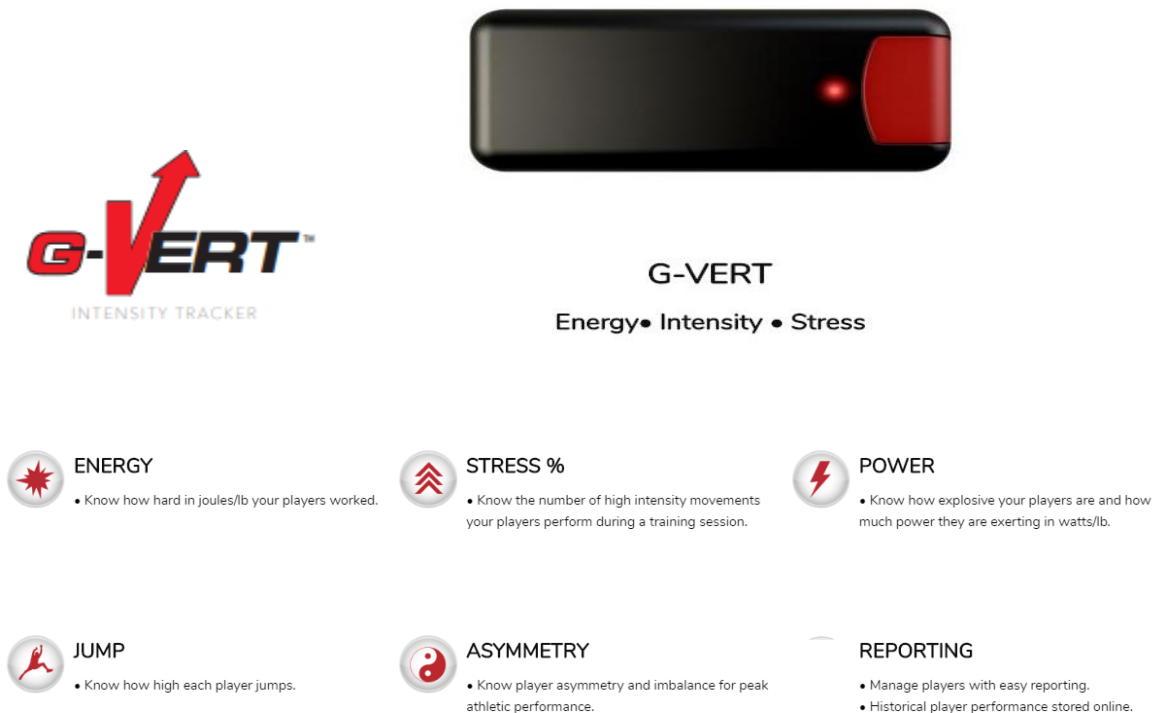
Τέλος, κυρίως σε ομάδες, βοηθά τους προπονητές να βελτιώσουν την απόδοση τόσο των παικτών όσο και της ομάδας.

Το VERT διατίθεται σε 2 εκδόσεις:

α) το VERT που μετράει το κατακόρυφο άλμα και

β) το G-Vert, το οποίο εκτός της μέτρησης του κατακόρυφου άλματος μετρά επιπλέον, την ενέργεια, την αντοχή, την ένταση, τη δύναμη και τη συμμετρία του σώματος, ενώ παράλληλα, παρέχει ένα σύνολο αναφορών για την υποστήριξη της ομάδας.

Το G-Vert, που παρουσιάστηκε τον Δεκέμβριο του 2016, ως εξέλιξη του Vert, αποτελεί μία ολοκληρωμένη λύση για κυρίως αθλήματα κλειστού χώρου.



Εικόνα 1.3.1 : G-Vert μέτρηση ενέργειας αντοχής, δύναμης, άλματος, συμμετρίας.

Η Εθνική Ομάδα Βόλεϊ γυναικών της USA και η Ομάδα μπάσκετ Auburn χρησιμοποιούν το G-Vert. Τον τελευταίο χρόνο πολλές ομάδες αλλά και εθνικές χωρών σε όλο τον κόσμο και στην Ευρώπη αγόρασαν το G-Vert.

Πολλοί φορείς και ιδρύματα, όπως και οι παρακάτω: University of Calgary, Australian Institute of Sport και Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, έχουν διεξάγει έρευνες για να διαπιστώσουν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία του συστήματος Vert.



Εικόνα 1.3.2 : Φορείς και ιδρύματα ερευνών που έχουν πιστοποιήσει τα αποτελέσματα των μετρήσεων του Vert.

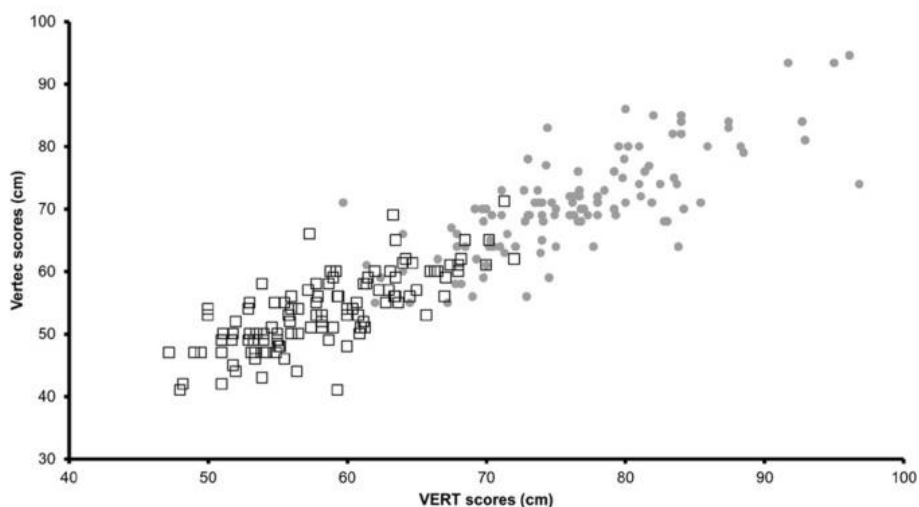
Συγκεκριμένα, στην ερευνητική μελέτη των Skazalski, Whiteley, Hansen & Bahr (2018), μετρήθηκαν τα άλματα σε 14 παίκτες του επαγγελματικού βόλεϊ των ανδρών σε 2 αγώνες. Η μέτρηση έγινε με επαγγελματική ανάλυση βίντεο, το οποίο κατέγραφε τα άλματα με ειδική κωδικοποίηση για κάθε αθλητή. Για τη μέτρηση της αξιοπιστίας σε κάθε αθλητή, τοποθετήθηκαν δύο συστήματα στην ίδια θέση κατά τη διάρκεια των αλμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η αξιοπιστία έφτασε στο ποσοστό 99,95%, καθώς τα δύο συστήματα που τοποθετήθηκαν στην ίδια θέση είχαν ελάχιστη απόκλιση ($r = .99$, 95% CI 0,98-0,99). Σχετικά με την ακρίβεια, η συσκευή Vert, στα 3637 άλματα που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια του αγώνα, κατέδειξε ότι το ύψος άλματος είχε υπερεκτιμηθεί κατά μέσο όρο 5,5 εκατοστά (95% CI 4,5-6,5).

Με βάση τα παραπάνω, φαίνεται ότι το σύστημα Vert, επιδεικνύει εξαιρετική αξιοπιστία αλλά και ακρίβεια στην καταμέτρηση των αλμάτων του βόλεϊ κατά τη διάρκεια της προπόνησης και του αγώνα. Παρόλο που, το σύστημα δεν συνίσταται για τη μέτρηση με ακρίβεια του μέγιστου άλματος, όταν απαιτείται ακρίβεια, ωστόσο, παρέχει ένα αποδεκτό μέτρο μέτρησης ύψους άλματος που

σίγουρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση του φορτίου αλλά και του άλματος του αθλητή[13] .

Σε δεύτερη έρευνα των Borges, Moreira, Bacchi, Finotti, Ramos, Lopes & Aoki (2017), μετρήθηκε στην προπόνηση η δύναμη (power) των αλμάτων με ένα δυναμόμετρο, σε σχήμα πιάτου, αλλά και το άλμα των αθλητών, καθώς άγγιζαν το ανώτερο σημείο της συστήματος μέτρησης, η οποία ονομάζεται Vertec. Οι συμμετέχοντες της μελέτης αυτής ήταν παίκτες του Βόλεϊ από την κατηγορία U18 της ομάδας της εθνικής Βραζιλίας. Κάθε αθλητής εκτελούσε τυχαία άλματα πραγματοποιώντας συνολικά 6 άλματα: 3 άλματα επιθέσεων και 3 άλματα για μπλοκ. Με βάση τα αποτελέσματα, φαίνεται ότι τα συστήματα VERTEC και VERT παρουσίασαν μία πολύ καλή συσχέτιση για τα άλματα επίθεσης, με το VERTEC να κυμαίνεται στα 70.9 ± 8.2 και το VERT 76.3 ± 7.5 cm αντίστοιχα και με συντελεστή συσχέτισης ($r=0.75$; 90% CL 0.68 to 0.81). Το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (TEE error of the estimate) ως συντελεστή μεταβλητότητας (CV coefficient of variation) ήταν 7,8% (90% CL 7.0 σε 8,9%). Επιπλέον, για τα άλματα του μπλοκ ήταν 53.7 ± 6.1 και 58.5 ± 5.7 cm για το VERTEC και VERT αντίστοιχα και ο συντελεστή συσχέτισης ($r = 0,75$; 90% CL 0,67 to 0,81). Το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης (TEE error of the estimate) ως συντελεστή μεταβλητότητας (CV coefficient of variation) ήταν 7,9% (90% CL 7.1 σε 8,9%).

Καταλήγοντας οι ερευνητές υποστήριξαν ότι το σύστημα VERT αποτελεί ένα πολύ πρακτικό εργαλείο για την ποσοτικοποίηση των επιδόσεων των παικτών του βόλεϊ στο άλμα[14] .



Relationship between the VERT and the VERTEC scores for the attack (grey filled circles) and block (open black squares) jumps

Εικόνα 1.3.3: Σύγκριση VERT με VERTEC.

Τέλος, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός, ότι μετά από μελέτη που διεξήγαγε το Πανεπιστήμιο του Κάλγκαρι και το Κέντρο Έρευνας που διαθέτει, σχετικά με την πρόληψη τραυματισμών, αλλά και τις μετρήσεις στην ακρίβεια του κατακόρυφου άλματος, το VERT αξιολογήθηκε ως ένα πολύ αξιόπιστο και πρακτικό εργαλείο.

Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί η υλοποίηση μιας μη δομημένης συνέντευξης με ανοικτού τύπου ερωτήσεις, η οποία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης, με τον κ. Γλακουσάκη Γιώργο Φυσικοθεραπευτή (PT MSc Candidate) τον μοναδικό κάτοχο στην Ελλάδα του προγράμματος G-Vert. Ο κ. Γλακουσάκης περιέγραψε τις σκέψεις του αλλά και τους προβληματισμούς του σε σχέση με την εν λόγω εφαρμογή από την δική του ιδιότητα, ως φυσιοθεραπευτή αλλά και την εμπειρία του από τα συναισθήματα των αθλητών και των προπονητών από την αντιμετώπιση τους στην εισαγωγή της τεχνολογίας στο βόλεϊ. Οι απαντήσεις που καταγράφηκαν ήταν σε σημειώσεις ελεύθερης μορφής, με ταυτόχρονη καταγραφή και σε βίντεο (Bogdan et al., 1998).

Η βιντεοσκόπηση της συνέντευξης και η απομαγνητοφώνησή της βοήθησε πάρα πολύ στην κατανόηση, κυρίως τεχνικών αλλά και ιατρικών όρων. Οι έννοιες αναλύθηκαν σε βάθος, καθώς ο συγκεκριμένος άνθρωπος είχε διεξάγει και ο ίδιος δικές του μετρήσεις και συγκρίσεις. Επίσης, δόθηκε και πλούσιο υλικό από αναφορές, γραφήματα και οθόνες της εφαρμογής, που δεν είναι διαθέσιμες, παρά μόνο σε πελάτες του G-Vert.

Ενδεικτικά, παρατίθενται 2 οθόνες μία από Tablet και μία από Laptop με τα στοιχεία της ομάδας και των αθλητών να έχουν διαγραφεί για λόγους προστασίας της ανωνυμίας τους.

Πρώτα, απεικονίζονται τα άλματα όλης της ομάδας. Ταξινομούνται με το πλήθος (Amount) των αλμάτων, καταγράφεται το τελευταίο άλμα (Last), ο μέσος όρος των υψηλών αλμάτων (Avg Hi) (πάνω από 80% του άλματος του αθλητή) και με κόκκινο σημειώνεται το καλύτερο άλμα (Best).



The screenshot shows a mobile application interface titled "STEALTH Jump Leaderboard". It features a table with 11 rows of data. The columns are labeled "AMOUNT", "LAST", "AVG HI", and "BEST". The "AMOUNT" column contains values from 154 down to 37. The "LAST" column contains values from 28.6cm down to 44.3cm. The "AVG HI" column contains values from 41.4cm down to 28.8cm. The "BEST" column contains values from 47.8cm down to 62.5cm. The table is displayed on a dark background with red and white text. At the bottom of the screen, there are three red icons: a download arrow, a house, and a group of people.

	AMOUNT	LAST	AVG HI	BEST
1	154	28.6cm	41.4cm	47.8cm
2	140	24.4cm	64.9cm	73.5cm
3	109	32.0cm	59.2cm	71.8cm
4	107	18.5cm	54.1cm	57.5cm
5	95	27.9cm	64.2cm	73.5cm
6	93	58.0cm	57.0cm	64.1cm
7	65	19.5cm	47.5cm	62.2cm
8	54	28.5cm	42.6cm	50.4cm
9	42	22.7cm	28.8cm	37.8cm
10	37	44.3cm	57.4cm	62.5cm
11				

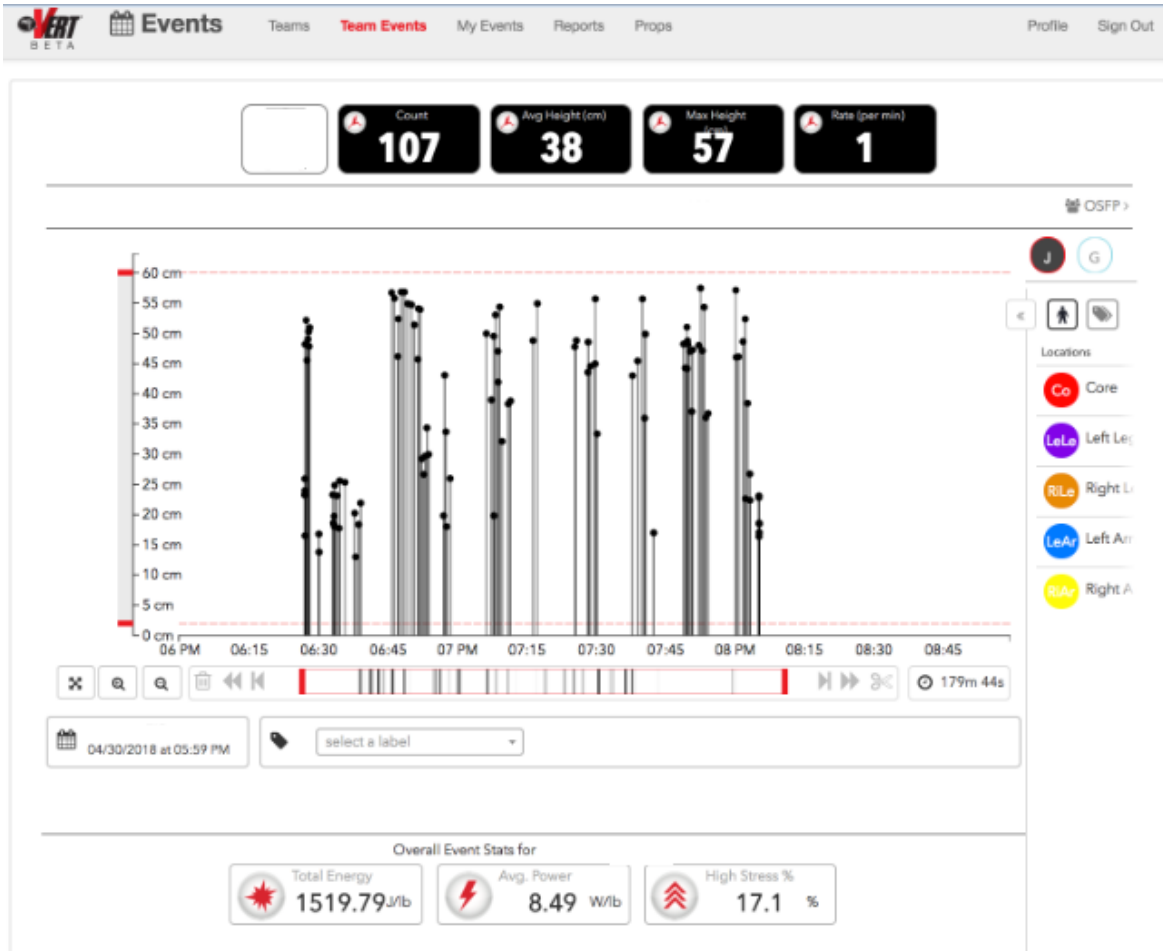
Εικόνα 1.3.4 : G-VERT σύγκριση των αλμάτων για όλη την ομάδα.

Στη δεύτερη οθόνη, αναλύονται γραφικά σε συνάρτηση με το χρόνο όλα τα άλματα του αθλητή με συγκεντρωτικά στοιχεία όπως τα είδαμε και παραπάνω και τέλος, με επιπρόσθετα στοιχεία στο κάτω μέρος της οθόνης:

Total Energy (Συνολική ενέργεια),

Avg Power (Μέσος όρος δύναμης),

High Stress % (Ποσοστό Υψηλής αντοχής).



Εικόνα 1.3.5 : G-Vert ανάλυση αλμάτων αθλητή σε έναν αγώνα.

Η μη δομημένη συνέντευξη επέτρεψε με την ολοκλήρωση της απομαγνητοφώνησης και της επεξεργασίας των στοιχείων, την κατανόηση του τρόπου που λειτουργεί αλλά κυρίως που υπολογίζει το Vert τις βασικές του μετρήσεις αλλά και τις συγκρίσεις του. Αν και πολλά στοιχεία και αλγόριθμοί του είναι μη κοινοποιήσιμοι, αντλήθηκαν αρκετά στοιχεία, σχετικά με την καταγραφή και την επεξεργασία των μετρήσεων.

Επίσης, ελήφθησαν υπ' όψη και μετρήσεις, οι οποίες δεν παρέχονται από το G-Vert, όπως για παράδειγμα, η μέτρηση της επιτάχυνσης στον κατακόρυφο άξονα z, μέσω του επιταχυνσιόμετρου, η οποία θεωρείται πολύ σημαντική για την αποκατάσταση των αθλητών μετά από τραυματισμό. Μέσω αυτής, υπολογίστηκε και η αντίστοιχη κινητική ενέργεια που προκύπτει ειδικά από τα κατακόρυφα άλματα.

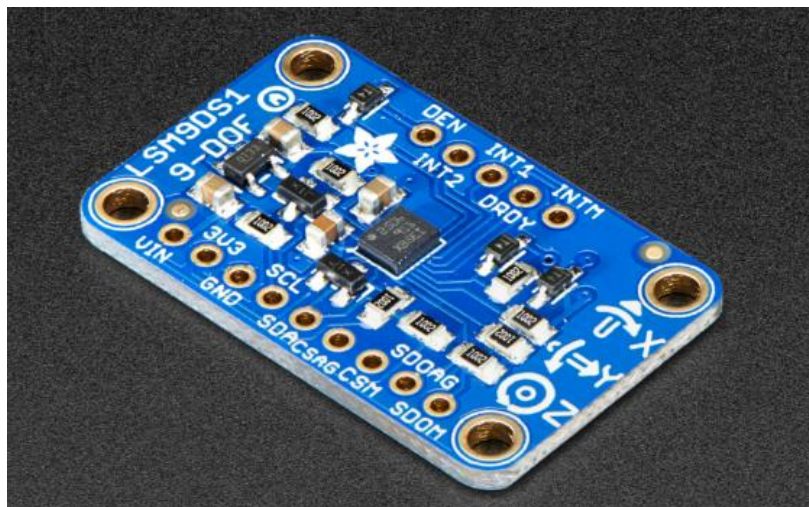
1.4 Υλοποίηση εφαρμογής.

Με βάση τα προαναφερθέντα, σχεδιάστηκε μια φορητή (wearable) συσκευή, η οποία καταγράφει το κατακόρυφο άλμα και την επιτάχυνση αθλητών σε αθλήματα κλειστού χώρου, όπως πετοσφαίριση (βόλεϊ) και καλαθοσφαίριση (μπάσκετ).



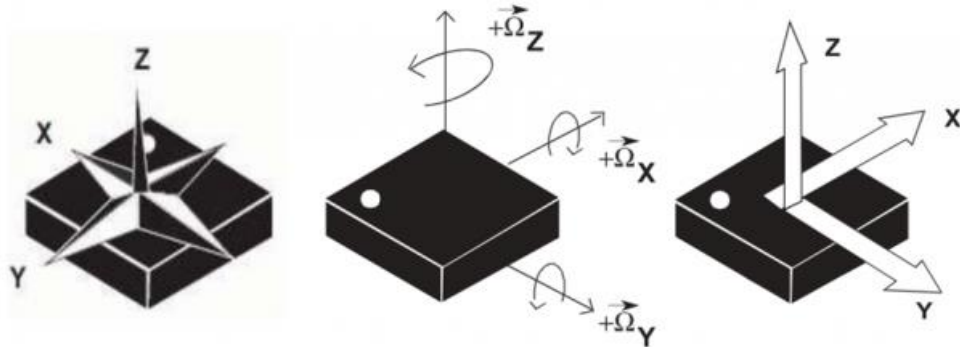
Εικόνα 1.4.1 : Wearable συσκευή μέτρησης άλματος και επιτάχυνσης.

Για την κατασκευή της χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο motion sensing chip **LSM9DS1**, της Adafruit.



Εικόνα 1.4.2 : LSM9DS1 της Adafruit.

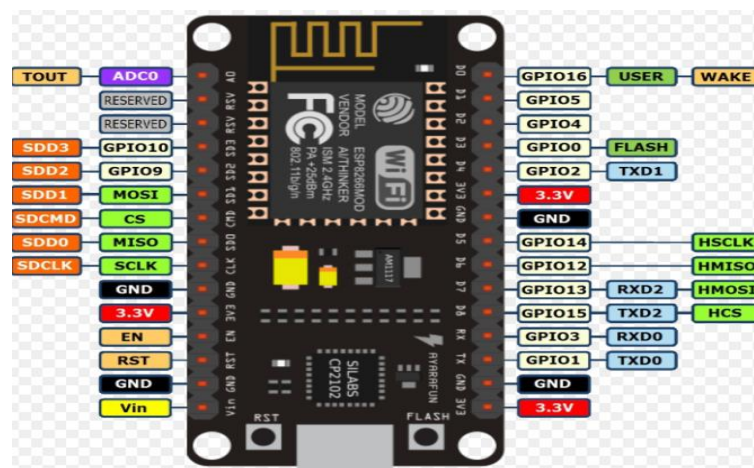
Το συγκεκριμένο σύστημα διαθέτει μαγνητόμετρο, γυροσκόπιο και επιταχυνσιόμετρο τριών βαθμών ελευθερίας το καθένα, άρα συνολικά εννέα βαθμών.



Εικόνα 1.4.3 : Μαγνητόμετρο, Γυροσκόπιο, Επιταχυνσιόμετρο.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του IMU, το οποίο μάλιστα το διακρίνει από τα υπόλοιπα της αγοράς, πέραν του πολύ μικρού μεγέθους του, είναι η δυνατότητά του να μπορεί να μετρήσει επιτάχυνση (acceleration), γωνιακή ταχύτητα (angular rotation) και μαγνητική δύναμη (magnetic force) και στις τρεις διαστάσεις (άξονες x/y/z) με ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα (integrated chip). Χρησιμοποιεί το σειριακό δίαυλο I²C και ως τάση εισόδου απαιτεί 3.3V [15].

Για την υλοποίηση αυτού του συστήματος χρησιμοποιήθηκε επιπλέον, ο ESP8266, ένας καινοτόμος μικροελεγκτής με πολλές δυνατότητες και χαμηλή κατανάλωση.

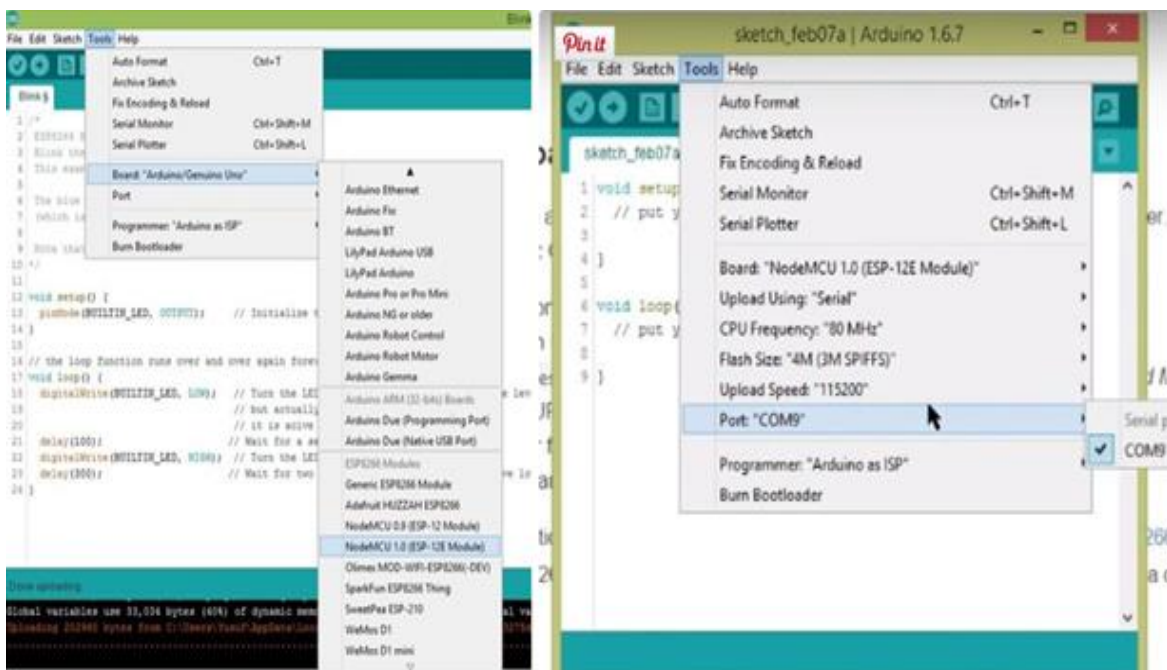


Εικόνα 1.4.4 : ESP-12E NodeMCU Development Board ESP8266.

Ο λόγος επιλογής του ήταν γιατί αφενός, έχει ενσωματωμένο WI FI chip και αφετέρου, μπορεί να φορτώσει μία εφαρμογή από άλλη συσκευή. Ο ESP-01, ως chip, εμφανίστηκε στη δυτική αγορά τον Αύγουστο του 2014, από την εταιρεία "AI-Thinker". Σήμερα, ο ESP8266 κατασκευάζεται στην Κίνα από την εταιρεία Espressif. Το χαμηλό του κόστος, η μνήμη του (1 Mb) και το γεγονός ότι μπορεί να συνδεθεί με άλλους αισθητήρες ή και προγράμματα (Arduino), μέσω GPIOs τον έχουν καταστήσει πολύ δημοφιλή και συνεχώς εξελισσόμενο .

Τέλος, ο ESP8266 Development Boards NodeMcu περιλαμβάνει και τη διασύνδεση USBb το UART και ρυθμιστή ισχύος 3.3 Volt. Το γεγονός αυτό διευκόλυνε εξαιρετικά, καθώς έδωσε τη δυνατότητα της απ' ευθείας σύνδεσης με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή και του Προγραμματισμού μέσω του Arduino IDE [16] .

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είχαν ως εξής: Αρχικά, συνδέθηκε στο Arduino το υλικό του NodeMCU για το ανέβασμα προγραμμάτων και την επικοινωνία με αυτό. Στη συνέχεια, αφού είχε εγκατασταθεί η υποστήριξη (firmware) για το ESP8266 στο Arduino IDE, επιλέχθηκε η κατάλληλη θύρα από το μενού Ports και την επιλογή NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) από το μενού των πλακετών Boards [17].

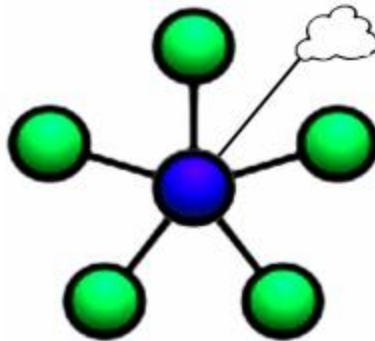


Εικόνα 1.4.5: NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) Aduino IDE.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Arduino Integrated Development Environment (γνωστό και ως λογισμικό Arduino IDE), το οποίο περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή κειμένου για τη συγγραφή κώδικα, μία περιοχή μηνυμάτων, μία κονσόλα κειμένου, μία εργαλειοθήκη με κουμπιά για κοινές λειτουργίες και μία σειρά από μενού για τον προγραμματισμό και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων.

Μετά τον προγραμματισμό όλων όσων προαναφέρθηκαν, η εφαρμογή φορτώθηκε στον ESP8266 και με μία μπαταρία, η φορητή συσκευή μας φορέθηκε στον αθλητή και άρχισε η καταγραφή των μετρήσεων. Για την καταγραφή επεξεργασία και παρουσίαση αυτών των μετρήσεων, τόσο μέσω του Cloud Server όσο και στον τοπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, χρησιμοποιήθηκε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων ΑΔΑ με τοπολογία αστέρα (star) και ως IoT Cloud Server ο ThingSpeak.

Η επιλογή της τοπολογίας του αστέρα (star) έγινε, λόγω της συγκεκριμένης θέσης που λαμβάνουν οι αθλητές στο άθλημα του βόλεϊ. Η εμβέλεια των αισθητήρων αρκεί ώστε να μεταδίδουν τα δεδομένα τους απευθείας στον σταθμό βάσης που επιλέχθηκε να βρίσκεται κοντά στον αγωνιστικό χώρο και σε κεντρικό σημείο. Ο σταθμός βάσης (AP Access Point) είναι με τη σειρά του συνδεδεμένος στον ασύρματο δρομολογητή και μετά με το Server Cloud.

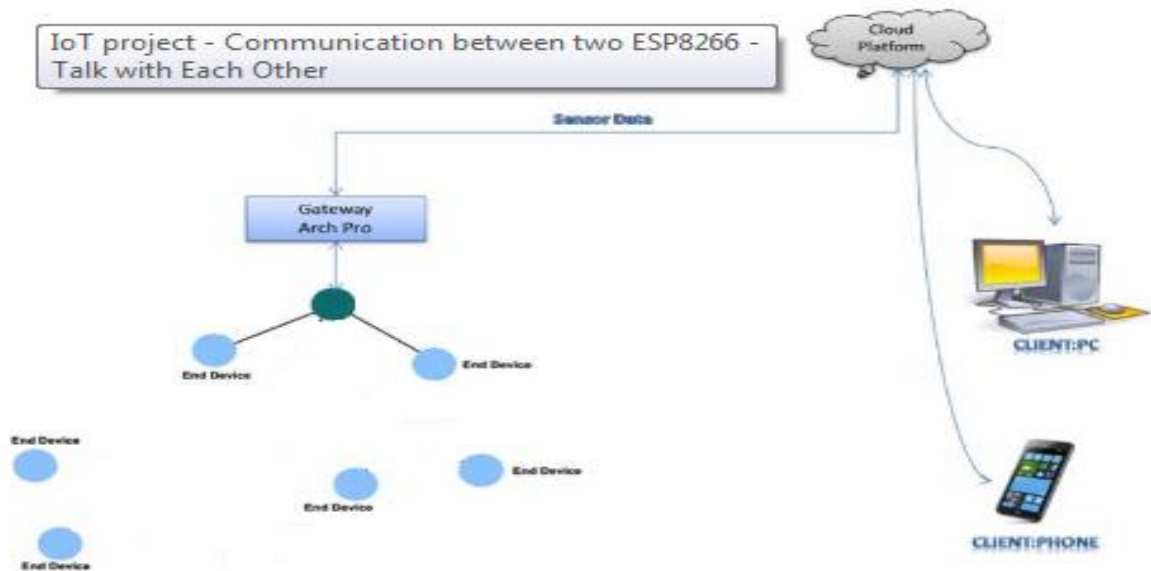


Εικόνα 1.4.6 : Τοπολογία αστέρα (star) και σύνδεση με σύννεφο (Cloud).

Οι End Devices, στην εικόνα που ακολουθεί, είναι οι αισθητήρες που φορέθηκαν στους αθλητές. Αυτοί στέλνουν τις μετρήσεις τους μέσω του ESP8266 Wifi Module στον σταθμό βάσης AP (Access Point) που βρίσκεται αρκετά κοντά αλλά εκτός γηπέδου και ο οποίος με τη σειρά του επικοινωνεί και αποστέλλει τις μετρήσεις που λαμβάνει στο Cloud.

Αυτές προωθούνται με τη σειρά τους αυτούσιες ή με επεξεργασία σε πελάτες (clients) σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, κινητά ή ταμπλέτες.

Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής, η σύνδεση υλοποιήθηκε με 2 μόνο συστήματα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.3.2. να είναι συνδεδεμένα, με απώτερο στόχο, να καλύψει ταυτόχρονα μέχρι και έξι συστήματα.



Εικόνα 1.4.7 : Διάγραμμα υλοποίησης της διπλωματικής.

Η επιλογή του ThingSpeak ως IoT Cloud Server έγινε, γιατί εκτός των πολλών δυνατοτήτων του, οι προδιαγραφές του εξασφάλιζαν την απρόσκοπτη συνεργασία του με τον αισθητήρα ESP8266 Wifi Module που έχει επιλεγεί στο υπό ανάπτυξη σύστημα.

- **Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων**

Ο αισθητήρας είναι μία βαθμίδα, η οποία έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και να παράγει μία αντίστοιχη μετρήσιμη έξοδο. Ένα σύνολο αισθητήρων που είναι διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους καλείται Δίκτυο Αισθητήρων.

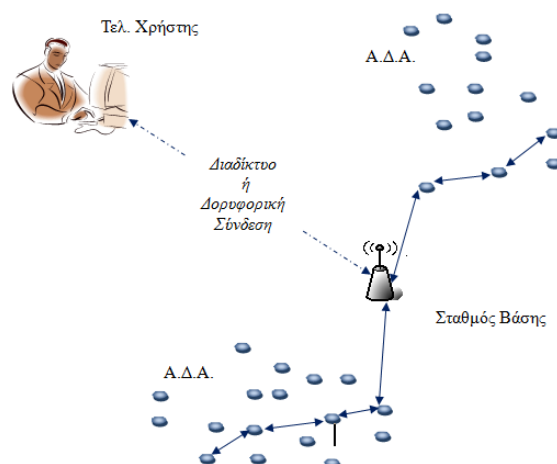
Ανάλογα με το αν η διασύνδεση των αισθητήρων γίνεται με ή χωρίς τη χρήση κάποιας μορφής καλωδίωσης, τα Δίκτυα Αισθητήρων διακρίνονται αντίστοιχα σε:

- α) Ενσύρματα και
- β) Ασύρματα.

Ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (Α.Δ.Α. / Wireless Sensor Network-WSN) είναι ένα σύνολο από καταναμημένους στον χώρο αισθητήριους κόμβους (nodes), οι οποίοι ανιχνεύουν την κύμανση φυσικών μεγεθών, όπως η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. και συνεργατικά, μέσω του δικτύου, μεταφέρουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία, χωρίς τη χρήση καλωδίων.

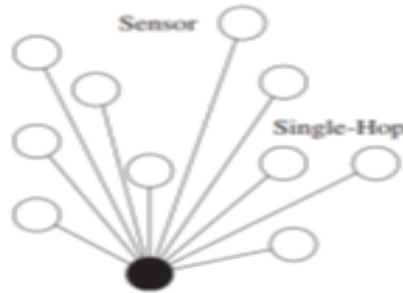
Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Α.Δ.Α.) αναφέρονται ως μια από τις σημαντικότερες νέες τεχνολογίες του 21ου αιώνα. Είναι χαρακτηριστικό, ότι τα ΑΔΑ έδωσαν ώθηση στην ανάπτυξη ενός μεγάλου αριθμού εφαρμογών, που μεταξύ άλλων, περιλαμβάνουν την επίβλεψη χλωρίδας και πανίδας, τον οικιακό αυτοματισμό, ιατρικές εφαρμογές, εφαρμογές έρευνας και διάσωσης, έλεγχο οδικής κυκλοφορίας, ανίχνευση πυρκαγιών, έλεγχο βιομηχανικών διεργασιών, γεωργία, και διάγνωση σφαλμάτων εξοπλισμού.

Σε ένα ΑΔΑ, οι κόμβοι συνήθως, χρησιμοποιούν τη μονάδα επικοινωνίας τους για να μεταδίδουν ασύρματα τα δεδομένα, που προκύπτουν από τις μετρήσεις τους, προς μια κεντρική βαθμίδα συγκέντρωσης δεδομένων που ονομάζεται σταθμός βάσης (base station). Ο σταθμός βάσης, πέρα από σημείο κεντρικής συγκέντρωσης δεδομένων, επιτελεί τον εποπτικό έλεγχο του ΑΔΑ, ενώ επιπρόσθετα, αποτελεί, μέσω ενσύρματων ή ασύρματων μέσων, και το σημείο διασύνδεσης του ΑΔΑ με τον τελικό χρήστη ή ακόμα και άλλα ΑΔΑ. Η αρχιτεκτονική αυτή διασύνδεσης και επικοινωνίας στο εσωτερικό του ΑΔΑ παρουσιάζεται γραφικά στην Εικόνα 2.1 [18].



Εικόνα 1.4.8 : Γραφική απεικόνιση της αρχιτεκτονικής δομής ενός ΑΔΑ.

Ένας σταθμός βάσης (base station) μπορεί να σχετίζεται με περισσότερα από ένα ΑΔΑ αλλά δεν μπορεί να υπάρχουν ΑΔΑ που περιλαμβάνουν παραπάνω από ένα σταθμούς βάσης. Όταν η εμβέλεια των αισθητήρων είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να μεταδίδουν τα δεδομένα τους απευθείας στον σταθμό βάσης, τότε οι αισθητήρες μπορούν να σχηματίζουν μια τοπολογία αστέρα (single hop).



Εικόνα 1.4.9 : Γραφική απεικόνιση τοπολογίας αστέρα.

Στη σύγχρονη επιστημονική βιβλιογραφία, εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες ΑΔΑ, οι οποίες ονομαστικά είναι:

- τα επίγεια ΑΔΑ (Terrestrial WSNs),
- τα υπόγεια ΑΔΑ (Underground WSNs),
- τα υποβρύχια ΑΔΑ (Underwater WSNs),
- τα ΑΔΑ πολυμέσων (ΑΔΑΠ) (Wireless Multimedia Sensor Networks – WMSNs),
- και τα κινητά ΑΔΑ (Mobile WSNs). **[19]**

Τέλος, στους κινούμενους αισθητήρες συγκαταλέγονται οι αισθητήρες που μετρούν την κίνηση στις εξής μορφές :

- Γραμμική (ευθύγραμμη) μετατόπιση
- Γωνιακή μετατόπιση
- Προσέγγιση
- Επιτάχυνση (και ταχύτητα)

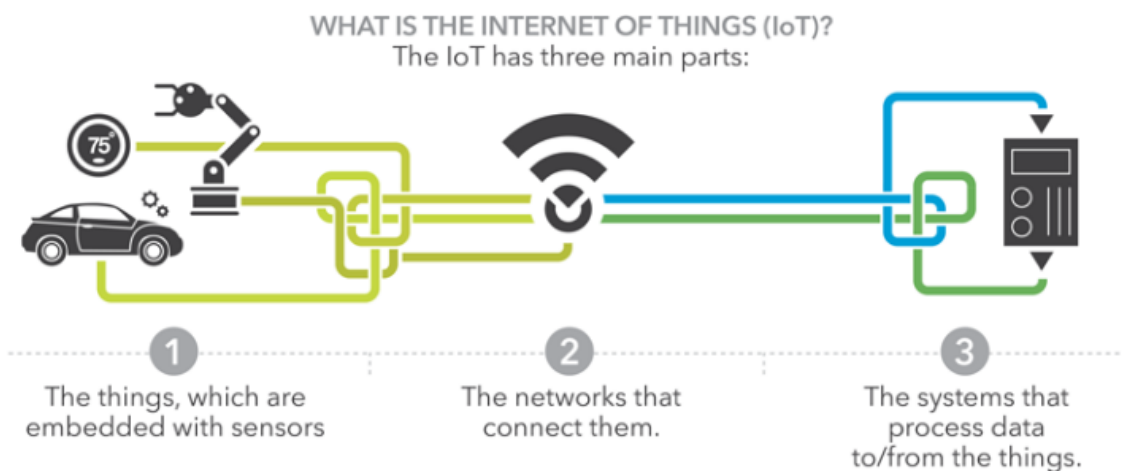
Πολλά συστήματα ευθύγραμμης και γωνιακής μετατόπισης είναι ικανά να μετρούν την μετατόπιση, ως προς το χρόνο και επομένως, να μετρούν την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Άλλα συστήματα έχουν την ιδιότητα να μετρούν απευθείας την ταχύτητα ή την επιτάχυνση. Τα συγκεκριμένα συστήματα καλούνται επιταχυνσιόμετρα.

- **Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων**

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) είναι μία έννοια που αφορά στα αντικείμενα της καθημερινότητας μας, από βιομηχανικές μηχανές μέχρι φορητά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων και την ανάληψη κάποιας δράσης μέσα σε ένα δίκτυο.

Κάπως έτσι, λειτουργεί ένα κτήριο που χρησιμοποιεί αισθητήρες για την αυτόματη ρύθμιση της θέρμανσης ή του φωτισμού. Άλλο παράδειγμα είναι ένας εξοπλισμός παραγωγής, ο οποίος προειδοποιεί το προσωπικό συντήρησης για μία επικείμενη βλάβη.

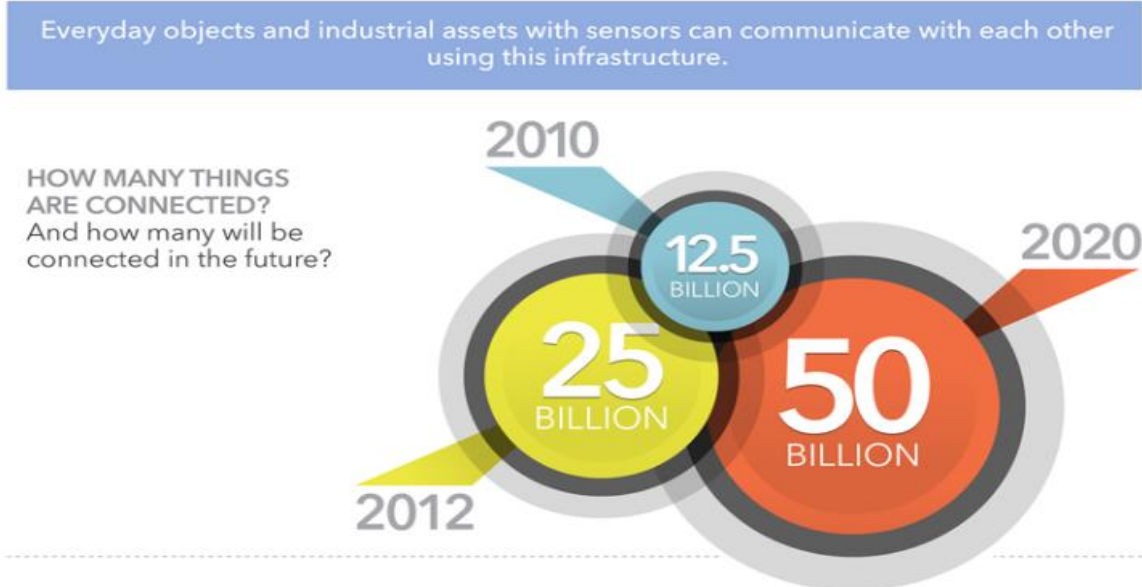
Στις μέρες μας, φαίνεται ότι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) είναι το τεχνολογικό μέλλον που θα κάνει τη ζωή μας πιο εύκολη.



Εικόνα 1.4.10 : Τί είναι το Internet of Things (IoT) ;

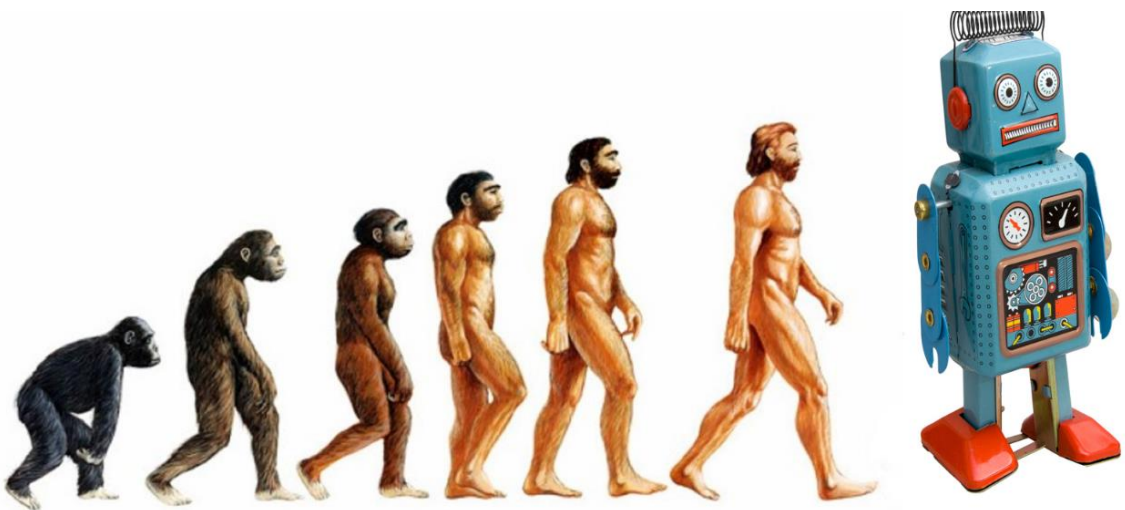
Ο όρος “Internet of Things” (ή αλλιώς Διαδίκτυο των Πραγμάτων) επινοήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1990, από τον επιχειρηματία Kevin Ashton. Ο Ashton , ο οποίος είναι ένας από τους ιδρυτές του Auto-ID Center στο MIT, ήταν μέρος

μιας ομάδας που ανακάλυψε τον τρόπο να συνδέσει τα αντικείμενα με το διαδίκτυο μέσω μιας ετικέτας RFID. Έχει δηλώσει ότι χρησιμοποίησε πρώτη φορά τη φράση “Internet of Things” σε μια παρουσίαση που έκανε το 1999 - και ο όρος αυτός έχει καθιερωθεί από τότε.



Εικόνα 1.4.11 : Πόσα πράγματα συνδέονται στο Internet;

Στην πραγματικότητα, το Διαδίκτυο Πραγμάτων (Internet of Things IoT) είναι ένα δίκτυο από φυσικά αντικείμενα και στοιχεία όπως συστήματα, οχήματα, κτήρια κτλ, στα οποία έχουν ενσωματωθεί ηλεκτρονικοί αισθητήρες, λογισμικό και ένα συνδεδεμένο δίκτυο τα οποίο επιτρέπουν στα πράγματα (Things) να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Αποτελεί στην ουσία την επερχόμενη εξέλιξη του Διαδικτύου των υπηρεσιών, που υπάρχει σήμερα.



Εικόνα 1.4.12 : Τι σηματοδοτεί το (IoT) για την εξέλιξη του ανθρώπου.

Πρόκειται για ένα δίκτυο όχι μόνο υπολογιστών αλλά και διασυνδεδεμένων αντικειμένων. Τα αντικείμενα αυτά περιέχουν ενσωματωμένα ηλεκτρονικά συστήματα και μπορούν να είναι διάφορες οικιακές συσκευές, μέσα μεταφοράς, μέσα τηλεπικοινωνίας, βιβλία, αυτοκίνητα, ακόμα και τρόφιμα. Πέρα από την εξασφάλιση της καλής λειτουργίας των διασυνδεδεμένων αυτών αντικειμένων, γίνεται προσπάθεια, να επιτευχθεί και συνεργασία μεταξύ των συστημάτων αυτών. Κάθε αντικείμενο θα μπορεί να χρησιμοποιεί συστήματα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας (τα γνωστά ως RFID), δηλαδή ένα είδος αισθητήρων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία του καινούριου αυτού Διαδικτύου, είναι να καταστεί το σημερινό Διαδίκτυο πιο ασφαλές. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων θα είναι η κορύφωση της προσπάθειας για την ολοκλήρωση και αυτοματοποίηση των υπηρεσιών που παρέχουν τα ενσωματωμένα συστήματα παντός είδους. Με αυτόν τον τρόπο, το διαδίκτυο θα γίνει διαδραστικό, ένα τεράστιο ιεραρχικά οργανωμένο νευρικό σύστημα που θα απολήγει σε συστήματα με αισθητήρες και ενεργοποιητές (actuators) που θα συνεργάζονται για έξυπνες υπηρεσίες σε σχέση με την υγεία, τις μεταφορές, τη διανομή και κατανάλωση ενέργειας κλπ. [20].

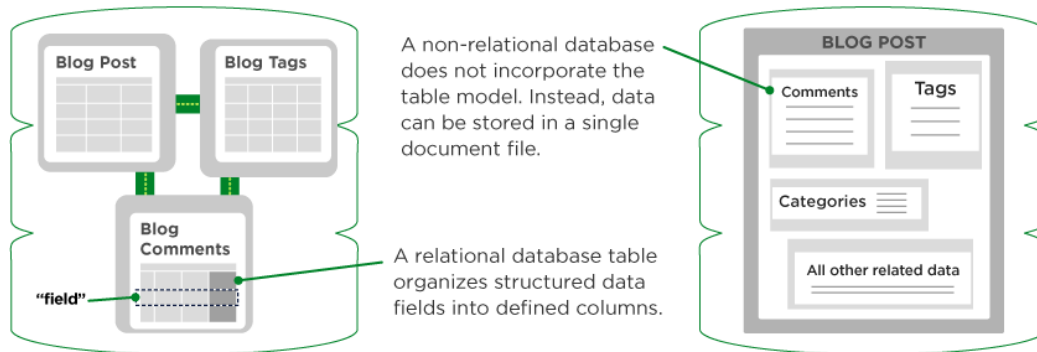
- **Βάσεις δεδομένων**

Μία βάση δεδομένων, με όσα γνωρίζαμε μέχρι τώρα, είναι μια οργανωμένη συλλογή δεδομένων, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει πίνακες, ερωτήματα, εκθέσεις προβολών και άλλα αντικείμενα.

Τι συμβαίνει όμως σήμερα; Η αυξανόμενη αλληλεξάρτηση και η πολυπλοκότητα των δεδομένων επιταχύνονται από το Διαδίκτυο Web2.0. Τα κοινωνικά δίκτυα διαμορφώνουν μια άλλη πραγματικότητα με την ανοικτή και τυποποιημένη πρόσβαση σε πηγές δεδομένων από ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών συστημάτων. Οι υπολογιστικές και αποθηκευτικές απαιτήσεις των εφαρμογών, ώθησαν τις βάσεις δεδομένων τύπου SQL στα όριά τους. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη βάσεων που είναι οριζόντια επεκτάσιμες, μη σχεσιακού τύπου, που ονομάζονται No-SQL. Οι βασικοί περιορισμοί με τις RDBMS είναι ότι είναι δύσκολο το ταίριασμά τους με εφαρμογές Cloud, Data warehousing, Grid και Web 2.0. Έχουμε λοιπόν έναν νέο διαχωρισμό στις βάσεις δεδομένων: τις Relational ή Sql και τις Non-Relational ή Non-Sql databases.

RELATIONAL VS. NON-RELATIONAL DATABASES

Upwork™



Εικόνα 1.4.13 : Relational and Non-Relational databases.

Αρχικά, ας ρίξουμε μια ματιά σε ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά που διαχωρίζει αυτά τα δύο συστήματα: τον τρόπο και τη δομή δεδομένων.

Μια σχεσιακή (Relational) βάση δεδομένων ή μια βάση δεδομένων SQL (Structured Query Language) η οποία αναπτύχθηκε από την IBM, τη δεκαετία του 1970, είναι η δομημένη αποθήκευση δεδομένων, όπως σε έναν τηλεφωνικό κατάλογο και αποτελείται από δύο ή περισσότερους πίνακες με στήλες και γραμμές. Κάθε γραμμή αντιπροσωπεύει μια εγγραφή και κάθε στήλη ταξινομεί ένα πολύ συγκεκριμένο είδος πληροφοριών, όπως ένα όνομα, διεύθυνση και αριθμό τηλεφώνου. Η σχέση ανάμεσα σε πίνακες και τύπους πεδίων ονομάζεται σχήμα. Σε μια σχεσιακή βάση δεδομένων, τα σχήματα πρέπει να καθορίζονται σαφώς πριν προστεθεί μία οποιαδήποτε πληροφορία.

Σε μια βάση δεδομένων SQL, όπως την MySQL, Sybase, Oracle ή IBM DM2, η SQL εκτελεί ερωτήματα, ανακτά και επεξεργάζεται δεδομένα, ενημερώνει, διαγράφει ή δημιουργεί νέες εγγραφές. Αποτελεί στην ουσία, μία δηλωτική γλώσσα για τη σχεσιακή βάση δεδομένων. Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα της SQL είναι η απλότητα της. Επίσης, με απλές εντολές όπως π.χ με την JOIN, επιτρέπει στους προγραμματιστές να ανακτήσουν συναφή δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε πολλαπλούς πίνακες σε μία μόνο εντολή. Όταν όμως οι απαιτήσεις των δεδομένων δεν είναι σαφώς προκαθορισμένες εξ αρχής ή αν απαιτούνται τεράστια μεγέθη για μη δομημένα δεδομένα, δεν υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης μιας σχεσιακής βάσης δεδομένων με σαφώς καθορισμένο χρονοδιάγραμμα.

Με αυτόν τον τρόπο, εισάγονται οι μη σχεσιακές (**Non - Relational**) ή **Non-SQL** βάσεις δεδομένων οι οποίες προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη ευελιξία από ό, τι την παραδοσιακή Relational Database. Μοιάζουν περισσότερο σαν φακέλους αρχείων όπου μπορεί να γίνει συναρμολόγηση πληροφοριών όλων των τύπων. Σε ένα ειδησεογραφικό blog για παράδειγμα χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων Non-SQL. Σε κάθε αρχείο μπορούν να αποθηκεύονται δεδομένα για μια κατηγορία, όπως φωτογραφίες, κείμενο, μετρήσεις, συνδέσεις και άλλα. Είναι γενικά βάσεις με γρήγορη καταγραφή κλειδιού τιμής προσανατολισμένη σε κείμενα και έγγραφα [21].

Το σχεσιακό μοντέλο αποτελεί ακόμη και σήμερα το πιο διαδεδομένο μοντέλο, το οποίο υποστηρίζει τις περισσότερες εφαρμογές διαχειριστικού τύπου (τραπεζικά συστήματα, συστήματα κράτησης θέσεων, κλπ). Υπάρχει μια ευρεία αποδοχή του μοντέλου αυτού στην αγορά και στον επιχειρηματικό κόσμο και χρησιμοποιείται για εφαρμογές όπως η μισθοδοσία, η επεξεργασία παραγγελιών, συστήματα κρατήσεων κλπ. Η επικράτηση τους αυτή στην αγορά οφείλεται στα εξής χαρακτηριστικά που προσφέρουν:

- Υποστηρίζουν μια απλή δομή δεδομένων (πίνακες)
- Περιορίζουν την επανάληψη (duplication) των δεδομένων
- Αποφεύγουν τις ασυνέπειες των στοιχείων που αποθηκεύονται
- Παρέχουν φυσική και λογική ανεξαρτησία των δεδομένων σε μεγάλο βαθμό
- Υποστηρίζουν adhoc ερωτήματα με την χρήση της γλώσσας SQL
- Βελτιστοποιούν και προσαρμόζουν επερωτήσεις (Joins),
- Παρέχουν μόνιμη αποθήκευση
- Υποστηρίζουν συναλλαγές και τις ιδιότητες ACID (Ατομικότητα, Συνοχή, Απομόνωση, Μονιμότητα/Ανθεκτικότητα, Ασφάλεια/Πιστοποίηση).

Η Microsoft Access είναι ένα παράδειγμα του λογισμικού με σχεσιακή βάση δεδομένων, που ονομάζεται συνήθως ως ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακής βάσης δεδομένων (RDBMS). Σε σχεσιακές βάσεις δεδομένων, όλα τα δεδομένα φυλάσσονται σε πίνακες. Μια βάση δεδομένων με ένα μόνο πίνακα καλείται συχνά μια επίπεδη βάση δεδομένων με ένα αρχείο. Οι γραμμές του πίνακα, που ονομάζονται εγγραφές, αντιστοιχούν στα πράγματα ή τα γεγονότα που επιθυμούμε να αποθηκεύουν πληροφορίες όπως άνθρωποι, παραγγελίες ή προϊόντα. Οι

στήλες του πίνακα, που ονομάζονται ιδιότητες ή πεδία, καταγράφουν διάφορες ιδιότητες, δραστηριότητες ή εκδηλώσεις.

Σε μία σχεσιακή βάση δεδομένων πίνακες, σειρές και στήλες έχουν ριζικά διαφορετικούς ρόλους. Για να αναπτύξει κάποιος μια εφαρμογή της Access χρησιμοποιεί διάφορα εργαλεία ακόμα και Μάγους (Wizards) για να δημιουργήσει, να προσαρμόσει και να συνδέσει αντικείμενα που ταιριάζουν στις ανάγκες του. Τα συχνότερα είδη αντικειμένων που χρησιμοποιούνται είναι πίνακες, ερωτήματα, φόρμες και εκθέσεις [22] .

Στο πλαίσιο της εν λόγω διπλωματικής εργασίας φαίνονται και τα δύο είδη βάσεων δεδομένων. Αρχικά, μέσω του ThingSpeak έγινε χρήση μίας Non-relational database, καθώς ήταν προφανές ότι τα δεδομένα και οι σχέσεις τους δεν ήταν ούτε δομημένα ούτε σαφώς προκαθορισμένα.

Ενώ στο επόμενο μέρος, χρησιμοποιήθηκε μία relational database, όπως είναι η Microsoft Access που είναι ένα από τα πιο δημοφιλή προγράμματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που κυκλοφορούν στην αγορά.

2. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

2.1 Επιλογές για την διπλωματική.

ThingSpeak cloud.

Το Thingspeak είναι μία από τις πολλές πλατφόρμες cloud, η οποία εξειδικεύεται στο Internet of Things (IoT). Στις βασικές του λειτουργίες προσφέρει άμεσα απεικόνιση των μετρήσεων στο Internet και συγκεκριμένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, κινητό ή ταμπλέτα [23]. Αποτελεί μια αξιόπιστη ανοικτού κώδικα λύση και μάλιστα δωρεάν, που έχει την δυνατότητα να προσφέρει εγγραφές ανά 15 δευτερόλεπτα, ενώ παράλληλα, χρησιμοποιείται για δημόσια προβολή αποτελεσμάτων.

Το ThingSpeak κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 2010 από την ioBridge σε μια προσπάθεια υποστήριξης εφαρμογών του Internet of Things. Πρόκειται για μια Internet of Things πλατφόρμα της Mathworks, η οποία επιτρέπει τη ζωντανή (live) συγκέντρωση, απεικόνιση και ανάλυση δεδομένων που υπάρχουν στο cloud. Επιπλέον, παρέχει άμεση απεικόνιση των δεδομένων που έχουν αναρτηθεί από τις συστήματα του χρήστη στο ThingSpeak. Επιπρόσθετα, με τη δυνατότητα να εκτελεί κώδικα σε Matlab κατευθείαν στο ThingSpeak, και να γίνεται online ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που εισέρχονται από την συσκευή, το ThingSpeak, στην ουσία αποτελεί μια πολύ δυνατή και χρήσιμη IoT πλατφόρμα υπηρεσιών.

Συνοψίζοντας φαίνεται ότι: οι βασικές του λειτουργίες ThingSpeak είναι οι κάτωθι:

1. Συλλογή δεδομένων με αισθητήρες και αποστολή τους σε ιδιωτικά κανάλια.
2. Ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων με MATLAB,
3. Ανάλογες ενέργειες.



Εικόνα 2.1.1 : Συλλογή, Ανάλυση, Ενέργειες.

Τα χαρακτηριστικά του ThingSpeak είναι τα εξής:

- Real-time συλλογή και αποθήκευση δεδομένων
- Ανάλυση και οπτικοποίηση μέσω του MATLAB
- Ειδοποιήσεις
- Σχεδιασμός
- Επικοινωνία Συσκευών
- Ανοικτό API
- Γεωγραφικά δεδομένα
- Εξυπηρετητές συλλογής δεδομένων

Οι συνδέσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι οι ακόλουθες:

- Arduino,
- Raspberry Pi,
- Particle Photon and Electron
- ESP8266 Wifi Module
- Mobile / Web Applications,
- Κοινωνικά δίκτυα.
- MATLAB.

The image shows a screenshot of the ThingSpeak website. It is divided into two main sections: 'ThingSpeak Features' and 'Works With'. The 'Features' section lists: Collect data in private channels, Share data with public channels, RESTful and MQTT APIs, MATLAB® analytics and visualizations, Alerts, Event scheduling, App integrations, and Worldwide community. The 'Works With' section lists: Arduino®, Particle Photon and Electron, ESP8266 Wifi Module, Raspberry Pi™, Mobile and web apps, Twitter®, Twilio®, and MATLAB®.

Εικόνα 2.1.2 : Χαρακτηριστικά και συνδέσεις του ThingSpeak.

Επιπρόσθετα, το ThingSpeak περιλαμβάνει ακόμη περισσότερες δυνατότητες, οι οποίες μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

- ✓ Εύκολη ρύθμιση των συσκευών στην αποστολή δεδομένων χρησιμοποιώντας δημοφιλή IoT Protocols για Real Time απεικόνιση των δεδομένων που εισήχθησαν από τους αισθητήρες της συστήματος.
- ✓ Συγκεντρωτικά δεδομένα κατόπιν εντολών από (3rd party) πηγές.
- ✓ Χρήση του Matlab για ανάλυση και κατανόηση των δεδομένων
- ✓ Αυτόματη εκτέλεση των αναλύσεων του IoT βασισμένα σε συγκεκριμένα χρονικά διαγράμματα.
- ✓ Πρωτότυπα IoT συστήματα χωρίς την ανάγκη servers για την ανάπτυξη κώδικα software.
- ✓ Αυτόματη κίνηση των δεδομένων και επικοινωνία χρησιμοποιώντας 3rd party υπηρεσίες όπως το Twitter.

Σύμφωνα με τους προγραμματιστές, το ThingSpeak αποτελεί μια αξιόπιστη open source IoT πλατφόρμα με δυνατότητες API, δηλαδή ένα σύνολο από υπορουτίνες και συναρτήσεις, πρωτόκολλα και εργαλεία για την ανάπτυξη εφαρμογών, για την αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων χρησιμοποιώντας το HTTP πρωτόκολλο μέσω διαδικτύου ή μέσω τοπικής σύνδεσης.

• **Matlab.**

Το Matlab είναι ένα αριθμητικό υπολογιστικό περιβάλλον, αλλά και μια υψηλού επιπέδου γλώσσα προγραμματισμού. Αρχικά, χρησιμοποιούνταν ως πακέτο για υπολογισμούς με πίνακες. Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε αρκετά με αποτέλεσμα να γίνει χρήσιμο εργαλείο στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων και στον προγραμματισμό. Το όνομα MATLAB προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων MATrix LABoratory. Η πρώτη έκδοση γράφτηκε το 1970 σε Fortran από τους Jack Little και Cleve Moler, συνιδρυτές της εταιρείας MathWorks, η οποία ανέλαβε την εμπορική χρήση από το 1984.

Οι επόμενες εκδόσεις πλέον, γράφονται σε C, C++ και Java. Η πιο πρόσφατη έκδοση είναι η R2015a, η οποία κυκλοφόρησε τον Μάρτιο του 2015. Στις πιο πρόσφατες εκδόσεις περιλαμβάνει εξειδικευμένες εργαλειοθήκες (toolboxes) που επιτρέπουν τους συμβολικούς υπολογισμούς. Επιπλέον, παρέχει πολλές επιλογές για την κατασκευή γραφικών παραστάσεων [24].

Για την επίλυση κάποιων βασικών προβλημάτων περιλαμβάνει συναρτήσεις, είτε ενσωματωμένες στο διερμηνέα (interpreter) είτε σε αρχεία εντολών (m-files). Δίνει, όμως, και τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει τα δικά του προγράμματα (m-files). Το Matlab είναι συμβατό με όλα τα λειτουργικά συστήματα, Windows, Linux, MAC, Unix.

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του MATLAB είναι η δυνατότητα εύκολης εκμάθησης προγραμματισμού του, ο οποίος επιτρέπει τη χρήση των συναρτήσεων που έχουν αναπτυχθεί. Επίσης, επιτρέπει την πρόσβαση σε αλγόριθμους Fortran και κώδικα C μέσω εξωτερικών διεπαφών.

Επιπλέον, υπάρχουν διάφορες προαιρετικές εργαλειακές γραμμένες για ειδικές εφαρμογές, όπως επεξεργασία σήματος, σχεδίαση συστημάτων ελέγχου, σύστημα εντοπισμού, στατιστική, νευρωνικά δίκτυα, ασαφής λογική, συμβολικοί υπολογισμοί, και άλλα. Το MATLAB έχει ενισχυθεί από το πολύ ισχυρό πρόγραμμα SIMULINK. Το SIMULINK είναι πρόγραμμα για την προσομοίωση των δυναμικών συστημάτων. Δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να προσομοιώνουν γραμμικά, καθώς και μη γραμμικά συστήματα εύκολα και επαρκώς [25].

Η χρήση της MATLAB επιτρέπεται και στο ThingSpeak support toolbox για την ανάλυση και απεικόνιση δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο thingspeak.com ή σε ιδιωτικές εγκαταστάσεις ThingSpeak. Συγκεκριμένα, με την MATLAB και το ThingSpeak support toolbox, μπορούν να εκτελεστούν οι ακόλουθες εργασίες:

- Να αποκτηθούν πιο πρόσφατα δεδομένα από δημόσια και ιδιωτικά κανάλια του ThingSpeak.
- Να αποκτηθούν ταυτόχρονα δεδομένα από όλα τα πεδία (και τα 8) ενός ThingSpeak καναλιού.
- Να αποκτηθούν τα δεδομένα του καναλιού και του πεδίου κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου.
- Να εγγράφονται τα δεδομένα από την MATLAB σε ένα κανάλι ThingSpeak.
- Να εκτελούνται στατιστικές αναλύσεις των δεδομένων του καναλιού.

- **Microsoft Access**

Η Microsoft Access είναι ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων της Microsoft, από τα πιο δημοφιλή, που συνδυάζει τη μηχανή σχεσιακής βάσης δεδομένων Microsoft Jet με ένα γραφικό περιβάλλον εργασίας χρήστη και εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού. Η μεγάλη διάδοσή της, οφείλεται στην απλότητα και ευκολία στη χρήση της, καθώς και στη δυνατότητα της να δημιουργεί εφαρμογές διαχείρισης βάσεων δεδομένων σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα.

Στην συγκεκριμένη διπλωματική, χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίησή του τελευταίου μέρους της εφαρμογής, η οποία αφορούσε την ασύγχρονη ανάλυση των δεδομένων.

2.2 Ανάπτυξη Εφαρμογής

2.2.1 Συλλογή δεδομένων με αισθητήρες και αποστολή σε ιδιωτικά κανάλια.

Για την υλοποίηση της εν λόγω εργασίας, απαιτήθηκε ο σχεδιασμός και η εφαρμογή συγκεκριμένων βημάτων και ενεργειών.

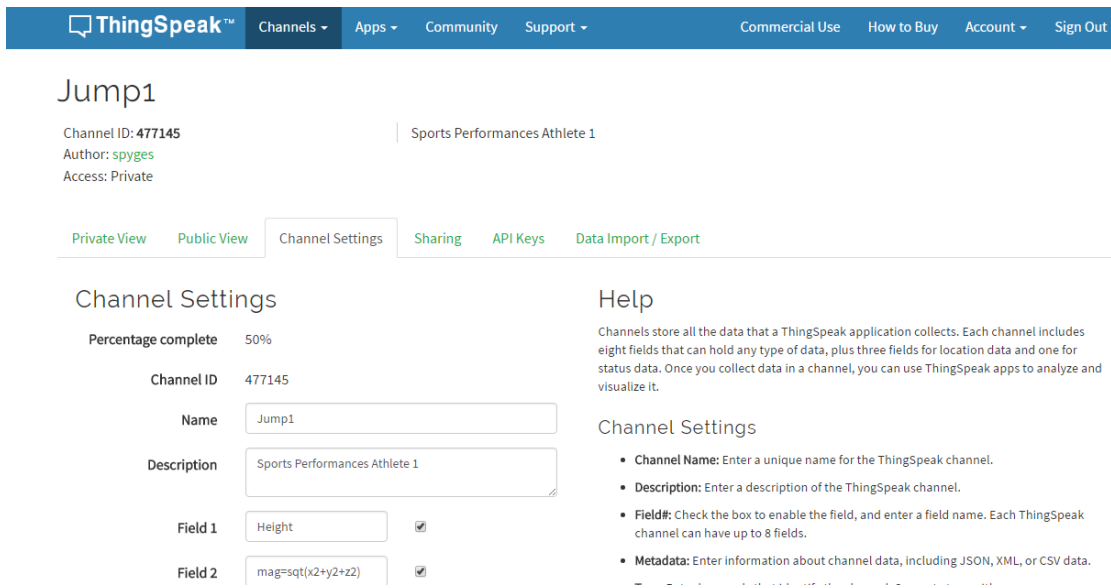
Βήμα 1^ο Εγκατάσταση του ThingSpeak

Με το Email και τα στοιχεία του χρήστη ανοίγεται λογαριασμός στο ThingSpeak

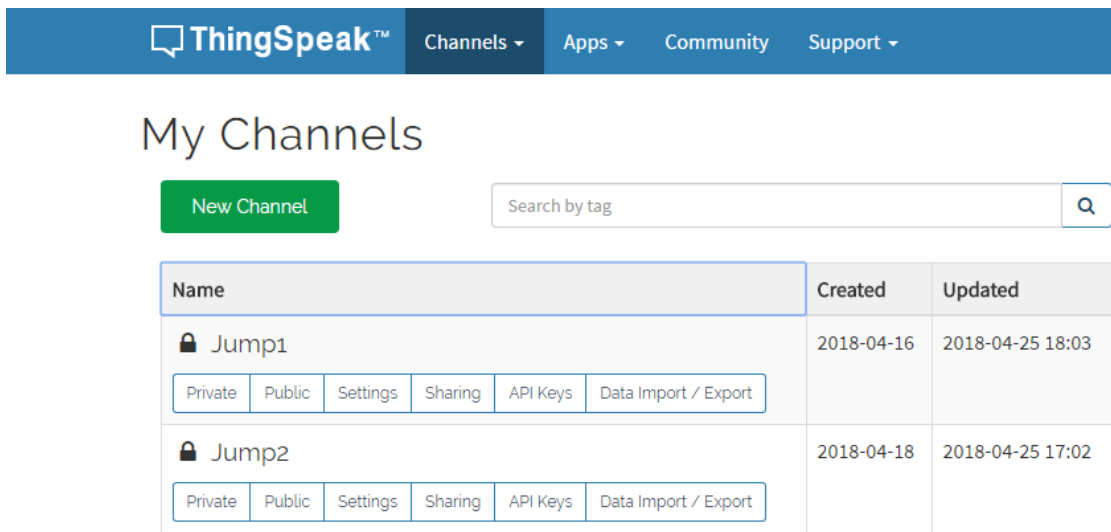
The image shows a screenshot of the ThingSpeak website's account creation page. The page has a blue header with navigation links: 'Channels', 'Apps', 'Community', 'Support', 'Commercial Use', 'How to Buy', 'Sign In', and 'Sign Up'. The main heading is 'Sign up for ThingSpeak'. Below it, there is a paragraph explaining that signing up is free but with some limitations, and that commercial users can opt for paid licenses. It also states that a MathWorks account is required. The 'Create MathWorks Account' form includes fields for 'Email Address', 'User ID', 'Password', 'Country' (set to Greece), 'First Name', and 'Last Name'. There is a checkbox for 'I accept the Online Services Agreement' and a link to the privacy policy. To the right of the form is a diagram illustrating the data flow: 'SMART CONNECTED DEVICES' send data to a cloud labeled 'DATA AGGREGATION AND ANALYTICS ThingSpeak'. This cloud then connects to a 'MATLAB' computer icon, which is labeled 'ALGORITHM DEVELOPMENT SENSOR ANALYTICS'.

Εικόνα 2.2.1.1 : Άνοιγμα Λογαριασμού στο ThingSpeak.

Στη συνέχεια, δημιουργούνται χωριστά κανάλια, ένα για κάθε αθλητή έστω Jump1, Jump2, κτλ. Ορίζοντας τα κανάλια για τους αθλητές η σύνδεση με αυτά για λόγους ασφαλείας γίνεται με διαφορετικούς κωδικούς. Επίσης, ανάλογα την θέση του κάθε αθλητή, μπορούν να αναλύονται και διαφορετικές μετρήσεις για κάθε έναν από αυτούς. Το μέγιστο όριο των πεδίων που μπορούν να οριστούν ανά κανάλι είναι 8.



Εικόνα 2.2.1.2 : Άνοιγμα Καναλιού στο ThingSpeak.



Εικόνα 2.2.1.3 : Διαχείριση Καναλιών.

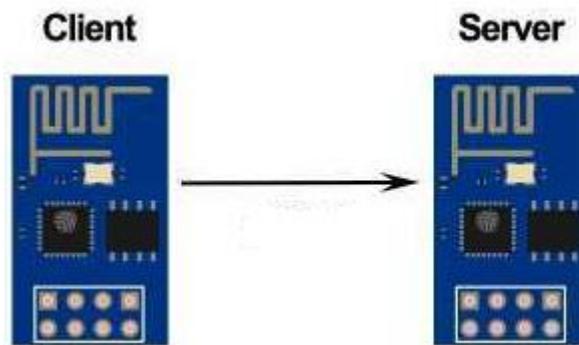
Για κάθε κανάλι αντιγράφεται το Write Api Key, για να χρησιμοποιηθεί κατά την ενημέρωσή του και το Read Api Key για να χρησιμοποιηθεί κατά την άντληση των πληροφοριών που είναι επιθυμητές από αυτό.

The screenshot shows the ThingSpeak interface for a channel named 'Jump1'. The channel ID is 477145, the author is 'spyges', and the access is 'Private'. The 'API Keys' tab is selected, showing a 'Write API Key' section with a key '6ADFK4AHKNS0JB0E' and a 'Generate New Write API Key' button. Below it is a 'Read API Keys' section with a key '9IW0X056QVBQTDGI'.

Εικόνα 2.2.1.4 : Κλειδιά για να γράψουμε και να διαβάσουμε από το κανάλι.

Βήμα 2^ο Σύνδεση και αποστολή μετρήσεων.

Αρχικά, συνδέθηκαν μεταξύ τους δύο ESP8266 Wifi Modules όπου το ένα με ενσωματωμένο αισθητήρα ανέλαβε το ρόλο του Client και το άλλο χωρίς αισθητήρα το ρόλο του Server.



Εικόνα 2.2.1.5 : Σύνδεση μεταξύ δύο ESP8266.

Βήμα 3^ο Προγραμματισμός τους.

Ακολουθούν τα βήματα προγραμματισμού των δύο ESP8266 ESP-12E NODEMCU στο ARDUINO IDE.

Στον Client:

Αρχικά, φορτώθηκε η βιβλιοθήκη του WiFi

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

αλλά και η βιβλιοθήκη του Client.

```
#include <ESP8266HTTPClient.h>
```

Κατόπιν, ορίστηκε ο Host Server, του ασύρματου δικτύου

```
String serverHost = http://192.168.4.1/feed;
```

Διαβάζονται οι τιμές από τον αισθητήρα.

```
lsm.read();
```

```
float hx=m.magnetic.x;
```

```
float hy=m.magnetic.y;
```

```
float x,y,z;
```

```
float j,a,az;
```

```
x=a.acceleration.x;
```

```
y=a.acceleration.y;
```

```
z=a.acceleration.z;
```

Υπολογίζονται το άλμα και η επιτάχυνση

```
calcHeading(hx,hy);
```

```
calAcc(x,y,z) ;
```

```
calAcc_z(z) ;
```

Δημιουργείται η γραμμή με τα δεδομένα (data) από τον αισθητήρα

```
data = "+jump=";
```

```
data += String(j);
```

```
data = "&acc=";
```

```
data += String(a);
```

```
data = "&acc_z=";
```

```
data += String(az);
```

Ξεκίνησε ο client και έγιναν Post οι τιμές προς το Host Server.

```
HTTPClient http
```

```
http.begin(serverHost);
```

```
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
```

```
http.POST(data);
```

```
http.writeToStream(&Serial);
```

```
http.end();
```

Στον Server:

Φορτώθηκε η βιβλιοθήκη του WiFi

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

αλλά και η βιβλιοθήκη του Server.

```
#include <ESP8266WebServer>
```

Δηλώνεται το κλειδί για τον thingspeak

```
String apiKey="*****";
```

```
const char* logServer = "api.thingspeak.com";
```

Δηλώνονται τα στοιχεία για πρόσβαση στο wifi router.

```
const char* ssid = "*****";
```

```
const char* password = "*****";
```

Αναλαμβάνει τον «ρόλο» του Server.

```
ESP8266WebServer server(80);
```

Διαβάζει τις μετρήσεις από τον Client

```
setupStMode(heading, acc, acc_z);
```

και αφού ξε - συνδεθεί από τον Client γίνεται ο ίδιος Client τώρα.

```
WiFiClient client;
```

Ο AP πλέον κάνει Post ως Client αυτή τη φορά προς τον Cloud Internet Sever (ThingSpeak)

```
if(client.connect(logServer, 80)){
```

```
  Serial.println("- succesfully connected");
```

```
String postStr = apiKey;
```

```
postStr += "&field1=";
```

```
postStr += String(j);
```

```
postStr += "&field2=";
```

```
postStr += String(a);
```

```
postStr += "&field3=";
```

```
postStr += String(z);
```

```
postStr += "\r\n\r\n";
```

```
client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
```

```
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
```

```
client.print("Connection: close\n");
```

```
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");4
```



```
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");}
```

Αξίζει να σημειωθεί, ο διπλός ρόλος του Server του Ασύρματου Δικτύου. Συγκεκριμένα, μπορεί και λειτουργεί ως AP αντλώντας τις μετρήσεις αλλά και ως Client αποστέλλοντας τις στον Server. Με αυτόν τον τρόπο, οι τιμές των αλμάτων και της επιτάχυνσης αυτών, είναι πλέον διαθέσιμες στους χρήστες της εφαρμογής μέσω του IoT Cloud Server ThingSpeak.

2.2.2 Ανάλυση και παρουσίαση δεδομένων με Matlab.

Ανάλυση Matlab (Matlab Analysis)

Αρχικά, από την επιλογή Apps και Matlab Analysis δημιουργήθηκε το πρόγραμμα **Calculate and display average Height and Energy Kinetics**.

The screenshot shows the 'Apps / MATLAB Analysis' section of the ThingSpeak interface. It includes a 'New' button, a table of existing apps, and a list of features for the MATLAB Analysis app.

Name	Created
Calculate and display average Height and Energy Kinetics	2018-05-06

- Explore data collected in a channel or scraped from a website
- Find and remove bad data
- Convert data to different units
- Calculate new data
- Build data models

Εικόνα 2.2.2.1: Δυνατότητα Matlab analysis για δημιουργία νέου καναλιού πληροφόρησης.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα βασικά σημεία του κώδικα, Calculate and display average Height and Energy Kinetics.

- Η readApiKey διαβάζει τα δεδομένα για 24 ώρες από το πρώτο κανάλι (Jump1), για τον αθλητή 1.
- Κατόπιν υπολογίζεται η μέση επίδοση της ημέρας για το άλμα (Height) και την επιτάχυνση (Acceleration) και τέλος υπολογίζει και την κινητική ενέργεια.
- Η writeApiKey τέλος αποστέλλει τα αποτελέσματα σ' ένα άλλο κανάλι.

Ακολουθεί ο κώδικας σε πράσινο σε Matlab με τα σχετικά σχόλια:

Αντλεί τα δεδομένα από το Channel 477145 που είναι το Id για το κανάλι 1.

```
readChannelID = 477145;
```

Συγκεκριμένα ορίζεται ότι το άλμα Height Jump βρίσκεται στο πεδίο Field ID 1, και η επιτάχυνση Acceleration στο Field ID 3 .

```
HeightFieldID = 1;
```

```
AccelerationFieldID = 3;
```

Για την ασφάλεια των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ιδιωτικό κανάλι οπότε χρησιμοποιείται και το αντίστοιχο κλειδί για την πρόσβαση σε αυτό.

```
readAPIKey = '9IW0XO56QVBQTGDI';
```

Με τις δύο παρακάτω εντολές αντλούνται οι τιμές του άλματος και της επιτάχυνσης για τα τελευταία 1440 λεπτά δηλαδή τις τελευταίες 24 ώρες

```
height=
```

```
thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',HeightFieldID,'NumMinutes',1440,'ReadKey',readAPIKey);
```

```
acceleration=
```

```
thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',AccelerationFieldID,'NumMinutes',30,'ReadKey',readAPIKey);
```

Υπολογίζεται και εμφανίζεται ο μέσος όρος του άλματος.

```
avgHeight = mean(height);
```

```
display(avgHeight,'Average Height');
```

Υπολογίζεται και εμφανίζεται ο μέσος όρος της επιτάχυνσης.

```
avgAccel = mean(acceleration);  
display(avgAccel,'Average Acceleration');  
fprintf(['Note: To write data to another channel, assign the write channel ID \n',...  
        'and API Key to "writeChannelID" and "writeAPIKey" variables. Also \n',...  
        'uncomment the line of code containing "thingSpeakWrite" \n',...  
        '(remove "%%" sign at the beginning of the line.)']);
```

Δηλώνεται το κανάλι 4 στο οποίο θα γράφονται τα επεξεργασμένα δεδομένα και το αντίστοιχο κλειδί του.

```
writeChannelID = 489830;  
writeAPIKey = 'QM1XYL0JUHB5Z1NE';
```

Υπολογίζεται η κινητική ενέργεια του αθλητή.

```
energykinetics = 0.2 * (70 / 9.8) * (avgAccel^2);  
display(energykinetics,'Energy Kinetics ');
```

Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την αποστολή των δύο πεδίων με ανώτατο όριο τα 8 πεδία στο νέο κανάλι.

```
thingSpeakWrite(writeChannelID,[avgHeight,energykinetics],'Fields',[1,2],...  
'WriteKey',writeAPIKey);
```

Matlab Visualization.

Αρχικά, από την επιλογή Apps και Matlab Visualization δημιουργείται η καμπύλη (plot) : **jump and Energy Kinetics on two different y-axes.**

Apps / MATLAB Visualizations

Click **New**, and choose a template to get started. Templates contain sample code.

[New](#)

Name	Created
Plot jump and Energy Kinetics on two different y-axes	2018-05-12

[View](#) [Edit](#)

Help

MATLAB Visualization

Use interactive ThingSpeak MATLAB[®] plots to visualize and explore data collected in a channel. You also have access to many more static MATLAB plots.

In your visualization code, you can also use functionality from any of the MATLAB Toolboxes supported on ThingSpeak that you are licensed to use.

[Learn More](#)

Examples

- [Plot your data](#)

Εικόνα 2.2.2.2: Matlab Visualization για δημιουργία καμπύλης plot.

Ακολουθεί ο κώδικας σε πράσινο σε Matlab με τα σχετικά σχόλια:

Αντλούνται τα δεδομένα από το channel 489830 που είναι το Id για το κανάλι 4 που δημιουργήσαμε παραπάνω με το Matlab Analysis.

```
readChannelID = 489830;
```

Δηλώνεται το πεδίο για την άντληση του άλματος.

```
JumpID = 1;
```

Δηλώνεται το πεδίο για την άντληση της κινητικής ενέργειας.

```
EnergID = 2;
```

Δηλώνεται το κλειδί για την ασφάλεια των δεδομένων

```
readAPIKey = 'TI9CI8UZRN478Q5V';
```

Διαβάζονται και αποθηκεύονται 300 τιμές αλμάτων και κινητικής ενέργειας.

```
[data,timeStamps] = thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',[JumpID EnergID],  
...
```

```
                                'NumPoints',300, ...  
                                'ReadKey',readAPIKey);
```

```
JumpData = data(:,1);
```

```
AccData = data(:,2);
```

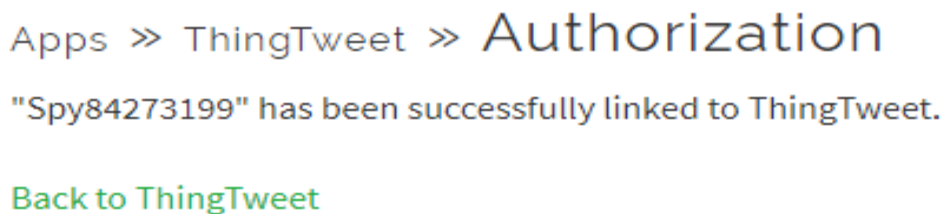
Απεικονίζονται συνδυαστικά σε ένα γράφημα οι καμπύλες με τα μεγέθη που αντλήθηκαν.

```
thingSpeakPlotYY(timeStamps,JumpData,timeStamps,AccData, ...  
                  'Ylabel1','Jump', 'Ylabel2','Energy');
```

2.2.3 Ενέργειες.

Όπως περιγράφηκε και στην εισαγωγή, το ThingSpeak, εκτός από την παρουσίαση και την ανάλυση αποτελεσμάτων, υποστηρίζει και ενέργειες (Acts). Εδώ, δημιουργείται μία αποστολή Tweet message στον προπονητή, όταν ο αθλητής είχε φτάσει στις επιδόσεις του και τίθενται πλέον στη διάθεσή του για τον επόμενο αγώνα.

Πρώτα παραχωρείται πρόσβαση στον Λογαριασμό του Twitter.



Εικόνα 2.2.3.1: Authorization του ThingTweet στο Twitter.

Στη συνέχεια, δημιουργείται το ThingTweet ReAct1.

Twitter Account	API Key	Action
Spy84273199	JCIVMPVOTANWYMH	Regenerate API Key Unlink Account

Name	Message	Last Sent	Twitter Account
React 1	The Athlete 1 is ready...	2018-05-13 15:10	Spy84273199

Εικόνα 2.2.3.2 : Δημιουργία του ThingTweet στο Twitter.

Συγκεκριμένα, ορίζεται στη συνθήκη (condition) ως όριο του πεδίου (field) 1, δηλαδή του άλματος τα 70 εκατοστά, πάνω από το οποίο θεωρείται ότι ο αθλητής έχει επανέλθει στις επιδόσεις του. Μόλις αυτό επιτευχτεί, ο λογαριασμός του Twitter που επιλέχθηκε, δηλαδή ο προπονητής λαμβάνει ένα μήνυμα στον προσωπικό λογαριασμό του: «The athlete 1 is ready».

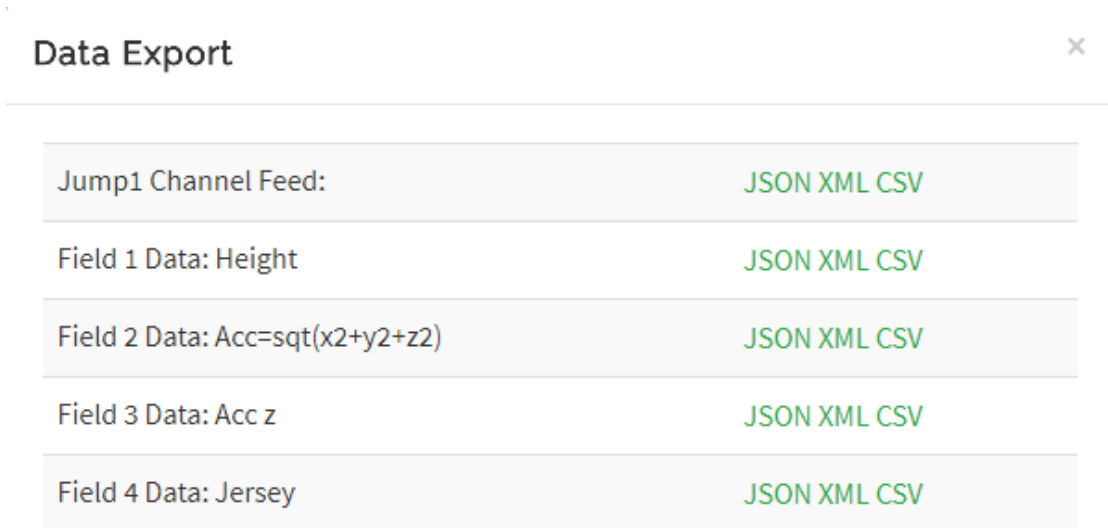
The screenshot shows a configuration page for a 'React' action. At the top, there is a breadcrumb trail: 'Apps / React / React 1 / Edit'. The main configuration area is divided into several sections:

- React Name:** A text input field containing 'React 1'.
- Condition Type:** A dropdown menu set to 'Numeric'.
- Test Frequency:** A dropdown menu set to 'On Data Insertion'.
- Condition:** This section is further divided into:
 - If channel:** A dropdown menu set to 'Jump Av (489830)'.
 - field:** A dropdown menu set to '1 (Height)'.
 - Operator:** A dropdown menu set to 'is greater than'.
 - Value:** A text input field containing '70'.
- Action:** A dropdown menu set to 'ThingTweet'.
- then tweet:** A text area containing 'The Athlete 1 is ready...'.
- using Twitter account:** A dropdown menu set to 'Spy84273199'.
- Options:** Two radio button options:
 - Run action only the first time the condition is met
 - Run action each time condition is met
- Save React:** A prominent green button at the bottom.

Εικόνα 2.2.3.3: Ανάλυση δημιουργίας ενός ThingTweet.

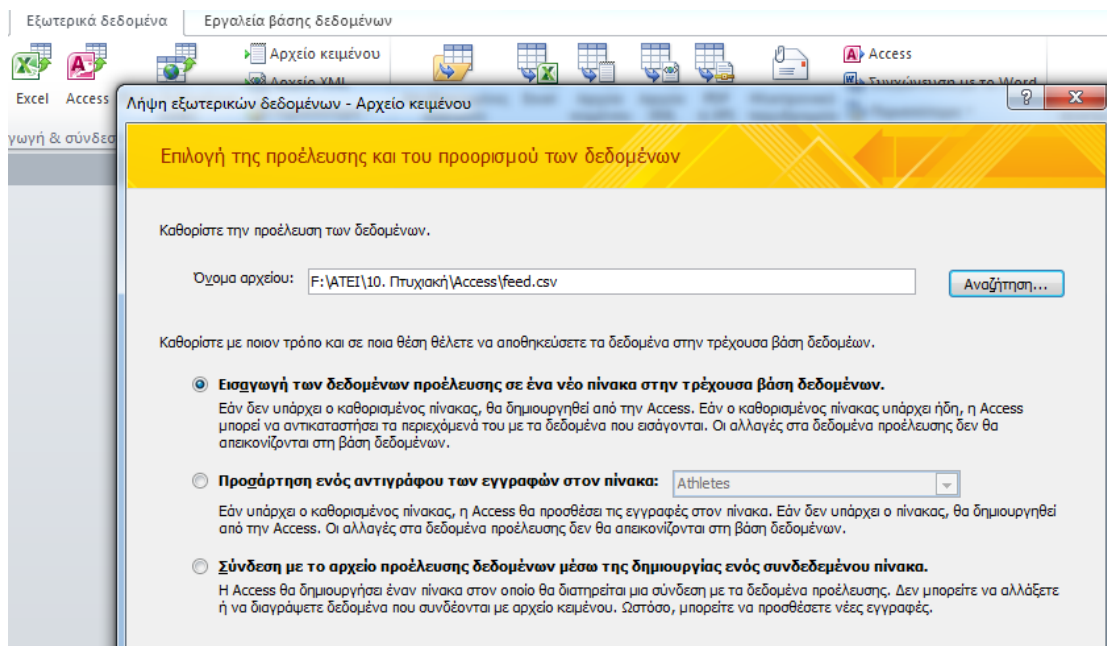
2.2.4 Βάση δεδομένων

Στη συνέχεια, περιγράφεται με εικόνες, πως δημιουργήθηκε η αυτόματη διαδικασία της εισαγωγής των δεδομένων από τα κανάλια του ThingSpeak στη Microsoft Access. Αρχικά, από το κανάλι του ThingSpeak Server επιλέγεται Data Export για το κανάλι jump1 και συγκεκριμένα αρχείο τύπου CSV.



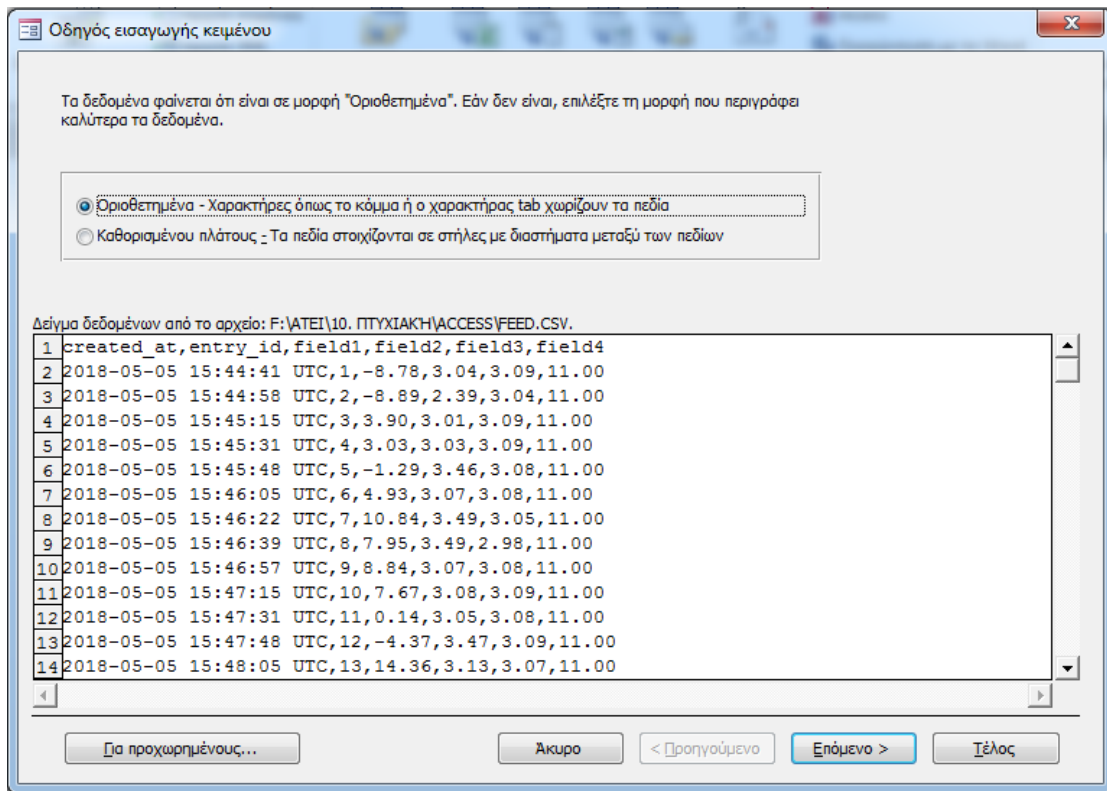
Εικόνα 2.2.4.1 : Εξαγωγή δεδομένων από το ThingSpeak.

Από την Microsoft Access επιλέγεται αντίστοιχα Λήψη εξωτερικών δεδομένων από αρχείο κειμένου:



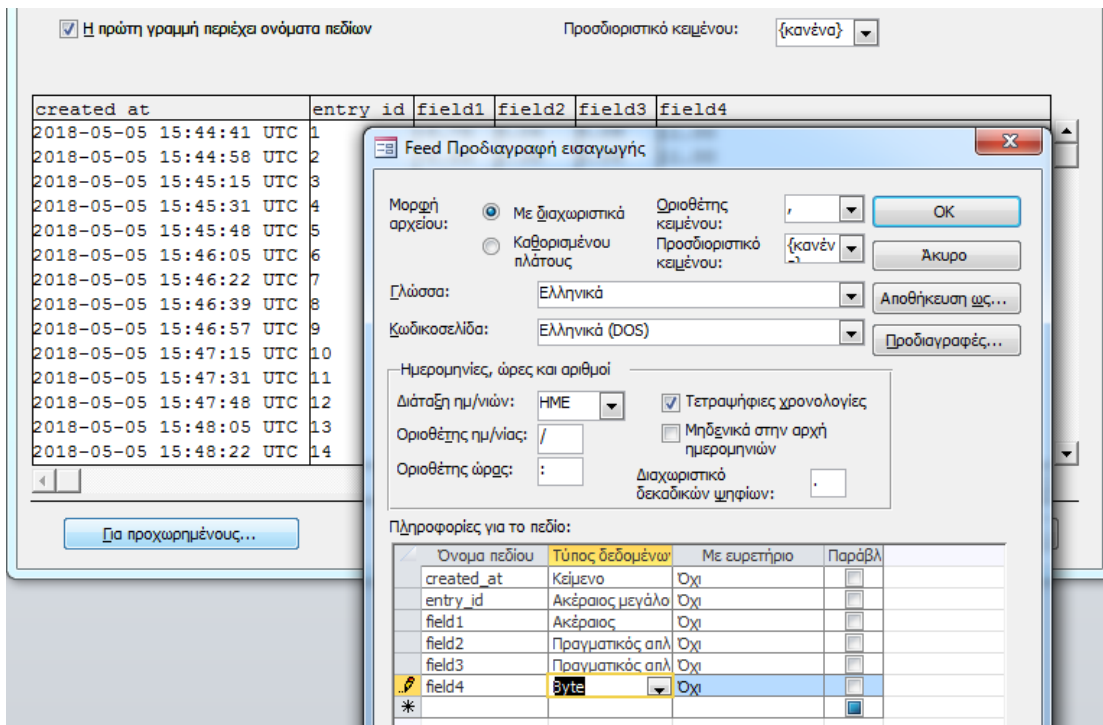
Εικόνα 2.2.4.2 : Εισαγωγή δεδομένων στην Microsoft Access

Ρυθμίζεται η μορφή των δεδομένων:



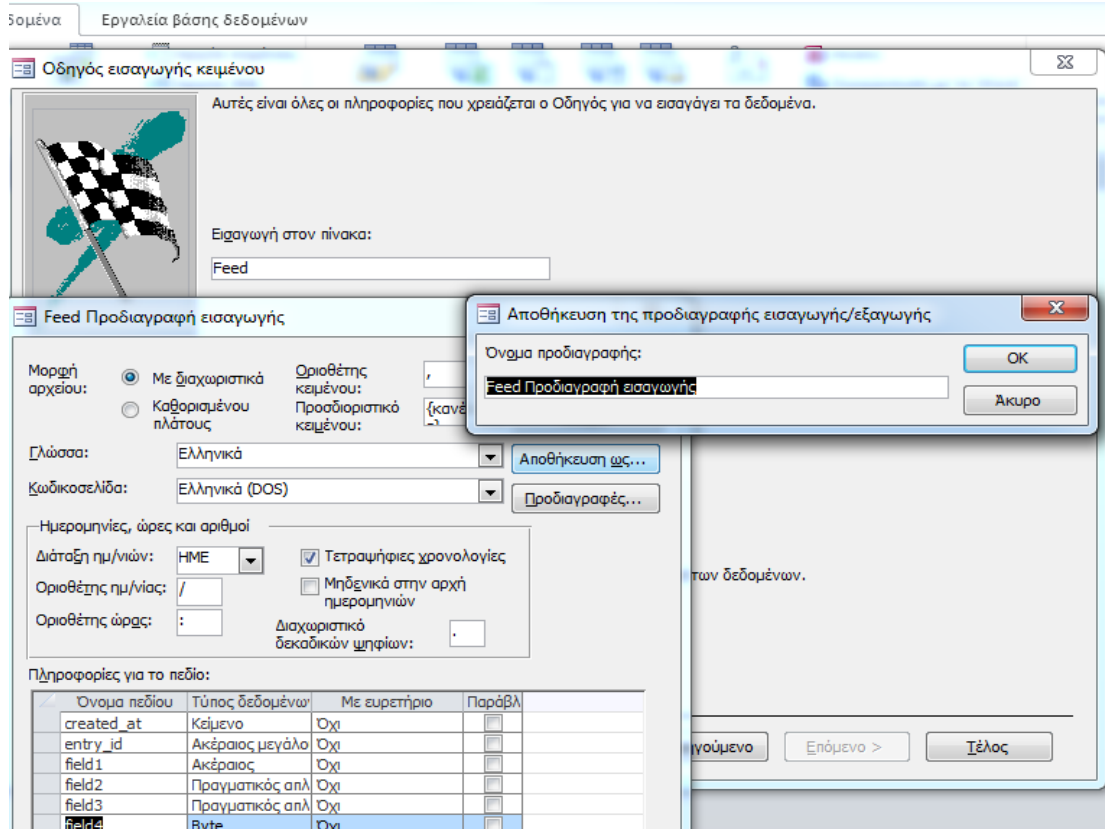
Εικόνα 2.2.4.3: Ρυθμίσεις μορφής δεδομένων.

Οι στήλες αλλάζουν για να αξιοποιηθούν όλα τα δεδομένα.



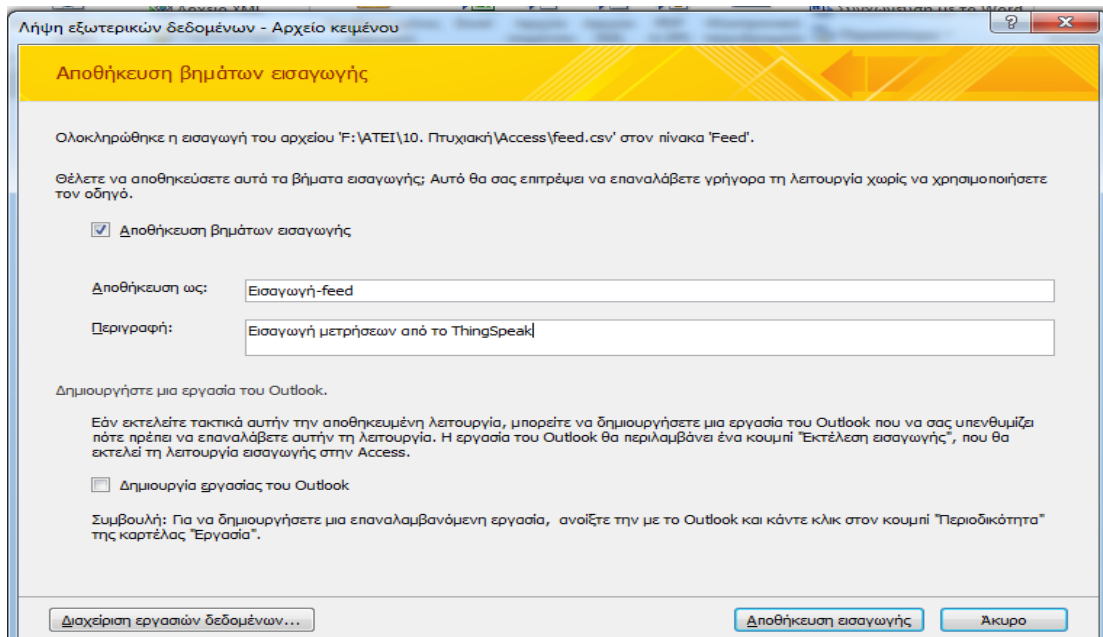
Εικόνα 2.2.4.4 : Ρυθμίσεις στηλών για εισαγωγή δεδομένων.

Όλη η παραπάνω διαδικασία αποθηκεύεται.



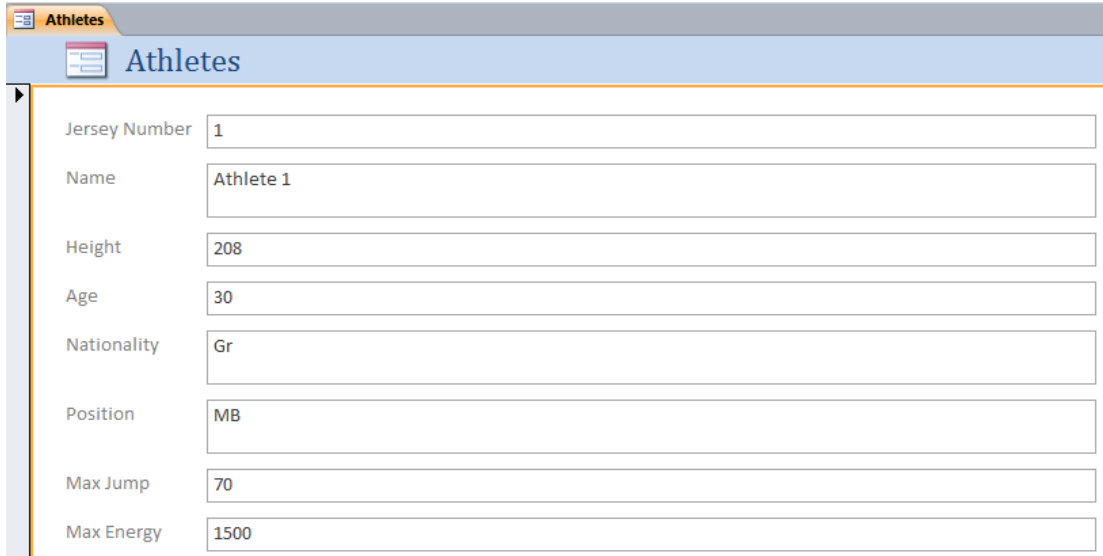
Εικόνα 2.2.4.5 : Ορισμός προδιαγραφών της διαδικασίας.

Η διαδικασία έχει πλέον αυτοματοποιηθεί:



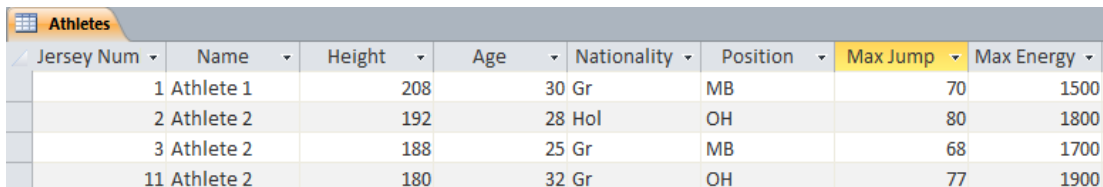
Εικόνα 2.2.4.6 : Αυτοματοποίηση της διαδικασίας.

Στη συνέχεια, καθώς η βάση έχει τα δεδομένα μίας πρώτης μέτρησης ενός αθλητικού γεγονότος, δημιουργείται η φόρμα καταχώρησης των αθλητών της ομάδας βόλεϊ.



Εικόνα 2.2.4.7 : Φόρμα εισαγωγής αθλητών.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται μερικές εγγραφές αθλητών που βοήθησαν για να παραχθούν τα βασικά γραφήματα της εφαρμογής.



Jersey Num	Name	Height	Age	Nationality	Position	Max Jump	Max Energy
1	Athlete 1	208	30	Gr	MB	70	1500
2	Athlete 2	192	28	Hol	OH	80	1800
3	Athlete 2	188	25	Gr	MB	68	1700
11	Athlete 2	180	32	Gr	OH	77	1900

Εικόνα 2.2.4.8 : Δεδομένα αθλητών στον πίνακα Athletes.

Τα δεδομένα από το Cloud Server ThingSpeak εισέρχονται στον πίνακα [Feed] και με την προσθήκη και των αθλητών της ομάδας [πίνακας- Athletes], έχουμε μία σχεσιακή βάση δεδομένων, που μπορεί να προσφέρει οποιαδήποτε πληροφορία, απλή ή συνδυαστική, ζητηθεί από το επιτελείο της ομάδας.

Για το σκοπό αυτό, δημιουργήθηκε ενδεικτικά το ερώτημα (query) χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού SQL. Τα ερωτήματα του χρήστη, προς τη βάση, μπορούν να δημιουργηθούν και με τον οδηγό ερωτημάτων μάγο (query wizard) του προγράμματος.

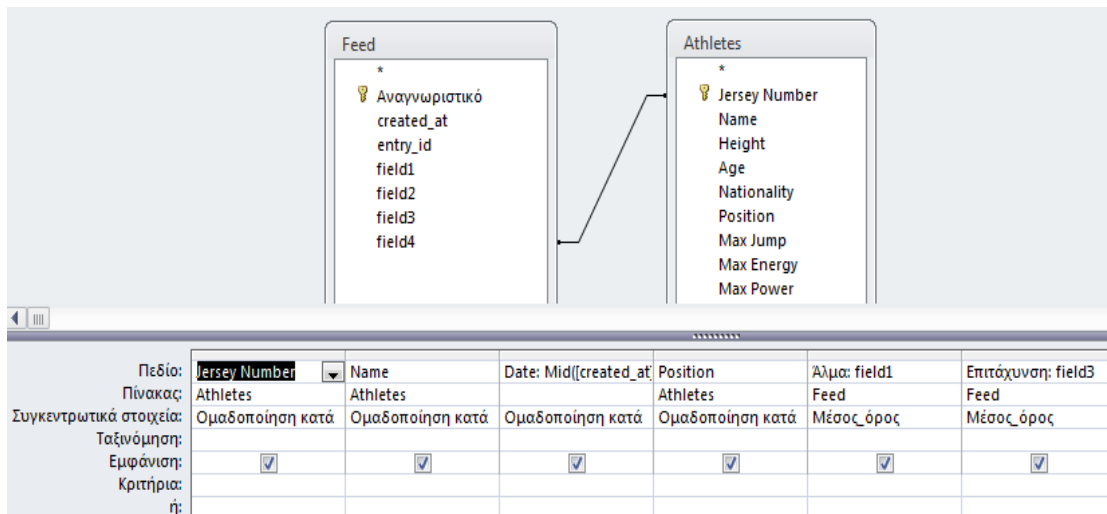
Παρακάτω παρατίθενται και οι δύο τρόποι της υλοποίησης του ερωτήματος :
Επιδόσεις ανά ημέρα.

Με κλειδί τον αριθμό της φανέλας οι επιδόσεις του κάθε αθλητή, προσαρτώνται σε αυτόν και απεικονίζονται μαζί με τα υπόλοιπα τα στοιχεία του από τον πίνακα [Athletes].

- **Με Sql Statement:**

```
SELECT Athletes.[Jersey Number], Athletes.Name, Mid([created_at],1,10) AS [Date], Athletes.Position, Avg(Feed.field1) AS Άλμα, Avg(Feed.field3) AS Επιτάχυνση FROM Athletes INNER JOIN Feed ON Athletes.[Jersey Number] = Feed.field4 GROUP BY Athletes.[Jersey Number], Athletes.Name, Mid([created_at],1,10), Athletes.Position;
```

- **Με Query Wizard (μάγο) :**

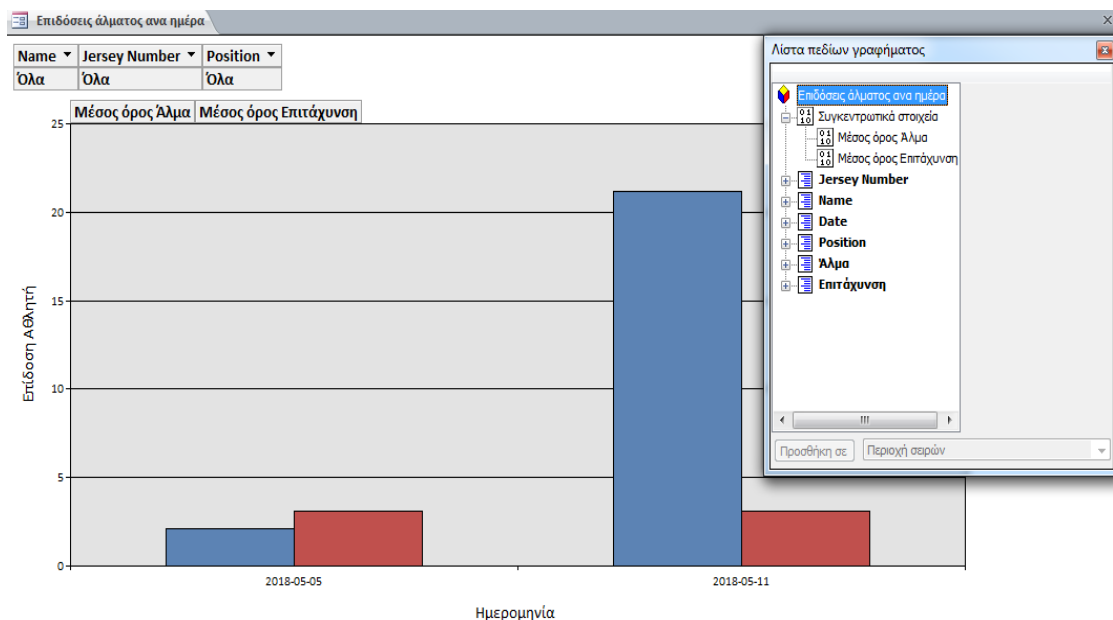


Εικόνα 2.2.4.9: Δημιουργία ερωτήματος SQL. Επιδόσεις ανά ημέρα.

Η αναφορά, που στηρίζεται στο παραπάνω ερώτημα ολοκληρώνεται με ταξινόμηση και ομαδοποίηση των επιδόσεων ανά αθλητή και ημερομηνία για ευκολότερη ανάγνωση των μετρήσεων.

Εικόνα 2.2.4.10: Δημιουργία έκθεσης Επιδόσεις ανά ημέρα.

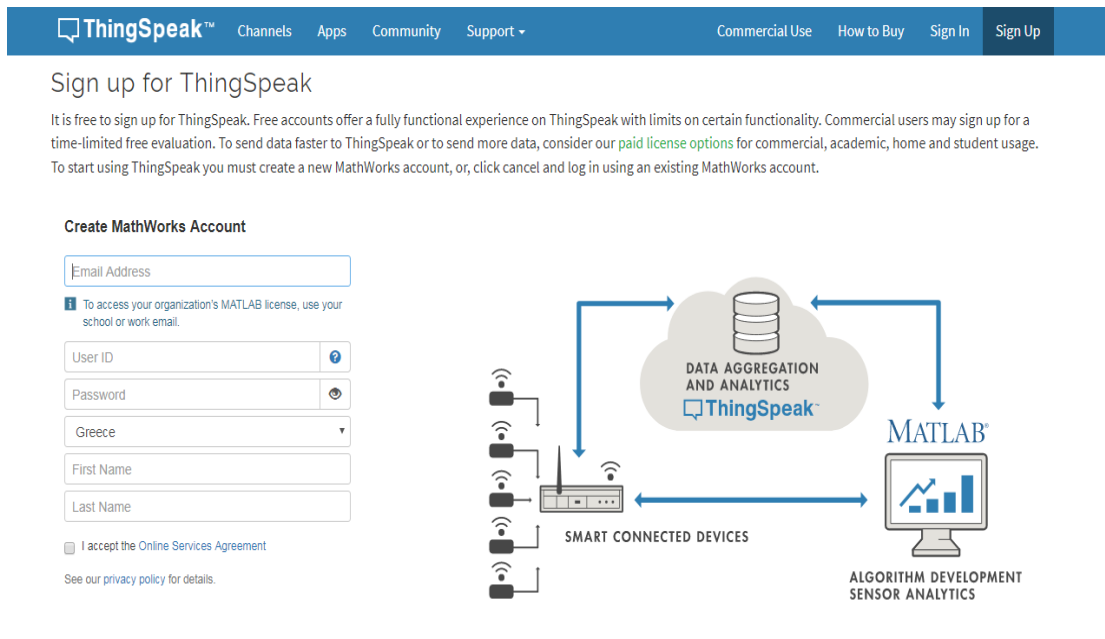
Τέλος, δημιουργείται το Γράφημα Επιδόσεις ανά ημέρα με πολλές δυνατότητες να προστεθούν και να αφαιρεθούν δυναμικά φίλτρα για την παρουσίαση αλλά και στήλες για την απεικόνιση τιμών.



Εικόνα 2.2.4.11 : Δημιουργία γραφήματος Επιδόσεις ανά ημέρα.

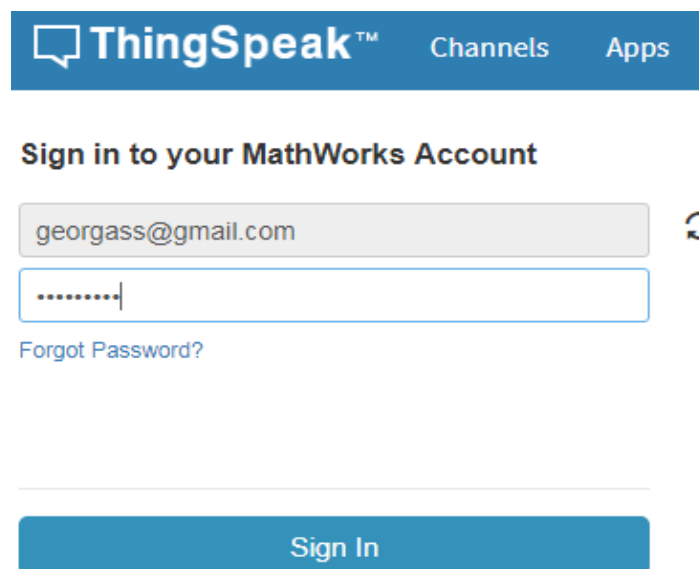
3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στη κεφάλαιο αυτό, γίνεται η παρουσίαση της εφαρμογής. Αρχικά, φαίνεται η πρώτη οθόνη στην Web εφαρμογή (ThingSpeak) για τους εξουσιοδοτημένους χρήστες ή τους νέους χρήστες για εγγραφή.



Εικόνα 3.1.1: Οθόνη Εγγραφής στον Server ThinkSpeak .

Μετά την εγγραφή του ο χρήστης εισέρχεται με το Email και τον κωδικό του.



Εικόνα 3.1.2 : Οθόνη Εισαγωγής στον Server ThinkSpeak .

Πληροφοριακό Σύστημα Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων Αθλητικής Δραστηριότητας

Κατόπιν, επιλέγει το ιδιωτικό κανάλι (αθλητή) που επιθυμεί να παρακολουθήσει.

Name	Created	Updated
Jump1 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-04-16	2018-04-25 18:03
Jump2 Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2018-04-18	2018-04-25 17:02

Εικόνα 3.1.3 : Οθόνη Επιλογής Ιδιωτικού Καναλιού .

Η επιλογή των μετρήσεων μπορεί να είναι διαφορετική ανά αθλητή.

Εδώ για παράδειγμα, παρακολουθείται το άλμα και η γενική επιτάχυνση του αθλητή 2.

Time	Vertical Jump
20:00:00	78
20:00:10	76
20:00:20	77
20:00:30	80
20:00:40	71
20:00:50	72
20:01:00	73
20:01:10	71
20:01:20	63
20:01:30	62
20:01:40	61

Time	Acceleration
20:00:00	9.55
20:00:10	9.55
20:00:20	9.55
20:00:30	9.45
20:00:40	9.62
20:00:50	9.65
20:01:00	9.55
20:01:10	9.50
20:01:20	9.60
20:01:30	9.52
20:01:40	9.52

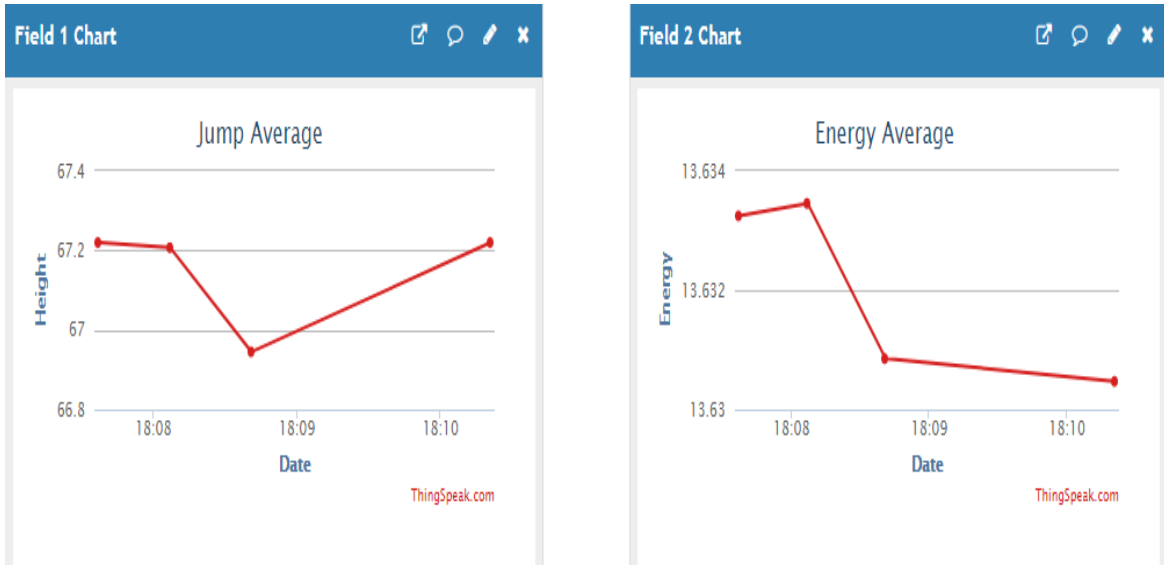
Εικόνα 3.1.4 : Οθόνη Μετρήσεων Αθλητή 2.

Ενώ, στον αθλητή 1, εκτός του άλματος επιλέγεται και η ειδική επιτάχυνση του κατακόρυφου άξονα z, δηλαδή η επιτάχυνση για το κατακόρυφο άλμα.



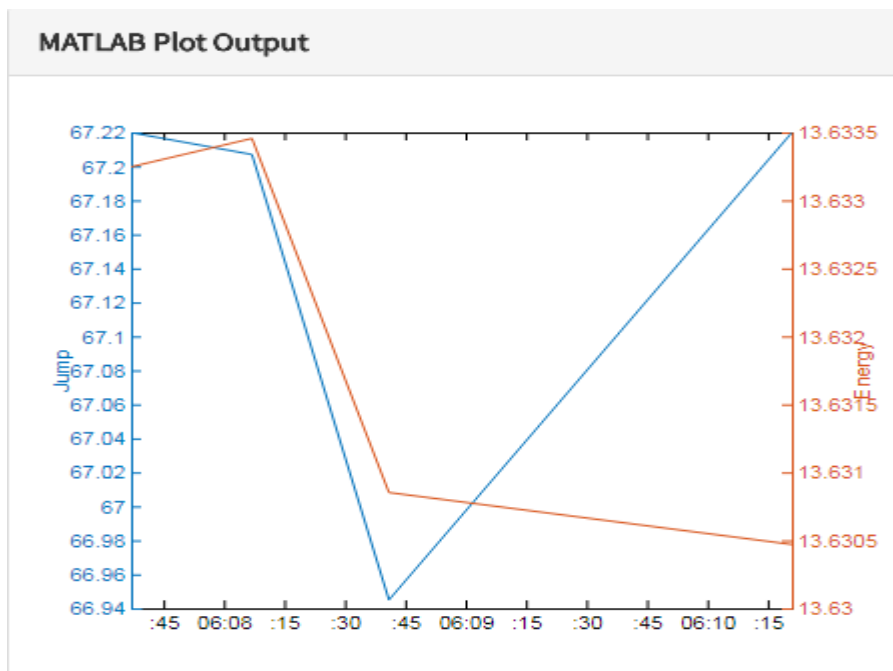
Εικόνα 3.1.5 : Οθόνη Μετρήσεων Αθλητή 1.

Φυσικά, εκτός από τις μετρήσεις που αποστέλλονται από τα wearable συστήματα on line για τους αθλητές, υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης και των καναλιών που έχουν προέλθει μέσα από την διαδικασία Matlab Analysis και Visualization με συγκεντρωτικά ή επεξεργασμένα αποτελέσματα. Σε αυτό το σημείο, απεικονίζεται η κινητική ενέργεια σε σχέση με τον μέσο όρο των αλμάτων ανά ημέρα.



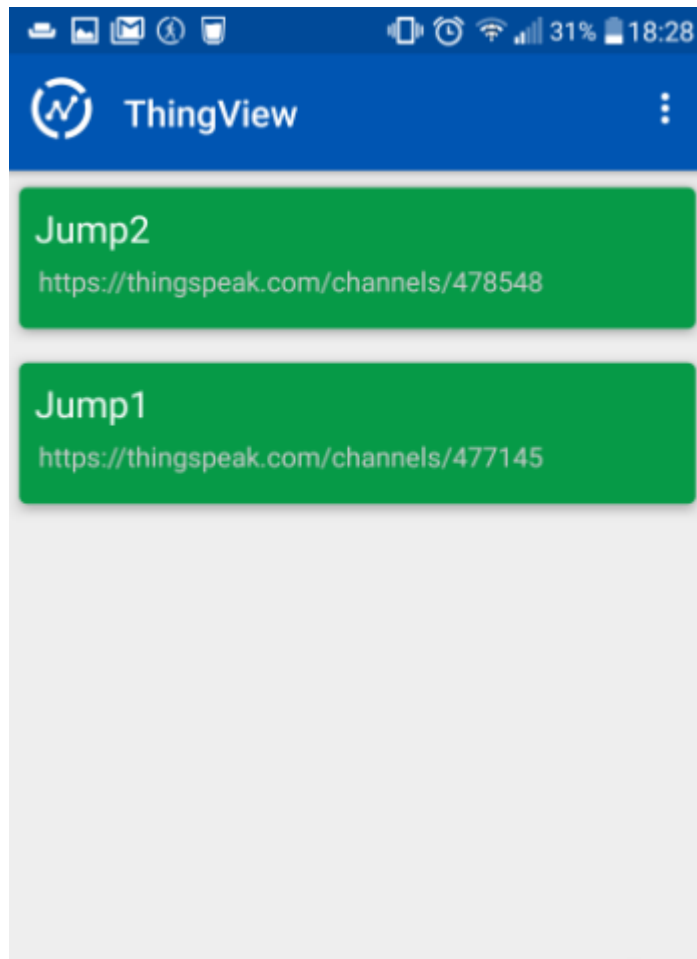
Εικόνα 3.1.6 : Οθόνη μέσων μετρήσεων άλματος και ενέργειας.

Η ίδια οθόνη με τους μέσους όρους αναλύεται σε καμπύλη (Plot) μέσα από την δυνατότητα Matlab Visualizations.

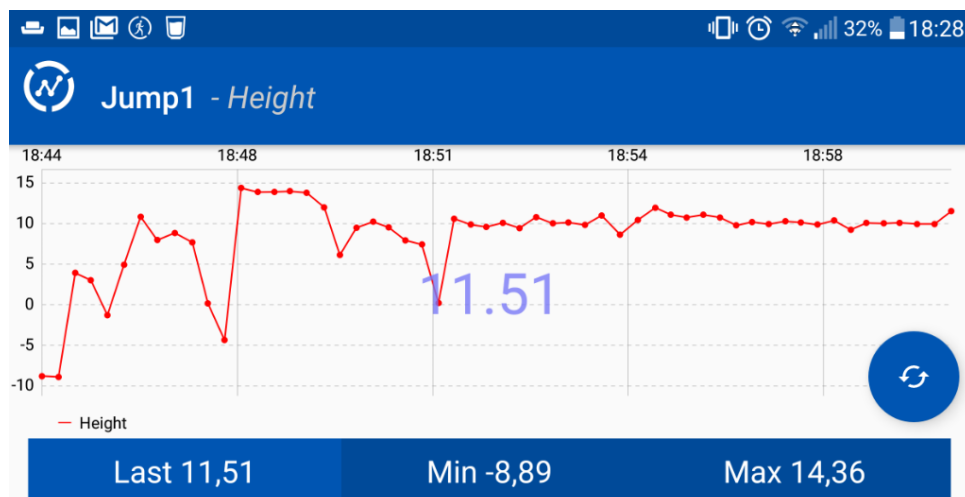


Εικόνα 3.1.7 : Οθόνη από Matlab Visualizations.

Οι παραπάνω μετρήσεις, εκτός από τον υπολογιστή, παρέχονται και σε κινητό και ταμπλέτα, όπου επιλέγεται το κανάλι και η απεικόνιση σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη.



Εικόνα 3.1.8 : Οθόνη επιλογής αθλητή από κινητό.

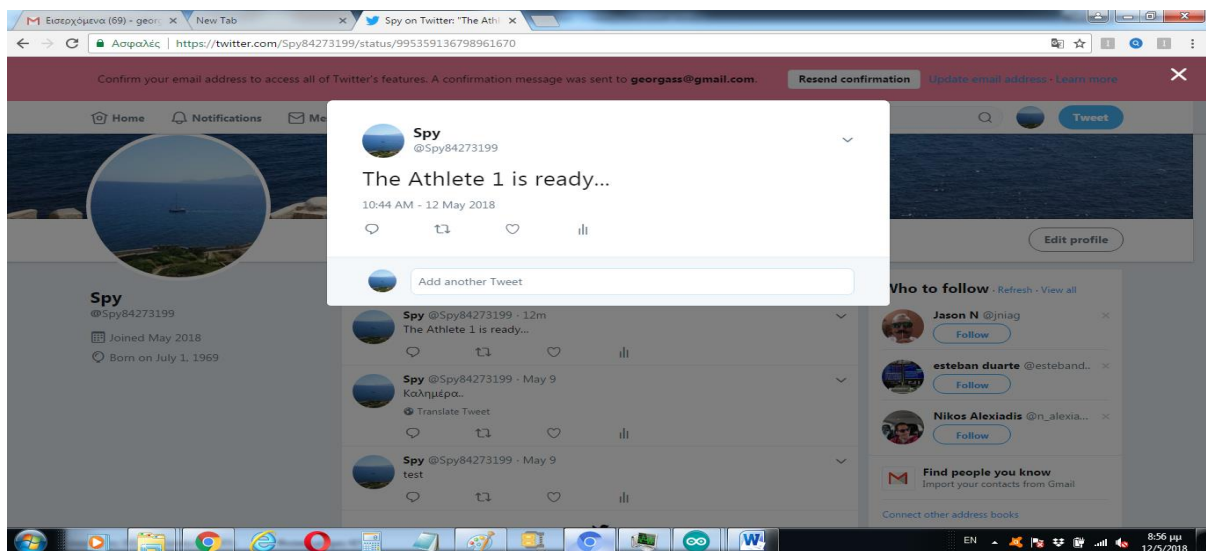


Εικόνα 3.1.9 : Οθόνη απεικόνισης άλματος σε κινητό.



Εικόνα 3.1.10 : Οθόνη απεικόνισης γενικής επιτάχυνσης αλλά και επιτάχυνσης άλματος σε κινητό.

Τέλος, όταν ολοκληρώνεται η παρουσίαση του ThingSpeak, παρουσιάζεται η λήψη μηνύματος στον προπονητή μετά από την επίτευξη, ικανοποίηση της συνθήκης που ορίσαμε στην λειτουργία Actions του ThingSpeak. Παρακάτω εμφανίζεται το μήνυμα όπως ορίστηκε στον λογαριασμό του Twitter .



Εικόνα 3.1.11 : Οθόνη με λήψη μηνύματος στο Tweeter.

Επιπλέον, ασύγχρονα και αφού μεταφερθούν μία ή παραπάνω δραστηριότητες από το ThingSpeak στην βάση δεδομένων, υπάρχει η δυνατότητα να αντληθούν, όπως φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες, στατιστικά αποτελέσματα αλλά και γραφήματα, σύμφωνα με τις ανάγκες της ομάδας.

Αρχικά, φαίνεται η οθόνη περιήγησης για μία ομάδα βόλεϊ με τις επιλογές των :

- Athletes – Αθλητών
- Stats – Στατιστικών
- Graph - Γραφικών

Με προεπιλεγμένη την πρώτη οθόνη καταχώρησης των αθλητών.

The screenshot shows a web interface for a volleyball team. At the top, there is a navigation bar with a hamburger menu icon and the text 'Φόρμα περιήγησης Volley'. Below this, there are three tabs: 'Athletes', 'Stats', and 'Graph'. The 'Athletes' tab is selected, and the page title is 'Athletes'. The main content area contains a form for adding a new athlete. The form fields are as follows:

Jersey Number	1
Name	Athlete 1
Height	208
Age	30
Nationality	Gr
Position	MB
Max Jump	70
Max Energy	1500

Εικόνα 3.1.12 : Οθόνη περιήγησης και καταχώρησης αθλητή ομάδας βόλεϊ.

Ενδεικτικά, παρουσιάζεται μία αναφορά για τις επιδόσεις των αθλητών, ανά ημέρα, όπως αυτές προήλθαν από την επεξεργασία τους.

Επιδόσεις ανά ημέρα

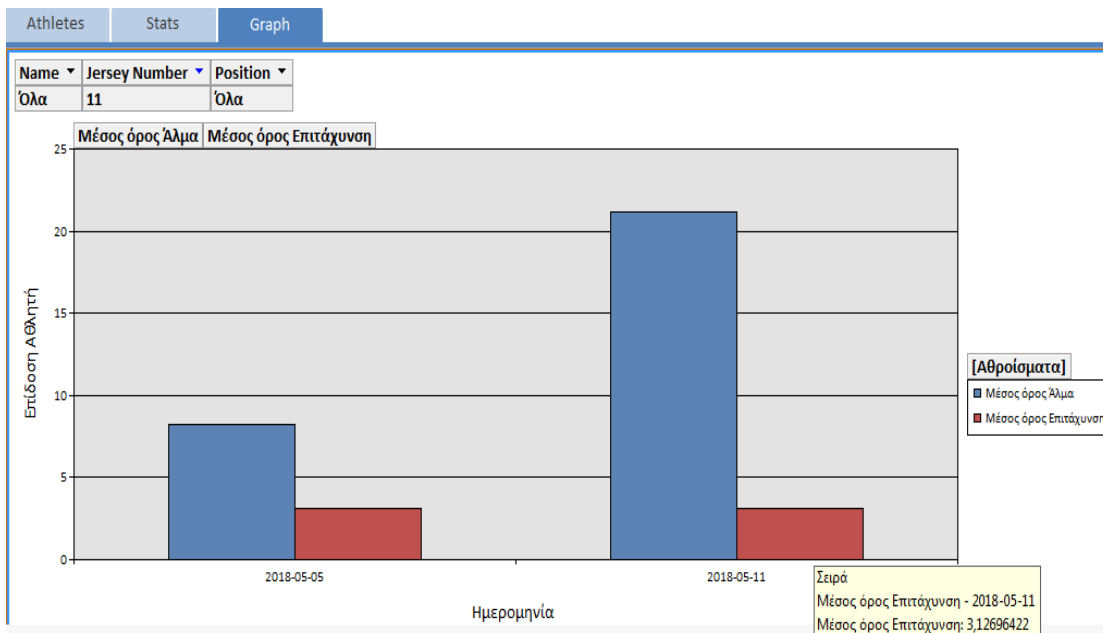
Jersey	Όνομα αθλητή	Θέση
11	Athlete 2	OH

Ημερομηνία δραστηριότητας	Μέσος όρος Άλματος	Μέσος όρος Επιτάχυνσης
2018-05-05	10	3,08
2018-05-06	29	3,11
2018-05-11	21	3,13

Κυριακή, 13 Μαΐου 2018 Page 1 of 1

Εικόνα 3.1.13 : Οθόνη αναφοράς αθλητή ανά ημέρα.

Τέλος, παρουσιάζεται και ένα γράφημα με το μέσο όρο άλματος με (μπλε) και επιτάχυνσης (κόκκινο) που μπορεί να αλλάζει δυναμικά και ως προς τα φίλτρα αλλά και ως προς τις μετρήσεις.



Εικόνα 3.1.14: Οθόνη αναφοράς αθλητή ανά ημέρα σε γράφημα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

4.1 Σύνοψη Διπλωματικής Εργασίας.

Για την υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιήθηκε η συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία IoT (Διαδίκτυο των Πραγμάτων), που θεωρείται η επερχόμενη εξέλιξη του σημερινού διαδικτύου των υπηρεσιών, καθώς επεκτείνει το δίκτυο εκτός από συνδεδεμένους υπολογιστές σε δίκτυο και με συνδεδεμένα αντικείμενα. Με το IoT μπορούμε πλέον να μιλάμε για έναν έξυπνο πλανήτη, με πληροφοριακά συστήματα, που θα προσφέρουν ολοκληρωμένες λύσεις, τόσο με υπηρεσίες όσο και με διαχείριση φυσικών πόρων.

Συγκεκριμένα, για τη φιλοξενία της ιστοσελίδας επιλέχθηκε ο web hosting server ThingSpeak, αφενός, γιατί είναι δωρεάν και αποφεύχθηκε το επιπλέον κόστος για server, αφετέρου, γιατί συνεργάζεται απρόσκοπτα με το ESP8266 Module και το Arduino, το οποίο χρησιμοποιεί το wearable σύστημα που αποστέλλει τις μετρήσεις. Άλλα πλεονεκτήματα του είναι ότι παρέχει, με Matlab analytics, τη δυνατότητα επεξεργασίας των μετρήσεων με Matlab Visualization, τη δυνατότητα δημιουργίας νέων καναλιών με σύνθετες καμπύλες και τέλος, με το Twitter εκτελεί και ενέργειες ενημέρωσης, συνθέτοντας έτσι ένα σύγχρονο αλλά και πλήρες σύστημα πληροφόρησης.

Στη συνέχεια, έγιναν δοκιμές και μετρήσεις για την επιλογή του δικτύου των αισθητήρων. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι αισθητήρες τοποθετούνται σε αθλητές και είναι κινούμενοι προς όλες τις κατευθύνσεις, έγινε επιλογή ενός δικτύου αστέρα. Ο σταθμός βάσης επιλέχθηκε να είναι ένα ESP8266 wifi module χωρίς αισθητήρα και να είναι σταθερός. Τοποθετήθηκε σε κεντρικό σημείο του γηπέδου, για να εξασφαλιστεί ότι θα είναι μόνιμα συνδεδεμένος με το server στο διαδίκτυο. Σε όλα τα υπόλοιπα wearable συστήματα ενσωματώθηκαν αισθητήρες LSM9DS1 και ESP8266 wifi modules για να μπορούν να στέλνουν τις μετρήσεις τους στον σταθμό βάσης.

Τέλος, για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων, σε μη πραγματικό χρόνο, επιλέχθηκε η παραδοσιακή Microsoft Access, η οποία προσφέρει απεριόριστες δυνατότητες σε ιστορικά, συγκριτικά και συγκεντρωτικά στοιχεία, χωρίς να είναι απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο.

4.2. Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.

Στην προσπάθεια να επιτευχθούν αξιόπιστα και έγκυρα αποτελέσματα, παρουσιάστηκαν αρκετές δυσκολίες που έγιναν αντιληπτές κατά τη διάρκεια της εφαρμογής, σε πραγματικές συνθήκες όπως:

- Δεν υπολογιζόταν η πραγματική τιμή του άλματος.

Καθώς οι αισθητήρες παρέχουν μετρήσεις στην μονάδα του χρόνου, το wearable σύστημα έστελνε τυχαίες τιμές στο σταθμό βάσης. Επειδή στην περίπτωση του άλματος, έπρεπε να αντληθεί το μέγιστο ύψος που έφτασε ο αθλητής, αρχικά, ορίστηκε ως άλμα κάθε πιθανή εκτόξευση πάνω από 5 εκατοστά. Με την παρακάτω ρουτίνα, επιτεύχθηκε ο υπολογισμός του μέγιστου ύψους, κάθε φορά που ο αθλητής εκτοξεύονταν πάνω από 5 εκατοστά μέχρι να προσγειωθεί πάλι στο έδαφος. Όταν ο αθλητής προσγειώνονταν στο έδαφος, ο έλεγχος εξέρχονταν από την δομή επανάληψης και η μεταβλητή `max_h` είχε ως τιμή την μέγιστη μέτρηση. Δηλαδή, είχε μετρηθεί το πραγματικό άλμα και όχι τυχαίες τιμές στην μονάδα του χρόνου.

```
while (heading > 5)
{
    if (heading>max_h){
        max_h=heading;
        lsm.read();
        sensors_event_t a, m, g, temp;
        lsm.getEvent(&a, &m, &g, &temp);
        hx=m.magnetic.x;
        hy=m.magnetic.y;
        calcHeading(((float) m.magnetic.x, (float) m.magnetic.y);
    }
}
```

- Δε λειτουργούσε άμεσα (Plug and Play) το wearable σύστημα. Αρχικά, για να υπολογιστεί το άλμα έπρεπε να μετρηθεί χειροκίνητα η απόσταση από το έδαφος του wearable συστήματος για κάθε αθλητή αμέσως μετά την βαθμονόμηση του. Για να αποφευχθεί η παραπάνω επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία, καταγράφηκε η αρχική του θέση στην μεταβλητή `f_heading` και στη συνέχεια, το πραγματικό άλμα υπολογίστηκε ως η διαφορά από αυτήν την αρχική θέση.

```
first_h = true;
if (first_h)
{ f_heading = heading ;
  first_h = false;
}
heading = heading - f_heading;
```

- Δεν υπήρχε δυνατότητα συγκριτικών δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων αθλητών. Οι σειρές δεδομένων (row data) αρχικά, δεν είχαν την ένδειξη του αθλητή με αποτέλεσμα να μην μπορούν να παραχθούν συγκριτικά δεδομένα για τους αθλητές. Μέσω του κώδικα του Arduino IDE, οι μετρήσεις για τον κάθε αθλητή έγιναν διακριτές, όταν προστέθηκε ένα επιπλέον πεδίο, με το νούμερο Jersey Number του αθλητή, το οποίο και τον ακολουθούσε σε όλες τις μετρήσεις του, και οι οποίες μπορούσαν να αποθηκεύονται και επεξεργάζονται είτε σε πραγματικό χρόνο είτε ετεροχρονισμένα. Συγκεκριμένα:

Στη συσκευή δηλώνεται το νούμερο της φανέλας 11.

```
const char* jersey="11";
```

Η τιμή αυτή την αποστέλλεται στο κανάλι ως τελευταία τιμή

```
body += "field4=";
```

```
body += String(jersey);
```

αδιαφανώς για τον χρήστη και ακολουθεί παντού τις μετρήσεις του αθλητή για τη μετέπειτα επεξεργασία τους.

Αναγνωριστικό	created_at	entry_id	Jump	Accelerator	Accelerator z	Jersey Num
106	2018-05-11 15:58:29	50	69	3,12	3,09	11

Εικόνα 4.1.1 : Μετρήσεις αθλητή με χαρακτηρισμό του αριθμού φανέλας.

4.3 Συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα της συνολικής μελέτης ήταν πολύ κοντά στους αρχικούς στόχους που τέθηκαν. Μετά από την πολύωρη αλλά χρήσιμη απομαγνητοφώνηση της συνέντευξης του κυρίου Γλακουσάκη Γιώργου, η ανάλυση του συστήματος επιτεύχθηκε γρήγορα με πολλές τεχνικές λεπτομέρειες. Υπήρχαν πραγματικά δεδομένα αλλά και πολλές οθόνες για τη μελέτη αλλά και την κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Στο τελικό σύστημα, υπάρχει ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο (Real Time), αξιόπιστη έγκυρη και με καλή ανάλυση, αλλά και ομαδική, εκτός σύνδεσης, ενημέρωση με ιστορικά δεδομένα και με πολλές δυνατότητες εμβάθυνσης, ανά τομέα της αθλητικής ομάδας. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα για την παραγωγή γραφημάτων με χρώματα για τους ανθρώπους που δεν έχουν την κατάλληλη εξοικείωση αλλά και πολύ πιο εξειδικευμένων αναλύσεων για τους ανθρώπους με εμπειρία, όπως για παράδειγμα αυτούς που καταρτίζουν το ιατρικό επιτελείο της ομάδας.

Τέλος, με τις δυνατότητες που παρέχει το IoT η ενημέρωση γίνεται και δυναμική μέσω του Twitter, καθώς αποστέλλονται και προσανατολισμένα μηνύματα ανάλογα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

4.4 Προτάσεις για το μέλλον.

- Με τις απαραίτητες συνεντεύξεις και την καταγραφή των αναγκών μιας ομάδας, μπορεί το σύστημα να εμπλουτιστεί με πολλές ακόμα αναφορές και γραφήματα, ώστε να καλύπτει ακόμη περισσότερο τις ανάγκες μιας σύγχρονης επαγγελματικής ομάδας και όχι μόνο.
- Να αποκτηθούν και άλλοι αισθητήρες και Wifi Modules και να διασφαλιστεί η λειτουργία του Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων (Α.Δ.Α) σε πραγματικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, να διασφαλιστεί η συνδεσιμότητα, να εξασφαλιστεί η προστασία των δεδομένων, να αντιμετωπιστεί η

συμφόρηση, να ελεγχθεί η κίνηση και να γίνει μεγιστοποίηση του χώρου κάλυψης (Ανάπτυξη Αλγορίθμων Εποπτικού Ελέγχου Ασύρματα Συνδεδεμένων Συστημάτων, Διονύσιος Κανδρής, 2010) **[19]**

- Με τις κατάλληλες μετρήσεις και την επεξεργασία τους, για παράδειγμα εφαρμογή αλγορίθμων, μπορούν να παραχθούν πολλές ακόμα χρήσιμες πληροφορίες, όπως αυτές του G-VERT κινητική ενέργεια, αντοχή, δύναμη άλματος, συμμετρίας κ.ά.
- Να αναλυθούν και τα υπόλοιπα αποτελέσματα των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων και να καταγραφούν μετρήσεις με προσανατολισμό σε θέματα ιατρικής φύσης. Για παράδειγμα, να τοποθετηθεί το σύστημα, εκτός από την μέση του αθλητή, για μέτρηση άλματος και επιτάχυνσης και σε ένα τραυματισμένο μέλος και να ελέγχεται η ολοκλήρωση της θεραπείας ή ακόμα και να προλαμβάνεται ένας πιθανός υποτροπιασμός του.
- Τέλος, με τις μετρήσεις 9 βαθμών που παρέχει το wearable σύστημα, μπορεί να επεκταθεί η εφαρμογή και σε άλλα αθλήματα, περιορισμένου χώρου, όπως χάντμπολ, στίβο κτλ ή ακόμα και να συνδυαστεί και με άλλες μελέτες, για μία πιο ολοκληρωμένη απεικόνιση και κατανόηση των αθλητικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

- [1] J McBride, J. M., Triplett-McBride, N. T., & Davie, A. "A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, pp. 58-66 1999.
- [2] Bosco, C. "Adaptive response of human skeletal muscle to simulated hypergravity condition". *Acta Physiologica Scandinavica*, 124, pp. 507-513 1985.
- [3] Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. "Terminology and measurement in exercise performance". *J. Appl. Sport. Sci. Res.*, vol 1, pp. 1-10. 1987.
- [4] Garhammer, J. "A review of power output studies of olympic and powerlifting methodology, performance, prediction and evaluation tests". *J. Appl. Sports. Sci. Res.*, 7, pp. 76-89. 1993.
- [5] Smilios, I., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M., & Tokmakidis, S. P. "Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance". *Journal of Strength & Conditioning Research*, 79(1), pp. 135-139. 2005.
- [6] Baker, D. "Improving vertical jump performance through general, special and specific strength training: A brief review". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, pp. 131–136. 1996.
- [7] Kurokawa H, " Target-induced conformational adaptation of calmodulin revealed by the crystal structure of a complex with nematode Ca(2+)/calmodulin-dependent kinase kinase peptide" *Journal of Molecular Biology* Volume 312, Issue 1, pp 59-68. 7 September 2001,
- [8] Milo, Grosu & Milo "VERTICAL JUMP ENHANCEMENT WITH RESPECT TO VOLLEYBALL VERTICAL JUMP" *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Education Artis Gymnastica* Vol. 62 Issue 4, p87-102. 16p. Dec2017
- [9] Ziv, G., & Lidor, R. "Physical and physiological attributes of female volleyball players" *J Strength Cond Res* 24 (7): pp. 1963–1973, 2010
- [10] Melrose, D.R., Spaniol, F.J., Bohling, M.E. and Bonnette, R.A. "Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), pp.481. 2007.

- [11] Nikolaidis, Afonso, Clemente-Suarez, Knechtle, Kasabalis, Kasabalis, Douda, Tokmakidis & Torres-Luque "Who jumps the highest? Anthropometric and physiological correlations of vertical jump in youth elite female volleyball players" *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 57(6) : pp 802-810. 2016.
- [12] Matak, Martin. "Athletic-wear having integral measuring sensors." U.S. Patent 8, pp.253,586, issued August 28, 2012.
- [13] Skazalski, Whiteley, Hansen & Bahr. "A valid and reliable method to measure jump specific training and competition load in elite volleyball players". *The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* Published by John Wiley & Sons Ltd 2018.
- [14] Borges TO, Moreira A, Bacchi R, Finotti RL, Ramos M, Lopes CR, Aoki MS. "Validation of the VERT wearable jump monitor device in elite youth volleyball players". *Biology of Sport* 34(3): pp.239-242. 19 Feb 2017.
- [15] "sparkfun.com" <https://learn.sparkfun.com/tutorials/lsm9ds1-breakout-hookup-guide>.
- [16] "geekstips.com" <https://www.geekstips.com/two-esp8266-communication-talk-each-other/>.
- [17] "instructables.com" <http://www.instructables.com/id/Programming-ESP8266-ESP-12E-NodeMCU-Using-Arduino-/>
- [18] Δ. Κανδρής - Α.Βελώνη, (2017). "Ολοκληρωμένος Βιομηχανικός Έλεγχος, Εισαγωγή στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων" Σημειώσεις ΤΕΙ Πειραιά.
- [19] Διονύσιος Κανδρής. "Ανάπτυξη Αλγορίθμων Εποπτικού Ελέγχου Ασύρματα Συνδεδεμένων Συστημάτων" Διδακτορική Διατριβή (255), Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών. 2010.
- [20] "Analytics Software & Solutions" https://www.sas.com/el_gr/insights/big-data/internet-of-things.html
- [21] "Upwork.com" <https://www.upwork.com/hiring/data/sql-vs-nosql-databases-whats-the-difference/>
- [22] ROBIE, JONATHAN. "A COMPARISON BETWEEN RELATIONAL AND OBJECT ORIENTED DATABASES" San Diego : Database Lab, 2001.
- [23] "thingspeak.com" <https://thingspeak.com/>.
- [24] Αλ. Παλαμίδης - Αν. Βελώνη, "Σήματα & Συστήματα με Matlab", Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2008.
- [25] H. Saadat, "Computational Aids in Control Systems Using MATLAB", 1998.