

# Διπλωματική Εργασία

Ανάπτυξη βιομηχανικού συστήματος ανάκτησης, μεταφοράς, αναγνώρισης και διαλογής προϊόντων, κατασκευασμένο με 3D εκτυπωτή, βασισμένο σε Raspberry Pi 2, με ρομποτικούς βραχίονες, ταινία μεταφοράς και αισθητήρες

**Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Υπολογιστών και Τηλεπικοινωνιών**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ρομποτική**

**Λεωνίδας Καλλιστρατίδης**

**Σεπτέμβριος, 2020**

# Περιγραφή

- Μελέτη και σχεδιασμός συστήματος αυτόματου συστήματος αναγνώρισης και διαλογής αντικειμένων
- Χαμηλό κόστος κατασκευής και χρήση στη εκπαίδευση
- Δυνατότητα ανίχνευσης μεταλλικών αντικειμένων
- Κατασκευή εξαρτημάτων με χρήση 3D εκτυπωτή
- Δυο ρομποτικοί βραχίονες και ταινία μεταφοράς
- Σύστημα αυτόματου ελέγχου βασισμένο σε Raspberry Pi 2

# Εφαρμογές

- Μεταφορά και διαλογή φρούτων και λαχανικών με χρήση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών στη βιομηχανία τροφίμων
- Μεταφορά και διαχωρισμός αντικειμένων σύμφωνα με το υλικό κατασκευής στη βιομηχανία ανακύκλωσης απορριμμάτων
- Μεταφορά και διαλογή πακέτων σε κέντρα logistics
- Μεταφορά και διαλογή αποσκευών στα αεροδρόμια

# Τεχνολογίες μεταφοράς

- Στη πλειοψηφία των εφαρμογών η διαλογή και διαχωρισμός αντικειμένων/προϊόντων γίνεται σε αντικείμενα τα οποία κινούνται πάνω σε μια ταινία μεταφοράς
- Η μεταφορά των αντικειμένων προς διαλογή και διαχωρισμό μπορεί να γίνεται και με χρήση ρομποτικών βραχιόνων
- Η μεταφορά αντικειμένων από και προς διαλογή σε βιομηχανικούς χώρους και όχι μόνο πολλές φορές γίνεται με χρήση αυτοκινούμενων οχημάτων AGV (Automated guided vehicles)
- Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας της ρομποτικής τα αυτόματα κινητά ρομπότ AMR (Autonomous Mobile Robots) άρχισαν να αντικαθιστούν τα AGV

# Τεχνολογίες διαλογής

- Sensor based sorting – Διαλογή αντικειμένων με χρήση αισθητήρων αναγνώρισης χαρακτηριστικών όπως υλικό, μέγεθος, χρώμα, RFID tags
- Vision based sorting – Διαλογή αντικειμένων με χρήση καμερών με δυνατότητα αναγνώρισης χαρακτηριστικών όπως υλικό, χρώμα, μέγεθος, barcodes και πολλά ακόμα
- AI based sorting – Διαλογή αντικειμένων με χρήση νέων τεχνολογιών του κλάδου της τεχνητής νοημοσύνης όπως μηχανική όραση και μηχανική εκμάθηση που μπορεί να επεξεργάζονται πληροφορίες που προέρχονται από sensor και vision based συστήματα για να παίρνουν αποφάσεις

# Μεθοδολογία

- Σχεδιασμός και κατασκευή πλήρως λειτουργικού πρωτοτύπου για μελέτη και πειραματισμό πάνω στο πρόβλημα
- Δημιουργία κατασκευής αντάξιας σε λειτουργικότητα με εμπορικές κατασκευές έως και εικοσαπλάσιου κόστους
- Κατασκευή οι οποία μπορεί εύκολα να αναπαραχθεί με χρήση τεχνολογιών διαθέσιμων στο ευρύ κοινό όπως η 3D εκτύπωση
- Χρήση εξαρτημάτων που μπορούν εύκολα να βρεθούν στο εμπόριο

# Εργαλεία

- Σχεδιασμός μοντέλων προς 3D εκτύπωση με SOLIDWORKS 3D
- Προετοιμασία μοντέλων για 3D εκτύπωση με Cura 3D
- Εκτύπωση μοντέλων στο εκτυπωτή Creality Ender 3
- Open source ρομποτικοί βραχίονες από την κοινότητα διαμοιρασμού 3D μοντέλων [thingiverse.com](http://thingiverse.com)
- Σχεδιασμός ηλεκτρολογικού κυκλώματος με LibreCAD
- Προγραμματισμός συστήματος αυτόματου ελέγχου με πλατφόρμα ανάπτυξης PLC CODESYS για Raspberry Pi

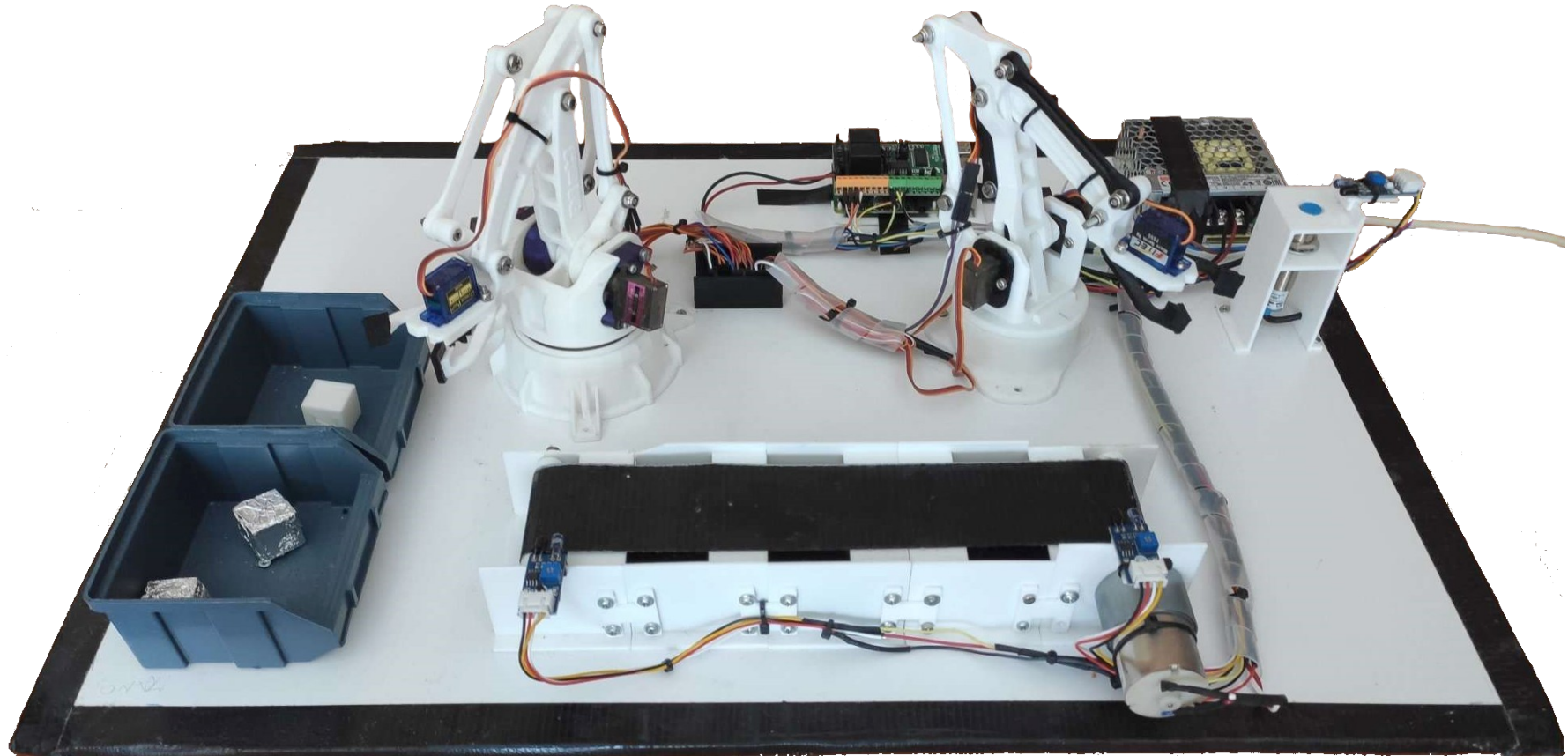
# Περιγραφή συστήματος

Η κατασκευή του συστήματος ανάκτησης, μεταφοράς, αναγνώρισης και διαλογής προϊόντων αποτελείται από 3 βασικά μηχανικά υποσυστήματα:

1. Υποσύστημα φόρτωσης και αναγνώρισης του τύπου υλικού αντικειμένων/προϊόντων
2. Υποσύστημα μεταφοράς αντικειμένων/προϊόντων
3. Υποσύστημα διαλογής και εκφόρτωσης αντικειμένων/προϊόντων



# Συνολική κατασκευή

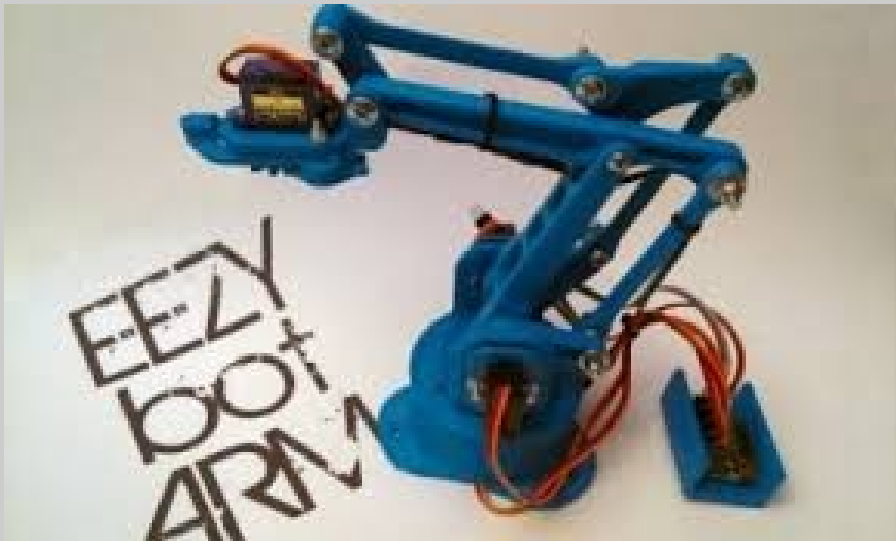


# Μηχανικά εξαρτήματα – Ρομποτικοί βραχίονες

- Open source ρομποτικοί βραχίονες EEZYbotARM MK1 και MK2 από την κοινότητα διαμοιρασμού 3D μοντέλων [thingiverse.com](https://www.thingiverse.com)
- Εύκολη εκτύπωση ακόμα σε χαμηλού κόστους 3D εκτυπωτή
- 4 βαθμοί ελευθερίας με micro σερβοκινητήρες στις αρθρώσεις
- Στιβαρή κατασκευή με καλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα στη επίτευξη θέσης στόχου

# Μηχανικά εξαρτήματα – Ρομποτικοί βραχίονες

EEZYbotARM MK1



EEZYbotARM MK3



# Μηχανικά εξαρτήματα – Ταινία μεταφοράς

- Ταινία μεταφοράς κατασκευασμένη από εξαρτήματα εκτυπωμένα σε 3D εκτυπωτή
- Αποτελείται από 3 μέρη για εύκολη επέκταση σε μήκος
- Εξαιρετικά απλή στη συναρμολόγηση
- Ισχυρός DC ηλεκτρομειωτήρας

# Μηχανικά εξαρτήματα – Ταινία μεταφοράς



# Σύστημα αυτοματισμού - Αισθητήρες

- 3 αισθητήρες υπερύθρων για ανίχνευση παρουσίας των αντικειμένων προς μεταφορά και διαλογή
- Επαγωγικός αισθητήρας για ανίχνευση μεταλλικών αντικειμένων εγκατεστημένος κάτω από την βάση τοποθέτησης αντικειμένων προς μεταφορά

# Σύστημα αυτοματισμού – Raspberry Pi + Codesys Control

- Ο πιο δημοφιλής υπολογιστής μικρού μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε non critical βιομηχανικές εφαρμογές
- Μετατροπή του Raspberry Pi σε Soft PLC με εγκατάσταση του CODESYS Control Runtime for Raspberry Pi

# Σύστημα αυτοματισμού – Raspberry Pi + PiFace Digital 2

- PiFace Digital 2 Hat δίνει στο Raspberry Pi δυνατότητα αλληλεπίδρασης με αισθητήρια και συσκευές ελέγχου (ρελέ, μικροί κινητήρες) σε τάση 5V
- Ενσωματωμένες 8 ψηφιακές είσοδοι, 8 ψηφιακές έξοδοι με τις πρώτες 2 να είναι έξοδοι ρελέ
- Χρήση SPI ως σειριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας με το Raspberry Pi 2 με χρήση κατάλληλου driver απευθείας μέσα από το CODESYS



# Σύστημα αυτοματισμού – Pololu Maestro Servo Controller

- Mini Maestro 12-Channel USB Servo Controller με δυνατότητα σύνδεσης έως και 12 micro σερβοκινητήρων στις εξόδους του
- Δυνατότητα χρήσης εξόδων και ως αναλογικών και ψηφιακών εισόδων
- Σύνδεση με PC μέσω USB για παραμετροποίηση και δημιουργία ακολουθιών κινήσεων μέσω Maestro Control Center που τρέχει σε Windows
- Δυνατότητα δημιουργίας script για αυτόματη εκτέλεση των ακολουθιών κινήσεων (sequences) από την μνήμη του controller χωρίς να απαιτείται σύνδεση με PC

# Φάσεις λειτουργίας συστήματος

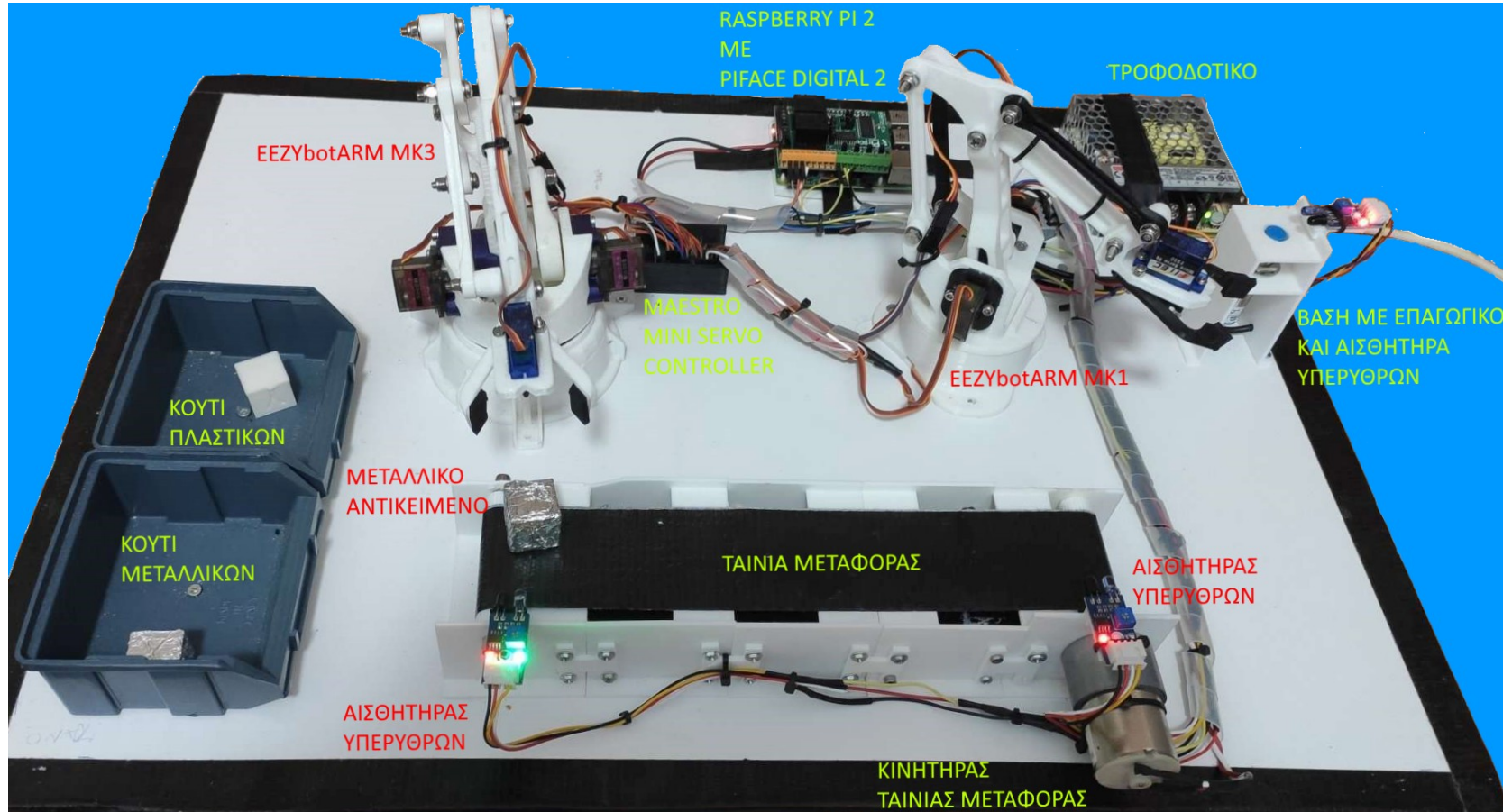
Η λειτουργία του αυτόματου συστήματος ανάκτησης, μεταφοράς, αναγνώρισης και διαλογής αντικειμένων πραγματοποιείται σε 3 φάσεις:

- Φάση 1 – Αναγνώριση υλικού αντικειμένου στη βάση τοποθέτησης με χρήση επαγωγικού και αισθητήρα υπερύθρων και μεταφορά του στη ταινία μεταφοράς με αυτόματη εκκίνηση του ρομποτικού βραχίονα MK1
- Φάση 2 – Μεταφορά του αντικειμένου από την αρχή της ταινίας μεταφοράς στο τέλος της με αυτόματη εκκίνηση και σταμάτημα μέσω αισθητήρων υπερύθρων
- Φάση 3 – Μετακίνηση του αντικειμένου στο αντίστοιχο κουτί αποθήκευσης ανάλογα με το υλικό με αυτόματη εκκίνηση του ρομποτικού βραχίονα MK3

# Αποτελέσματα λειτουργίας συστήματος

- Απόλυτη σταθερότητα και επαναληψιμότητα του προγράμματος ελέγχου λόγω χρήσης αξιόπιστων και δοκιμασμένων λύσεων όπως Raspberry Pi, CODESYS και Maestro Mini Servo Controller
- Πολύ καλό ποσοστό επιτυχίας μεταφοράς αντικειμένων από τους ρομποτικούς βραχίονες ως συνέπεια ακρίβειας και επαναληψιμότητας στη επίτευξη θέσης στόχου της αρπάγης των ρομποτικών βραχιόνων
- Κύκλος λειτουργίας συστήματος περίπου 34 δευτερόλεπτα και μπορεί να μειωθεί κατά πολύ με χρήση ηλεκτρομειωτήρα ταινίας μεταφοράς με μικρότερη σχέση γρاناζιών
- Η χρήση ενός μόνο τροφοδοτικού 5V απλοποιεί εξαιρετικά την καλωδίωση του ηλεκτρικού κυκλώματος

# Σύστημα σε λειτουργία



# Συμπεράσματα

- Αξιόπιστη κατασκευή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση για πειραματισμό και μελέτη συστημάτων αυτόματης διαλογής αντικειμένων
- Πολύ χαμηλό κόστος κατασκευής κάτω από 200 ευρώ
- Δυνατότητα επέκτασης για χρήση σε μελλοντικές μελέτες και σε εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης με χρήση μηχανικής όρασης και μηχανικής μάθησης για την διαλογή αντικειμένων
- Η χρήση βιομηχανικών εργαλείων όπως το CODESYS δίνει την δυνατότητα μελέτης και ανάπτυξης εφαρμογών Industry 4.0 και IIoT (Industrial Internet of Things) με χρήση τεχνολογιών όπως Big Data, Node-RED, MQTT, OPC UA για βελτιστοποίηση παραγωγικών διαδικασιών

**ΤΕΛΟΣ**