

# ROBOTIC SYSTEM FOR PARCELS RECOGNITION AND HANDLING IN A FULFILLMENT WAREHOUSE

TEODORESCU Bogdan-Gabriel

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea Informatică Aplicată în Inginerie Industrială,  
Anul de studii: IV, e-mail: bogdan.teodorescu98@stud.fiir.upb.ro

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Bogdan Felician ABAZA**

*REZUMAT: The thesis presents the automation of parcels handling in a fulfillment warehouse. There will be shown the development of parcel handling system through design process, 3D modeling and additive manufacturing. The automation consists of two steps: collecting the parcel from a designated point and delivering it to a destination. Therefore, the purpose of this project is to build a functional prototype through 3D printing in order to reduce the costs.*

*CUVINTE CHEIE: automatizare, logistică, robot, imprimare 3D, distribuție*

## 1. Introducere

Lucrarea va prezenta o soluție de automatizare a unei activități din procesul de fulfillment, alte automatizări deja implementate, precum și etapele de proiectare și modelare 3D a sistemului robotizat care va putea fi integrat în conceptul de Micro-fulfillment.

Procesul de fulfillment include depozitarea, scoaterea din depozit conform comenzilor – picking, ambalarea – packing, pregătirea mărfurilor pentru expediere și livrarea (transport-curier) a unor bunuri terțe folosind sistemele informatice și automatizarea [1].

Conceptul de Micro-fulfillment implică utilizarea unor facilități de depozitare mici, complet automatizate, care se află mai aproape de clientul final, pentru a reduce costurile și timpul de livrare a bunurilor. Micro-fulfillment este o strategie utilizată de comercianții cu amănuntul pentru eficientizarea procesului de distribuție. De la primirea unei comenzi până la ambalarea acesteia și, în unele cazuri, livrarea către clientul final [2].

Procesul de distribuție are ca scop furnizarea către client la timp și cu costuri minime a produselor sau serviciilor cerute. Pentru a atinge acest obiectiv, toate activitățile inclusiv mișcarea și depozitarea bunurilor trebuie să fie organizate într-un sistem logistic integrat [3].

Problema care se dorește a fi soluționată prin intermediul sistemului robotizat este cea a manipulării coletelor și transportul lor în incinta depozitului, care, în cea mai mare parte, este îndeplinită de către operatori umani. Sistemul va prelua un colet dintr-un punct de colectare, se va deplasa către zona prestabilită și va efectua o mișcare de basculare a mesei pentru a descărca coletul în punctul de ieșire.

## 2. Stadiul actual

Produsele și serviciile își pot îndeplini scopul pentru care au fost proiectate atunci când ajung în posesia consumatorului. Cu toate acestea, în era digitalizării și a creșterii continue de consum, calea de la producător la consumator nu este nici scurtă, nici ieftină. Activitățile de distribuție au apărut odată cu revoluția industrială și în prezent reprezintă o porțiune importantă din sectorul de transporturi, unul dintre cele mai active sectoare din economie. [4]

Din cauza creșterii tot mai rapide, s-a constatat nevoia de automatizare parțială sau integrală a procesului de distribuție, pentru a scădea timpul de livrare și costurile aferente, iar componenta cea mai predispusă pentru această automatizare o reprezintă depozitele logistice.

Pe piață sunt implementate diferite sisteme automate care realizează o singură activitate sau activități multiple din procesul de distribuție și care sunt destinate pentru anumite încărcări sau fluxuri de colete. Lucrarea se va concentra pe sisteme cu vehicule ghidate automat – AGV Systems.

## 2.1 Sisteme cu vehicule ghidate automat

Acest tip de sisteme folosesc flote de vehicule ghidate automat, inteligență artificială și integrează sisteme informatice complexe. Acestea se folosesc pentru colete cu greutate redusă și fluxuri mari de colete. Implementarea aduce o serie de avantaje precum:

- Creșterea eficienței
- Eliminarea deplasărilor operatorilor umani pe distanțe mari
- Adaptarea facilă la fluxuri variabile prin mărirea sau micșorarea flotei de roboți
- Reducerea erorilor și accidentărilor operatorilor umani
- Ocuparea redusă a spațiului depozitului decât alte categorii de sisteme
- Costuri reduse de funcționare și instalare

În această categorie se disting alte două subcategorii, în funcție de numărul de colete transportate simultan:

1. Roboți care se înșurubează în baza raftului cu colete și îl transportă către zona prestabilită:
  - Kiva Systems, integrat în depozitele Amazon
  - Fabric, integrat folosit în depozitele Amazon



Fig. 1 Roboți Kiva Systems [5]

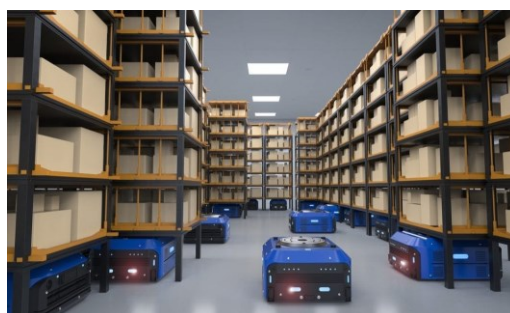


Fig. 2 Roboți Fabric [6]

2. Roboți care transportă colete individuale către punctul de ieșire, deplasându-se pe o „autostradă” special amenajată:
  - Conveyco
  - Tompkins

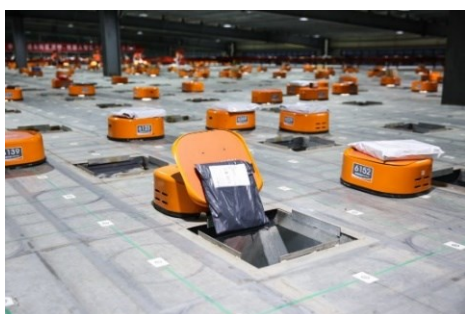


Fig. 3 Roboți Conveyco [7]

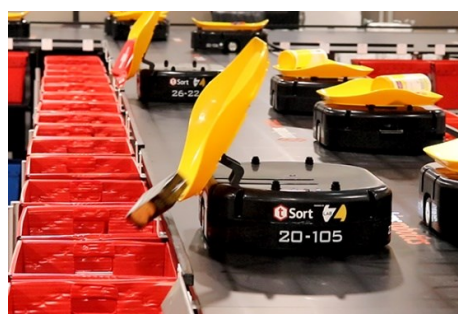


Fig. 4 Roboți Tompkins [8]

### 3. Cercetarea posibilității de integrare, proiectarea, modelarea 3D și fabricarea sistemului

În etapa inițială, s-au făcut diverse cercetări pentru a vedea dacă un astfel de sistem poate fi integrat în conceptul de Micro-fulfillment. S-a realizat analiza nevoii pe baza căreia s-au identificat funcțiile principale ale sistemului, s-a făcut o analiză a principalelor produse concurente pentru a concretiza diferite caracteristici și valori necesare unui astfel de sistem și s-au conturat diferite soluții constructive.

Din toate cele menționate anterior a rezultat că sistemul trebuie să transporte și manipuleze colete de maxim 3 kg, dimensiunea maximă a coletului să fie 300x250x150 mm (L x l x h), să aibă o autonomie minimă de 3 ore și faptul că întreg sistemul va fi compus din trei subsisteme: mecanic, electronic, software.

Pentru a proiecta sistemul robotizat care să îndeplinească funcția de manipulare a coletului a fost necesară o etapă de pre-dimensionare a mecanismului folosit la bascularea coletului. Mecanismul de basculare va avea în componența sa cinematică o mișcare de translație, urmată de o mișcare de rotație. Aceasta mișcare compusă a fost simulată cu ajutorul programului LabVIEW și a ecuațiilor de mișcare rezultate anterior. În urma a mai multor simulări și a variației distanțelor dintre cuplele mecanismului, s-a ajuns la o variantă optimă, astfel s-a dimensionat distanța dintre cuplele mecanismului, cât și unghiul de rotație necesar pentru a îndeplini un ciclu complet.

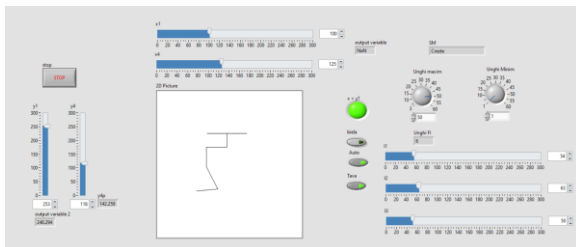


Fig. 5 Simulare translație în LabVIEW

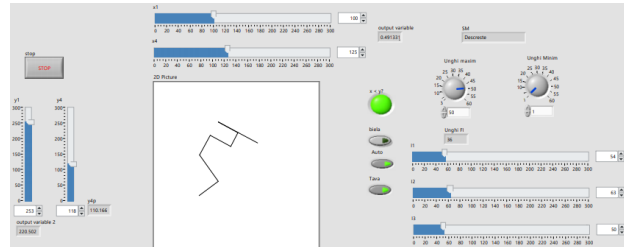


Fig. 6 Simulare rotație în LabVIEW

După ce au fost dimensionate distanțele dintre cuple, s-a modelat 3D mecanismul, prin intermediul programului CAD Solidworks, pentru a vedea dacă rezultatele obținute anterior se validează. A urmat modelarea 3D și integrarea celorlalte subsisteme pentru a compune întreg sistemul de manipulare a coletelor.

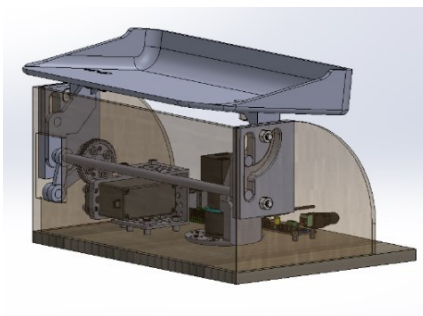


Fig. 7 Robotul în poziția de transport

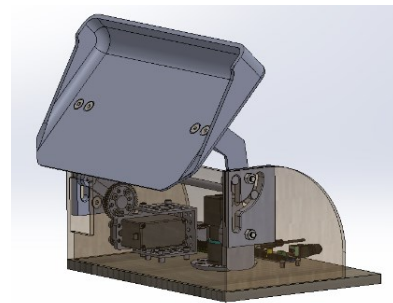


Fig. 8 Robotul după basculare

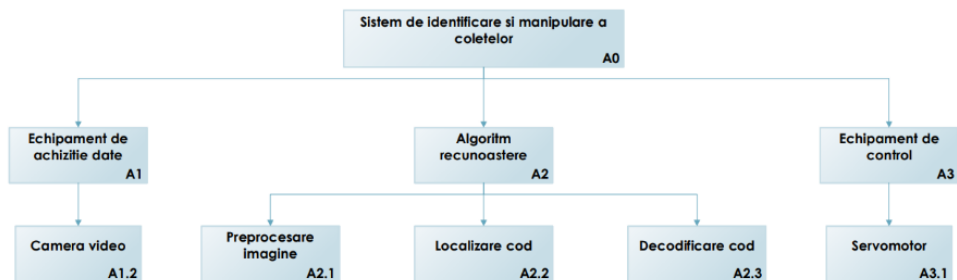


Fig. 9 Diagrama sistemului robotizat

### 3.1 Structura subsistemului mecanic

Subsistemul mecanic are rolul de a ghida masa pe traiectoria stabilită, de a susține coletul în timpul transportului într-o poziție cât mai statică și de a crea o legătură rigidă între platforma mobilă și masă.

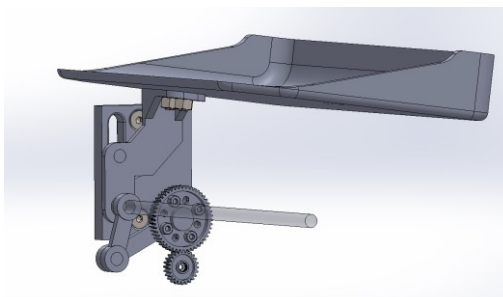


Fig. 10 Subsistem mecanic

Principalele elemente care compun acest subsistem, cât și funcția lor, vor fi prezentate mai jos:

- Masă - susținere - Fig. 10
- Ghidaj – direcționarea mișcării - Fig. 11
- Braț - legătură și fixare - Fig. 12
- Angrenaj - transmiterea și amplificarea de cuplu - Fig. 13
- Submecanism bielă-manivelă - transformarea mișcării de rotație în translație- Fig. 14

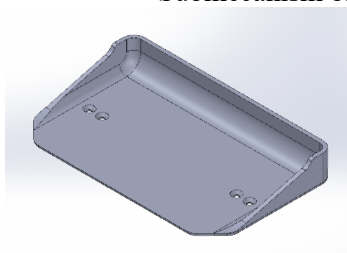


Fig. 11 Masă

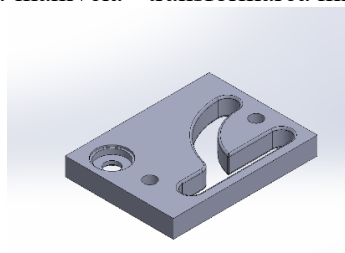


Fig. 12 Ghidaj

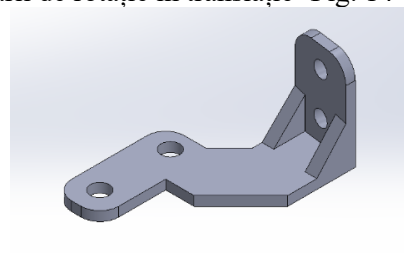


Fig. 13 Braț

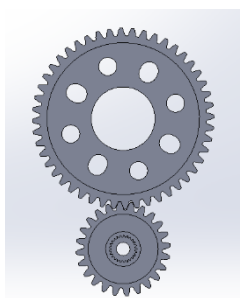


Fig. 14 Angrenaj

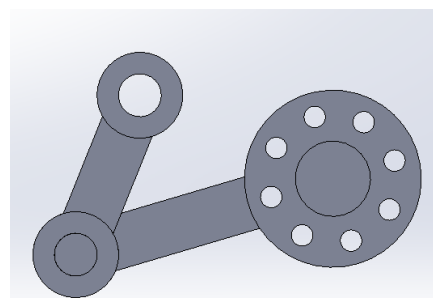


Fig. 15 Submecanism bielă-manivela

### 3.2 Structura subsistemului electronic

Subsistemul electronic are rolul de a comanda servomotorul, prin intermediul plăcii de control, și de a face achiziția de imagini furnizate de către camera video.

Principalele elemente care compun acest subsistem, cât și funcția lor, vor fi prezentate mai jos:

- Raspberry PI 4 B - Single-Board Computer - achiziție de date și control - Fig. 16
- Hitec HS-788HB - transformarea energiei electrice în energie mecanică - Fig. 17
- HAYEAR HY-2307K - achiziție de imagini - Fig. 18

- Adafruit PCA9685 - controlul servomotorul și izolarea electrică față de Raspberry PI 4 - Fig. 19



Fig. 16 Raspberry PI 4 B [9]



Fig. 17 Hitec HS-788HB [10]



Fig. 18 HAYEAR HY-2307K [11]



Fig. 19 Adafruit PCA9685 [12]

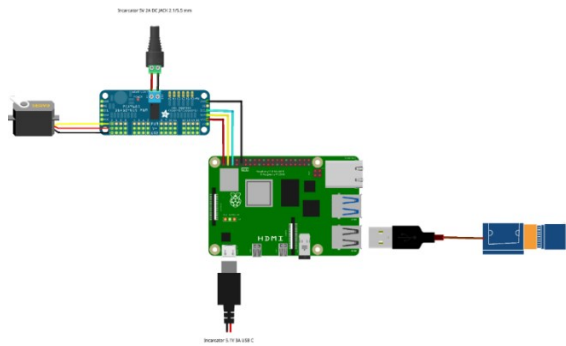


Fig. 20 Diagrama de conexiuni

### 3.3 Structura subsistemului software

Subsistemul software are rolul de a analiza și prelucra imaginile furnizate de camera video și transmiterea de comenzi către servomotor, atunci când trebuie să execute acțiunea de basculare a coletului.

Etapile de funcționare ale subsistemului:

1. Robotul se apropie de un punct de ieșire
2. Camera video va transmite imagini cu codul QR alocat punctului de ieșire
3. Algoritmul de recunoaștere va trece secvențial prin următoarele etape:
  - I. Procesare imagine
  - II. Localizare cod
  - III. Decodificare informație
4. Se va face compararea informației decodificate cu baza de date
5. Se va transmite comanda către servomotor, dacă codul a fost validat, pentru a efectua acțiunea de basculare

### 3.4 Fabricarea prin tehnologia de imprimare 3D

Pentru a se stabili dacă componentele subsistemului mecanic pot fi realizate printr-un proces aditiv, s-a efectuat o serie de experimente. Ca echipament s-a folosit o imprimantă 3D cu tehnologie FDM (Fused Deposition Modeling), material PLA (Polylactic acid), iar scara componentelor este 1:2.

Imprimarea submecanismului bielă-manivelă, brațului, ghidajului și mesei a fost o reușită, iar după etapa de finisare a componentelor, acestea au fost asamblate. Au fost stabilite prin metode experimentale: sarcina portantă maximă de 2 kg și unghiul minim de înclinare, necesar pentru ca coletul să alunece, de aproximativ 23°.



Fig. 21 Poziția de transport



Fig. 22 Poziția după basculare



Fig. 23 Componente imprimate 3D

#### 4. Concluzii și direcții de dezvoltare

Soluția de automatizare, cât și sistemul robotizat, descrise în capitolele anterioare ar putea ajuta scăderea costurilor și timpilor din procesul de distribuție, Aceasta soluție poate avea un cost de producție redus prin utilizarea tehnologiei de imprimare 3D pentru fabricarea anumitor componente ale subsistemului mecanic.

Dezvoltările ce vor urma :

- Proiectarea, modelarea și fabricarea unei carcase
- Proiectarea și testarea algoritmului de recunoaștere a codurilor QR
- Validarea funcționalității întregului sistem și integrarea cu WMS (Warehouse Management System)
- Aflarea, prin metode experimentale și analitice, a caracteristicilor și parametrilor de funcționare ale prototipului

#### 5. Bibliografie

- [1]. \*\*\*, Externalizați logistica în mâinile firmei de fulfillment, Coletăria, <https://www.coletaria.ro/pick-up/externalizati-logistica-in-mainile-firmei-de-fulfillment> [Accesat 12-05-2021].
- [2]. \*\*\*, Micro-fulfillment, DHL Logistics of Things, <https://lot.dhl.com/glossary/micro-fulfillment> [Accesat 12-05-2021].
- [3]. Abaza, B. (2021), Managementul rețelelor logistice, suport de curs, Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, specializarea Informatică Aplicată în Inginerie Industrială.
- [4]. Stanciu, S. (1999), Bazele generale ale marketingului, Editura Universității București, București, ISBN 973-57536-6-9, pag. 141.
- [5]. \*\*\*, <https://spectrum.ieee.org/image/Mjg5MzA1MA.jpeg> [Accesat 12-05-2021].
- [6]. \*\*\*, <https://securecdn.pymnts.com/wp-content/uploads/2019/10/Fabric-Logistics-Warehouse-Amazon-1000x600.jpg> [Accesat 12-05-2021].
- [7]. \*\*\*, <https://www.dcvelocity.com/ext/resources/images/products/uploaded/archives/a/amr-tilt-sort-press-release.jpg?t=1582261020&width=696> [Accesat 12-05-2021].
- [8]. \*\*\*, <https://www.materialhandling247.com/images/product/Tilting.png> [Accesat 12-05-2021].
- [9]. \*\*\*, <https://gadgetreleasedate.com/wp-content/uploads/2019/06/Raspberry-Pi-4-Model-B.jpg> [Accesat 13-05-2021]
- [10]. \*\*\*, [https://cdn11.bigcommerce.com/s-tnsp6i3ma6/images/stencil/800w/products/9332/21726/33788S-HS-788HB\\_94970.1586891732.jpg?c=2](https://cdn11.bigcommerce.com/s-tnsp6i3ma6/images/stencil/800w/products/9332/21726/33788S-HS-788HB_94970.1586891732.jpg?c=2) [Accesat 13-05-2021].
- [11]. \*\*\*, <http://www.hayear.com/upLoad/product/1911211457596887541.jpg> [Accesat 13-05-2021].
- [12]. \*\*\*, <https://www.direnc.net/pca9685-16-kanal-12-bit-pwmservo-i2c-surucu-modul-en-other-modules-hwa-yeh-45530-90-B.jpg> [Accesat 13-05-2021].