

## ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

### ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 2014-2020

#### «ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ»



**Τίτλος έργου:** Ανάπτυξη καινοτόμου συστήματος παρακολούθησης εχθρών υγειονομικής σημασίας σε αποθήκες τροφίμων με τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων

Κωδικός ΠΣΚΕ: ΚΜΠ6-0082293

**Ενότητα Εργασίας 2:** Ανάπτυξη «έξυπνου» συστήματος παρακολούθησης αποθηκών

**ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π2.2:** Σχεδιασμός και εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης αποθηκών

## Πληροφορίες Παραδοτέου

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Αριθμός Παραδοτέου               | Π2.2   |
| Τίτλος Παραδοτέου                | <i>Σχεδιασμός και εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης αποθηκών</i>   |
| Υπεύθυνος Φορέας Παραδοτέου      | ΑΠΘ  |
| Συμμετέχοντες Φορείς             | ΑΠΘ. Μασούτης ΑΕ   |
| Αριθμός Ενότητας Εργασίας        | Ενότητα Εργασίας 2   |
| Τίτλος Ενότητας Εργασίας         | <i>Ανάπτυξη «έξυπνου» συστήματος παρακολούθησης αποθηκών</i>   |
| Κατηγορία Διάχυσης               | -  |
| Είδος Παραδοτέου                 | Έκθεση   |
| Έκδοση Παραδοτέου                | 2 <sup>η</sup>   |
| Πρόχειρο / Τελικό                | Τελική   |
| Μήνας Παράδοσης                  | 40   |
| Λέξεις Κλειδιά                   | <i>Έξυπνο σύστημα παρακολούθησης, παγίδες, έντομα, βαδιστικά, ιπτάμενα, τρωκτικά, κόμβοι, αναγνώριση εντόμων</i>   |
| Σύντομη Περιγραφή του Παραδοτέου | Έπειτα από τη διενέργεια των παραπάνω εργασιών και την κοινοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων μεταξύ των μελών της ερευνητικής ομάδας και τα στελέχη της Μασούτης ΑΕ, θα γίνει εγκατάσταση του συστήματος παρακολούθησης των συνθηκών της αποθήκης. |

## Πίνακας Περιεχομένων

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Υφιστάμενη κατάσταση.....  | 4  |
| 2     | Εγκατάσταση συστήματος συλλογής και μετάδοσης της πληροφορίας..... | 5  |
| 2.1   | Αισθητήρες παρακολούθησης και μετάδοσης της πληροφορίας.....       | 5  |
| 2.2   | “Εξυπνες” παγίδες εντόμων και τρωκτικών.....                       | 7  |
| 2.2.1 | Παγίδες υπτάμενων εντόμων.....                                     | 7  |
| 2.2.2 | Παγίδες βαδιστικών εντόμων.....                                    | 9  |
| 2.2.3 | Παγίδες τρωκτικών.....   | 11 |
| 2.3   | Κόμβος διαδικτυακής πύλης (Gateway).....                           | 13 |
| 3     | Αναγνώριση εικόνας παγίδων εντόμων (Image recognition).....        | 16 |
| 4     | Παράρτημα.....   | 19 |
| 5     | Σύνοψη.....  | 21 |

## 1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού και προμήθειας-ανάπτυξης των επιμέρους μερών του συστήματος παρακολούθησης, πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση των συστημάτων του στα επιλεγμένα καταστήματα της Μασούτης ΑΕ. Ο σχεδιασμός των διάφορων συσκευών που απαρτίζουν το συνολικό «οικοσύστημα» του έργου, έχει παρουσιαστεί αναλυτικά στο Παραδοτέο 2. Έχει επιλεγεί το κατάστημα της Θερμης στη Θεσσαλονίκη, προκειμένου να εγκατασταθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης του εντομολογικού φορτίου καθώς και της παρουσίας τρωκτικών στο χώρο των αποθηκών.

Η ανάπτυξη των επιμέρους συστημάτων (συσκευών) του δικτύου, όπως παρουσιάστηκαν στο Π2, έχει ολοκληρωθεί. Αναλυτικότερα έχουν αναπτυχθεί πλήρως τα παρακάτω:

- Σύστημα συλλογής και μετάδοσης πληροφορίας (Αισθητήρες παρακολούθησης των περιβαλλοντικών συνθηκών των αποθηκών, «Έξυπνες» παγίδες εντόμων (ιπτάμενων και βαδιστικών) και τρωκτικών, Κόμβος διαδικτυακής πύλης)
- Σύστημα διαχείρισης πληροφορίας (Υποδομές Υπολογιστικού Νέφους – NITOS Cloud, Σύστημα Backend)
- Σύστημα οπτικοποίησης πληροφορίας (Λογισμικό κ.λπ.)

## 2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

### 2.1 Αισθητήρες παρακολούθησης και μετάδοσης της πληροφορίας

Όπως αναφέρθηκε και στο Παραδοτέο 2, για τις ανάγκες υλοποίησης του έργου ήταν απαραίτητη η ανάπτυξη ενός συστήματος καταγραφής των περιβαλλοντικών συνθηκών των αποθηκών για την ολοκληρωμένη επίβλεψη του χώρου. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε ένα ασύρματο δίκτυο καταγραφής της θερμοκρασίας και της υγρασίας των χώρων αποθήκευσης των προϊόντων της εταιρείας. Αφού αξιολογήθηκε η λειτουργικότητα και η αποδοτικότητα του αισθητήρα θερμοκρασίας-υγρασίας Sonoff Zigbee SNZB-02 σε επίπεδο εργαστηρίου, πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση συνολικά 6 κόμβων καταγραφής θερμοκρασίας και υγρασίας στα επιλεγμένα καταστήματα. Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν 2 κόμβοι ανά κατάστημα, ο ένας εσωτερικά του ψυγείου και ο άλλος εξωτερικά στον χώρο των αποθηκών.

Λόγω της εύκολης προσαρμοστικότητας του συγκεκριμένου αισθητήρα σε διάφορες επιφάνειες, ήταν εύκολη η επιλογή των καταλληλότερων σημείων εγκατάστασης μέσα στο χώρο των αποθηκών του εκάστοτε καταστήματος με σκοπό την κάλυψη όσο το δυνατόν μεγαλύτερου εύρους λήψης πληροφοριών για τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1 Επάνω αριστερά και δεξιά: Εγκατάσταση αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας στις αποθήκες Κάτω κέντρο:  
Εγκατάσταση αισθητήρων θερμοκρασίας και υγρασίας στο κατάστημα της Μασούτης ΑΕ .

Οι αισθητήρες αυτοί, επικοινωνούν με τον Κόμβο Διαδικτυακής Πύλης (Gateway) με τη χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Τα περιβαλλοντικά δεδομένα που καταγράφονται μεταφέρονται στο cloud όπου και αποθηκεύονται, προκειμένου να διατηρηθεί το ιστορικό της κατάστασης που επικρατεί αναφορικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες στο εσωτερικό του κάθε αποθηκευτικού χώρου. Η καταγραφή, μεταφορά και αποθήκευση των πρωτογενών δεδομένων πραγματοποιείται χωρίς απώλειες και με χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις μεταξύ των ετερογενών συσκευών του οικοσυστήματος.

## 2.2 “Εξυπνες” παγίδες εντόμων και τρωκτικών

Οι παγίδες που εγκαταστάθηκαν αφορούν τη σύλληψη βαδιστικών, ιπτάμενων εντόμων και τρωκτικών. Αναλυτικότερα, αναπτύχθηκαν παγίδες δαπέδου για τα έρποντα έντομα και ειδικά σχεδιασμένες παγίδες ιπτάμενων εντόμων, κυρίως για λεπιδόπτερα και δίπτερα, καθώς και παγίδες τρωκτικών.

### 2.2.1 Παγίδες ιπτάμενων εντόμων

Όπως περιεγράφηκε στο Παραδοτέο 2, η παγίδα ιπτάμενων εντόμων σχεδιάστηκε με γνώμονα την πλήρωση των προδιαγραφών του έργου, για την επίτευξη της βέλτιστης αποδοτικότητας και λειτουργικότητας στις αντίξοες συνθήκες των αποθηκών των καταστημάτων και παράλληλα για την εύκολη στήριξη του συστήματος κάμερας στο εσωτερικό της. Η τελική μορφή αυτής, παρουσιάζει στιβαρότητα, στεγανότητα και σταθερότητα απέναντι στο ασταθές περιβάλλον των αποθηκών, καθιστώντας την ιδανική επιλογή για τη στελέχωση των καταστημάτων.

Αφού επιλέχθηκαν τα καταλληλότερα σημεία εγκατάστασής τους εντός των αποθηκών, τοποθετήθηκαν συνολικά 3 παγίδες ιπτάμενων εντόμων, από 1 σε κάθε κατάσταση.



Εικόνα 2.2 Εγκατεστημένη παγίδα ιπτάμενων εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ



Εικόνα 2.3 Εγκατεστημένη παγίδα ιπτάμενων εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ στη Θεσσαλονίκη



Εικόνα 2.4 Εγκατεστημένη παγίδα ιπτάμενων εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ)

## 2.2.2 Παγίδες βαδιστικών εντόμων

Η παγίδα που επιλέχθηκε για τη στελέχωση των αποθηκών των καταστημάτων αποτελεί ένα σύστημα παγίδευσης βασισμένο πάνω στην παγίδα της εταιρίας “[THE DOME](#)”. Το σύστημα αυτό, μπορεί να υποστηρίξει το σύστημα λήψης φωτογραφιών που έχει σχεδιαστεί με σκοπό την αυτοματοποιημένη αναγνώριση, ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση των πληθυσμών των συλληφθέντων εντόμων.

Παρ’ όλα αυτά, λόγω των αυξημένων απαιτήσεων υλοποίησης της συγκεκριμένης παγίδας και για την αποφυγή παρέκκλισης από το αρχικό χρονοδιάγραμμα του έργου, αναπτύχθηκε αρχικά ένας άλλος τύπος παγίδας βαδιστικών εντόμων όπως περιγράφηκε στο Π2, για τοποθέτηση στα καταστήματα με σκοπό την επίτευξη και πλήρωση των στόχων που είχαν αρχικά τεθεί.

Τοποθετήθηκαν συνολικά 3 παγίδες βαδιστικών εντόμων, από 1 σε κάθε κατάσταση. Τα σημεία των αποθηκών που επιλέχθηκαν για την τοποθέτηση των παραπάνω παγίδων φαίνονται στην Εικόνα 2.6, Εικόνα 2.6 και Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.5 Εγκατεστημένη παγίδα βαδιστικών εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ στη Θεσσαλονίκη



Εικόνα 2.6 Εγκατεστημένη παγίδα βαδιστικών εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ στη Θεσσαλονίκη



Εικόνα 2.7 Εγκατεστημένη παγίδα βαδιστικών εντόμων στην αποθήκη του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ

Η τελική έκδοση της παγίδας συλλήψεων των βαδιστικών εντόμων, όπως τελικά αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα και εγκαταστάθηκε στα καταστήματα της εταιρείας έχει την παρακάτω μορφή. Η αναλυτική περιγραφή της τελικής έκδοσης της παγίδας συλλήψεων βαδιστικών εντόμων παρουσιάζεται εκτενέστερα στο Παραδοτέο 2.



Εικόνα 2.8 Τελική έκδοση της παγίδας συλλήψεων βαδιστικών εντόμων



Εικόνα 2.9 Εγκατάσταση παγίδας σύλληψης βαδιστικών εντόμων στις αποθήκες των καταστημάτων

### 2.2.3 Παγίδες τρωκτικών

Η παγίδα που επιλέχθηκε για την αποδοτικότερη σύλληψη των τρωκτικών στις αποθήκες των καταστημάτων της εταιρείας Μασούτης ΑΕ, είναι η εμπορική ηλεκτρονική παγίδα τρωκτικών της εταιρείας “[Victor](#)”, η οποία λειτουργεί χρησιμοποιώντας υψηλή τάση ηλεκτρισμού.

Τοποθετήθηκαν από 2 παγίδες σε κάθε κατάστημα. Τα σημεία εγκατάστασης αυτού του τύπου παγίδων στους αποθηκευτικούς χώρους των καταστημάτων φαίνονται στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 2.10, Εικόνα 2.11, Εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.10 Παγίδες τρωκτικών τοποθετημένες στους αποθηκευτικούς χώρους του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ στη Θεσσαλονίκη



Εικόνα 2.11 Παγίδα σύλληψης τρωκτικών τοποθετημένη σε επιλεγμένο σημείο των αποθηκών του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ



Εικόνα 2.12 Παγίδα σύλληψης τρωκτικών τοποθετημένη στους αποθηκευτικούς χώρους του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ

### 2.3 Κόμβος διαδικτυακής πύλης (Gateway)

Αφού σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε εργαστηριακά και αξιολογήθηκε λειτουργικά ο Κόμβος διαδικτυακής πύλης (GW), πραγματοποιήθηκε η εγκατάστασή του στα επιλεγμένα σημεία των αποθηκών.

Ο κόμβος αυτός αποτελεί τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στο δίκτυο αισθητήρων και παγίδων και στο διακομιστή στον οποίο θα αποθηκεύονται τα δεδομένα με ασφάλεια. Πρόκειται για κόμβους οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί σε συγκεκριμένα σημεία στις αποθήκες, με σκοπό τη συνεχή λήψη δεδομένων τόσο από τους αισθητήρες θερμοκρασίας – υγρασίας όσο και από τις παγίδες εντόμων (ιπτάμενων, βαδιστικών) και τρωκτικών. Η διαδικασία ανάπτυξης και λειτουργίας των Κόμβων διαδικτυακής πύλης, έχει περιγράψει αναλυτικά στο Παραδοτέο 2 (Π2).

Τοποθετήθηκαν 3 συνολικά Κόμβοι διαδικτυακής πύλης (Gateway), 1 σε κάθε κατάσταση της εταιρείας Μασούτης, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.13, στην Εικόνα 2.14 και στην Εικόνα 2.15.



Εικόνα 2.13 Κόμβος διαδικτυακής πύλης τοποθετημένος στους αποθηκευτικούς χώρους του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ



Εικόνα 2.14 Κόμβος διαδικτυακής πύλης τοποθετημένος στους αποθηκευτικούς χώρους του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ



Εικόνα 2.15 Κόμβος διαδικτυακής πύλης τοποθετημένος στις αποθήκες του καταστήματος της Μασούτης ΑΕ

### 3 ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΠΑΓΙΔΩΝ ENTOMΩΝ (Image recognition)

Το σύστημα λήψης φωτογραφιών αναπτύχθηκε εργαστηριακά και ενσωματώθηκε στα συστήματα παγίδευσης εντόμων (βαδιστικών και ιπτάμενων) με σκοπό την ποσοτικοποίηση, καταμέτρηση και ταυτοποίηση των συλληφθέντων πληθυσμών.

Στις φωτογραφίες που συλλέχθηκαν από τις παγίδες, με τη συνδρομή της Τεχνητής Νοημοσύνης, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία και αναγνώριση εικόνας με τη συνεχή εκπαίδευση του αλγορίθμου, για την αυτοματοποίηση της αναγνώρισης των διάφορων τύπων εντόμων.

Η ανάλυση των εικόνων βασίστηκε σε open-source λογισμικά, και τη χρήση κυρίως της βιβλιοθήκης OpenCV. Ο εντοπισμός της επιφάνειας της παγίδας βασίστηκε σε συναρτήσεις κατανόησης των σχημάτων ενώ ο εντοπισμός των εντόμων έγινε με βάση το χρώμα τους, το σχήμα τους και το εμβαδόν τους.

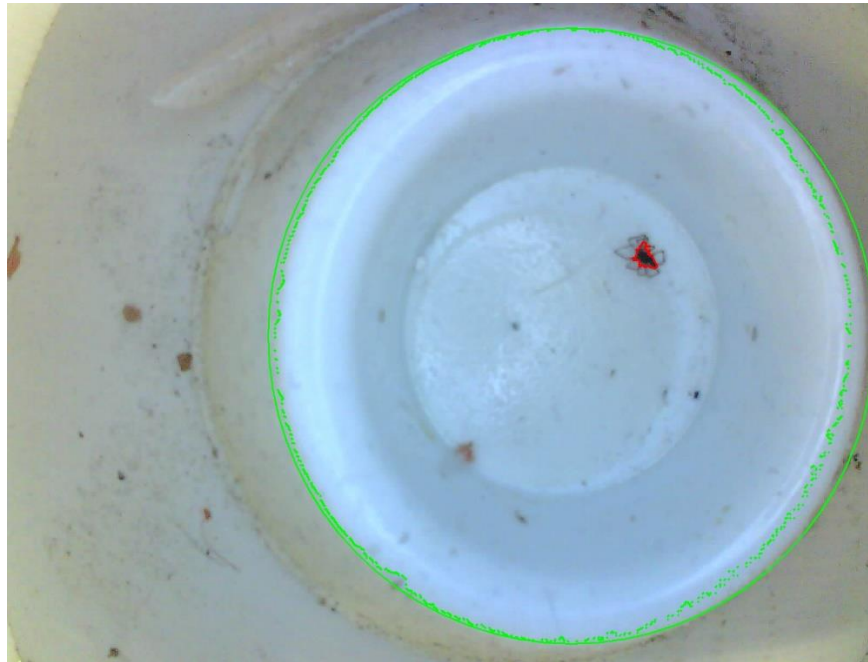
Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων, προκύπτουν οι παρατηρήσεις που αναφέρονται παρακάτω, για τις οποίες πρέπει να ληφθούν ανάλογα μέτρα, με απώτερο σκοπό την βελτιστοποίηση του αλγορίθμου και την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στα αποτελέσματα επόμενων αντίστοιχων ερευνών.

#### ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Σημαντικό βήμα στην όλη διαδικασία αναγνώρισης εικόνας, είναι η σωστή τοποθέτηση της κάμερας στο εσωτερικό της εκάστοτε παγίδας. Πιο συγκεκριμένα, η κάμερα θα πρέπει να είναι κεντραρισμένη με την επιφάνεια σύλληψης των εντόμων, έτσι ώστε να εντοπίζεται ορθά κάθε φορά το περίγραμμα της παγίδας και έπειτα ο χώρος εντός του οποίου γίνεται η καταμέτρηση των συλληφθέντων εντόμων.
- Άλλη μία σημαντική παράμετρος στη διαδικασία αναγνώρισης και επεξεργασίας των εικόνων από τις παγίδες, είναι η ακολουθία ενός πανομοιότυπου μοτίβου λήψεων. Ειδικότερα, για την διευκόλυνση της διαδικασίας εκπαίδευσης του αλγορίθμου, είναι σημαντικό οι λήψεις να είναι όσο το δυνατό πιο ίδιες αλλά και με τον κατάλληλο φωτισμό.

- Επιπλέον, η ποιότητα των εικόνων των παγίδων αποτελεί έναν από τους βασικότερα στοιχεία που επηρεάζουν τη διαδικασία αυτοματοποίησης της αναγνώρισης των εντόμων στις εικόνες. Για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής εκπαίδευσης του αλγορίθμου και της αυτοματοποίησης της διαδικασίας αναγνώρισης, είναι απαραίτητη η αναβάθμιση των καμερών των παγίδων με αντίστοιχες που δίνουν καλύτερη ποιότητα εικόνων.

Στην Εικόνα 3.2, στην Εικόνα 3.2 και στην Εικόνα 3.3, αποτυπώνονται κάποιες από τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την επεξεργασία και ανάλυση των εικόνων, με απώτερο σκοπό την αυτοματοποίηση της αναγνώρισης των εντόμων πάνω στις επιφάνειες σύλληψης των εντόμων.



*Εικόνα 3.1 Επεξεργασία εικόνας παγίδας βαδιστικών εντόμων. Μέσω της χρήσης των απαραίτητων λογισμικών και της βιβλιοθήκης OpenCV πραγματοποιήθηκε εντοπισμός και καταμέτρηση των συλληφθέντων εντόμων. Είναι σημαντικό η κάμερα να είναι κεντραρισμένη με τη επιφάνεια σύλληψης των εντόμων έτσι ώστε να μη δυσκολεύεται ο αλγόριθμος να ανταποκριθεί στον εντοπισμό και στην καταμέτρησή τους*



Εικόνα 3.2 Επεξεργασία εικόνας παγίδας βαδιστικών εντόμων. Μέσω της χρήσης των απαραίτητων λογισμικών και της βιβλιοθήκης OpenCV πραγματοποιήθηκε εντοπισμός και καταμέτρηση των συλληφθέντων εντόμων. Είναι σημαντικό η κάμερα να είναι κεντραρισμένη με τη επιφάνεια σύλληψης των εντόμων έτσι ώστε να μη δυσκολεύεται ο αλγόριθμος να ανταποκριθεί στον εντοπισμό και στην καταμέτρησή τους

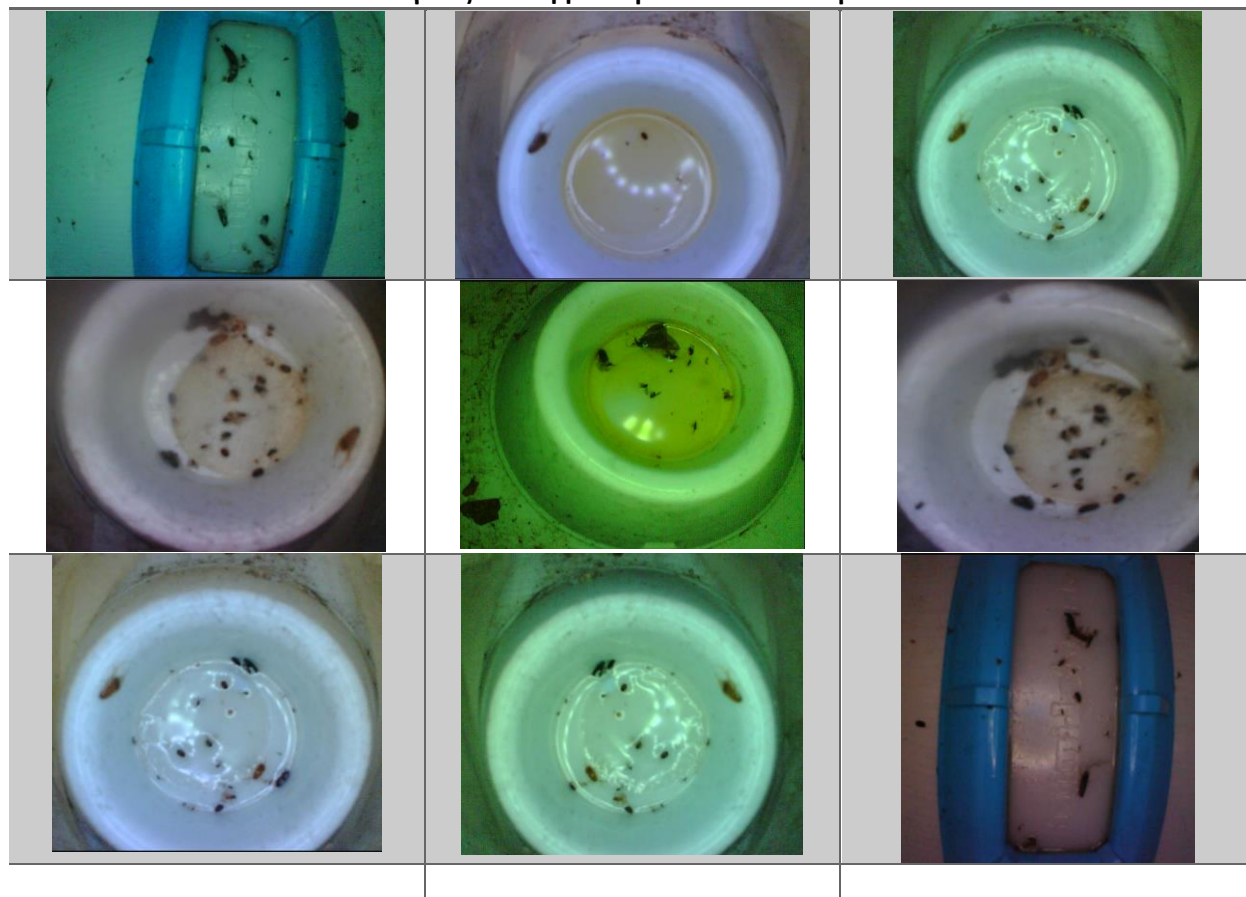


Εικόνα 3.3 Διαδικασία επεξεργασίας εικόνας από παγίδα ιπτάμενων εντόμων. Μέσω της χρήσης των απαραίτητων λογισμικών και της βιβλιοθήκης OpenCV πραγματοποιήθηκε εντοπισμός και καταμέτρηση των συλληφθέντων ιπτάμενων εντόμων

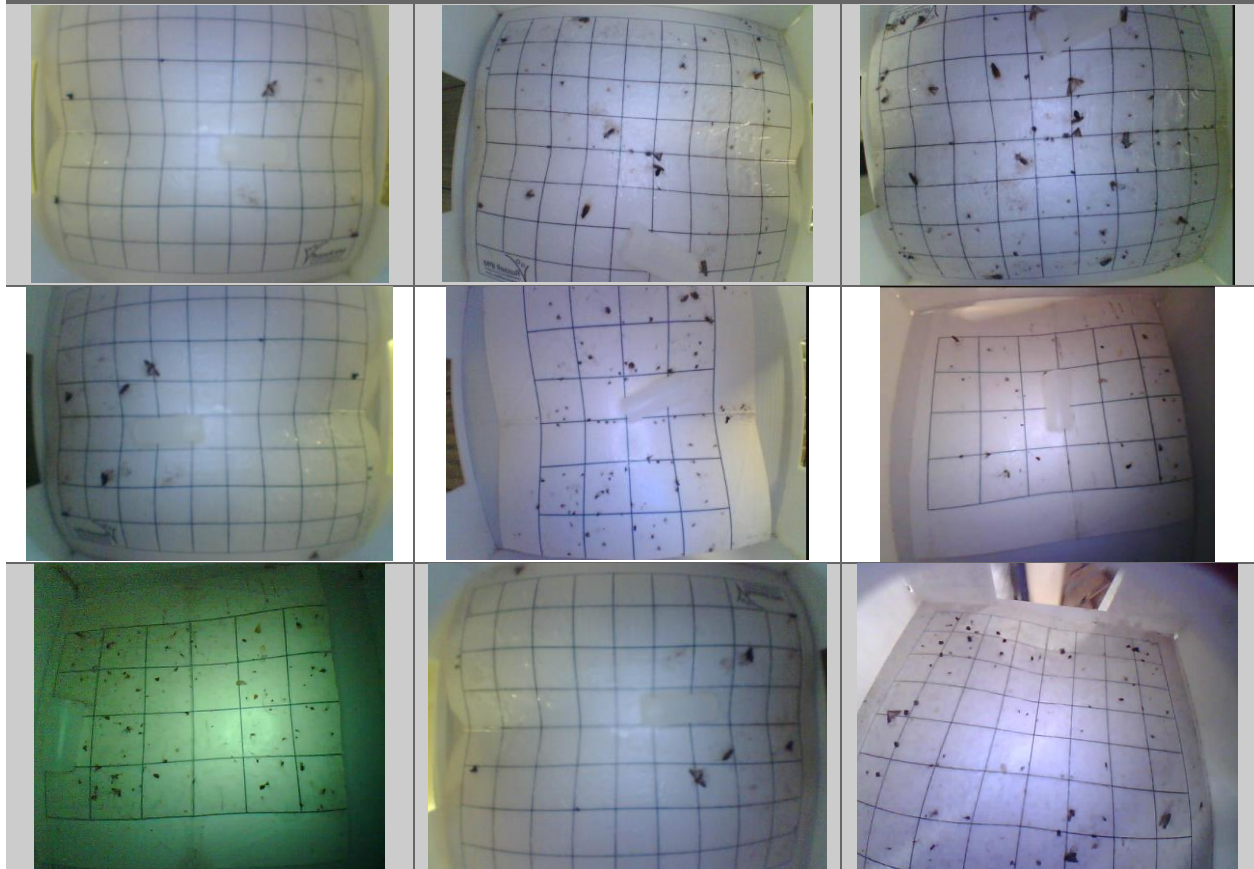
## 4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζονται ενδεικτικές ληφθέντες φωτογραφίες από τις εγκατεστημένες παγίδες συλλήψεων βαδιστικών και ιπτάμενων εντόμων στους αποθηκευτικούς χώρους των 3 καταστημάτων της εταιρείας Μασούτης ΑΕ.

**Παγίδες συλλήψεων βαδιστικών εντόμων**



Παγίδες συλλήψεων υπτάμενων εντόμων



## 5 ΣΥΝΟΨΗ

Η εγκατάσταση των επιμέρους συστημάτων στις αποθήκες των καταστημάτων της εταιρίας Μασούτης ΑΕ πραγματοποιήθηκε με βάση το αρχικό χρονοδιάγραμμα. Τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί αναφορικά με τους συλληφθέντες πληθυσμούς βαδιστικών και ιπτάμενων εντόμων καθώς και τρωκτικών σε συνδυασμό με την παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης σε 24ωρη βάση, θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση της ποιότητας των αποθηκευμένων προϊόντων της εταιρίας Μασούτης ΑΕ από ζημιές που πραγματοποιούνται πρωτογενώς από έντομα αποθηκών και από τρωκτικά και δευτερογενώς από πιθανές προσβολές μυκήτων στα ήδη αλλοιωμένα προϊόντα.