

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τμήμα Πληροφορικής

Υλοποίηση συστήματος για συλλογή και επεξεργασία
περιβαλλοντικών δεδομένων για τον καθορισμό του πληθυσμού
του κόκκινου σκαθαριού.

Capstone Project



Αλβανιτόπουλος Ευάγγελος(ΠΚΜ202002)

Επιβλέπων: Μάρκος Αυλωνίτης

Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλεπων καθηγητή μου, Μάρκο Αυλωνίτη καθώς και δύο μέλη του εργαστηρίου Cmod Lab, Ιωάννη Βλάχο και Νικόλαο - Μάριο Πολυμενάκο. Η βοήθεια τους ήταν πολύ σημαντική τόσο στην υλοποίηση του συστήματος όσο και στην συγγραφή της παρούσας αναφοράς.

Περίληψη

Ο βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος για τον εντοπισμό του κόκκινου σκαθαριού σε φοίνικες. Αρχικά, παρουσιάζονται η σημασία των φοινίκων στον Ελλαδικό χώρο και αναλύεται ο κύκλος ζωής του σκαθαριού. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στους αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και στο Raspberry Pi. Έπειτα, γίνεται ανάλυση του κώδικα που αναπτύχθηκε για την επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου και αναφορά στην εγκατάσταση του συστήματος. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την συλλογή των δεδομένων καθώς και τα προβλήματα αλλά και τα συμπεράσματα που προέκυψαν.

Abstract

The main purpose of this dissertation is to develop a system for the detection of the red palm weevil in palm trees. First, the importance of palm trees in Greece is presented and the life cycle of the beetle is analyzed. Next, there is a reference about the sensors and also about the Raspberry Pi. Then, the code developed to achieve this goal is analyzed and reference is made to the installation of the system. Finally, the results that emerged during the data collection are presented as well as the problems and the conclusions that emerged.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	7
1.1 Εισαγωγή	7
1.2 Σημασία Φοινικοειδών	8
Εικόνα 1: Τοιχογραφία	9
Εικόνα 2: Πλατεία Ομονοίας	10
1.3 Κόκκινο Σκαθάρι	12
1.3.1 Βασικές Πληροφορίες	12
1.3.2 Ζημιές - Συμπτώματα	15
1.3.3 Γεωγραφική Εξάπλωση	17
1.3.4 Φυτά Ξενιστές	19
1.4 Raspberry Pi	21
1.4.1 Βασικές Πληροφορίες	21
1.4.2 Μοντέλα Raspberry Pi	22
1.4.3 Ακίδες Raspberry Pi	29
1.4.4 Λογισμικό Raspberry	31
1.4.5 Εγκατάσταση	32
2.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	33
2.1 Σκοπός Εργασίας	33
2.2 Κατηγορίες Ήχου	34
2.2.1 Πρώτη Κατηγορία	34
2.2.2 Δεύτερη Κατηγορία	36
2.2.3 Τρίτη Κατηγορία	38
3.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	42
3.1 Αισθητήρες	42
3.2 Εγκατάσταση Αισθητήρων	45

3.3 Κώδικας	47
3.3.1 Εγγραφή Ήχου	48
3.3.2 Καταγραφή Δονήσεων	50
3.3.3 Ρυθμίσεις	51
3.4 Εγκατάσταση σε φοίνικα	52
3.5 Παρουσίαση δεδομένων	52
4.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	53
4.1 Προβλήματα	53
4.2 Συμπεράσματα	54
4.3 Προτάσεις	57
Βιβλιογραφία	59
Παράρτημα Εικόνων	60

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Στην σύγχρονη εποχή και με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας μπορούμε να αντιμετωπίσουμε και να λύσουμε πολλά προβλήματα, τα οποία μέχρι σήμερα δεν μπορούσαν να λυθούν. Πλέον, με την χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας αλλά και της μεγάλης υπολογιστικής δύναμης που διαθέτει ο άνθρωπος στα χέρια του, πολλά προβλήματα και ερωτήματα που τον απασχολούσαν και επηρέαζαν την καθημερινότητα του μπορούν να απαντηθούν. Από την μελέτη άλλων πλανητών στον γαλαξία μέχρι την ακριβή πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών, η τεχνολογία έχει συνεισφέρει στην αύξηση της ποιότητας της ζωής αλλά και στην απόκτηση νέων γνώσεων και πληροφοριών. Υπάρχουν βέβαια και πολλά προβλήματα τα οποία ακόμη και με την χρήση της διαθέσιμης τεχνολογίας, η αντιμετώπιση τους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία.

Πάνω στον πλανήτη μας, έχουν εντοπιστεί και καταγραφεί πάνω από 900.000 είδη εντόμων και εικάζεται ότι υπάρχει δεκαπλάσιος αριθμός που δεν έχει, ακόμα, καταγραφεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα έντομα, να αποτελούν το μεγαλύτερο και πολυπληθέστερο οικοσυσολο στη γη. Το ζήτημα της αποτελεσματικής αντιμετώπισης των παρασίτων αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος. Αφορά δε και επηρεάζει άμεσα ζωτικούς τομείς ενασχόλησης των ανθρώπων ενός τόπου, όπως είναι η γεωργία, η ανθοκομία και η κηπευτική. Το πρόβλημα παρουσιάζεται κυρίως σε φυτά, άνθη, δέντρα αλλά και τους καρπούς αυτών, σε μορφή αποθηκευμένων προϊόντων, όπου ορισμένα έντομα μπορούν να βρουν καταφύγιο, να τραφούν και να αναπαραχθούν, βλάπτοντας, όμως, ανεπανόρθωτα τους οργανισμούς στους οποίους παρασιτούν.

Επιστήμονες, ανά τον κόσμο, που έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο πρόβλημα, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η ανίχνευση και η παρακολούθηση αυτών των επιβλαβών εντόμων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Η αποτελεσματική αντιμετώπιση στηρίζεται στην γνώση του κατάλληλου χρόνου και του κατάλληλου τόπου της εφαρμογής των απαραίτητων ενεργειών για την αντιμετώπιση τους. Πολύ σημαντική είναι και η ύπαρξη ενός τρόπου υπολογισμού της αποτελεσματικότητας τους ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι δαπανηρές λύσεις χωρίς αποτέλεσμα.

Βασικά γνωρίσματα για την αναγνώριση του είδους, στο οποίο ανήκει κάθε έντομο, αποτελεί το σχήμα τους. Η ανίχνευση και η αναγνώριση του είδους του κάθε εντόμου, συνήθως, γίνεται χειρωνακτικά, με τη χρήση μεθόδων παγίδευσης και παρακολούθησης. Η τοποθέτηση παγίδων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την χωροταξική κατανομή πληθυσμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς και της εξέλιξης των τεχνικών επεξεργασίας σημάτων και αναγνώρισης προτύπων, έχουν οδηγήσει στην δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών για την υλοποίηση συστημάτων ικανών να αναγνωρίσουν, να εντοπίσουν αλλά και να καταγράψουν τα είδη των εντόμων.

Ένα από τα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος είναι και ο εντοπισμός εντόμων και ιδιαίτερα του κόκκινου σκαθαριού. Κατά το μεγαλύτερο μέρος του κύκλου ζωής του βρίσκεται μέσα στον κορμό του φοίνικα και τα συμπτώματα της παρουσίας του εμφανίζονται όταν πλέον η ζημιά που έχει δημιουργήσει είναι δεν μπορεί να αποκατασταθεί. Η καταστροφή που έχει προκαλέσει και συνεχίζει να προκαλεί, στους φοίνικες, σε όλη την διάρκεια της παρουσίας του, είναι πολύ μεγάλη και οι επιπτώσεις που προκύπτουν είναι πολύ σοβαρές. Οι ζημιές που προκαλούνται είναι σε θέση να επηρεάσουν αρνητικά και να συνδράμουν στην καταστροφή του περιβάλλοντος αλλά και οι επιπτώσεις στην οικονομία των χωρών μπορεί να είναι καταστροφικές. Κυρίως σε χώρες της ανατολής, όπου ένα μεγάλο μέρος της οικονομίας τους εξαρτάται από τις εξαγωγές των παραγόμενων προϊόντων των φοινίκων, το κόκκινο σκαθάρι αποτελεί έναν πολύ επικίνδυνο εχθρό.

Η επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος είναι ο πρόωρος εντοπισμός του και όπως θα αναλυθεί και παρακάτω, είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία καθώς πρέπει να ικανοποιούνται αρκετές συνθήκες ώστε να είναι αποτελεσματική. Πολλές χώρες προσπάθησαν να δημιουργήσουν συστήματα για τον εντοπισμό του εντόμου, όμως το κόστος τους ήταν αρκετά μεγάλο και η διαχείριση τέτοιων συστημάτων ιδιαίτερα δύσκολη και απαιτητική. Για τον λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητη η δημιουργία ενός συστήματος αποτελούμενο από αισθητήρες χαμηλού κόστους, εύκολου στην χρήση, ώστε να επιτευχθεί ο έγκαιρος εντοπισμός του.

1.2 Σημασία Φοινικοειδών

Ο φοίνικας είναι ένα φυτό αρκετά γνώριμο τόσο στην σύγχρονη εποχή όσο και στα αρχαία χρόνια. Από την αρχαιότητα εντυπωσίαζαν τους λαούς του κόσμου εξαιτίας της ιδιαιτερότητας τους. Οι πρώτες αποδείξεις, για την σημαντικότητα του, προέρχονται από τους Ασσύριους, οι οποίοι το καλλιεργούσαν για την παραγωγή των καρπών του αλλά και από τους Αιγύπτιους γύρω στο 1500 π.Χ., οι οποίοι τα χρησιμοποιούσαν στους ναούς για να ομορφύνουν την όψη τους. Εκτός, από την καλλωπιστική σημασία των συγκεκριμένων φυτών αλλά και την σημαντικότητα των καρπών τους, αποτελούν σύμβολο για πολλούς λαούς και θρησκείες. Αναφορά στην σημαντικότητα του γίνεται και στην αρχαία Ελλάδα,

όπου στην μυθολογία λέγεται ότι ο Απόλλωνας γεννήθηκε στο νησί της Δήλου κάτω από έναν φοίνικα. Η σύνδεση με τους φοίνικες πέρασε στη δίδυμη αδερφή του την Άρτεμη, η οποία διατηρούσε στην Αυλίδα ένα δάσος από Φοίνικες. Στην Ευρώπη τα διάφορα είδη ήρθαν μέσα από την Ελλάδα, ενώ το όνομα αποδίδεται πιθανόν στην αρχική περιοχή μεταφοράς τους, τη Φοινίκη (σημερινή περιοχή των Λιβάνου, Ισραήλ και Συρίας), παρόλο που είναι ενδημικό της Βόρειας Αφρικής.



Εικόνα 1: Τοιχογραφία

Επιπρόσθετα, ο φοίνικας αποτελούσε σύμβολο του αθλητισμού και της δόξας που αποκτούν οι νικητές στους αγώνες αλλά και της ενότητας και της αδελφοσύνης στην Ολυμπιακή θρησκεία. Σύμφωνα με τη μυθολογία, ο Θησέας πρώτος στεφάνωσε τους νικητές με κλαδιά φοίνικα, όταν έφτασε στη Δήλο κατά την επιστροφή του από την Κρήτη. Ήταν απαραίτητη μια στάση στο ιερό νησί της Δήλου για την προσφορά θυσίας στον Απόλλωνα, όπου και οργανώθηκαν αγώνες προς τιμήν του θεού. Έκτοτε στην αρχαία Ελλάδα και στη Ρώμη ο κλάδος φοινίκων, όπως και ένα στεφάνι από δάφνες, θεωρούνταν σύμβολο της νίκης.

Εκτός από την πολιτισμική σημασία που έχουν τα φοινικοειδή, έχουν και θρησκευτική σημασία. Η χριστιανική εκκλησία χρησιμοποιεί τα φύλλα του φοίνικα συμβολικά την Κυριακή των Βαΐων γιατί κατά την ημέρα αυτή εορτάζεται η ανάμνηση της εισόδου Του Ιησού Χριστού στα Ιεροσόλυμα όπου, κατά τους συγγραφείς των Ιερών Ευαγγελίων, οι Ιουδαίοι Τον υποδέχθηκαν κρατώντας βάρδια ή βάρδια (κλάδους φοινίκων). Επιπλέον, έχει επικρατήσει το έθιμο οι ναοί να στολίζονται με κλαδιά φοίνικα, ως σύμβολο της νίκης πάνω στον θάνατο και να φτιάχνονται από φύλλα φοινίκων μικροί σταυροί. Ένας ακόμη συμβολισμός είναι αυτός της ζωής καθώς γύρω-γύρω ο κορμός του είναι σαπισμένος ενώ μέσα η “καρδιά” του είναι ζωντανή.

Στην σύγχρονη Ελλάδα, εκτός από την θρησκευτική σημασία που αναφέρθηκε παραπάνω, η κύρια χρήση τους είναι ως καλλωπιστικά φυτά σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους. Στην Αθήνα σε πολλές πλατείες αλλά ακόμη και στον Εθνικό Κήπο υπάρχουν διάφορα φοινικοειδή τα οποία προσφέρουν ομορφιά στους επισκέπτες. Όταν η Αθήνα έγινε πρωτεύουσα (1834), παρόλο που ήταν ήδη γεμάτη φοίνικες, φυτεύτηκαν και άλλοι φοίνικες, τουλάχιστον στο κέντρο. Μαζί φυτεύτηκαν και οι αυλές των πλούσιων σπιτιών, μιας και ήταν πάρα πολύ αγαπητό είδος με λιγοστές απαιτήσεις. Για κάποια χρονική περίοδο μέσα στον 20ο αιώνα η πλατεία Ομονοίας ήταν σχεδόν σκεπασμένη από ψηλούς φοίνικες που σκόρπιζαν τη δροσερή σκιά τους σε όλη την πλατεία. Όμως, τα δέντρα εξαφανίστηκαν ώστε να γίνει χώρος για φρεάτια εξαερισμού αλλά και για το σταθμό του μετρό. Υπάρχει και ο κρητικός αυτοφυής φοίνικας που είναι μάλιστα δημοφιλής στις απεικονίσεις των μυκηναϊκών ανακτόρων. Για πρώτη φορά γίνεται αναφορά στους φοίνικες σε κείμενα γραμμένα από τον Θεόφραστο και σήμερα φέρει το όνομα του: *Phoenix theophrasti*.



Εικόνα 2: Πλατεία Ομονοίας

Στην Κρήτη, στο ανατολικό τμήμα των ακτών της και δίπλα στην αρχαία πόλη της Ιτάνου, βρίσκεται το φοινικόδασος του Βάι. Καταλαμβάνει περίπου 200 στρέμματα σε ένα επίμηκες κοίλωμα που φτάνει έως την παραλία. Το φοινικόδασος αποτελείται από αυτοφυείς φοίνικες του θεόφραστου, δηλαδή του είδους *Phoenix theophrasti* και είναι μοναδικό στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Έως πριν από λίγα χρόνια, ο φοίνικας του θεόφραστου θεωρούνταν ίδιο είδος με τη χουρμαδιά (*Phoenix dactylifera*) ή απλώς μια ποικιλία της. Το 1967 ο Ελβετός βοτανικός Greuter πρώτος περιέγραψε τον φοίνικα του Βάι ως ξεχωριστό είδος και τον ονόμασε *Phoenix theophrasti* προς τιμήν του αρχαίου φιλοσόφου και φυσιολόγου θεόφραστου, που πρώτος κατέγραψε την παρουσία του είδους στην Κρήτη.

Στην Κέρκυρα πιο συγκεκριμένα η παρουσία φοινίκων ήταν ιδιαίτερα αισθητή ακόμη και τα παλαιότερα χρόνια. Υπήρχαν φοίνικες στους δρόμους, στα πάρκα, σε αυλές

σπιτιών και σε πολλά μνημεία όπως το Αχίλλειον, στην πλατεία Λιστόν και σε πολλά άλλα σημεία σε όλο το νησί. Η παρουσία του πρόσφερε στο νησί έναν όμορφο τόνο και κάτοικοι και τουρίστες χάριζαν απλόχερα τον θαυμασμό τους. Τα τελευταία χρόνια, μετά την εμφάνιση του κόκκινου σκαθαριού στον Ελλαδικό χώρο, οι περισσότεροι αν όχι όλοι, έχουν πλέον καταστραφεί εξαιτίας του εντόμου. Αν και λήφθηκαν γρήγορα τα απαραίτητα μέτρα, η ζημιά ήταν ανεπανόρθωτη. Πλέον, γίνεται προσπάθεια αντικατάστασης των φυτών με καινούριους φοίνικες, όμως ο κίνδυνος παραμένει.



Εικόνα 3: Φοίνικας στο άλσος της Γαρίτσας

1.3 Κόκκινο Σκαθάρι

1.3.1 Βασικές Πληροφορίες

Το γένος στο οποίο ανήκει το κόκκινο σκαθάρι με επιστημονική ονομασία: *Rhynchophorus ferrugineus*, ανήκει στο γένος *Rhynchophorus* περιλαμβάνει δέκα είδη, επτά από τα οποία προσβάλλουν τα φοινικοειδή και είναι: *R.bilineatus*, *R.cruentatus*, *R.distinctus*, *R.ferrugineus*, *R.lobatus*, *R.palmarum*, και *R.vulneratus*. Το είδος *R.ferrugineus* θεωρείται το τυπικότερο του γένους. Παρακάτω παρουσιάζεται η συστηματική ταξινόμηση του κόκκινου σκαθαριού (Πηγή: ΕΡΡΟ 2008 κατά Νάκκα,2013).

ΒΑΣΙΛΕΙΟ	Ζώα
ΦΥΛΟ	Αρθρόποδα
ΚΛΑΣΗ	Έντομα
ΤΑΞΗ	Κολεόπτερα
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	Curculionidae
ΓΕΝΟΣ	<i>Rhynchophorus</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>Ferrugineus</i> Olivier

Πίνακας 1: Συστηματική Ταξινόμηση

Η κοινή ονομασία του διαφέρει από χώρα σε χώρα. Μερικές από αυτές είναι: Asiatic palm weevil, coconut weevil, red palm weevil, red stripe weevil (English), picudo asittico de lapalma (Ισπανία), charanton asiatique du palmier (Γαλλία), Indomalaiischer Palmen-Rüssler (Γερμανία). (Πηγή: ΕΡΡΟ 2008 κατά Νάκκα,2013).



Εικόνα 4: Κόκκινο Σκαθάρι

Ο κύκλος ζωής του κόκκινου σκαθαριού αποτελείται από τέσσερα στάδια ανάπτυξης: αυγό, προνύμφη, νύμφη και ενήλικο. Όλα τα στάδια του βιολογικού του κύκλου λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του φοίνικα και η συνολική διάρκεια τους είναι τρεις με τέσσερις μήνες. Κατά την διάρκεια του πρώτου σταδίου, αυτό του αυγού, το έντομο βρίσκεται μέσα σε ένα αυγό χρώματος υπόλευκο-κρέμ και σχήμα ωοειδές. Το μήκος του είναι περίπου 2,6mm και το πλάτος του είναι 1,1mm. Μέχρι την εκκολαψη του πρέπει να περάσουν τρεις ημέρες και λίγο πριν την έξοδο της προνύμφης φαίνονται τα στοματικά του μόρια, χρώματος καφετί.



Εικόνα 5: Στάδια σκαθαριού

Το επόμενο στάδιο είναι αυτό της προνύμφης. Πρόκειται για μία ακέφαλη, άποδη προνύμφη, με μήκος 50mm και πλάτος 20mm. Το σώμα της αποτελείται από 13 τμήματα, το χρώμα της είναι λευκό-μπεζ και διαθέτει μια σκούρα κεφαλική κάψα. Ο τρόπος με τον οποίο κινείται είναι με περισταλτικές μυϊκές συσπάσεις. Κατά την περίοδο της νύμφωσης, στο εσωτερικό αρχίζουν και εμφανίζονται πόδια και πτέρυγες. Το χρονικό διάστημα για την ανάπτυξη τους είναι 1-3 μήνες και η τροφή τους προέρχεται από διάφορα μέρη του φοίνικα, όπως μαλακοί ιστοί, χυμώδεις ιστοί από την κεφαλή του φοίνικα, τον κορμό, τα φύλλα αλλά και την βάση του. Για τον σκοπό αυτό σχηματίζουν στοές, όπου το μήκος τους μπορεί να φτάσει και το ένα μέτρο. Τέλος, έχουν την δυνατότητα να αναπτυχθούν σε κοιλότητες οι οποίες δημιουργούνται από την καταστροφή των ιστών στην περιοχή της στεφάνης του φοίνικα.

Όταν η προνύμφη ολοκληρώσει την ανάπτυξή της, γίνεται νύμφη χρώματος καφέ. Το μέγεθος της κυμαίνεται περίπου στα 35mm και το πλάτος της στα 15mm. Η προνύμφη δημιουργεί μια νυμφική θήκη, η οποία έχει σχήμα οβάλ, μήκος 50-59mm και σχηματίζεται από ξερές ίνες του φοίνικα. Η διαδικασία αυτή διαρκεί 12-20 ημέρες και η νύμφωση χρειάζεται 3 ημέρες.



Εικόνα 6: Νυμφική θήκη

Το τελευταίο στάδιο ξεκινάει τη στιγμή που ολοκληρώνεται η διαδικασία της νύμφωσης, όπου το ενήλικο πλέον έντομο παραμένει στην θήκη για 4-17 ημέρες ώστε να ωριμάσει σεξουαλικά. Το ενήλικο σκαθάρι είναι ένα αρκετά μεγάλο έντομο, με μήκος 3-3,5cm και πλάτος 12mm. Το χρώμα του από πάνω είναι κόκκινο καστανό και διαθέτει πολύ σκληρό δερματοσκελετό, πάνω στον οποίο φέρει διάφορους χρωματισμούς μοναδικούς για κάθε έντομο ενώ από την κάτω πλευρά είναι σκούρο καφέ. Το μεσαίο μέρος του εντόμου εκτός από το κοκκινωπό χρώμα, φέρει και μερικές μαύρες βούλες, οι οποίες διαφέρουν σε σχήμα, μέγεθος και αριθμό. Διαθέτει τέσσερις πτέρυγες, δύο μεμβρανώδεις και δυο έλυτρα, πάνω στα οποία υπάρχουν χαρακτηριστικές καστανές-κόκκινες ραβδώσεις με εναλλαγή. Τα μάτια του εντόμου είναι μικρά και χωρίζονται στην βάση του ρύγχους. Το ρύγχος τους είναι μακρύ και πάνω σε αυτό βρίσκονται τα στοματικά μόρια, τα οποία είναι μασητικού τύπου. Το ρύγχος διαφέρει από αρσενικό σε θηλυκό, με το πρώτο να διαθέτει δύο παράλληλες σειρές από καστανές τρίχες, σε αντίθεση με τα θηλυκά τα οποία διαθέτουν ένα γυμνό και λευκό ρύγχος με μεγαλύτερη καμπυλότητα. Τέλος, και τα δύο φύλα διαθέτουν γονατοειδείς ροπαλοειδείς κεραιες.

Τα αρσενικά σκαθάρια προκειμένου να προσελκύσουν τα θηλυκά παράγουν μια ουσία, η οποία ονομάζεται φερομόνη συνάρθρωσης. Η σύζευξη γίνεται κατά την διάρκεια της ημέρας και η χρονική διάρκεια μεταξύ αυτής και την ωοθεσίας είναι από 1-7

ημέρες και τα αυγά χρειάζονται 3-5 ημέρες μέχρι να εκκολαφθούν. Τα θηλυκά ανοίγουν οπές με το ρύγχος τους ή εναποθέτουν τα αυγά τους σε ήδη τραυματισμένα σημεία του φοίνικα, είτε στον κορμό είτε στους μίσχους στα φύλλα ή στη στεφάνη του. Ο αριθμός των αυγών κυμαίνεται κατά μέσο όρο σε 200-330 αυγά, όπου το ενήλικο μετά την τελευταία απόθεση πεθαίνει.



Εικόνα 7: Ενήλικα Σκαθάρια

Τα ενήλικα σκαθάρια είναι δραστήρια κατά βάση την ημέρα αλλά υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί να μετακινηθεί και κατά την διάρκεια της νύχτας. Όσο υπάρχει διαθέσιμη τροφή παραμένουν στον ίδιο φοίνικα αλλά μόλις χρειαστεί να βρεί κάποιον άλλον ξενιστή τότε μπορεί να διανύσει απόσταση πάνω από 900 μέτρα. Έχει τρομερές ικανότητες πτήσης αφού μπορεί να διανύσει απόσταση 1 χιλιομέτρου χωρίς καμία στάση. Μεγαλύτερη κινητικότητα παρατηρείται την άνοιξη και το φθινόπωρο, ωστόσο το έντομο είναι σε δράση και τους υπόλοιπους μήνες ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του. Η ελάχιστη θερμοκρασία όπου κινείται είναι 12-14 βαθμούς κελσίου και οι πτήσεις του μηδενίζονται σε περιόδους με έντονες βροχοπτώσεις.

1.3.2 Ζημιές - Συμπτώματα

Κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής των κόκκινων σκαθαριών, προκαλούνται σοβαρές ζημιές στο φοίνικα. Η μεγαλύτερη ζημιά προκαλείται από τις προνύμφες, αφού τρέφονται από τους μαλακούς και χυμώδεις ιστούς του φοίνικα. Τα πρώτα μέρη τα οποία προσβάλλονται είναι η κορυφή του φοίνικα, η στεφάνη δηλαδή, η βάση των νεαρών

φύλλων και τέλος η ζημιά εξαπλώνεται μέχρι την βάση του φοίνικα εξαιτίας των στοών που ανοίγουν οι προνύμφες κατά μήκος του κορμού.



Εικόνα 8: Ζημιά σε φοίνικα

Σημαντικό ρόλο στα σημεία του φοίνικα, τα οποία προσβάλλονται από το σκαθάρι, έχει η ηλικία του. Σε φοίνικες μέχρι πέντε ετών, το έντομο μπορεί να βρεθεί σε κάθε σημείο που αναφέρθηκε παραπάνω. Γενικότερα, όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του φοίνικα, τόσο οι προνύμφες βρίσκονται σε σημείο όπου ο φοίνικας “αυξάνεται”, λόγω του ότι αναζητούν μέρη μαλακά και πλούσια σε χυμούς. Όταν ο φοίνικας έχει καταστραφεί πλήρως και το σκαθάρι δεν βρίσκει άλλη τροφή, τότε εγκαταλείπει τον φοίνικα και διασπείρεται σε άλλους.

Τα ορατά συμπτώματα που δημιουργεί το κόκκινο σκαθάρι στους φοίνικες είναι σοβαρά και εντοπίζονται εύκολα με την εξαίρεση ότι μόλις γίνουν αντιληπτά τότε είναι ήδη αργά για το δέντρο. Ένα από αυτά είναι οι στοές στη βάση των φύλλων κατά την έξοδο των εντόμων. Οι στοές αυτές έχουν υγρή μορφή και οσμή ζύμωσης όταν βρίσκονται σε υγρό περιβάλλον. Επιπλέον, ένα ακόμη σύμπτωμα είναι τα φαγώματα που υπάρχουν στην άκρη των φύλλων. Το βασικότερο χαρακτηριστικό και αυτό που μπορεί να εντοπιστεί πιο εύκολα είναι το σύμπτωμα της καταστροφής και της ξήρανσης της νέας βλάστησης. Είναι το σημείο του φοίνικα γιατί είναι πιο μαλακό και χυμώδες και για αυτόν τον λόγο προτιμάται από τις προνύμφες. Έτσι τα κεντρικά φύλλα, όπου αποτελούν τη νέα βλάστηση, καθώς και η κάμψη των παλιών φύλλων, δίνει στο φυτό την χαρακτηριστική όψη ανοιχτής ομπρέλας.



Εικόνα 9: Φοίνικες στο Φλαγγίνιο, στον Ανεμόμυλο

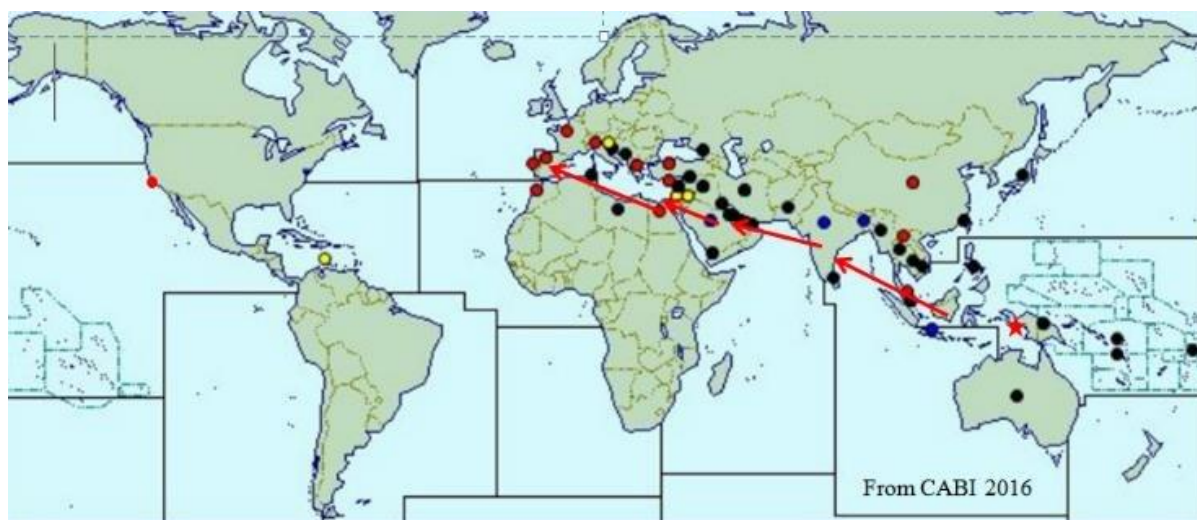
Οι φοίνικες οι οποίοι έχουν προσβληθεί από μεγάλο αριθμό σκαθαριών, εμφανίζουν ολική απώλεια των φύλων και σήψη του κορμού, που έχει ως αποτέλεσμα την ξήρανση ολόκληρου του δέντρου. Όταν εμφανιστούν τα πρώτα συμπτώματα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η απώλεια του δέντρου είναι αναμενόμενη και η καταστροφή του μη αναστρέψιμη. Το ενήλικο σκαθάρι θα παραμείνει στο δέντρο όσο βρίσκει τροφή και στη συνέχεια θα προσβάλλει άλλο φοίνικα προκαλώντας του σιγά σιγά τα ίδια προβλήματα.

1.3.3 Γεωγραφική Εξάπλωση

Το κόκκινο σκαθάρι (Red Palm Weevil), παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1981 στην Ινδία καθώς και στην Νότια και Νοτιοανατολική Ασία. Επίσης καταγράφηκε ως κυριότερος εχθρός της ινδικής καρύδας (κοκκοφοίνικα) το 1906, ενώ το 1917 περιγράφηκε ως το πιο επικίνδυνο έντομο τις χουρμαδιάς στο Punjab της Ινδίας. Το 1918 αναφέρεται ότι προκάλεσε σοβαρές καταστροφές στις χουρμαδιές της Μεσοποταμίας (Ιράκ) αλλά δεν συλλέχθηκε κανένα αντιπροσωπευτικό δείγμα που να το επιβεβαιώνει. Στα μέσα του 1980 βρέθηκε στις χώρες του Αραβικού κόλπου. Θεωρείται το πιο επιβλαβές έντομο των χουρμάδων της Μέσης Ανατολής. Αναλυτικότερα έχει καταγραφεί σε χώρες της Ωκεανίας (Αυστραλία, Νέα Παπούα -Γουινέα, νήσοι του Σολομώντος) και της Ασίας (Μπαγκλαντές, Μπαχρέιν, Καμπότζη, Κίνα, Ινδία, Ινδονησία, Ιράκ, Ιράν, Ιαπωνία, Κουβέιτ, Λάος Μαλαισία, Myanmar, Ομάν, Πακιστάν, Φιλιππίνες, Κατάρ, Σαουδική Αραβία, Ιορδανία, Σρι Λάνκα, Ταϊβάν, Ταϊλάνδη, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Βιετνάμ) και πρόσφατα έχει βρεθεί και σε Μεσογειακές χώρες (Ισπανία, Παλαιστινιακή αρχή, Αίγυπτος, Τουρκία, Ελλάδα).

Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά για αυτό στις περιοχές της Ταϊλάνδης, της Σιγκαπούρης, της Νότιας Κίνας, της Ινδίας και στην Καμπότζη από τα τέλη του 19ου αιώνα. Από το 1980 μέχρι το 1985 παρατηρείται πως η γεωγραφική του εξάπλωση εξελίσσεται ραγδαία καθώς κινείται πολύ γρήγορα στα δυτικά, προς τις χώρες της Αραβικής χερσονήσου, όπως στο Βασίλειο της Σαουδικής Αραβίας, στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και στο Σουλτανάτο του Ομάρ. Στην συνέχεια, το 1992 μετακινείται στην Αίγυπτο και το 1996 προχωρεί στο Ιράν.

Η πορεία του καταλήγει προς τις Ευρωπαϊκές χώρες, όπου καταγράφεται για πρώτη φορά το 1993 στην Ισπανία. Έπειτα, εξαπλώνεται και στα υπόλοιπα μεσογειακά κράτη μέλη της Ε.Ε, το 2004 στην Ιταλία, το 2005 στην Ελλάδα, το 2007 στην Μάλτα και την Πορτογαλία και το 2009 στην Σλοβενία. Στην χώρα μας εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην περιοχή της χερσονήσου του Νομού Ηρακλείου και στη συνέχεια πραγματοποίησε την εμφάνιση του και σε γειτονικούς δήμους προκαλώντας μεγάλες μη αναστρέψιμες καταστροφές στους φοίνικες της περιοχής.



Εικόνα 10: Εξάπλωση του Σκαθαριού

Η εισβολή του στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε μέσω προσβεβλημένων φοινίκων από την περιοχή της Αιγύπτου, οι οποίοι προορίζονταν για διακοσμητική χρήση κατά την διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων. Ο συνδυασμός του μεγάλου αριθμού φοινίκων και του ευνοϊκού κλίματος που επικρατούν στην περιοχή, έχουν προσφέρει στο έντομο ένα ιδανικό περιβάλλον. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται περίπου 30 είδη φοινικοειδών για φυτεύσεις, σε εξωτερικούς χώρους, τα περισσότερα εκ των οποίων αποτελούν γνωστούς ξενιστές του *Rhynchophorus ferrugineus*. Μέχρι να γίνει αντιληπτή η παρουσία του και να εκδοθεί η κατάλληλη κοινοτική οδηγία, για την μείωση του πληθυσμού του και εν τέλη την

εξολόθρευση του, πέρασαν δύο χρόνια, με αποτέλεσμα να εξαπλωθεί σε πολλές περιοχές της χώρας και η αντιμετώπιση του έγινε αδύνατη.

1.3.4 Φυτά Ξενιστές

Στην Ελλάδα προσβάλει κυρίως φοίνικες του είδους *Arecaceae*, αλλά έχουν παρατηρηθεί, από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και μερικά επιπλέον είδη όπως τα *Areca catechu*, *Arenga pinnata*, *Caryota urens*, *Cocos nucifera*, *Corypha elata*, *Elaeis guineensis*, *Livistona decipiens*, *L. chinensis*, *L. australis*, *Phoenix canariensis*, *P. dactylifera*, *P. thepphrasti*, *P. roebelinii*, *P. sylvestris*, *Sabal causiarum*, *S. palmetto*, *Trachycarpus fortunei*, *Washingtonia filifera* κ.α. (Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). Τα είδη *Chamaerops humilis* και *Washingtonia robusta* αναφέρονται ως ανθεκτικά στο έντομο αυτό. Τα δύο χρόνια που πέρασαν μέχρι την απόφαση της αντιμετώπισης του οδήγησαν στην ραγδαία αύξηση του πληθυσμού του, σε τέτοιο βαθμό ώστε εκτός από τον φοίνικα έχει παρατηρηθεί ότι στρέφει το ενδιαφέρον του και προς άλλα φυτά, όπως η αμερικανική αλόη *Agave americana*, προκαλώντας τους σοβαρές ζημιές.

Το είδος *Arecaceae* περιλαμβάνει 202 γένη με περίπου 2600 είδη τροπικών, υποτροπικών και θερμών εύκρατων κλιμάτων. Περιλαμβάνει δέντρα και θάμνους με υψηλό, ισοπαχή και χωρίς διακλαδώσεις κορμό. Η κορυφή τους έχει μεγάλα, έμμισχα, πτεροειδή ή ριπιδοειδή, κολεοφόρα, σύνθετα, αειθαλή φύλλα. Συνήθως παράγονται 1-2 σειρές φύλλων τον χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι, οι φοίνικες ανήκουν στα μονοκοτυλήδονα φυτά. Αυτό σημαίνει ότι έχουν μια ενιαία κοτυληδόνα, δηλαδή ένα πρωτόγονο φύλλο. Για αυτό τον λόγο ο κορμός τους ονομάζεται και ψευδοκορμός διότι σχηματίζεται από τους κολεούς των παλαιών φύλλων.

ΒΑΣΙΛΕΙΟ	ΦΥΤΑ
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	SPERMATOPHYTA
ΟΜΑΔΑ	ANGIOSPERMAE (MAGNOLIOPHYTA)
ΥΠΟΑΘΡΟΙΣΜΑ	MAGNOLIOPHYTINA
ΚΛΑΣΗ	LILIATAE (MONOCOTYLEDONES)
ΤΑΞΗ	ARECALES (PRINCIPES)
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	PALMAE / PALMACEAE / ARECACEAE

Πίνακας 2: Ταξινομική θέση των φοινίκων

Τα άνθη του φοίνικα είναι ερμαφρόδιτα ή μονογενή και σχηματίζουν απλή ή διακλαδισμένη ταξιανθία σπάδικα, που κατά τη νεαρή ηλικία περιβάλλεται από μία ή

περισσότερες σπάθες. Το περιγόνιο αποτελείται από δύο τριμερείς κύκλους και η ωοθήκη από ένα έως τρία καρπόφυλλα, ελεύθερα ή ενωμένα. Ο καρπός τους είναι ράγα ή δρύπη και πολλαπλασιάζονται με σπόρο, αλλά και με παραφυάδες για όσα φυτά τις παράγουν. Τα φυτά της οικογένειας αυτής μπορούν να αναπτυχθούν σε άγονα και ξηρά εδάφη, σε ηλιόλουστες θέσεις και θερμά κλίματα. Είναι κατάλληλα για παραθαλάσσιες φυτεύσεις, ακόμα και μεμονωμένα και σε δεντροστοιχίες.

Προκειμένου να εξακριβωθεί η αντοχή των φοινικοειδών στο συγκεκριμένο σκαθάρι, πραγματοποιήθηκαν πολλά πειράματα σε διάφορες χώρες όπως το Ιράν αλλά και η Ελλάδα. Το αποτέλεσμα ήταν ότι η αντοχή τους διαφέρει ακόμα και σε ποικιλίες του ίδιου είδους αλλά και διαφορετικής ποικιλίας και η διαφορά βρίσκεται τόσο στην ανάπτυξη του εντόμου όσο και στον τρόπο με τον οποίο επηρεάζεται ο κάθε φοίνικας από το έντομο. Η προσβολή ξεκινά από την κορυφή (στεφάνη) όπου τα θηλυκά ωτοκούν. Οι προνύμφες ανοίγουν στοές έως και ένα μέτρο κατά μήκος του κορμού αλλά και κατά μήκος των φύλλων. Η προσβολή οδηγεί στο θάνατο του φοινικοειδούς.

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό των φοινίκων ως ξενιστές του κόκκινου σκαθαριού, αλλά και γενικότερα των εντόμων, είναι ότι αποτελούν σημαντικές πηγές τροφής. Αυτό συμβαίνει γιατί είναι αειθαλή φυτά και έχουν διαφορετική ωριμότητα, με αποτέλεσμα να αποτελούν σημαντική πηγή τροφής για όλο τον χρόνο και για κάθε στάδιο του κύκλου ζωής των εντόμων. ο. Κάποια είδη εντόμων προτιμούν τα νεότερης ηλικίας φύλλα, ενώ κάποια άλλα είδη τα πιο ώριμα φύλλα. Η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής δεν διαφοροποιείται καθώς το μέγεθος των φύλλων και αριθμός τους στην κορώνα μένει ουσιαστικά ο ίδιος σε όλη τη διάρκεια της ζωής ενός φοίνικα.

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό των φοινικοειδών, το οποίο ενισχύει το παραπάνω φαινόμενο είναι το σχήμα των φύλλων που προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για τα περισσότερα αρθρόποδα. Το μεγάλο μέγεθος των φύλλων, τους κάνει εύκολους στόχους για έντομα τα οποία εξαπλώνονται με τον άνεμο, όπως το κόκκινο σκαθάρι, αφού τους προσφέρει μια μεγάλη επιφάνεια και άρα εύκολη πρόσβαση προς το φυτό. Το πυκνό και ευρύ φύλλωμα των φοινίκων παρέχει μια άριστη ασπίδα προστασίας στα αρθρόποδα από δυσμενή, για τα έντομα, καιρικά φαινόμενα όπως δυνατή βροχή και έντονη ηλιοφάνεια. Τα φύλλα, λόγω του βάρους τους, σε συνδυασμό με το μήκος τους, τείνουν να κάμπτονται και έτσι δημιουργούν την ομπρέλα προστασίας για τα αρθρόποδα.

Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι τα περισσότερα είδη εντόμων, που έχουν ως ξενιστή τους κάποιο φοινικοειδές, δείχνουν μια ιδιαίτερη προτίμηση στις κοίλες επιφάνειες που σχηματίζονται μεταξύ των βάσεων των φύλλων του φοίνικα. Αυτό συμβαίνει διότι τα συγκεκριμένα σημεία προσφέρουν προστασία στα έντομα, τόσο από τις καιρικές συνθήκες που αναφέραμε προηγουμένως, όσο και από διάφορα πουλιά και σαύρες. Τα συγκεκριμένα ζώα μπορούν εύκολα να προσγειωθούν ή να πηδήξουν πάνω στα φύλλα του φοίνικα, όμως οι κοίλες επιφάνειες δεν είναι εύκολα προσβάσιμες.

Έχει παρατηρηθεί ότι ο φοίνικας ο οποίος είναι μακράν προτιμώμενος από το σκαθάρι είναι ο Κανάριος ή *Phoenix canariensis*. Το έντομο δεν προσβάλλει άλλο είδος φοίνικα εφόσον υπάρχει ο Κανάριος και επίσης δεν προσβάλλει μικρούς και μεσαίους Κανάριους εφόσον υπάρχουν ηλικιακά μεγαλύτεροι. Η χουρμαδιά, η Ουασιγκτόνια και τα λοιπά φοινικοειδή προσβάλλονται μόνο όταν δεν υπάρχει Κανάριος στη περιοχή. Αυτό συμβαίνει γιατί το έντομο, ενστικτωδώς, για να αναπαραχθεί επιλέγει φοίνικες οι οποίοι πληρούν κάποια ποιοτικά χαρακτηριστικά, ώστε να έχει την μέγιστη αναπαραγωγική επιτυχία με τη λιγότερο δυνατή καταβαλλόμενη προσπάθεια.

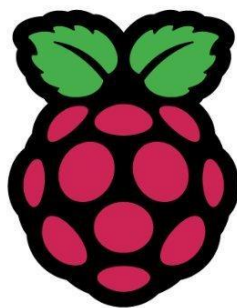
Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, το κόκκινο σκαθάρι προτιμά μαλακά και εύγευστα φοινικοειδή με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διάμετρο και ύψος κορμού τέτοιο, ώστε να μπορεί να εναποθέσει τα αυγά του σε σημείο το οποίο δεν θα δυσκολέψει τις προνύμφες να εισέλθουν στον κορμό. Ένας επιπλέον λόγος είναι ότι, ο όγκος του κορμού πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει όσο το δυνατόν περισσότερες γενεές, άρα και τον μέγιστο αριθμό απόμων.

1.4 Raspberry Pi

1.4.1 Βασικές Πληροφορίες

Το Raspberry Pi είναι ένας μικρός, πλήρης λειτουργικός υπολογιστής χαμηλού κόστους. Πρόκειται για ένα σύστημα αποτελούμενο από μια πλακέτα, βασίζεται σε Linux και κυκλοφόρησε για πρώτη φορά στην αγορά το 2012 με χρηματοδότηση από το Εργαστήριο Υπολογιστών στο πανεπιστήμιο του Cambridge. Εκτός από το μικρό του μέγεθος, ένα ακόμα σημαντικό χαρακτηριστικό του είναι το χαμηλό κόστος του αλλά και η μεγάλη, παρά το μέγεθος του, υπολογιστική δύναμη που διαθέτει.

Το 2006 μια ομάδα εργαζομένων στο τμήμα Computer Laboratory ανησυχούσε για το μειωμένο ενδιαφέρον των φοιτητών στην πληροφορική, καθώς και τις περιορισμένες γνώσεις τους. Για τον λόγο αυτό, η συγκεκριμένη ομάδα αποφάσισε να δημιουργήσει έναν εξαιρετικά μικρό και προσιτό υπολογιστή ώστε να διδάσκεται η πληροφορική στα σχολεία και να έχει μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τους μαθητές. Εξαιτίας όμως της χαμηλής ισχύος των επεξεργαστών αλλά και του υψηλού κόστους δεν επέτρεψε την υλοποίηση της ιδέας τους. Με την πάροδο των χρόνων και με την επέλαση των smartphones, το κόστος της απαραίτητης τεχνολογίας άρχισε να μειώνεται σε τέτοιο βαθμό όπου έγινε βιώσιμη η υλοποίηση του Raspberry Pi.



Εικόνα 11: Logo Raspberry Pi

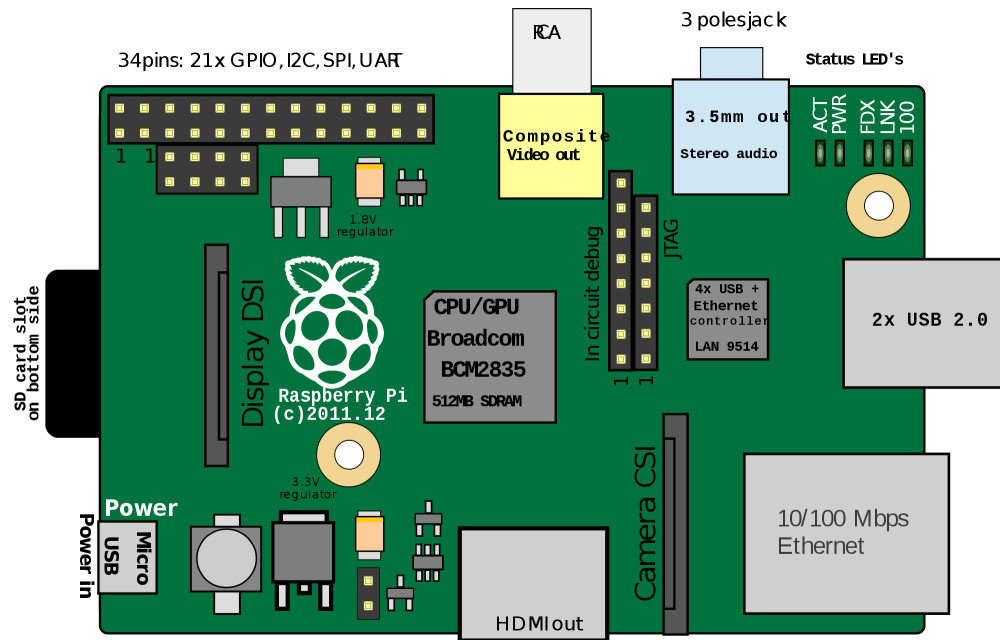
Το 2008 ιδρύθηκε το φιλανθρωπικό ίδρυμα Raspberry Pi Foundation και τρία χρόνια αργότερα κυκλοφόρησε το πρώτο Raspberry Pi, με τα Model A, Model A+ και Model B. Τα μοντέλα αυτά διέθεταν επεξεργαστή ARMv6k στα 700 MHz, 256MB RAM, κάρτα γραφικών Broadcom VideoCore IV, και κατανάλωση από 1 έως 3.5 watt, ενώ η αποθήκευση των δεδομένων γινόταν σε κάρτες SD, SDHC και MicroSD. Μόνο το Raspberry Pi Model B, μέσα σε δύο χρόνια από όταν βγήκε στη μαζική παραγωγή, πούλησε πάνω από δύο εκατομμύρια κομμάτια.

1.4.2 Μοντέλα Raspberry Pi

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας οδήγησε στην μείωση του μεγέθους και του κόστους των επεξεργαστών και επέτρεψε την κυκλοφορία διαφορετικών μοντέλων Raspberry Pi, το Raspberry Pi 1, το Raspberry Pi 2, το Raspberry Pi Zero, το Raspberry Pi 3 και το Raspberry Pi 4 όπου το κάθε μοντέλο έχει τις δικές του εκδόσεις.

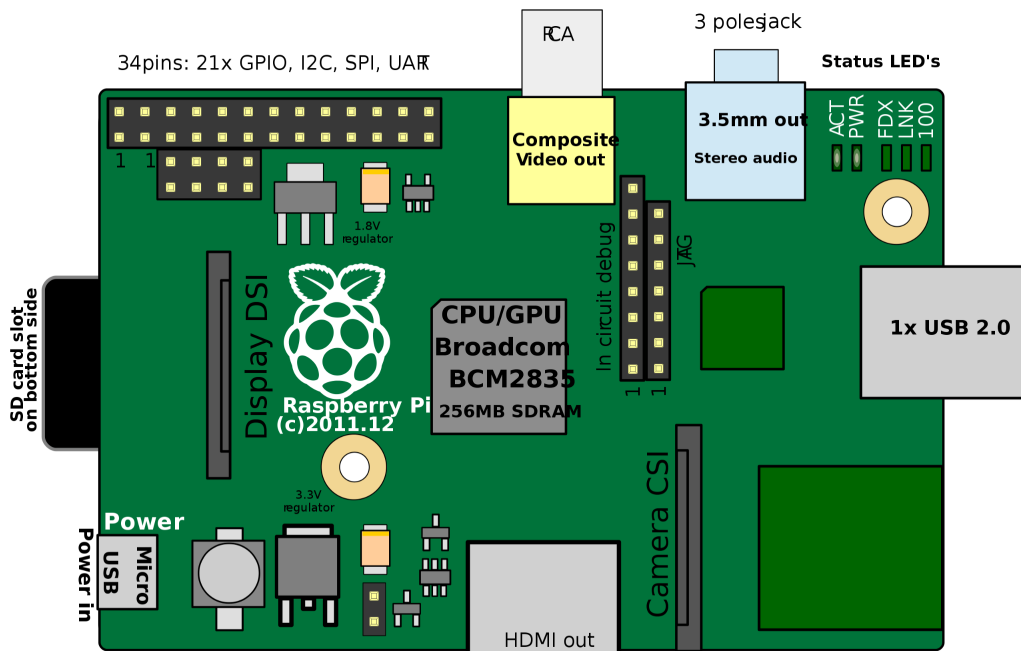
- **Raspberry Pi 1**

Το μοντέλο, το Raspberry Pi 1 Model B, κυκλοφόρησε τον Απρίλιο του 2012 και διέθετε μικροελεγκτή BCM2835, μονοπύρηνιο επεξεργαστή ARM1176JZF-S (ARMv6Z 32-bit) στα 700MHz, μνήμη 256 Mb (τον Οκτώβριο του 2012 αλλάχτηκε σε 512Mb), 34 ακίδες, 2 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.



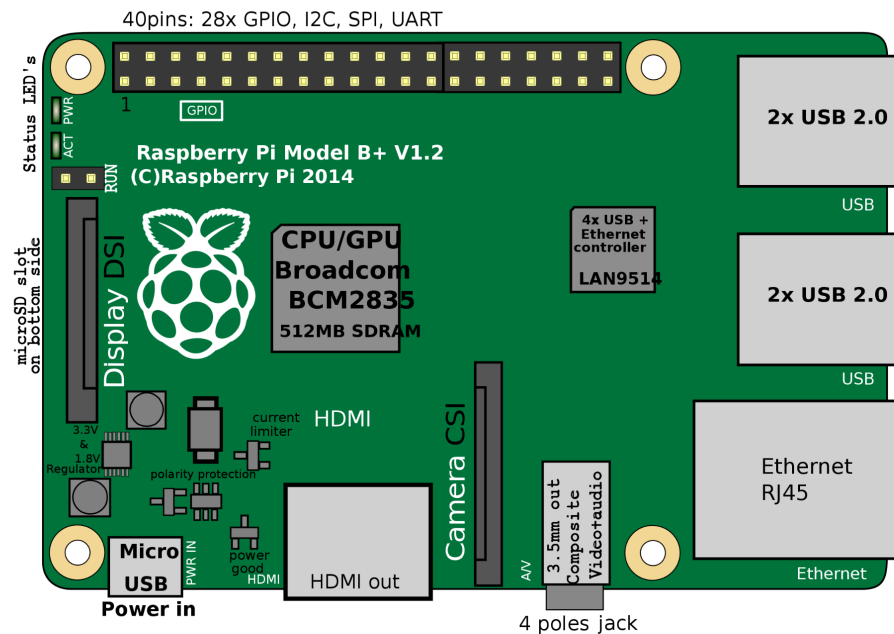
Εικόνα 12: Raspberry Pi 1 Model B

Τον επόμενο χρόνο κυκλοφόρησε μια οικονομικότερη, από το προηγούμενο, έκδοση το Raspberry Pi 1 Model A. Σε αυτό το μοντέλο έλλειπε η θύρα Ethernet.



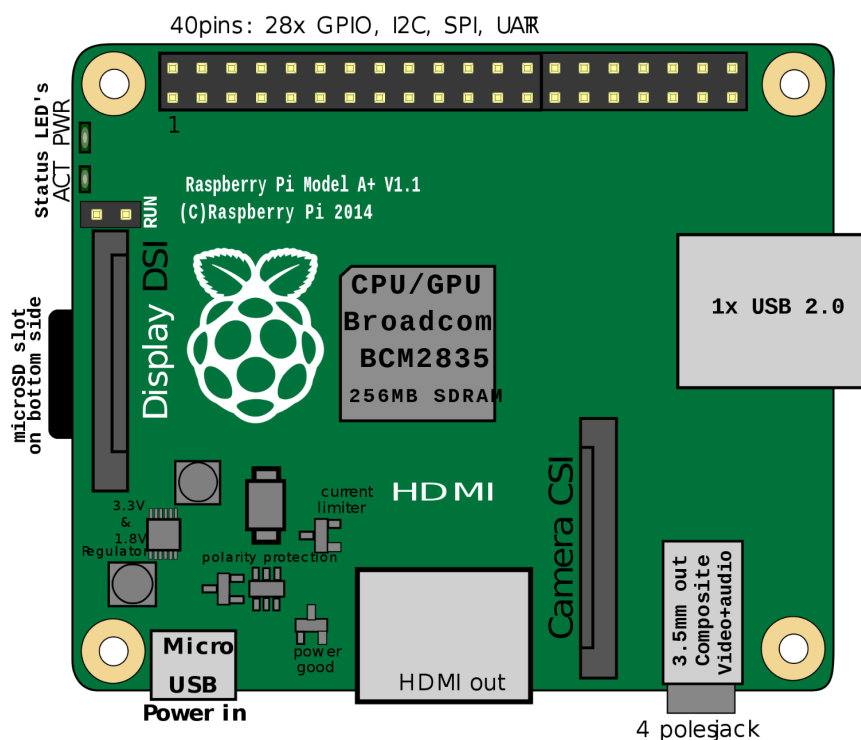
Εικόνα 13: Raspberry Pi 1 Model A

Το 2014 και πιο συγκεκριμένα τον Ιούλιο, κυκλοφόρησε μια έκδοση του πρώτου μοντέλου το Raspberry Pi 1 Model B +, με μνήμη 512 Mb, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.



Εικόνα 14: Raspberry Pi 1 Model B+

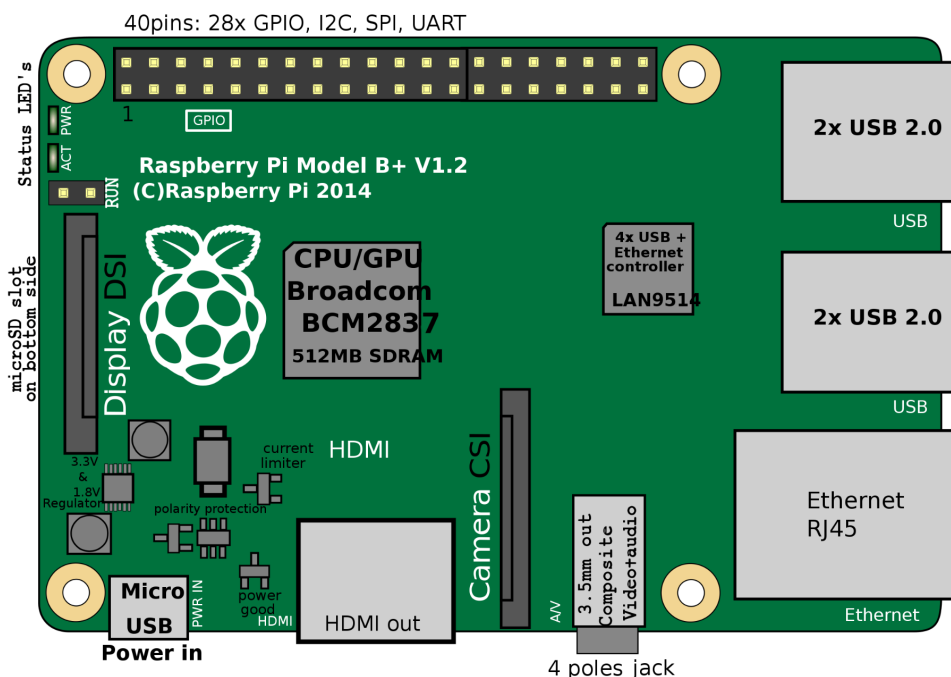
Τον Νοέμβριο του ίδιου έτους, κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 1 Model A +, το οποίο ήταν όμοιο με την έκδοση του το Raspberry Pi 1 Model B + αλλά χωρίς την θήρα Ethernet.



Εικόνα 15: Raspberry Pi 1 Model A+

- **Raspberry pi 2**

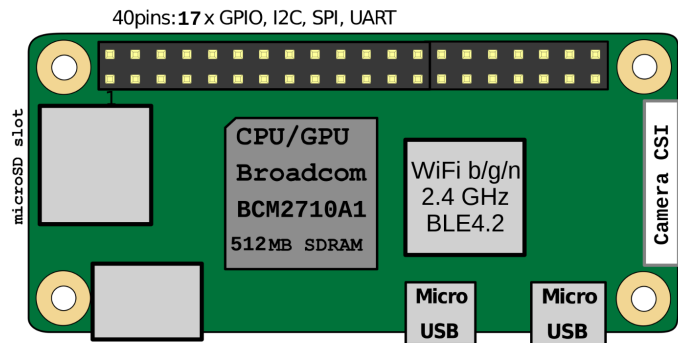
Τον Φεβρουάριο του 2015 κυκλοφόρησε στην αγορά το Raspberry Pi 2 Model B με τον μικροελεγκτή BCM2836, με τετραπύρην επεξεργαστή Cortex-A7 (ARMv7-A 32-bit) στα 900MHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI. Ένα χρόνο μετά κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 2 Model B V1.2 με τον μικροελεγκτή BCM2837, με τετραπύρην επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 900MHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet και 1 θύρα HDMI.



Εικόνα 16: Raspberry Pi 2 Model B

- **Raspberry Pi Zero**

Τον Νοέμβριο του 2015 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi Zero, το οποίο είναι πιο οικονομικό και πιο μικρό σε μέγεθος από όλα τα προηγούμενα μοντέλα. Το συγκεκριμένο μοντέλο περιέχει τον μικροελεγκτή BCM2835, μονοπύρηνιο επεξεργαστή ARM1176JZF-S (ARMv6Z 32-bit) στα 1GHz, μνήμη 512 Mb, 40 ακίδες, 1 θύρες Micro-USB και 1 θύρα Mini-HDMI. Η συγκεκριμένη έκδοση δεν διαθέτει θύρα Ethernet. Δύο χρόνια αργότερα κυκλοφόρησε στην αγορά το Raspberry Pi Zero W με τον μικροελεγκτή BCM2835, με μονοπύρηνιο επεξεργαστή ARM1176JZF-S (ARMv6Z 32-bit) στα 1GHz, μνήμη 512 Mb, 40 ακίδες, 1 θύρα Micro-USB, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n single band 2.4GHz, Bluetooth 4.1 BLE και 1 θύρα Mini-HDMI.

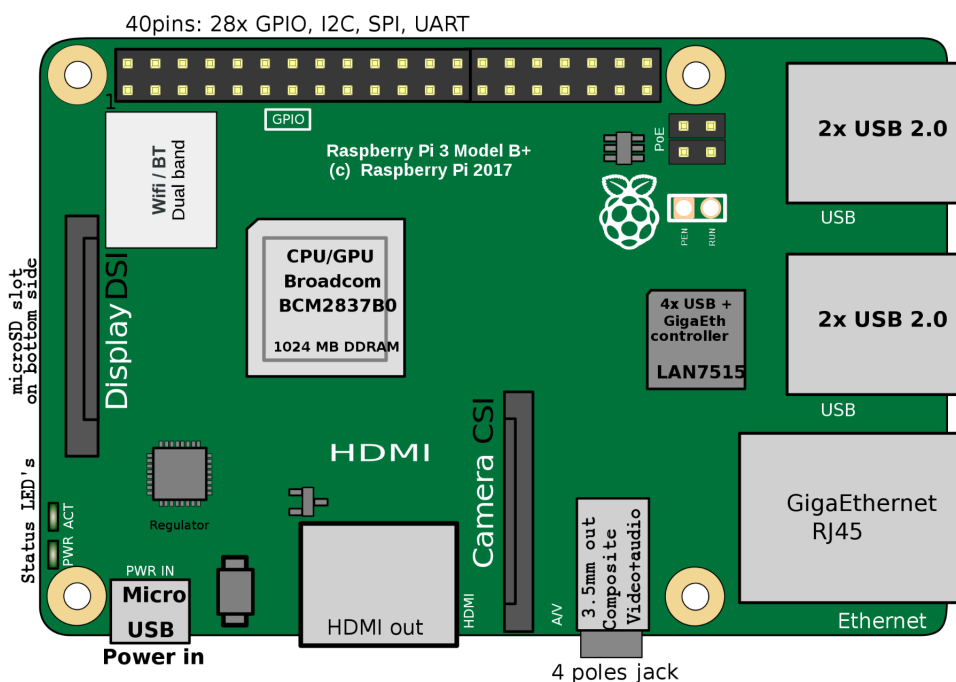


Εικόνα 17: Raspberry Pi Zero

● Raspberry Pi 3

Το Raspberry Pi 3 Model B κυκλοφόρησε τον Φεβρουάριο του 2016 και είναι εξοπλισμένο με τον BCM2837, με τετραπύρρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.2GHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n single band 2.4GHz, Bluetooth 4.1 BLE και 1 θύρα HDMI. Τον Μάρτιο του 2018 κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 Model B+, το οποίο αποτελείται από μικροελεγκτή BCM2837B0, με τετραπύρρηνο επεξεργαστή Cortex-A53 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.4GHz, μνήμη 1 GB, 40 ακίδες, 4 θύρες USB 2.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n/ac dual band 2.4/5GHz, Bluetooth 4.2 LS BLE και 1 θύρα HDMI. Αυτό είναι και το μοντέλο το οποίο επιλέχτηκε στην παρούσα εργασία. Τον Νοέμβριο του ίδιου έτους κυκλοφόρησε το Raspberry Pi 3 model A +, με 64bit επεξεργαστή στα 1,4 GHz και μνήμη 512 Mb.

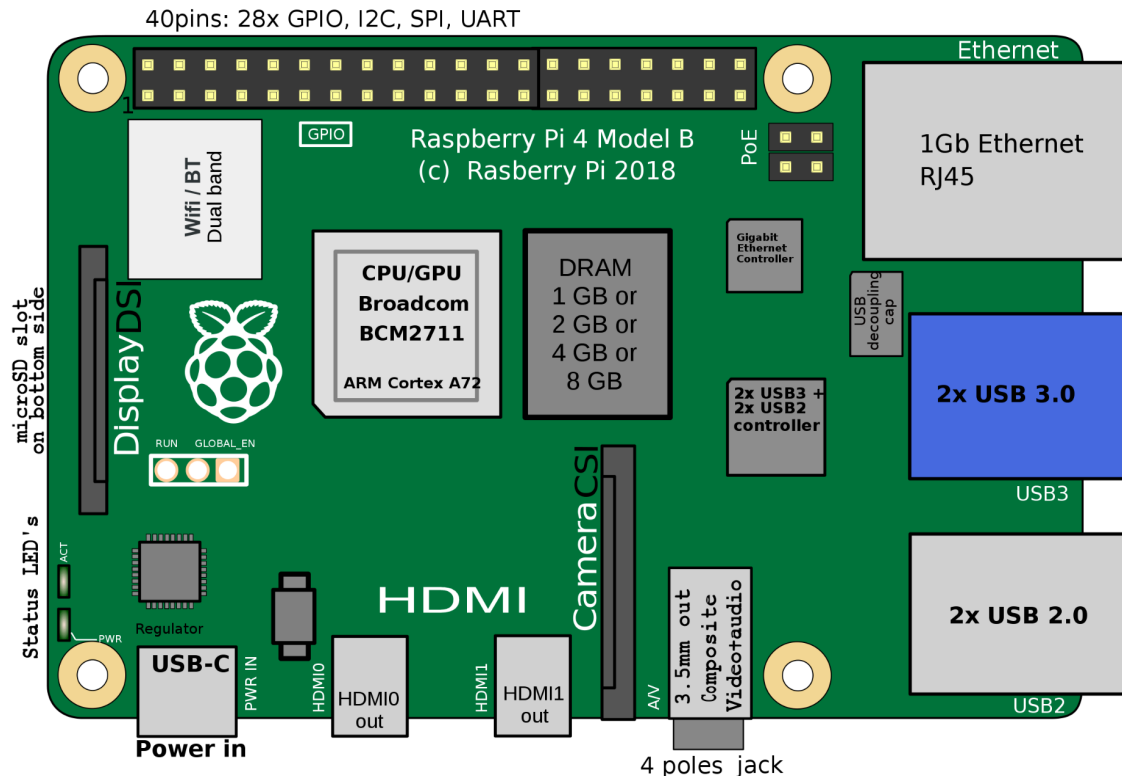
Πιο αναλυτικά, το Raspberry Pi 3 Model B+ διαθέτει RAM LPDDR2 SDRAM, η GPU χρησιμοποιεί OpenGL ES version 2.0, OpenVG API και 1080p30 H.264 high-profile decode. Η υπολογιστική δύναμη που προσφέρει φτάνει μέχρι το 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s ή 24 GFLOPs. Επιπλέον, για την σύνδεση του με την πηγή ενέργειας διαθέτει σύνδεση Micro USB και μπορεί να αποδώσει μέχρι και 5V. Υπάρχει και ένα νέο χαρακτηριστικό το PoE (Power over Ethernet), το οποίο μπορεί να καλύψει την ανάγκη για ενέργεια μέσω των καλωδίων Ethernet.



Εικόνα 18: Raspberry Pi 3 Model B+

● Raspberry Pi 4

Το Raspberry Pi 4 Model B κυκλοφόρησε τον Ιούνιο του 2019. Υπάρχουν 3 εκδόσεις του μοντέλου με μοναδική διαφορά την μνήμη (1, 2, 4 GB). Όλα τα μοντέλα διαθέτουν μικροελεγκτή BCM2711, με τετραπύρρηνο επεξεργαστή Cortex-A72 (ARMv8-A 64/32-bit) στα 1.5GHz, 40 ακίδες, 2 θύρες USB 2.0, 2 θύρες USB 3.0, 1 θύρα Ethernet, Wi-Fi 802.11 wireless b/g/n/ac dual band 2.4/5GHz, Bluetooth 5.0 και 2 θύρες HDMI. Τον Μάιο του 2020 εμφανίστηκε στην αγορά μια νέα έκδοση του παραπάνω μοντέλου με μνήμη 8GB και με τα ίδια χαρακτηριστικά με τις προηγούμενες εκδόσεις.



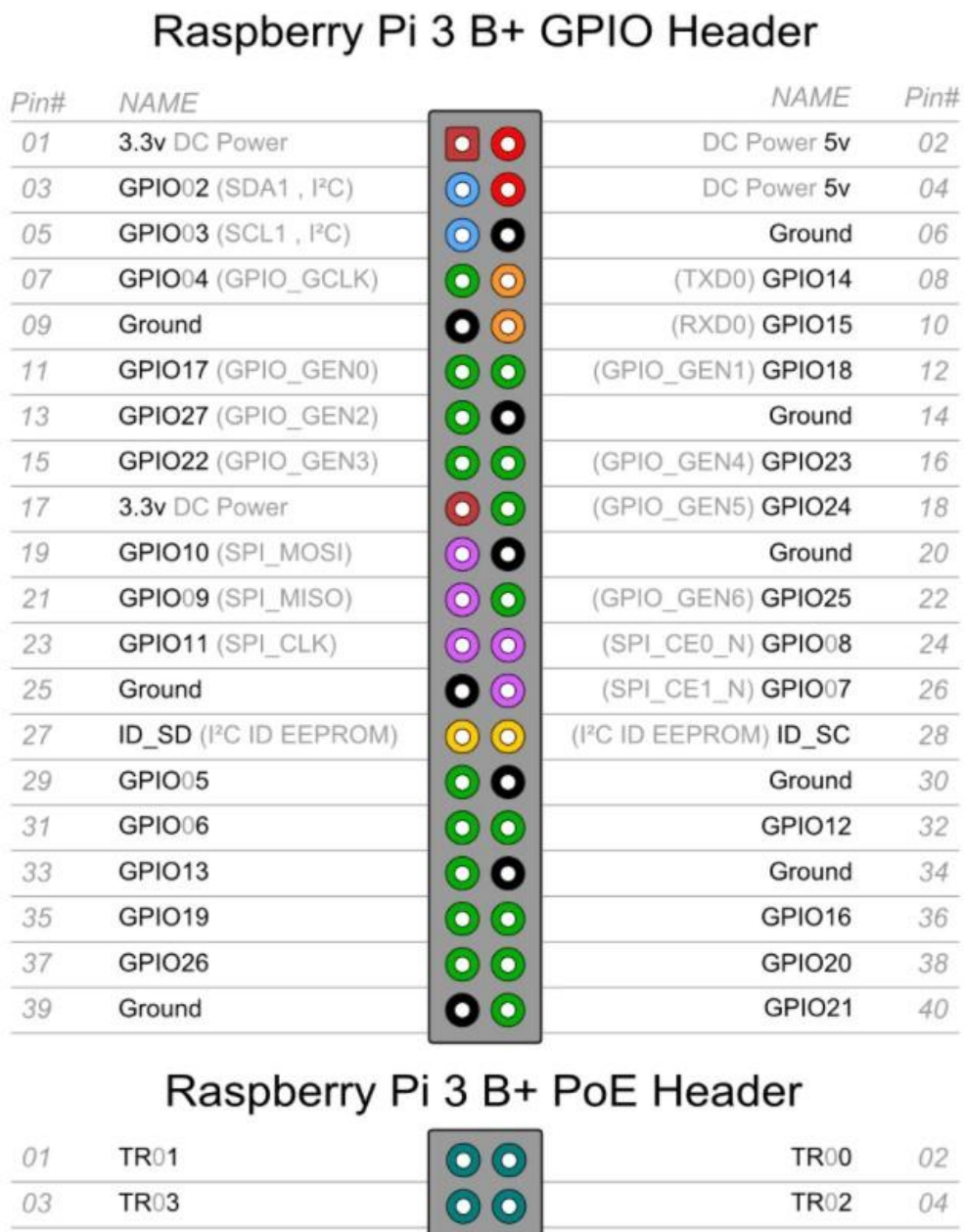
Εικόνα 19: Raspberry Pi 4 Model B

1.4.3 Ακίδες Raspberry Pi

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την υλοποίηση του συστήματος επιλέχθηκε το Raspberry Pi 3 Model B+. Το συγκεκριμένο μοντέλο όπως και κάθε μοντέλο διαθέτουν στην πλακέτα τους 40 ακίδες. Εξάιρεση φυσικά αποτελούν τα αρχικά μοντέλα, τα οποία έχουν λιγότερες. Οι ακίδες ονομάζονται GPIO ακίδες (General Purpose Input / Output) και επιτρέπουν την ανταλλαγή σημάτων ενεργοποίησης / απενεργοποίησης προς και από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία είναι συνδεδεμένα με την συσκευή (πχ accelerometer).

Υπάρχουν 40 ακίδες, στην συσκευή, όπου η αρίθμηση ξεκινάει από την πάνω αριστερά ακίδα, όταν οι θύρες USB είναι προς τα κάτω. Η πάνω δεξιά αποτελεί την δεύτερη ακίδα και κάθετα από αυτή υπάρχουν οι ζυγοί αριθμοί, ενώ κάθετα από την πρώτη υπάρχουν οι μονοί αριθμοί. Κάθε ακίδα έχει το δικό της χαρακτηριστικό και συνολικά υπάρχουν 9 διαφορετικά είδη. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι εκτός από τις 40

ακίδες που αναφέρθηκαν, υπάρχουν ακόμα 4 που χρησιμοποιούνται για το PoE, με όμοιο τρόπο αρίθμησης.



Εικόνα 20: Ακίδες Raspberry Pi 3 Model B+

Όπως φαίνεται και την εικόνα παραπάνω, υπάρχουν 2 ακίδες για τάση 5V. Οι συγκεκριμένες ακίδες είναι συνδεδεμένες με την πηγή ενέργειας του Raspberry και αποδίδουν 1.5A. Επιπρόσθετα υπάρχουν 2 ακίδες για τάση 3.3V όπου αποδίδουν μέχρι 500mA. Την ανάγκη για γείωση την καλύπτουν 8 ακίδες σε διαφορετικά σημεία για την διευκόλυνση της σύνδεσης συσκευών. Για γενική χρήση υπάρχουν 11 ακίδες, οι οποίες

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι ή έξοδοι, για συσκευές, χωρίς να υπάρχει ανησυχία για σύγκρουση με άλλες λειτουργίες όπως I2C, SPI, UART. Η ισχύς αυτών των ακίδων είναι 3.3V και κάθε ακίδα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 16mA του ρεύματος και το σύνολο τους δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50mA ανά πάσα στιγμή.

Ο ρόλος των υπόλοιπων ακίδων είναι η επικοινωνία με διαφορετικές συσκευές. Αρχικά, υπάρχουν 2 ακίδες I2C, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ απλών συσκευών και αισθητήρων μέσω μόνο δύο καλωδίων, με χαμηλές ταχύτητες. Το I2C είναι ένας σειριακός διάυλος και χρησιμοποιείται για την σύνδεση περιφερειακών μικρής ταχύτητας. Ένα ακόμη πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται και προσφέρει σειριακές συνδέσεις είναι το UART, με 2 ακίδες. Χρησιμοποιείται για πρόσβαση σε σειριακή κονσόλα, μετάδοση δεδομένων κατά την σειριακή σύνδεση και μετατροπή των των byte σε bits.

Ενα ιδιαίτερα χρήσιμο σύνολο από ακίδες είναι οι 5 ακίδες SPI, το οποίο είναι ένας διάυλος διασύνδεσης που στέλνει δεδομένα σε περιφερειακές συσκευές. Οι συγκεκριμένες ακίδες χρησιμοποιούνται για να διαβάσουν περίπλοκους αισθητήρες, απλές οθόνες ή άλλες συσκευές και η κάθε μετάδοση δεδομένων συγχρονίζεται από ένα χρονικό παλμό. Οι τελευταίες 8 ακίδες χωρίζονται σε 5 ακίδες CLK και 3 ακίδες PWM. Οι πρώτες χρησιμοποιούνται για χρονικά σήματα ώστε να παρέχουν παλμούς με μέγιστη συχνότητα περίπου 75MHz. Τέλος, οι ακίδες PWM χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζουν την ταχύτητα.

1.4.4 Λογισμικό Raspberry

Κατά την διάρκεια του σχεδιασμού του Raspberry pi και λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες που έχει καθώς και την ισχύ που διαθέτει το Raspberry, έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα ελαφρύ λειτουργικό σύστημα. Για αυτούς τους λόγους λήφθηκε η απόφαση για την χρήση λειτουργικών συστημάτων βασισμένων σε Linux. Έτσι δημιουργήθηκε το Raspberry Pi OS, το οποίο είναι βασισμένο σε Debian, ώστε να μπορεί να υποστηριχθεί από έναν υπολογιστή Raspberry Pi. Το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα παρουσιάστηκε για πρώτη φορά τον Ιούλιο του 2012, παρά το γεγονός ότι ήταν ακόμη υπό ανάπτυξη. Βασίζεται στην αρχιτεκτονική του Debian 7 σε περιβάλλον LXDE. Τέλος, διαθέτει μερικά ded πακέτα προγραμμάτων και απαιτεί ελάχιστη μνήμη SD κάρτα των 2 GB.

Για την διευκόλυνση των χρηστών το Raspberry Pi Foundation δημιούργησε έναν εύχρηστο installer λειτουργικών συστημάτων, τον NOOBS (New Out Of Box System). Εκτός από το Raspberry Pi OS, ο installer προσφέρει την δυνατότητα εγκατάστασης μερικών επιπρόσθετων λογισμικών όπως το Archlinux ARM, το OpenELEC, το Pidora και πολλά ακόμα. Επίσης, υπάρχει διαθέσιμο λογισμικό και από άλλες εταιρείες που έχουν ασχοληθεί με τα συστήματα Raspberry Pi. Έτσι, διατίθεται το Raspbian Server Edition το

οποίο είναι μια έκδοση του Raspbian με ενσωματωμένα πακέτα λογισμικού. Το Slackware ARM είναι συμβατό με τον Raspberry Pi χωρίς καμία τροποποίηση. Επιπροσθέτως, αρκετές ομάδες εργάζονται πάνω σε ελαφριές εκδόσεις Linux όπως το IPFire, το OpenELEC, το Raspbmc καθώς και το ελεύθερο κώδικα κέντρο πολυμέσων XBMC.

Από τις αρχές του 2022, είναι πλέον διαθέσιμη και η 64-bit έκδοση του Raspberry Pi OS. Η συγκεκριμένη έκδοση έρχεται με κάποια πλεονεκτήματα, με ένα από αυτά να είναι η μεγιστοποίηση της συμβατότητας. Αυτό σημαίνει πως το λειτουργικό σύστημα θα λειτουργεί κανονικά και όπως πρέπει σε όλες τις εκδόσεις Raspberry Pi. Επιπρόσθετα, πλέον υπάρχει μεγαλύτερη συμβατότητα ως προς το διαθέσιμο λογισμικό μόνο για arm64 και δίνεται η δυνατότητα χρήσης πάνω από 3 GB μνήμης RAM, γεγονός που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στα Raspberry Pi 4. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι και παλιότερα προσφέρονταν 64-bit λειτουργικό από τρίτους, ωστόσο αυτή αποτελεί την επίσημη έκδοση.

1.4.5 Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση του λογισμικού στην συσκευή είναι ιδιαίτερα εύκολη και απλή διαδικασία. Αρχικά, η μοναδική απαίτηση που υπάρχει είναι η παρουσία μιας πηγής ενέργειας και μια κάρτα μνήμης SD, με μέγεθος τουλάχιστον 8 GB. Από αυτό το σημείο και έπειτα υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους μπορεί να συνεχίσει κανείς την διαδικασία της εγκατάστασης. Ο πρώτος είναι ο ασύρματος τρόπος και ο δεύτερος ενσύρματος τρόπος. Στην πρώτη περίπτωση ο έλεγχος, του Raspberry Pi, κατά την διαδικασία της εγκατάστασης γίνεται από “απόσταση” είτε με κάποιο πρόγραμμα για απομακρυσμένο έλεγχο είτε μέσω SSH, από κάποιο άλλο υπολογιστή. Για την δεύτερη περίπτωση θα χρειαστούν μερικά περιφερειακά εξαρτήματα, όπως πληκτρολόγιο, ποντίκι, οθόνη και φυσικά καλώδιο HDMI για την σύνδεση του Raspberry με την οθόνη.

Στην συνέχεια, πρέπει να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση του λογισμικού στην κάρτα μνήμης SD. Με την χρήση του επίσημου Raspberry Pi Imager και με έναν υπολογιστή η διαδικασία γίνεται εύκολα και το μόνο που απαιτείται από τον χρήστη είναι η επιλογή του επιθυμητού λογισμικού. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία η κάρτα SD είναι έτοιμη για εγκατάσταση στην Raspberry Pi συσκευή.

Το τελευταίο στάδιο αφορά την εγκατάσταση του λογισμικού στην συσκευή. Η διαδικασία είναι εύκολη και ο χρήστης καθοδηγείται σε όλη την διάρκεια της. Στην αρχή ο χρήστης πρέπει να επιλέξει μερικές πληροφορίες για την σωστή λειτουργία του συστήματος, όπως χώρα, γλώσσα και τοπική ώρα. Στην συνέχεια, ο χρήστης πρέπει να αλλάξει, για λόγους ασφαλείας τον κωδικό του συστήματος και να προσθέσει τα στοιχεία του Wifi, ώστε υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Το τελευταίο βήμα, αν και προαιρετικό, είναι η εγκατάσταση των διαθέσιμων ενημερώσεων του συστήματος.

2.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Σκοπός Εργασίας

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω το κόκκινο σκαθάρι αποτελεί έναν πολύ μεγάλο κίνδυνο για τα φοινικοειδή. Η καταστροφή που προκαλεί σε αυτά είναι τεράστια και η αντιμετώπιση τους ιδιαίτερα δύσκολη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα πρώτα συμπτώματα εμφανίζονται στα τελευταία στάδια του κύκλου ζωής του εντόμου και μέχρι να γίνει αντιληπτό από τον άνθρωπο το δέντρο έχει πλέον καταστραφεί και το σκαθάρι έχει αρχίσει να εξαπλώνεται και σε γειτονικά δέντρα. Ο έγκαιρος εντοπισμός του σκαθαριού ώστε να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά είναι απαραίτητος για την διάσωση του φοίνικα ξενιστή και την προστασία των υπολοίπων.

Μετά την μελέτη του κύκλου ζωής αλλά και της συμπεριφοράς διάφορων εντόμων, έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος συμπεριφοράς, ο οποίος συνδέεται με την παραγωγή ήχων στα έντομα. Ο πρώτος τρόπος αφορά τις περιπτώσεις παραγωγής ήχου με σκοπό την αναπαραγωγή. Τα αρσενικά έντομα παράγουν ήχους ώστε να προσεγγίσουν τα θηλυκά κοντά τους ή να ζητήσουν από τα θηλυκά να δώσουν το στίγμα τους προς εντοπισμό από την ακουστική τους εκπομπή ή να καλέσουν σε σύναξη τα υπόλοιπα έντομα. Η συμπεριφορά αυτή παρατηρείται σε πολλά είδη τόσο εντόμων όσο και θηλαστικών

Ένας επιπλέον τρόπος συμπεριφοράς περιλαμβάνει τις περιπτώσεις ήχου όπου παράγονται ως αντίδραση στην παρουσία ή στην δραστηριότητα άλλων οργανισμών, του ίδιου ή διαφορετικού είδους. Πιο Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι αρσενικά, θηλυκά ή μη ώριμα έντομα, παράγουν ακουστικές εκπομπές προκειμένου να δηλώσουν την ενόχλησή τους ή να προειδοποιήσουν άλλα έντομα για κίνδυνο. Επιπρόσθετα, αρκετά αρσενικά έντομα διαφόρων ειδών, χρησιμοποιούν το τραγούδι τους με σκοπό την ενημέρωση των υπολοίπων αρσενικών σχετικά με την παρουσία τους στην συγκεκριμένη περιοχή.

Έκτος από την παραγωγή ήχου ως μέσο επικοινωνίας, πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι ο ήχος μπορεί να παράγεται μη επιτηδευμένα ως αποτέλεσμα της σίτισης του εντόμου, της πτήσης του ή της μετακίνησής του. Τα έντομα διαθέτουν την ικανότητα της παραγωγής ήχων με την συστολή των μυών τους. Με αυτόν τον τρόπο δονείται ο μηχανισμός παραγωγής ήχου οδηγώντας στην εξαγωγή και εκπομπή ήχων. Κάθε είδος διαθέτει και των δικό του τρόπο παραγωγής ήχων. Ορισμένα τρίβουν δυο μέρη του σώματος και παράγουν έναν χαρακτηριστικό ήχο σαν τερέτισμα (π.χ γρύλος), κάποια άλλα χτυπούν τα κάποιο σημείο του σώματος τους παράγοντας έναν συνεχή χτύπο. Τέλος, ορισμένα είδη παράγουν ήχους με την γρήγορη συστολή και διαστολή των

δονουμένων μυών ή των φτερών τους, οδηγώντας σε συνεχής χαρακτηριστικούς ήχους (π.χ κουνούπια).

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει έρευνες από πολλούς επιστήμονες σχετικά με το κόκκινο σκαθάρι. Έχει παρατηρηθεί ο τρόπος με τον οποίο τρέφεται, αναπαράγεται και γενικότερα ο κύκλος ζωής του, με μεγάλη ακρίβεια. Το σημαντικότερο συμπέρασμα και αυτό που βοηθά στον εντοπισμό του είναι ότι σε κάθε στάδιο της ζωής του το σκαθάρι παράγει ήχους και πιο συγκεκριμένα όταν δαγκώνει, κινείται και τρώει. Καθένας από αυτούς τους ήχους έχει συγκεκριμένη συχνότητα και ένταση, γεγονός που καθιστά δυνατό τον εντοπισμό τους. Εξαιτίας του μεγάλου ρυθμού αναπαραγωγής του το σκαθάρι επιλέγει φυτά τα οποία δεν έχουν κάποιο άλλο έντομο στον κορμό τους. Αυτή η ιδιαιτερότητα επιτρέπει την εξαγωγή δεδομένων ήχου με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ακριβή δεδομένα και λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη εργαστηρίου καθώς και την έλλειψη φοίνικα μολυσμένο με το κόκκινο σκαθάρι, επιλέχθηκε η χρήση δεδομένων από διαφορετική πηγή. Για αυτόν τον λόγο, τα δεδομένα που αναφέρονται παρακάτω, έχουν προκύψει από μια εργασία όπου έγιναν μετρήσεις σε περιβάλλον εργαστηρίου χωρίς να υπάρχουν ήχοι από άλλες πηγές. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η κατηγορία που ανήκει ο κάθε ήχος επιλέχθηκε μετά από ανθρώπινη παρέμβαση, καθώς σύμφωνα με την εργασία που μελετήθηκε, ο άνθρωπος είναι ο καλύτερος παράγοντας για την λήψη αυτής της απόφασης.

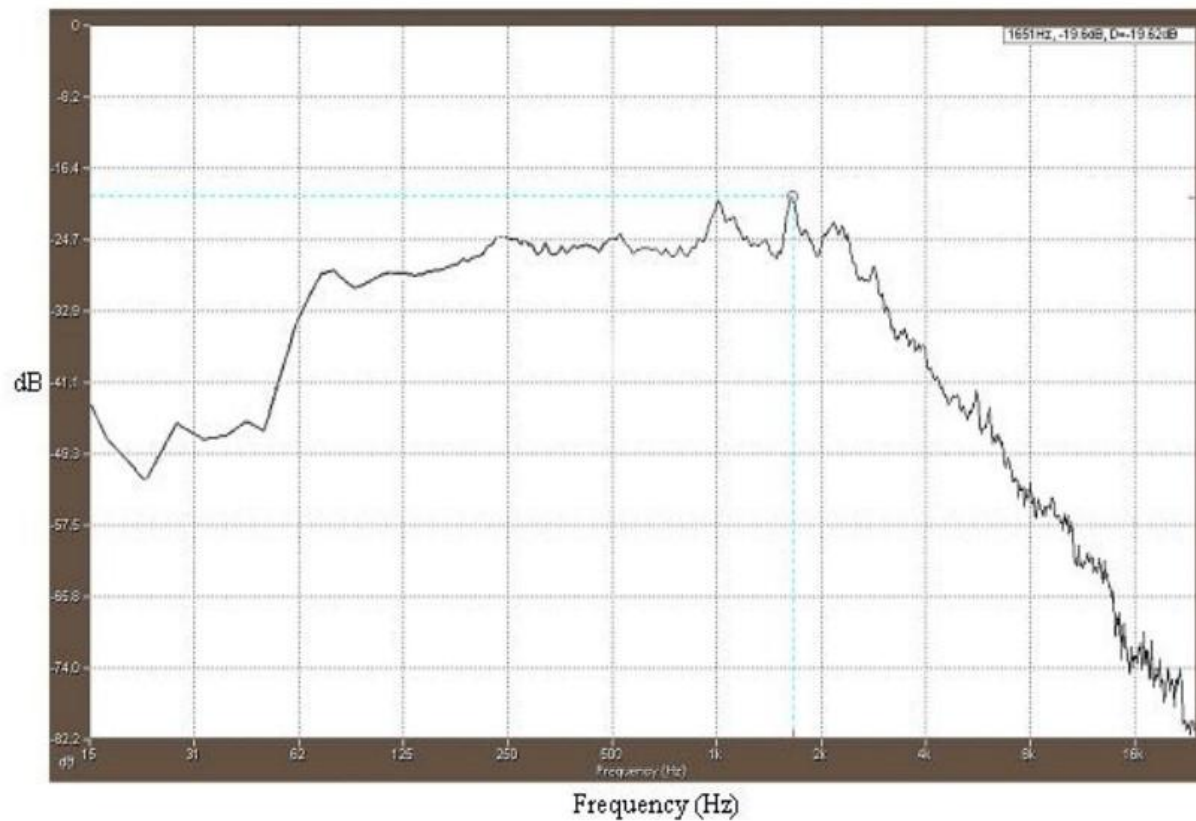
2.2 Κατηγορίες Ήχου

2.2.1 Πρώτη Κατηγορία

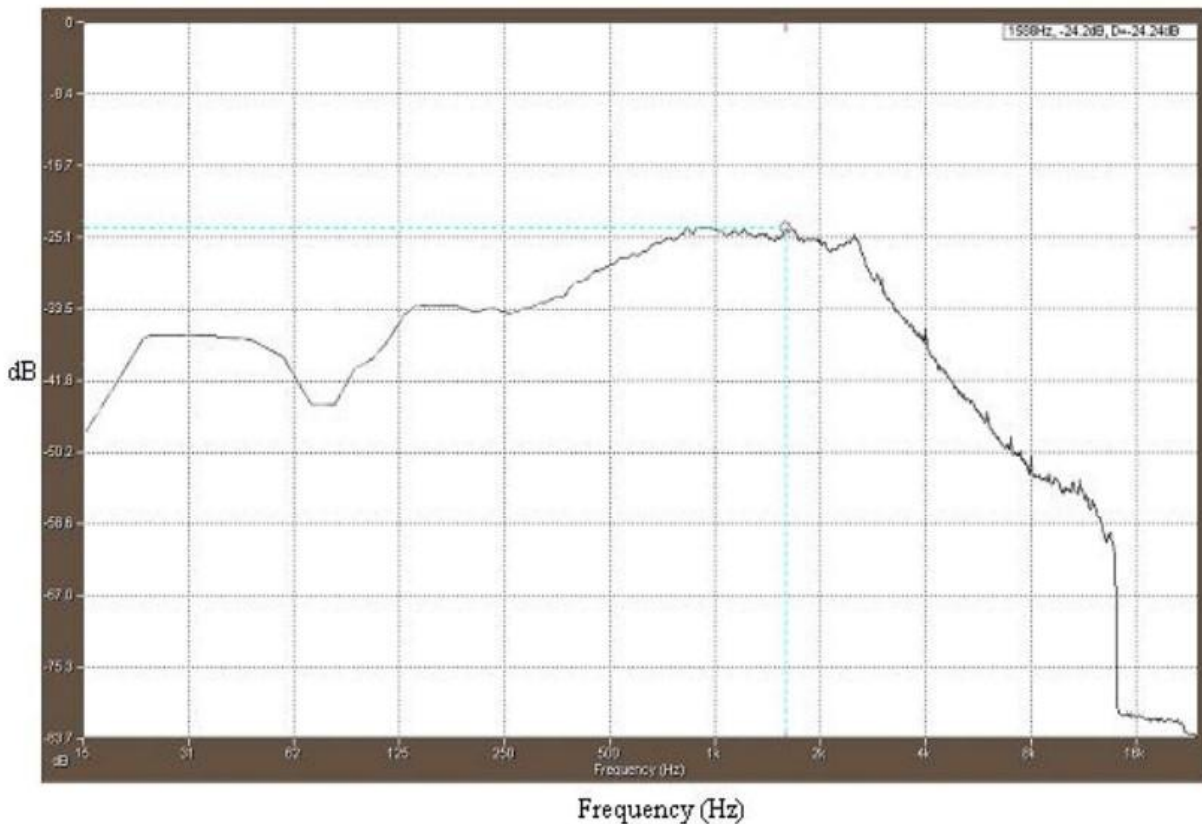
Τα περισσότερα ζώα στον πλανήτη, επικοινωνούν μεταξύ τους εκπέμποντας διάφορους ήχους. Οι ήχοι αυτοί αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή πληροφόρησης και δεδομένων, καθώς αυτοί οι ήχοι πολλές φορές χαρακτηρίζουν το είδος τους. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύεται η Βιοακουστική, με στόχο την μελέτη της συμπεριφοράς των ζώων καθώς και την παρακολούθηση παρασιτικών εντόμων, όπως είναι το κόκκινο σκαθάρι, που προκαλούν σοβαρές καταστροφές. Ιδιαίτερα αποτελεσματική στην εκπλήρωση του παραπάνω στόχου κατέχει η γραφική αναπαράσταση του ήχου που παράγει το κάθε είδος. Αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ταυτοποίηση των ειδών εξαιτίας της διαφορετικότητας που παρουσιάζουν οι ακουστικές εκπομπές των διαφόρων ειδών, η οποία δε γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί, γίνεται αντιληπτή με αυτόν τον τρόπο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και παραπάνω, υπάρχουν τρεις περιπτώσεις κατά τις οποίες το σκαθάρι παράγει ήχους με την πρώτη να είναι όταν δαγκώνει την τροφή του. Η περίπτωση αυτή διαχωρίζεται σε δύο υπο περιπτώσεις και αυτές είναι όταν δαγκώνει με

κανονικό ρυθμό και όταν δαγκώνει πιο αργά. Στην πρώτη υπο περίπτωση η μέγιστη συχνότητα που παρατηρήθηκε είναι 1651 Hz με ένταση ήχου -19,6 db. και στη δεύτερη 1588 Hz και -24.2 db αντίστοιχα. Συγκρίνοντας τις παραπάνω μετρήσεις παρατηρούμε ότι το σκαθάρι τις στιγμές κατά τις οποίες δαγκώνει πιο αργά την τροφή του παράγει μικρότερης έντασης ήχο από όταν δαγκώνει με κανονικό ρυθμό.



Εικόνα 21: Κανονικός ρυθμός



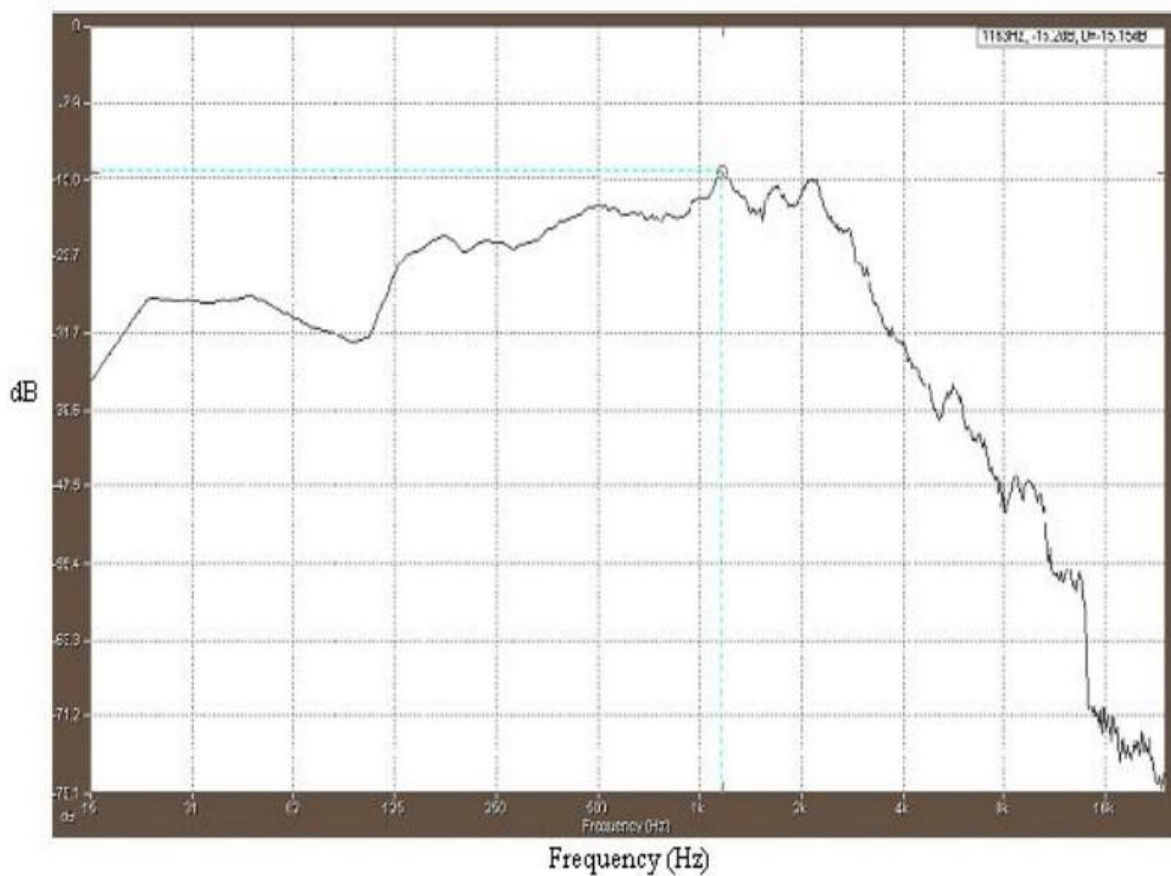
Εικόνα 22: Αργός ρυθμός

2.2.2 Δεύτερη Κατηγορία

Η επόμενη περίπτωση παρατηρείται όταν τρώει, δηλαδή όταν μασάει την τροφή και την καταπίνει. Παρόμοια, με την προηγούμενη περίπτωση, έχουμε και εδώ δύο υπο περιπτώσεις με την πρώτη να είναι όταν τρώει με κανονικό ρυθμό και όταν τρώει πιο αργά. Η μέγιστη συχνότητα είναι 2219 Hz με ένταση -17.2 db και 1163 Hz με ένταση -15.2 db αντίστοιχα. Μετά από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε παρατηρούμε ότι όταν το σκαθάρι τρώει πιο αργά τότε η ένταση του ήχου που παράγεται είναι μεγαλύτερη από όταν τρώει με κανονικό ρυθμό.



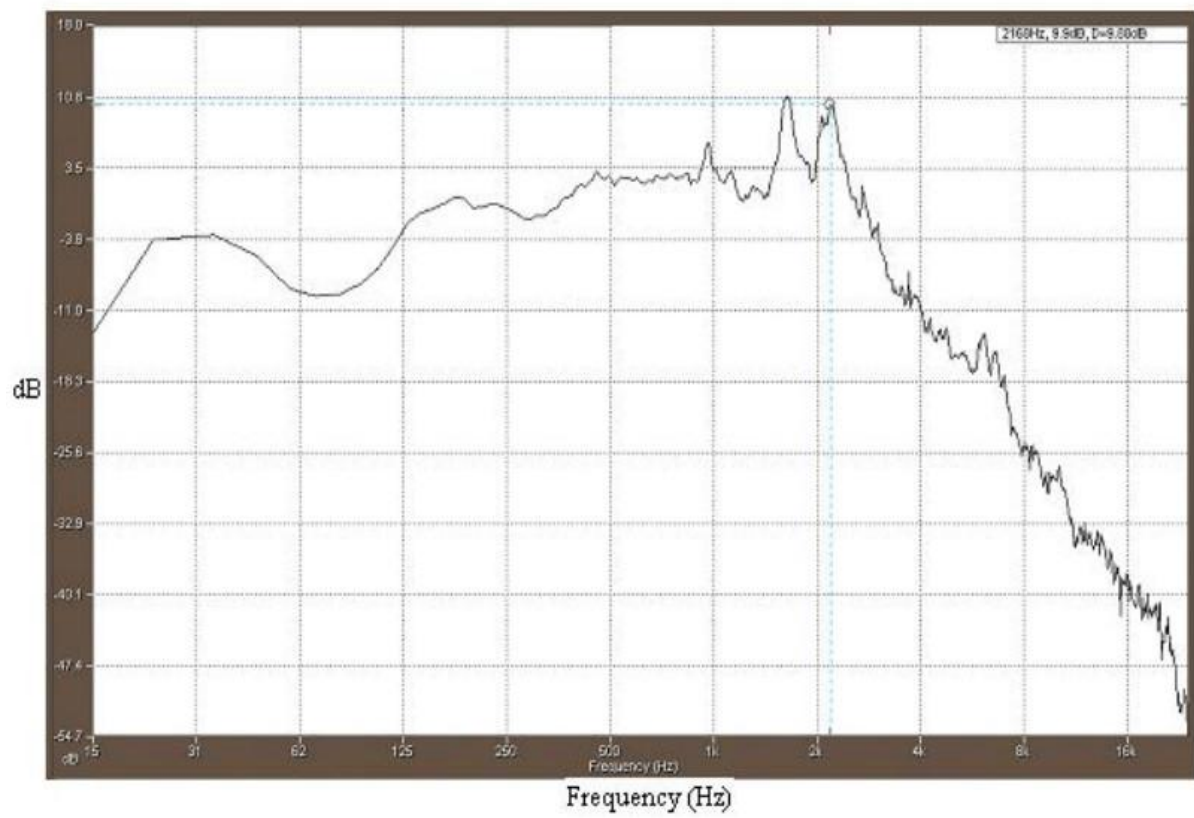
Εικόνα 23: Κανονικός ρυθμός



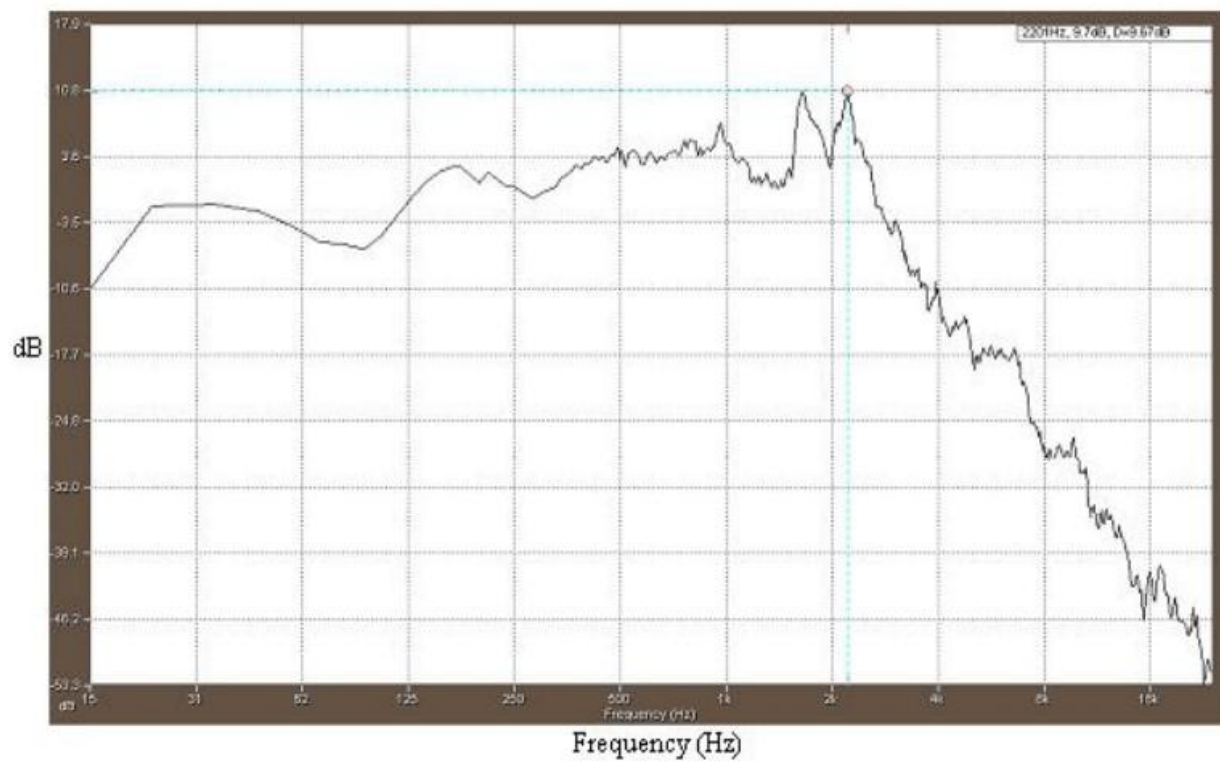
Εικόνα 24: Αργός ρυθμός

2.2.3 Τρίτη Κατηγορία

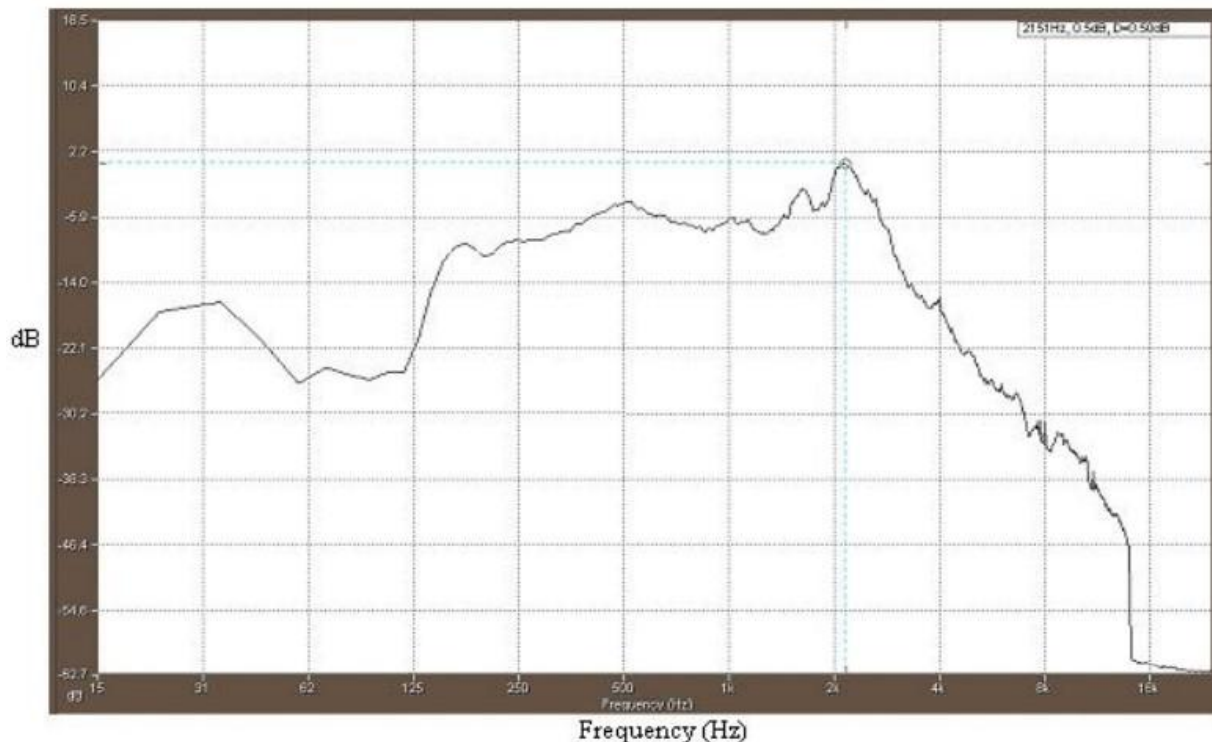
Η τελευταία περίπτωση που μελετήθηκε αφορά την κίνηση του εντόμου εντός του κορμού του φοίνικα. Το είδος της κίνησης του σκαθαριού μπορεί να είναι με κανονικό ρυθμό, με αργό ρυθμό και μακράς διάρκειας, με την τελευταία να αφορά την μετακίνηση του εντόμου σε κάποιο άλλο σημείο του φοίνικα. Οι τιμές των δεδομένων που προέκυψαν από τις μετρήσεις ξεκινούν από 1652-2168 Hz για την συχνότητα και 9.9 db για την ένταση κατά την κίνηση με κανονικό ρυθμό, από 1651-2201 Hz και 9,7 db κατά την κίνηση με αργό ρυθμό και τέλος, από 1600-2151 Hz και 0.5 db για την κίνηση μακράς διάρκειας.



Εικόνα 25: Κανονικός ρυθμός



Εικόνα 26: Αργός ρυθμός



Εικόνα 27: Μακράς διάρκειας

Συνοψίζοντας, συγκρίνοντας όλα τα αποτελέσματα από όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες εργαστηρίου, συμπεραίνουμε ότι η παρουσία μπορεί να γίνει πιο εύκολα αντιληπτή κατά όταν τρώει, καθώς σε αυτή την περίπτωση η ένταση του ήχου είναι μεγαλύτερη. Η σύγκριση των τιμών κατά την κίνηση του δεν μπορούν να συγκριθούν καθώς δεν υπάρχει ομοιομορφία στις τιμές που προέκυψαν.

Λαμβάνοντας υπόψη το παραπάνω συμπέρασμα και μελετώντας τα δεδομένα που προέκυψαν από τις καταγραφές μπορούμε, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο εξοπλισμό, να ανιχνεύσουμε αν ένας ένας φοίνικας έχει μολυνθεί από το κόκκινο σκαθάρι και να μπορέσουμε να το αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά πριν εξαπλωθεί σε άλλους φοίνικες και προκαλέσει μεγαλύτερη ζημιά. Για τον λόγο αυτό κατασκευάστηκε ένας “μηχανισμός”, ο οποίος με την χρήση αισθητήρων θα είναι ικανός να εντοπίσει τους ήχους που παράγουν τα σκαθάρια στο εσωτερικό των φοινίκων.

3.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Αισθητήρες

Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα σύνολο από αισθητήρες και μια πλακέτα για τον έλεγχο και την διαχείριση τους. Ο σημαντικότερος αισθητήρας είναι αυτός του ήχου, καθώς αυτός είναι αυτός ο οποίος θα καταγράφει τους ήχους που ακούγονται εντός του κορμού. ο συγκεκριμένος αισθητήρας αποτελείται από ένα μικρόφωνο και από μια κάρτα ήχου. Επιπλέον, υπάρχει ένα ρολόι για να διατηρείται η σωστή καταγραφή του και ένα accelerometer το οποίο προστέθηκε για να εντοπίσει τις δονήσεις που παράγει το σκαθάρι κατά την παραμονή του στο εσωτερικό του φοίνικα. Όλα τα εξαρτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω βρίσκονται μέσα σε μια προστατευτική θήκη η οποία τα προστατεύει και επιτρέπει την εγκατάσταση τους πάνω στον κορμό του φοίνικα.

Η επιλογή των αισθητήρων έγινε με βάση τις ανάγκες που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων ήχου που ελήφθησαν από τις μετρήσεις στο εργαστήριο που αναφέρθηκε παραπάνω. Η επιλογή του μικροφώνου, το οποίο θα καταγράφει τους ήχους που παράγονται από το κόκκινο σκαθάρι, είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς πρέπει να καταγράφει θορύβους χαμηλής συχνότητας και έντασης. Επιπλέον, το μέγεθος του δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλο καθώς θα πρέπει να χωράει μέσα σε μια τρύπα στον κορμό του φοίνικα, χωρίς να τον βλάψει. Μια μεγάλη τρύπα στον κορμό θα επέτρεπε στον νερό της βροχής να εισέλθει στον κορμό και να τον καταστρέψει. Επίσης, θα επέτρεπε και σε πολλά έντομα ή πουλιά να εκμεταλλευτούν την ύπαρξη της τρύπας, να βλάψουν τον φοίνικα ή και ακόμα να αλλοιώσουν τα δεδομένα.

Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς και τις επιδόσεις που πρέπει να έχει αλλά και το χαμηλό κόστος το μικρόφωνο που επιλέχθηκε ήταν το GEMBIRD MIC-C-01. Το μικρό του μέγεθος σε συνδυασμό με την χαμηλή τιμή το καθιστούν ιδανικό για τον σκοπό που θέλουμε να πετύχουμε. Παράλληλα, οι αποδόσεις του είναι αρκετά ικανοποιητικές με απόκριση συχνότητας 16000 Hz και ευαισθησία -42 +/- 2 db. Τέλος, τα μικρο μέγεθος και το μεγάλο μήκος του καλωδίου του βοηθούν αρκετά κατά την εγκατάσταση και την διαδικασία εγγραφής ήχων.



Εικόνα 28: GEMBIRD MIC-C-01

Το raspberry pi 3 model b+ που χρησιμοποιήθηκε δεν έχει θύρα για είσοδο του μικροφώνου και για αυτόν τον λόγο προστέθηκε στο σύστημα και η POWERTECH USB κάρτα ήχου ST16, η οποία είναι μια φθηνή κάρτα ήχου που επιτρέπει την σύνδεση του μικροφώνου στο υπόλοιπο σύστημα. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε και το DS3231 Real Time Clock, για την κάλυψη της ανάγκης της καταγραφής της ώρας. Η σωστή καταγραφή της ώρας είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς έχει άμεση επιρροή στα δεδομένα που λαμβάνουμε σε όλη την διάρκεια των μετρήσεων. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας με την μπαταρία που διαθέτει, καθιστά την λειτουργία του ανεξάρτητη από το υπόλοιπο σύστημα. Ο κίνδυνος μετά από διακοπή στην τροφοδοσία ή κάποιο άλλο σφάλμα, του συστήματος ή του δικτύου, που θα επηρέαζε την ρύθμιση της ώρας με αρνητικό τρόπο, πλέον είναι έχει εξαλειφθεί.



Εικόνα 29: Real Time Clock

Ο τελευταίος αισθητήρας που προστέθηκε στο σύστημα είναι το Accelerometer ADXL343 - Triple-Axis. Πρόκειται για ένα επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων με ψηφιακή διασύνδεση I2C και SPI. Το επιταχυνσιόμετρο υπολογίζει την επιτάχυνση χρησιμοποιώντας ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, που αρχικά είχε σχεδιαστεί για να ελέγχει την ενεργοποίηση των αερόσακων στα αυτοκίνητα. Αυτό το ολοκληρωμένο κύκλωμα αποτελείται από μικροσκοπικές πλάκες, με περίβλημα από σιλικόνη, οι οποίες είναι τοποθετημένες και συνδεδεμένες όπως οι επαφές ενός πυκνωτή. Οι πλάκες αυτές δονούνται όταν επιταχύνονται και κατά την δόνηση τους αλλάζει η χωρητικότητα. Ένα άλλο κύκλωμα, που περιλαμβάνεται στη διάταξη που αναφέραμε, υπολογίζει την χωρητικότητα και την μετατρέπει σε τάση. Τέλος, ένας ενισχυτής ενισχύει και φιλτράρει τα σήματα στις εξόδους του ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Το εύρος ευαισθησίας του είναι πολύ μεγάλο, (3.9 mg/LSB) και διαθέτει υψηλή ανάλυση. Επιπρόσθετα, προσφέρει και μερικές ενσωματωμένες λειτουργίες ανίχνευσης ορισμένων κινήσεων όπως το απλό άγγιγμα και το διπλό άγγιγμα (double tap), ανίχνευση δραστηριότητας και αδράνειας και τέλος διαθέτει ανίχνευση ελεύθερης πτώσης. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με την μικρή κατανάλωση ενέργειας, το καθιστούν ιδανικό για την διεξαγωγή του πειράματος.



Εικόνα 30: ADXL343

Παράλληλα, προσφέρεται και η δυνατότητα ρύθμισης πολλών παραμέτρων που διαθέτει το επιταχυνσιόμετρο. Με τους καταχωρητές, (registers), που διαθέτει μπορεί να οριστεί διαφορετικό εύρος μέτρησης, να αυξηθεί ή να μειωθεί ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων για πιο ακριβή δεδομένα και να ρυθμιστεί η ευαισθησία του. Τέλος, μπορούμε να ορίσουμε όρια σχετικά με τις ανάγκες του πειράματος, καθώς και να χρησιμοποιήσουμε τις ενσωματωμένες λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

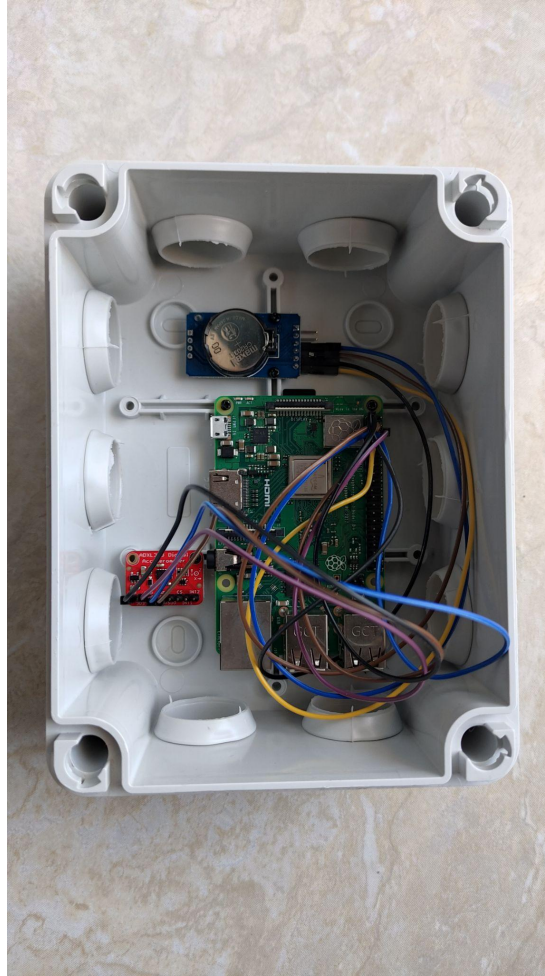
3.2 Εγκατάσταση Αισθητήρων

Μετά την αγορά των αισθητήρων που αναφέρθηκαν παραπάνω, έπρεπε να συνδεθούν με το raspberry. Προκειμένου να επιτευχθεί η σύνδεση, έπρεπε να γίνουν κάποια επιπλέον βήματα για κάθε αισθητήρα. Κάθε αισθητήρας απαιτούσε την σύνδεση με το raspberry με συγκεκριμένο τρόπο. Έτσι, έπρεπε να μελετηθεί το σχηματικό, το σχεδιάγραμμα του τρόπου σύνδεσης, τόσο του Raspberry όσο και των υπόλοιπων αισθητήρων.

Αρχίζοντας με τον πιο σημαντικό αισθητήρα του συστήματος, το μικρόφωνο, ο τρόπος σύνδεσης του ήταν ιδιαίτερα απλός, κάτι που δεν συμβαίνει με τους υπόλοιπους αισθητήρες όπως θα αναλυθεί παρακάτω. Η μόνη απαίτηση ήταν απλά να συνδεθεί με την κάρτα ήχου και αυτή στη συνέχεια να συνδεθεί με το Raspberry. Φυσικά έπρεπε να ρυθμίσουμε με τέτοιο τρόπο ώστε να αναγνωρίζει και να χρησιμοποιεί το μικρόφωνο σωστά. Με μικρές αλλαγές στις ρυθμίσεις του συστήματος και λίγες προσθήκες μερικών γραμμών κώδικα, το μικρόφωνο δούλεψε με επιτυχία.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση του Real Time Clock, η οποία ήταν αρκετά απλή και εύκολη διαδικασία. Ακολουθώντας τις οδηγίες, τις οποίες παρέχει ο κατασκευαστής και με την χρήση των κατάλληλων καλωδίων συνδέθηκε στο raspberry με επιτυχία. Στην συνέχεια, έπρεπε να πραγματοποιηθούν μερικές ρυθμίσεις στο λειτουργικό του Raspberry. Έπρεπε δηλαδή το σύστημα να λαμβάνει την ώρα από τον αισθητήρα και όχι από τον ίδιο το σύστημα. Μόλις ικανοποιήθηκαν οι παραπάνω απαιτήσεις, τότε η διαδικασία σύνδεσης είχε ολοκληρωθεί και το ρολόι λειτουργούσε κανονικά.

Ο τελευταίος αισθητήρας που συνδέθηκε ήταν το επιταχυνσιόμετρο, το οποίο απαιτούσε ένα βήμα παραπάνω σε σύγκριση με τους υπόλοιπους αισθητήρες. Η διαφορά ήταν ότι έπρεπε πρώτα να κολληθούν τα pin στην πλακέτα πριν συνδεθεί με το raspberry. Στη συνέχεια, με τον ίδιο τρόπο με το Real Time Clock, πραγματοποιήθηκε η σύνδεση του και ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή η σύνδεση του ήταν επιτυχής. Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του κατάλληλου script, ώστε να λαμβάνουμε δεδομένα από τους αισθητήρες.



Εικόνα 31: Τελικό αποτέλεσμα

3.3 Κώδικας

Για την απόκτηση δεδομένων από τους αισθητήρες ήταν απαραίτητη η δημιουργία των κατάλληλων script. Ο μηχανισμός θα έχει δύο βασικές λειτουργίες, οι οποίες πρέπει να είναι ανεξάρτητες η μια από την άλλη ώστε να μην δημιουργούν προβλήματα. Η πρώτη είναι η καταγραφή των ήχων που παράγονται από το κόκκινο σκαθάρι και η δεύτερη η παρακολούθηση για την ύπαρξη δονήσεων από το έντομο. Για των κώδικα και των δυο script χρησιμοποιήθηκε η Python, ως γλώσσα προγραμματισμού και ελήφθησαν πληροφορίες από την βιβλιογραφία και τις οδηγίες που είχε διαθέσιμες ο κατασκευαστής του κάθε αισθητήρα.

3.3.1 Εγγραφή Ήχου

Αρχικά, για την καταγραφή ήχου, από την πλευρά των αισθητήρων, χρησιμοποιήθηκαν το μικρόφωνο και και το Real Time Clock. Από τις βιβλιοθήκες που απαιτήθηκαν για την σωστή λειτουργία του προγράμματος, ιδιαίτερη σημασία έχει η pyAudio, καθώς χωρίς αυτή δεν θα μπορούσε να γίνει εγγραφή του ήχου. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί το script είναι ότι έχει οριστεί ένα όριο, το οποίο μόλις ξεπεραστεί τότε πραγματοποιείται εγγραφή του ήχου μέχρι να σταματήσει ο συγκεκριμένος ήχος. Στη συνέχεια, ο ήχος επεξεργάζεται και τέλος αποθηκεύεται σε ένα συμπιεσμένο αρχείο.

Πιο αναλυτικά, μόλις εντοπιστεί κάποιος ήχος κατάλληλος για εγγραφή τότε εκτελείται η συνάρτηση record (εικόνα), όπου καταγράφει τα δεδομένα ήχου, τα αποθηκεύει σε ένα πίνακα σε συγκεκριμένη σειρά, ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν πιο εύκολα. Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε αρχείο τύπου WAV, καθώς με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει μείωση της ποιότητας του ήχου. Τέλος, καλεί δύο επιπλέον συναρτήσεις, ώστε να υπάρξει καλύτερο και ποιοτικό αποτέλεσμα.

```
57 def record():
58
59     p = pyaudio.PyAudio()
60     stream = p.open(format=FORMAT, channels=CHANNELS, rate=RATE, input=True, output=True, frames_per_buffer=CHUNK_SIZE)
61
62     silent_chunks = 0
63     audio_started = False
64     data_all = array('h')
65
66     while True:
67         data_chunk = array('h', stream.read(CHUNK_SIZE))
68         if byteorder == 'big':
69             data_chunk.byteswap()
70         data_all.extend(data_chunk)
71
72         silent = is_silent(data_chunk)
73
74         if audio_started:
75             if silent:
76                 silent_chunks += 1
77                 if silent_chunks > SILENT_CHUNKS:
78                     break
79             else:
80                 silent_chunks = 0
81         elif not silent:
82             audio_started = True
83
84     sample_width = p.get_sample_size(FORMAT)
85     stream.stop_stream()
86     stream.close()
87     p.terminate()
88
89     data_all = trim(data_all)
90     data_all = normalize(data_all)
91     return sample_width, data_all
```

Εικόνα 32: Τμήμα του κώδικα

Κατά την διαδικασία της εγγραφής κάποιου ήχου, αποθηκεύονται μαζί με την ήχο και κάποια κενά διαστήματα στην αρχή και στο τέλος του αρχείου. Αυτά τα διαστήματα δεν έχουν δεδομένα και πολλά προγράμματα επεξεργασίας ή αναπαραγωγής ήχων, δεν αναγνωρίζουν τέτοιου είδους αρχεία. Για τον λόγο αυτό, με την χρήση της συνάρτησης trim, καταφέρνουμε να αφαιρέσουμε αυτά τα διαστήματα και έχουμε καλύτερο αποτέλεσμα. Τέλος, με την συνάρτηση normalize, μεγιστοποιούμε την ένταση του ήχου έτσι ώστε να μπορούν να ακουστούν από τον ανθρώπινο παράγοντα και οι πιο χαμηλοί ήχοι.

```
30 def normalize(data_all):
31     normalize_factor = (float(NORMALIZE_MINUS_ONE_dB * FRAME_MAX_VALUE)
32                          / max(abs(i) for i in data_all))
33     r = array('h')
34     for i in data_all:
35         r.append(int(i * normalize_factor))
36     return r
37
38 def trim(data_all):
39     _from = 0
40     _to = len(data_all) - 1
41     for i, b in enumerate(data_all):
42         if abs(b) > THRESHOLD:
43             _from = max(0, i - TRIM_APPEND)
44             break
45
46     for i, b in enumerate(reversed(data_all)):
47         if abs(b) > THRESHOLD:
48             _to = min(len(data_all) - 1, len(data_all) - 1 - i + TRIM_APPEND)
49             break
50
51     return copy.deepcopy(data_all[int(_from):(int(_to) + 1)])
52
```

Εικόνα 33: Τμήμα του κώδικα

Το τελευταίο τμήμα του κώδικα αφορά την αποθήκευση του αρχείου. Αρχικά, ορίζονται όλα τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το αρχείο. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι ο αριθμός των frames και το είδος του καναλιού, mono ή stereo. Στο τέλος, το αρχείο ήχου συμπιέζεται, αφού πρώτα αποθηκευτεί σε αρχείο τύπου wav, με όνομα αρχείου την ημέρα και ώρα δημιουργίας του.

```

89 def record_to_file(path):
90     sample_width, data = record()
91     data = pack('<' + ('h' * len(data)), *data)
92
93     wave_file = wave.open(path, 'wb')
94     wave_file.setnchannels(CHANNELS)
95     wave_file.setsampwidth(sample_width)
96     wave_file.setframerate(RATE)
97     wave_file.writeframes(data)
98     wave_file.close()
99
100 if __name__ == '__main__':
101     while True:
102         print("Wait in silence to begin recording; wait in silence to terminate")
103         date_1 = time.strftime("%Y%m%d-%H%M%S")
104         record_to_file(date_1+'.wav')
105         print("done - result written")
106         with ZipFile(date_1+".zip", "w") as newzip:
107             newzip.write(date_1+'.wav')
108         os.remove(date_1+'.wav')
109
110

```

Εικόνα 34: Τμήμα του κώδικα

3.3.2 Καταγραφή Δονήσεων

Ο κώδικας για την παρακολούθηση και την καταγραφή των δονήσεων είναι απλός και ιδιαίτερα εύκολος στην κατανόηση. Ο σκοπός του είναι να καταγράφει τα δεδομένα του προέρχονται από το επιταχυνσιόμετρο και να τα αποθηκεύει σε ένα αρχείο. Τα δεδομένα που προέρχονται από τον αισθητήρα αποτελούνται από τρεις τιμές, τις X-axis, Y-axis και Z-axis. Σε συνδυασμό με τα χρονικά δεδομένα που λαμβάνονται από το real time clock, αποτελούν τη κάθε γραμμή του παραγόμενου αρχείου.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των δονήσεων είναι ιδιαίτερα απλός και μικρός σε μέγεθος. Αρχικά, αφού γίνουν import οι κατάλληλες βιβλιοθήκες, όπως φαίνεται και στην εικόνα, πρέπει να οριστεί ο ρυθμός άντλησης των δεδομένων από το επιταχυνσιόμετρο, όπως φαίνεται και στις γραμμές 12-13. Στη συνέχεια, αφού ορίσουμε το header του παραγόμενου αρχείου (γραμμή 17), τι θα αναγράφεται στην κορυφή του αρχείου, ξεκινάει το βασικό τμήμα του script όπου “ανοίγουμε” το αρχείο και ορίζουμε τα απαραίτητα δεδομένα (γραμμή 23). Τέλος, εισάγουμε τα δεδομένα στο αρχείο, ώστε να αποθηκευτούν, και επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

```

2 import time
3 from datetime import datetime
4 import board
5 import adafruit_adxl34x
6 import csv
7
8 # uses board.SCL and board.SDA
9 i2c = board.I2C()
10
11 # For ADXL343
12 accelerometer = adafruit_adxl34x.ADXL343(i2c)
13 accelerometer.data_rate = adafruit_adxl34x.DataRate.RATE_200_HZ
14 print(accelerometer.data_rate)
15
16 #Header
17 header = ["Time", "X-axis", "Y-axis", "Z-axis"]
18
19 def processing_loop(csvfile):
20     csv_writer = csv.writer(csvfile)
21     csv_writer.writerow([header])
22     while True:
23         Data = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f ") + "%f %f %f" % accelerometer.acceleration
24         print(Data)
25         csv_writer.writerow([Data])
26         csvfile.flush()
27
28
29
30 with open("dedomena.csv", "w") as csvfile:
31     processing_loop(csvfile)

```

Εικόνα 35: Κώδικας καταγραφής δονήσεων

3.3.3 Ρυθμίσεις

Πραγματοποιήθηκαν αρκετές δοκιμές ώστε να εξασφαλιστεί η ορθότητα και η αποτελεσματικότητα του κώδικα. Το script που αφορά την καταγραφή των δεδομένων από το επιταχυνσιόμετρο και μετά από αρκετές δοκιμές, ώστε να ρυθμιστεί ο ρυθμός λήψης των δεδομένων, επέφερε τα απαραίτητα αποτελέσματα με επιτυχία. Λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαιτερότητα στον τρόπο σύνδεσης δεν δοκιμάστηκε σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, σε αντίθεση με το script για την καταγραφή του ήχου.

Τέλος, το script για την καταγραφή του ήχου δοκιμάστηκε σε δυο επιπλέον λειτουργικά συστήματα, windows και linux. Μετά την ρύθμιση των απαραίτητων τιμών για την ευαισθησία και την αποτελεσματικότητα του κώδικα, καθώς και με την δοκιμή στα δύο επιπλέον λειτουργικά συστήματα, παρατηρήθηκε ότι δουλεύει αποτελεσματικά και τα δεδομένα τα οποία παράγονται είναι ποιοτικά.

3.4 Εγκατάσταση σε φοίνικα

Προκειμένου να δοκιμαστεί η αποτελεσματικότητα του κώδικα και των αισθητήρων, αποφασίστηκε η εγκατάσταση του συστήματος στην Κέρκυρα. Για την απόφαση της τοποθεσίας της εγκατάστασης, λήφθηκε υπόψη η γνώμη γεωπόνου από τον δήμο Κέρκυρας. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν βρέθηκε κόκκινο σκαθάρι σε κάποιο φοίνικα. Η διαδικασία της εγκατάστασης είναι ιδιαίτερα απλή και εύκολη. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, οι αισθητήρες καθώς και το Raspberry, τοποθετήθηκαν σε ένα πλαστικό κουτί για την προστασία τους από τις καιρικές συνθήκες και άλλους εξωτερικούς παράγοντες, όπως σκόνη και διάφορα έντομα και πουλιά. Όλα τα κομμάτια του συστήματος είναι τοποθετημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνουν την σύνδεση με άλλες συσκευές, όπως οθόνη, ποντίκι και πληκτρολόγιο.

Το σύστημα σταθεροποιήθηκε στον κορμό του φοίνικα και το μικρόφωνο τοποθετήθηκε στο εσωτερικό του. Η τρύπα που δημιουργήθηκε για την είσοδο του μικροφώνου στον κορμό, στη συνέχεια ασφαλίστηκε ώστε να εμποδιστεί η διαρροή νερού σε περίπτωση βροχής και η είσοδος άλλων εντόμων. Είναι σημαντικό να χρησιμοποιείται κάποιο ειδικό προϊόν το οποίο βοηθάει το φυτό να επουλώσει τις οπές - πληγές που ανοίχτηκαν στον κορμό. Η οπή αυτή έγινε όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην κεφαλή του φοίνικα, καθώς σε αυτό το σημείο συνηθίζει, το σκαθάρι, να γεννάει τα αυγά του. Από την στιγμή που δεν υπήρχε διαθέσιμο δίκτυο ώστε να συνδεθεί το Raspberry ώστε γίνει απομακρυσμένος έλεγχος της συσκευής, χρησιμοποιήθηκε λάπτοπ ώστε να ξεκινήσει η λειτουργία του.

Από την πρώτη στιγμή της ενεργοποίησης του, παρατηρήθηκε η καταγραφή διάφορων θορύβων. Με την πάροδο λίγων ημερών, συλλέχθηκαν αρκετά δεδομένα, τόσο ήχου όσο και δονήσεων. Τα δεδομένα ήταν αρκετά και απαιτούσαν ανάλυση προκειμένου να διαπιστωθεί η ποιότητα τους αλλά και η αποτελεσματικότητα του συστήματος. Μετά την ανάλυση τους δεν προέκυψε παρουσία του εντόμου. Η πλειοψηφία των δεδομένων αποτελούνται από ήχους από οχήματα και αεροπλάνα. Τα δεδομένα που προέκυψαν από το επιταχυνσιόμετρο δεν μπόρεσαν να κριθούν ως προς την ποιότητα και την ορθότητα τους, καθώς δεν υπήρξε δραστηριότητα από το κόκκινο σκαθάρι.

3.5 Παρουσίαση δεδομένων

Μετά την εγκατάσταση του συστήματος πάνω στον φοίνικα και μετά την πάροδο μερικών ημερών, λήφθηκαν και τα πρώτα δεδομένα, τόσο από το επιταχυνσιόμετρο όσο και από το μικρόφωνο. Όλα τα δεδομένα προς ανάλυση περιέχουν την ακριβή ημερομηνία και ώρα ώστε το αποτέλεσμα να είναι πιο ποιοτικό και ακριβή. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα δεδομένα αποθηκεύονται στην μνήμη του συστήματος και υπάρχει η δυνατότητα αποστολής τους μέσω δικτύου σε ένα κεντρικό σύστημα. Εκεί μπορεί να

γίνεται η επεξεργασία τους, που εστιάζεται κυρίως στην ταξινόμηση και κατηγοριοποίηση των ήχων. Αυτή η τεχνική εξυπηρετεί μακροπρόθεσμους στόχους, που επικεντρώνονται στην ιδέα της αυτόματης καταγραφής πληθυσμού μιας ζωικής ομάδας και γενικά της πανίδας μιας περιοχής, όπου υπάρχει πλήρης απουσία του ανθρώπινου παράγοντα και όλες οι καταγραφές μπορούν να γίνουν από μακριά.

Αρχικά, όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια, το σύστημα που υλοποιήθηκε καταγράφει δεδομένα από το μικρόφωνο και από το επιταχυνσιόμετρο. Το μικρόφωνο τοποθετήθηκε απευθείας πάνω στην επιφάνεια που εικάζεται ότι υπάρχει το κόκκινο σκαθάρι. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η επιφάνεια αυτή είναι το εσωτερικό του κορμού του φοίνικα. Το επιταχυνσιόμετρο βρισκόταν στο εσωτερικό του συστήματος ώστε να λαμβάνει δονήσεις που προέρχονται από την κίνηση του εντόμου.

Μετά την απόκτηση των δεδομένων, από το σύστημα, και την ανάλυση τους δεν παρατηρήθηκε σύνδεση με τον εντοπισμό του σκαθαριού. Ο φοίνικας στον οποίο πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση δεν ήταν μολυσμένος με το έντομο, οπότε δεν μπόρεσε να γίνει σύνδεση των δεδομένων και τελικά να αποφασιστεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος στην πράξη.

4.ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Προβλήματα

Η επίτευξη του στόχου της εργασίας έχει ορισμένες απαιτήσεις οι οποίες κρίνουν και την αποτελεσματικότητα της καθώς και την επίτευξη του στόχου της. Αρχικά, έπρεπε να γίνει η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων, όπου έπρεπε να συνεργάζονται μεταξύ τους, να έχουν χαμηλό κόστος και ταυτόχρονα να ικανοποιούν τους περιορισμούς που έθεσε η εργασία, σχετικά με τις επιδόσεις τους. Εξαιτίας της έλλειψης εμπειρίας αλλά και γνώσεων σχετικά με τους αισθητήρες, η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων δεν ήταν τόσο εύκολη. Ωστόσο, με την κατάλληλη καθοδήγηση και έρευνα, επιλέχθηκαν οι κατάλληλοι.

Μια επιπλέον δυσκολία που προέκυψε ήταν ότι το επιταχυνσιόμετρο δεν είχε κολλημένα τα pins ώστε να συνδεθεί με το Raspberry. Χρειάστηκε να κολληθεί με κατάλληλο εργαλείο ώστε να δουλεύει σωστά. Τα προβλήματα αυτά που αναφέρονται παραπάνω αποτελούν τα λιγότερο δύσκολα προβλήματα ως προς την λύση και η επίλυση τους ήταν απλή και γρήγορη.

Το πιο σημαντικό πρόβλημα ήταν αυτό του λογισμικού. Πιο συγκεκριμένα, το script που αφορά την καταγραφή των παραγόμενων ήχων, λειτούργησε διαφορετικά σε κάθε λογισμικό. Για παράδειγμα, το ίδιο πρόγραμμα δοκιμάστηκε σε τρία διαφορετικά λογισμικά, Windows, Linux και Raspberry Pi OS με το ίδιο υλικό, μικρόφωνο και usb sound

card. Στα δυο πρώτα το αποτέλεσμα ήταν σωστό και γινόταν καταγραφή χωρίς κάποιο πρόβλημα. Από την άλλη μεριά, στο raspberry το μικρόφωνο δεν ανίχνευε κάποιον ήχο, με εξαίρεση μερικές φορές όπου δούλευε κανονικά για λίγα λεπτά. Έγιναν πολλές προσπάθειες ώστε να λυθεί το παραπάνω πρόβλημα, χωρίς αποτέλεσμα.

Η λύση που βρέθηκε ήταν να δημιουργηθεί ένα νέο σύστημα χρησιμοποιώντας αισθητήρες, καλύτερης ποιότητας και υψηλότερου κόστους, από το εργαστήριο του τμήματος πληροφορικής. Αν και δεν βρέθηκε κόκκινο σκαθάρι η εγγραφή του ήχου πραγματοποιήθηκε με επιτυχία.

Προκειμένου να έχουμε σωστές και ποιοτικές καταγραφές πρέπει και το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο το σύστημα, να παρέχει ευνοϊκές συνθήκες. Όσο λιγότερες παρεμβολές υπάρχουν από τρίτες πηγές, τόσο καλύτερα θα είναι τα δεδομένα. Τέτοιες πηγές αποτελούν τα οχήματα κοντά στην συσκευή, οι ανθρώπινες ομιλίες και γενικότερα δυνατοί ήχοι. Πολλοί, από τους παραπάνω ήχους, επηρεάζουν αρνητικά την διαδικασία της καταγραφής του ήχου και γεμίζουν τα δεδομένα με θόρυβο. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που προέκυψαν και ένα από τα πιο απαραίτητα στο να λυθούν.

Σημαντική δυσκολία αποτέλεσε η απαίτηση του ανθρώπινου παράγοντα κατά την ανάλυση των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, δεν υπάρχει, ακόμα, κάποιος αλγόριθμος για την αυτόματη αναγνώριση της συχνότητας του ήχου, που παράγει το κόκκινο σκαθάρι, και ταυτόχρονη κατηγοριοποίηση του. Έτσι, πρέπει ο άνθρωπος να ακούσει όλα τα δεδομένα ήχου, που προέκυψαν, και να τα κατηγοριοποιήσει μόνος του.

Τέλος, ένας επιπλέον παράγοντας που επηρέασε την εξαγωγή συμπερασμάτων ήταν η έλλειψη της παρουσίας του κόκκινου σκαθαριού στο σημείο εγκατάστασης του συστήματος. Εξαιτίας αυτής της απουσίας, δεν πραγματοποιήθηκε εγγραφή του ήχου που δημιουργεί το έντομο και έτσι δεν μπόρεσε να εξακριβωθεί η αποτελεσματικότητα της συσκευής. Στην θεωρία όμως και συγκρίνοντας τα δεδομένα εργαστηρίου το σύστημα είναι ικανό να καταγράψει τους παραπάνω ήχους και για αυτόν τον λόγο ο σκοπός της εργασίας θεωρείται επιτυχής.

4.2 Συμπεράσματα

Η γεωργία συντροφεύει τον άνθρωπο από τα αρχαία χρόνια, από τότε που ξεκίνησε να δημιουργεί κοινωνικές ομάδες. Είναι ένας τομέας ιδιαίτερα σημαντικός για την επιβίωση του ανθρώπου, με πολλές δυσκολίες και αδυναμίες αλλά ταυτόχρονα και πολλές ευκαιρίες και δυνατότητες για να τις μετριάσει ή ακόμα και να τις εξαλείψει. Η γεωργία είναι ένας από τους τομείς που επηρεάστηκαν με το φαινόμενο της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας. Η επιρροή αυτή, πραγματοποιήθηκε την κατάλληλη στιγμή,

καθώς ο ολοένα αυξανόμενος παγκόσμιος πληθυσμός απαιτεί μεγαλύτερες ποσότητες τροφίμων γεγονός που προϋποθέτει καλή διαχείριση και αποδοτική γεωργία.

Το αποτέλεσμα που προέκυψε από τον εκσυγχρονισμό της γεωργίας και της χρήσης της ψηφιακής τεχνολογίας, ήταν η εμφάνιση της γεωργίας ακριβείας. Η γεωργία ακριβείας, είναι μια σύγχρονη έννοια διαχείρισης της γεωργίας που χρησιμοποιεί ψηφιακές τεχνικές για την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση των γεωργικών διαδικασιών παραγωγής. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν πολλές τεχνολογίες όπως οι αισθητήρες, η δορυφορική πλοήγηση, η τεχνολογία εντοπισμού θέσης και χρήσης μαζικών ποσοτήτων δεδομένων (Big Data), που επηρεάζουν τη λήψη αποφάσεων σε όλη τη φάση της γεωργικής παραγωγής.

Συνδυάζοντας αυτές τις τεχνολογίες επιτυγχάνονται διάφοροι στόχοι της γεωργίας, όπως η εξοικονόμηση κόστους, η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η παραγωγή περισσότερων τροφίμων. Ταυτόχρονα, παρατηρείται ορθότερη χρήση πόρων, όπως νερού, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων καθώς και αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας. Η επίτευξη των παραπάνω στόχων προϋποθέτει την ακριβή παρακολούθηση της γης που χρησιμοποιείται για καλλιέργεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι η σύνθεση του εδάφους, η οξύτητα και τα επίπεδα υγρασίας, μπορεί να διαφέρουν πολύ, ακόμα και σε κοντινή απόσταση σε έναν αγρό.

Μερικοί τρόποι για την αναγνώριση και την διαχείριση του πληθυσμού των εντόμων περιλαμβάνουν μεθόδους ανίχνευσης αλλαγών στις χρωστικές των φυτών που προκαλούνται από την παρουσία επιβλαβών οργανισμών, παρακολούθησης φυτών για ζημιές που προκλήθηκαν από τα παράσιτα και αναγνώρισης των περιοχών που έχουν προσβληθεί. Ορισμένες στρατηγικές που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι η φωτογραφία με υπέρυθρη ακτινοβολία, η υποστήριξη δεδομένων υπερφασματικής ανάκλασης και η πολυφασματική βιντεογραφία που έχει χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση εσπεριδοειδών blackfly. Το βασικό μειονέκτημα ως προς την χρήση τους είναι το μεγάλο κόστος αυτών των ενεργειών παρακολούθησης.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, η γεωργία ακριβείας διαθέτει και ορισμένα μειονεκτήματα. Ένα από αυτά είναι το υψηλό κόστος των συστημάτων παρακολούθησης των καλλιεργειών. Σε συνδυασμό με την έλλειψη κάλυψης και δυνατότητας συνδεσιμότητας στο Διαδίκτυο καθώς και με τον μέσο όρο ηλικίας των ενεργών αγροτοκαλλιεργητών, όπου συνήθως είναι πιο υψηλός, καθώς επίσης την φοβία και καχυποψία έναντι των νέων τεχνολογιών, αλλά και το, κατά τεκμήριο, ανεκπαίδευτο ανθρώπινο δυναμικό, αποτελούν οχυρώματα και τροχοπέδη στην υιοθέτηση νέων τεχνολογιών στον τομέα της γεωργίας.

Εκτός από το υψηλό κόστος και την απαίτηση ορισμένων γνώσεων για την διαχείριση και λειτουργία των παραπάνω συστημάτων, εμπόδιο αποτελεί και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Παρόλο που η δυνατότητα κάλυψης της ανάγκης σε ηλεκτρική

ισχύ μπορεί να βασιστεί μεν στην ηλιακή ενέργεια, ωστόσο αυτή πολλές φορές δεν είναι αρκετή ή δημιουργεί επιπρόσθετα προβλήματα. Συνοψίζοντας, η εγκατάσταση των συστημάτων παρακολούθησης των καλλιεργειών είναι δαπανηρή, απαιτεί ορισμένες γνώσεις και για αυτούς τους λόγους οι γεωργοί δεν υιοθετούν τέτοιες μεθόδους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ακρίβεια συλλέγει πληροφορίες βασισμένες στην πληροφορία και στη τεχνολογία του γεωργικού συστήματος το οποίο έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση των γεωργικών διεργασιών με την ακριβή παρακολούθησή τους για τη διασφάλιση της μέγιστης γεωργικής παραγωγής με ελαχιστοποιημένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εμφάνιση των αισθητήρων χαμηλού κόστους και η ανάπτυξη συστημάτων με αυτούς, ενισχύει την ακρίβεια των δεδομένων και αυξάνει περισσότερο την απόδοση των καλλιεργειών. Επιπλέον, λόγω των εξελιγμένων ασύρματων αισθητήρων χαμηλού κόστους και του αυξανόμενου ενδιαφέροντος για την αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων καθώς και την επεξεργασία πληροφοριών, η γεωργία ακριβείας αποτελεί ένα ακόμη ορόσημο προς τη βελτίωση της γεωργικής εκμετάλλευσης.

Το κύριο χαρακτηριστικό των αισθητήρων χαμηλού κόστους και φυσικά αυτό που τους καθιστά τόσο δημοφιλής είναι το μικρό κόστος τους. Είναι σε μεγάλο βαθμό διαθέσιμοι στην αγορά και η χρήση τους δεν απαιτεί πολλές γνώσεις. Παράλληλα, διαθέτουν μικρή κατανάλωση ενέργειας γεγονός που τους καθιστά λειτουργικούς ακόμη και με σύνδεση σε μπαταρίες ή με κάποιο ηλιακό πάνελ. Τέλος, ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό που διαθέτουν είναι η επεκτασιμότητα. Εξαιτίας του μικρού κόστους, των ίδιων αλλά και των περιφερειακών τους, όπως ανταλλακτικά και καλώδια, γίνεται εύκολα η αντικατάστασή τους σε περίπτωση βλάβης.

Ένα επιπρόσθετο θετικό χαρακτηριστικό είναι η συνδεσιμότητα μεταξύ των αισθητήρων χαμηλού κόστους. Με την εμφάνιση του Διαδικτύου των πραγμάτων (ΙΟΤ), παρατηρήθηκαν τα οφέλη που θα προέκυπταν με την επικοινωνία των αισθητήρων μεταξύ τους, για την ανταλλαγή δεδομένων. Το ΙοΤ επιτρέπει στα αντικείμενα να ανιχνεύονται ή να ελέγχονται εξ αποστάσεως σε υπάρχουσα υποδομή δικτύου δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου σε συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστές και οδηγώντας σε βελτιωμένη αποτελεσματικότητα, ακρίβεια και οικονομικό όφελος εκτός από τη μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση. Η παρακολούθηση και η απόκτηση δεδομένων σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία, βροχόπτωση, υγρασία κλπ, χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση και την αυτοματοποίηση των γεωργικών τεχνικών, τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για τη βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας και την ελαχιστοποίηση των κινδύνων.

Στην περίπτωση του κόκκινου σκαθαριού, στόχος είναι ο έγκαιρος εντοπισμός του με σκοπό την αποτελεσματική αντιμετώπιση του. Αν εντοπιστεί γρήγορα, πριν δηλαδή η ζημιά που έχει προκαλέσει στον φοίνικα έχει ως αποτέλεσμα την ολοκληρωτική καταστροφή του, θα μπορέσει να σωθεί και ο φοίνικας που έχει μολυνθεί αλλά και οι υπόλοιποι φοίνικες στην περιοχή. Το χαμηλό κόστος του συστήματος σε συνδυασμό με τις

δυνατότητες που έχει για την καταγραφή και διαμοιρασμό δεδομένων, το καθιστούν ιδανικό ακόμη και για χρήση σε μικρότερη κλίμακα, δηλαδή ατομική χρήση.

Μετά την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν κατά την καταγραφή του ήχου, που παράγονται από το κόκκινο σκαθάρι αλλά και των δεδομένων από το επιταχυνσιόμετρο, μπορούμε να εξάγουμε ορισμένα συμπεράσματα. Αρχικά, η έλλειψη παρουσίας του κόκκινου σκαθαριού, στο περιβάλλον καταγραφής είχε ως αποτέλεσμα, να μην εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της συσκευής. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το σύστημα μπορεί να καταγράψει τους ήχους του εντόμου. Συγκρίνοντας τα δεδομένα από το εργαστήριο με τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων, το σύστημα μπορεί να καταγράψει τους παραγόμενους ήχους.

Από την άλλη μεριά, δεν μπόρεσε να εξεταστεί ο εντοπισμός του σκαθαριού από την καταγραφή των δονήσεων από το επιταχυνσιόμετρο. Ο λόγος είναι, όπως προαναφέρθηκε, η απουσία του κόκκινου σκαθαριού σε φοίνικες της Κέρκυρας. Βέβαια, ο στόχος του συστήματος έχει επιτευχθεί από την στιγμή όπου πραγματοποιείται με επιτυχία καταγραφή του ήχου κατά την παρουσία χαμηλών θορύβων, παρόμοιας συχνότητας με αυτής των σκαθαριών.

4.3 Προτάσεις

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω συμπεράσματα, παρατηρούμε ότι μπορούμε να βελτιώσουμε το σύστημα αισθητήρων ώστε να είναι πιο αποδοτικό, αλλά και να καλυτερέψουμε την διάδραση του με τον χρήστη. Η πρώτη κίνηση που μπορούμε να κάνουμε είναι η αγορά πιο ακριβών αισθητήρων ώστε να έχουμε καλύτερες αποδόσεις και πιο ακριβή δεδομένα. Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η ευαισθησία των αισθητήρων είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας και από αυτόν εξαρτάται και σε μεγάλο βαθμό η επιτευξη του στόχου της εργασίας. Ένα καλύτερο μικρόφωνο και μια αποδοτικότερη κάρτα ήχου θα επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στην ποιότητα των δεδομένων που καταγράφουν.

Επιπρόσθετα, μια βελτίωση που υποδέχεται το σύστημα είναι ένας καλύτερος τρόπος τοποθέτησης και συγχρόνως φύλαξης των τμημάτων του συστήματος. Ένα κουτί από διαφορετικό υλικό και ένας πιο σταθερός τρόπος εγκατάστασης του στον κορμό του φοίνικα, ίσως να βελτιώσει τα δεδομένα που λαμβάνονται από το επιταχυνσιόμετρο, σχετικά με την παραγωγή δονήσεων από το έντομο. Επιπλέον, θα μπορούσε ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η παρακολούθηση των δεδομένων να αλλάξει. Με την χρήση κάποιου υλικού, το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό στην μεταφορά των δονήσεων ή ακόμη και με την χρήση κάποιου εξειδικευμένου εργαλείου για την μέτρηση τους, η ποιότητα των δεδομένων θα αυξάνονταν σημαντικά.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η αναγνώριση για το αν κάποιο αρχείο ήχου, που έχει προκύψει από την καταγραφή, προέρχεται από κάποιο έντομο και όχι από κάποια άλλη πηγή, είναι ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία και απαιτεί την συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα. Η αυτόματη αναγνώριση από το ίδιο το σύστημα, με την βοήθεια τεχνητής νοημοσύνης, και η κατηγοριοποίηση τους ανάλογα με το είδος της πηγής από την οποία προέρχονται θα βελτίωνε την απόδοση και θα προκαλούσε την απεξάρτηση από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Θα μπορούσαν να γίνουν αρκετές ενέργειες με στόχο την ενίσχυση της διάδρασης με τον χρήστη. Ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης έχει απομακρυσμένο έλεγχο του συστήματος είναι αρκετά απλός ωστόσο δεν είναι αρκετά εύχρηστος, καθώς απαιτεί ορισμένες γνώσεις που δεν θα έπρεπε να είναι αναγκαίες. Η υλοποίηση μιας εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα ακόμα και η δημιουργία μιας online πλατφόρμας στο διαδίκτυο, θα αποτελούσε ένα σημαντικό βήμα για την επίτευξη του παραπάνω στόχου. Ο χρήστης θα είναι σε θέση απλά και εύκολα να λαμβάνει τις απαραίτητες πληροφορίες από απόσταση με το πάτημα ενός κουμπιού και να ενημερώνεται σχετικά με την κατάσταση του φοίνικα.

Στην περίπτωση όπου ένας χρήστης διαθέτει παραπάνω από μια συσκευές σε κοντινό χώρο, τότε θα μπορούσε να προσφέρεται η δυνατότητα για ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εγκατεστημένων συσκευών. Αν, για παράδειγμα, μια συσκευή ανιχνεύσει ότι ένας φοίνικας έχει προσβληθεί από το κόκκινο σκαθάρι, τότε να μπορεί να ενημερώσει και τις υπόλοιπες, σε κατάλληλη απόσταση, συσκευές ώστε να κάνουν πιο προσεκτικές καταγραφές αλλά και να ενημερώνεται και ο χρήστης για την πιθανή μόλυνση σε κάθε φοίνικα.

Βιβλιογραφία

- FIABOE, K. K. M., et al. Predicting the potential worldwide distribution of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier)(Coleoptera: Curculionidae) using ecological niche modeling. *Florida Entomologist*, 2012, 659-673.
- MANACHINI, Barbara; BILLECI, Noemi; PALLA, Franco. Exotic insect pests: The impact of the Red Palm Weevil on natural and cultural heritage in Palermo (Italy). *Journal of Cultural Heritage*, 2013, 14.3: e177-e182.
- WITT, Arne, et al. First record of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) on Socotra Island (Yemen), an exotic pest with high potential for adverse economic impacts. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 2020, 31.3: 645-654.
- ASHRY, Islam, et al. Early detection of red palm weevil using distributed optical sensor. *Scientific Reports*, 2020, 10.1: 1-8.
- MARTIN, Betty. A relative analysis on sound of Red Palm Weevil based on field and lab recordings. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, 10.6: 2015.
- ΚΡΙΓΚΑΣ, Σπυρίδων. Ανάπτυξη PID ελεγκτή θερμοκρασίας με τη βοήθεια Raspberry Pi και Matlab. 2020.
- ΣΤΑΜΑΤΗΣ, Ευστράτιος; ΦΩΤΙΟΥ, Αναστάσιος. Αυτόματη ακουστική ταυτοποίηση του κόκκινου ρυγχωτού κανθάρου των φοινικοειδών. 2008.
- ΠΑΠΠΑΣ, Ιωάννης. Μελέτες προσέλκυσης του *Rhynchophorus ferrugineus* (Red Palm weevil) στο εργαστήριο και το πεδίο. 2010.
- NANGAI, V. Leena; MARTIN, Betty. Interpreting the Acoustic Characteristics of Rpw Towards Its Detection-A Review. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2017. p. 012178.
- GIBLIN-DAVIS, Robin M., et al. Biology and management of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Potential invasive pests of agricultural crops*, 2013, 3: 1.

Παράρτημα Εικόνων

- Εικόνα 1: Τοιχογραφία
- Εικόνα 2: Πλατεία Ομονοίας
- Εικόνα 3: Φοίνικας στο άλσος της Γαρίτσας
- Εικόνα 4: Κόκκινο Σκαθάρι
- Εικόνα 5: Στάδια σκαθαριού
- Εικόνα 6: Νυμφική θήκη
- Εικόνα 7: Ενήλικα Σκαθάρια
- Εικόνα 8: Ζημιά σε φοίνικα
- Εικόνα 9: Φοίνικες στο Φλαγγίνειο, στον Ανεμόμυλο
- Εικόνα 10: Εξάπλωση του Σκαθαριού
- Εικόνα 11: Logo Raspberry Pi
- Εικόνα 12: Raspberry Pi 1 Model B
- Εικόνα 13: Raspberry Pi 1 Model A
- Εικόνα 14: Raspberry Pi 1 Model B+
- Εικόνα 15: Raspberry Pi 1 Model A+
- Εικόνα 16: Raspberry Pi 2 Model B
- Εικόνα 17: Raspberry Pi Zero
- Εικόνα 18: Raspberry Pi 3 Model B+
- Εικόνα 19: Raspberry Pi 4 Model B
- Εικόνα 20: Ακίδες Raspberry Pi 3 Model B+
- Εικόνα 21: Κανονικός ρυθμός
- Εικόνα 22: Αργός ρυθμός
- Εικόνα 23: Κανονικός ρυθμός
- Εικόνα 24: Αργός ρυθμός
- Εικόνα 25: Κανονικός ρυθμός
- Εικόνα 26: Αργός ρυθμός
- Εικόνα 27: Μακράς διάρκειας
- Εικόνα 28: GEMBIRD MIC-C-01
- Εικόνα 29: Real Time Clock
- Εικόνα 30: ADXL343
- Εικόνα 31: Τελικό αποτέλεσμα
- Εικόνα 32: Τμήμα του κώδικα
- Εικόνα 33: Τμήμα του κώδικα
- Εικόνα 34: Τμήμα του κώδικα
- Εικόνα 35: Κώδικας καταγραφής δονήσεων

Παράρτημα Κώδικα

Script καταγραφής ήχου:

```

1  from array import array
2  from struct import pack
3  from sys import byteorder
4  import copy
5  import pyaudio
6  import wave
7  import time
8  from datetime import datetime
9  from zipfile import ZipFile
10 import os
11
12 THRESHOLD = 5
13 CHUNK_SIZE = 4096
14 SILENT_CHUNKS = 3 * 44100 / 4096
15 FORMAT = pyaudio.paInt16
16 FRAME_MAX_VALUE = 2 ** 15 - 1
17 NORMALIZE_MINUS_ONE_dB = 10 ** (-1.0 / 20)
18 RATE = 44100
19 CHANNELS = 1
20 TRIM_APPEND = RATE / 4
21
22
23 def is_silent(data_chunk):
24     """Returns 'True' if below the 'silent' threshold"""
25     return max(data_chunk) < THRESHOLD
26
27 def normalize(data_all):
28     """Amplify the volume out to max -1dB"""
29     normalize_factor = (float(NORMALIZE_MINUS_ONE_dB * FRAME_MAX_VALUE)
30                        / max(abs(i) for i in data_all))
31
32     r = array('h')
33     for i in data_all:
34         r.append(int(i * normalize_factor))
35     return r
36
37 def trim(data_all):
38     _from = 0
39     _to = len(data_all) - 1
40     for i, b in enumerate(data_all):
41         if abs(b) > THRESHOLD:
42             _from = max(0, i - TRIM_APPEND)
43             break
44
45     for i, b in enumerate(reversed(data_all)):
46         if abs(b) > THRESHOLD:
47             _to = min(len(data_all) - 1, len(data_all) - 1 - i + TRIM_APPEND)
48             break
49
50     return copy.deepcopy(data_all[int(_from):(int(_to) + 1)])
51

```

```

52 def record():
53     """Record a word or words from the microphone and
54     return the data as an array of signed shorts."""
55
56     p = pyaudio.PyAudio()
57     stream = p.open(format=FORMAT, channels=CHANNELS, rate=RATE, input=True, output=True, frames_per_buffer=CHUNK_SIZE)
58
59     silent_chunks = 0
60     audio_started = False
61     data_all = array('h')
62
63     while True:
64         data_chunk = array('h', stream.read(CHUNK_SIZE))
65         if byteorder == 'big':
66             data_chunk.byteswap()
67         data_all.extend(data_chunk)
68
69         silent = is_silent(data_chunk)
70
71         if audio_started:
72             if silent:
73                 silent_chunks += 1
74                 if silent_chunks > SILENT_CHUNKS:
75                     break
76             else:
77                 silent_chunks = 0
78         elif not silent:
79             audio_started = True
80
81     sample_width = p.get_sample_size(FORMAT)
82     stream.stop_stream()
83     stream.close()
84     p.terminate()
85
86     data_all = trim(data_all)
87     data_all = normalize(data_all)
88     return sample_width, data_all
89
90 def record_to_file(path):
91     "Records from the microphone and outputs the resulting data to 'path'"
92     sample_width, data = record()
93     data = pack('<' + ('h' * len(data)), *data)
94
95     wave_file = wave.open(path, 'wb')
96     wave_file.setnchannels(CHANNELS)
97     wave_file.setsampwidth(sample_width)
98     wave_file.setframerate(RATE)
99     wave_file.writeframes(data)
100    wave_file.close()
101
102 if __name__ == '__main__':
103
104
105     while True:
106         print("Wait in silence to begin recording; wait in silence to terminate")
107         date_1 = time.strftime("%Y%m%d-%H%M%S")
108         record_to_file(date_1+'.wav')
109         print("done - result written to demo.wav")
110         with ZipFile(date_1+'.zip', "w") as newzip:
111             newzip.write(date_1+'.wav')
112         os.remove(date_1+'.wav')

```

Script καταγραφής δονήσεων:

```
1 import time
2 from datetime import datetime
3 import board
4 import adafruit_adxl34x
5 import csv
6
7
8 i2c = board.I2C()
9 accelerometer = adafruit_adxl34x.ADXL343(i2c)
10 accelerometer.data_rate = adafruit_adxl34x.DataRate.RATE_200_HZ
11 print(accelerometer.data_rate)
12
13 header = ["Time", "X-axis", "Y-axis", "Z-axis"]
14
15 def processing_loop(csvfile):
16     csv_writer = csv.writer(csvfile)
17     csv_writer.writerow([header])
18     while True:
19         Data = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f ") + "%f %f %f" % accelerometer.acceleration
20         print(Data)
21         csv_writer.writerow([Data])
22         csvfile.flush()
23
24
25 with open("dedomena.csv", "w") as csvfile:
26     processing_loop(csvfile)
```