

## ROBOTIZATION OF PALLETIZATION PROCESSES

GEORGESCU Tiberiu-Marian, GEORGESCU Aurelia-Mioara și MARIN Mihai-Gabriel  
Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Ingineria Managerială a Sistemelor Tehnice,  
Anul de studii: I, e-mail: [tgeorgescu@stud.fiir.upb.ro](mailto:tgeorgescu@stud.fiir.upb.ro)

Conducător științific: Conf. dr. ing. **Iulian TABĂRĂ**

*ABSTRACT: Palletization is the operation of orderly volumetric availability, horizontally (in the form of layers with homogeneous height) and vertically (in the form of multiple layers) on standardized transport devices called pallets, of different categories of objects (products packed in cardboard boxes) with a parallelepiped shape, bags with loose materials such as granules or powders, sets of multiple pre-wrapped objects - water / oil bottles, etc.) handled individually or in groups by industrial robots or automatic palletizing machines. Industrial robots in palletizing, bring multiple advantages, such as: reduction of labor costs; handling different sizes, shapes and weights, increased productivity.*

*CUVINTE CHEIE: Palletizing, Industrial robots, Automation, Software, Fasteners.*

### 1. Introducere

Paletizarea reprezintă operația de dispunere volumică ordonată, în plan orizontal (sub formă de straturi cu înălțime omogenă) și pe verticală (sub formă de straturi multiple) pe dispozitive de transport standardizate denumite paleți, a diferitelor categorii de obiecte (produse ambalate în cutii de carton cu formă paralelipipedică, saci cu materiale vrac de tip granule sau pulberi, seturi de obiecte multiple preinfoliate – sticle cu apă / ulei etc.) manipulate individual sau în grup de către roboți industriali sau mașini automate de paletizare.

Paletizarea se realizează pe paleți cu dimensiuni reglementate prin standarde internaționale pentru a se facilita unificarea condițiilor de stocare, transport și manipulare a acestora. RI de paletizare pot structura stivele de produse paletizate după diferite scheme de dispunere ordonată a obiectelor, fiecare strat în parte având o altă dispunere a acestora. Fiecare strat de obiecte paletizate are un centru de greutate echivalent, ce uzual nu coincide ca locație cu centrul de simetrie geometrică a suprafeței paletului. Din acest motiv, straturile cu configurație / dispunere diferită a obiectelor pe palet alternează până la constituirea unui pachet / grup de straturi (uzual 2...4 straturi) care are centrul de greutate echivalent cu o localizare în plan identică cu cea a centrului de simetrie geometrică a suprafeței paletului. Numărul total de straturi de paletizare rezultă, ca urmare, sub forma unui multiplu al numărului de pachete / grupuri de straturi fiecare grup incluzând la rândul său 2...4 straturi cu dispunere diferită a obiectelor. Orientarea și poziționarea produselor pe straturile unei stive este deosebit de variată ținând cont de formă (pătrată sau dreptunghiulară) paletului precum și de forma și dimensiunile specifice ale produselor paletizate.

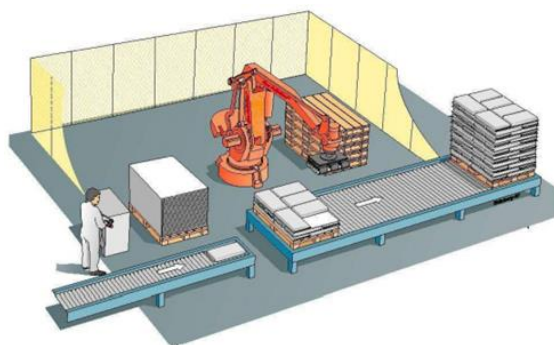


Fig. 1. Robotizarea proceselor de paletizare

Produsele de tip cutii paralelipipedice sunt ideale pentru paletizare, iar cu cât este mai mare înălțimea față de bază cu atât echilibrul stivei verticale este mai mic. Uneori la produse speciale există straturi în stivă care nu conțin același număr de produse, iar în acest caz robotul este programat să realizeze acele straturi deasupra stivei. Altă dată există și produse cu dimensiuni diferite pe aceeași stivă, ceea ce indică faptul că robotul de paletizare este cel mai eficient față de mașinile speciale de paletizare.

Sistemele robotizate de paletizare sunt proiectate pentru o gamă largă de aplicații de paletizare într-o serie de industrii. Soluțiile robotice oferă o flexibilitate operațională ridicată și pot construi simultan o serie de sarcini de paletizare, pot gestiona mai multe dimensiuni, forme și greutatea ale produselor și pot fi reprogramate pentru a face față cerințelor de încărcare modificate sau noi.

Pentru obținerea unor servicii de înaltă calitate în domeniul industrial, și nu numai, a fost necesar automatizarea și implementarea roboților în procesele tehnologice. Astfel, muncitorii umani au fost înlocuiți, total sau parțial, de roboții industriali, iar aceștia au fost specializați pentru „conducerea” roboților. Aplicațiile principale care pot fi îndeplinite cu succes de roboții industriali sunt: manipularea de material (operații de tip „pick and place”), asamblare, vopsire, sudare, ambalare, paletizare, inspecția și testarea produselor. Roboții industriali pot activa în diferite ramuri industriale, dintre care se pot enumera: auto, electronică, medicină, industria alimentară, biotehnică, farmaceutică, militară și în medii de lucru ostile.

## 2. Variante constructive de bază ale roboților industriali dedicați paletizării

### a) Braț articulat

Un braț robotic articulat este genul de braț robotic cu care probabil ești cel mai familiarizat. Acest braț robotic poate avea de la 3 la 7 articulații rotative și sunt utilizate de obicei în aplicații precum sudura sau vopsitul, din industria auto, unde efectorul final trebuie să fie în poziții și orientări foarte specifice.

Brațul robotizat este cel mai comun tip de robot de fabricație. De obicei, este alcătuit din șapte segmente cu șase articulații acționate folosind motoare cu pas. Un utilizator poate controla brațul robotizat prin intermediul unui computer prin controlul motoarelor pas cu pas în articulații.



Fig. 2. Braț articulat

Deoarece motoarele pas cu pas se mișcă în trepte controlate, brațul robot poate fi făcut să se deplaseze într-un mod foarte precis în mod repetat, cu un nivel ridicat de precizie și fiabilitate. Pe articulațiile robotice ale brațului există senzori de mișcare care oferă feedback și permit robotului să se deplaseze într-un mod controlat.

Datorită repetabilității și preciziei, brațele robotizate sunt utilizate pentru funcții dificile, repetitive și adesea plictisitoare pentru oameni. Funcțiile considerate periculoase pentru ființe umane pot fi, de asemenea, îndeplinite cu ajutorul brațelor robotizate.

Deoarece robotul are șase articulații, acesta poate pivota în șase moduri diferite. Se spune că are șase grade de libertate. Brațul uman, prin comparație, are șapte grade de libertate.

### **b) Roboți industriali SCARA**

SCARA este un acronim pentru Selective Compliance Articulated Robot Arm (Robot cu braț articulat mobil în plan) și este conceput să facă față la o mare varietate de operații de manipulare a materialelor. În principiu, brațul robotic SCARA are o rază de acțiune de formă cilindrică cu variații la diametrul și adâncimea cilindrului. În majoritatea aplicațiilor, roboții realizează operații de asamblare sau de preluare și plasare care necesită un receptor final. Acesta poate fi un simplu graifer sau o unealtă universală montată la capătul brațului cu distribuitoare sau șurubelnițe.

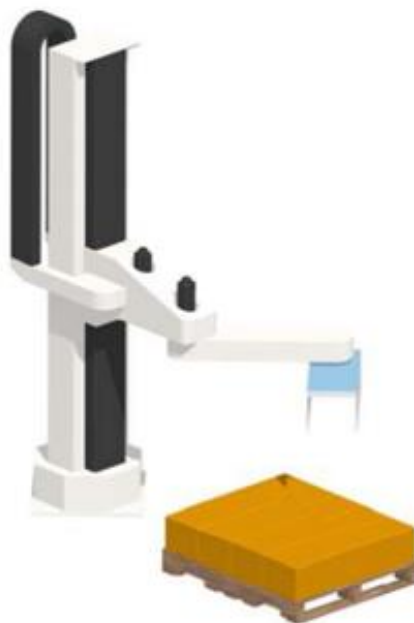


Fig. 3. Robot SCARA

Acest tip de braț robot are două articulații rotative paralele care asigură conformitatea într-un plan. Poate fi folosit pentru a aplica etanșant, pentru a efectua funcții de preluare și plasare, pentru a manipula operațiunile de asamblare și pentru a lucra cu mașini-unelte.

Prima axă a revolutei leagă brațul înainte și înapoi în jurul axei de bază, adică axa verticală a umărului. Cea de-a doua articulație rotativă leagă antebrațul înainte și înapoi în jurul axei verticale a cotului. Astfel, două articulații revolute controlează mișcarea într-un plan orizontal. Componenta verticală a mișcării este asigurată de a treia articulație, o articulație prismatică care alunecă încheietura mâinii în sus și în jos. Oferă rigiditate pe direcție verticală și se conformează pe axa orizontală

Gradul de libertate este un termen folosit pentru a descrie libertatea de mișcare a unui robot în spațiul tridimensional - mai exact, capacitatea de a se deplasa înainte și înapoi, în sus și în jos, și la stânga și la dreapta. Pentru fiecare grad de libertate, este necesară o articulație. Un robot SCARA utilizează 4 grade de libertate.

### c) Roboți industriali PORTAL DUBLU

Este un braț simplu în care toate articulațiile sunt liniare. O articulație liniară mișcă sarcina în sus și în jos, o altă îmbinare liniară o deplasează spre exterior și spre interior. Aceste tipuri de brațe robotice sunt folosite pentru ridicarea și paletizarea pieselor grele, cum ar fi caroserii sau autoturisme complete.



Fig. 4. Robot PORTAL DUBLU

În prezent, multe industrii diverse utilizează deja o gamă largă de brațe robotice programabile, de la domeniul medical, farmaceutic, până la cel alimentar, al agriculturii sau auto. Sunt necesare abilități supraumane pentru a repeta aceeași mișcare timp de mai multe ore cu exact aceeași precizie, însă cu ajutorul automatizării inteligente a operațiunilor repetitive diferite în funcție de fiecare domeniu, acest lucru este posibil.

## 3. Specificatii ale roboților industriali dedicați operațiilor de paletizare. Exemple.

### a) Generalități

În cazul RI de tip braț articulat, există și posibilitatea utilizării unor RI dedicați (cu o concepție special adaptată realizării operațiilor de paletizare). Roboții de tip braț articulat dedicați pentru operațiile de paletizare au 5 grade de libertate, toate de rotație, dar includ doar 4 axe comandate numeric (existând doar 4 motoare electrice de acționare). Pentru mișcările de orientare sunt disponibile grade de libertate 4-5 parametrizate pitch-roll, dar dintre acestea doar pentru gradul de libertate roll există un motor propriu de acționare. Specificul constructiv al acestor roboți dedicați constă în existența unui sistem mecanic de concepție specială, care permite obținerea mișcării de orientare de tip pitch, prin care se asigură menținerea permanent verticală a axei de rotație roll indiferent de pozițiile unghiulare ale segmentelor bratului articulat. Realizarea unui astfel de sistem presupune utilizarea a doua subsisteme de tip lant cinematic închis și o construcție particulară a cuplei care permite realizarea mișcării de orientare de tip pitch. Fiecare aplicație robotizată este comandată de controlere programabile ce permit operatorului uman introducerea programelor specifice pentru fiecare aplicație în parte. În funcție de realizarea specifică a unei aplicații de paletizare, pentru corelarea / interconținerea funcționării RI cu restul subsistemelor din aplicația robotizată controlerul acestuia trebuie să poată primi și procesa informații de la senzori extrinseci (plasați în mediul de lucru al RI) pentru: comanda conveioarelor de alimentare cu produse de paletizat, comanda conveioarelor de ieșire a paleților cu stive de produse paletizate, comanda sistemelor de alimentare cu paleți goi etc. În ceea ce privește specificul constructiv al RI utilizați în aplicații de paletizare, în cele ce urmează nu vor fi prezentate decât exemple de RI de tip braț articulat cu o construcție special adaptată realizării unor asemenea sarcini de lucru, pentru celelalte modele de RI de tip braț articulat / portal dublu de uz general fiind incluse suficiente exemple în capitolele anterioare.

### b) Exemple de roboți de paletizare OKURA

A700 oferă fiabilitate ridicată în spațiu minim. Încărcarea și descărcarea produsului este complet automatizată. Funcționează neobosit și este o soluție excelentă pentru toate nevoile de paletizare.

Există un spațiu de lucru conceput pentru robot pentru a permite manipularea produsului. Pachetele de produse sunt transportate către celulă de către transportor. Acestea vor fi apoi paletizate, deplasându-le de la transportor la un model specific de pe palet. Paletul complet este mutat din celulă la următoarea etapă a sistemului de paletizare, care în mod normal invocă învelirea întinsă. Manipularea paleților se poate face folosind căruciorul de transfer, transportorul sau un vehicul ghidat automat. În funcție de tipul de transportor de paleți utilizat, sistemul este automatizat pentru a se coordona cu acțiunile robotului și viteza cu care pachetele trebuie paletizate. Tipul paletizatorului diferă în funcție de tipul de produs. De exemplu, un paletizator de sac poate avea nevoie de o foaie de alunecare montată pe palet; întrucât un paletizator pentru cutii cu tăvi deschise poate avea nevoie de foi între straturi, ambele montate de robot.



Fig. 5. A700 – robot paletizator

Okura A1600. Acest paletizator este capabil de 1600 de cicluri pe oră și poate stiva peste 28 de saci pe minut. Are o capacitate de încărcare utilă de până la 310 lbs și un interval de 360°. Interfața cu ecran tactil permite operarea convenabilă și programarea tiparului utilizatorului. Este compact și eficient din punct de vedere energetic și nu necesită multă întreținere. Reduce semnificativ timpul de nefuncționare și asigură o consistență ridicată.



Fig. 6. Okura A1700

### c) Mecanisme de prindere

- Scule cu vid - Acest tip este ideal pentru ambalaje convenționale, robuste, cum ar fi cutii ondulate sigilate care pot suporta greutatea totală a produsului în timpul transferului. Această metodă nu este potrivită pentru multe tipuri de ambalaje, cum ar fi cutii înalte cu un centru de greutate scăzut.
- Stil furculiță - Acesta folosește un șir de furci care se deplasează prin role transportoare pentru a alege produsul de jos. Acest lucru este potrivit pentru pungii și cutii cu formă neregulată, cutii cu capace, cutii pliabile cu ventilator și ambalaje care nu pot suporta propria greutate a produsului. Stilul furculiței are nevoie de spațiu suplimentar pentru formarea modelului.
- Clemă laterală - Aceasta este utilizată pentru pachetele care nu pot fi manipulate cu ajutorul unui instrument de vid. Acest lucru funcționează bine cu ambalaje durabile cu pereți subțiri și poate oferi flexibilitate pentru liniile de ambalare care rulează o gamă de produse.

#### 4. Software paletizare

##### OKURA OXPA-QmV

Panourile de control ale paletizatorului robot Okura sunt furnizate cu un PLC încorporat ca o caracteristică standard.

Caracteristici:

- Maximul de linii de programare este extins până la 4500 de linii. Programul PLC poate fi creat pentru instalații mai mari.
- Cuvintele de comunicare între PLC intern și ecranul POD sunt extinse și configurabile gratuit.
- Cuvintele și biții de comunicații către o rețea externă (Profibus, Profinet, Ethernet IP) sunt extinse (până la 96 de cuvinte și 512 biți) și sunt acum configurabile gratuit.
- Zona de descărcare a fost extinsă până la 2999 cuvinte de date folosite aleatoriu.

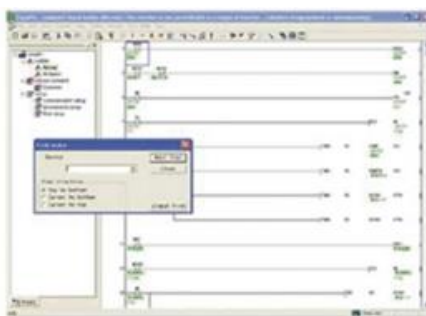


Fig. 7. Panou Control

Se utilizează elemente standard bazate pe Windows (cum ar fi liste de derulare, ferestre pop-up etc.). Ștergeți pictogramele de pe butoane și selectoare. Comunicare între laptop și controler prin cablu USB sau Ethernet, oferind o încărcare și descărcare mai rapidă.

După configurare, datele din software-ul de configurare pot fi importate în programul Oxpa-Qm pentru a verifica dacă toate pozițiile din toate programele de stivuire se află în zona de operare predefinită a robotului. Dacă toate sunt în regulă, atunci gardul de gardă poate fi apropiat de robot pentru a crea o instalație compactă a robotului.

##### **Zone robotizate predefinite în zona de operare**

Acest exemplu prezintă 3 zone predefinite ale zonei robotului (palet L1, pickup, palet L2). Când robotul a finalizat paletul pe L1 și s-a mutat în afara acestei zone, atunci această zonă devine dezactivată și operatorul poate intra în această zonă pentru a descărca paletul complet încărcat cu dop mecanic (numai pentru versiunea JIS). În același timp, robotul poate continua paletizarea pe paleta de zonă activă L2. Sistemele Lightguard împiedică operatorul să intre în zonele robotului activat. Alte exemple posibile de utilizare a zonelor predefinite sunt „umplerea stivei de paletii” sau „umplerea stivei de foi” în timp ce robotul funcționează.

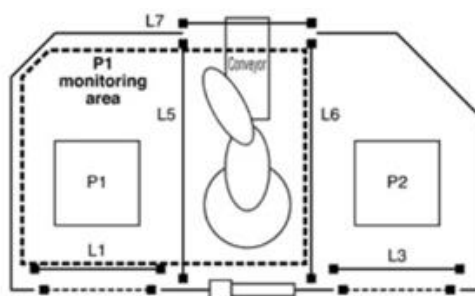


Fig. 8. Zone Robotizate P1 si P2

## 5. Paletizarea mixtă

Uneori (pentru stive cu o structura specifica activitatilor de distributie a produselor) de la strat la strat, pot fi incluse produse cu continut diferit sau chiar cu dimensiuni diferite. Pentru aceste cazuri robotii pot fi programati să realizeze in cadrul stivei straturi alternaive cu produse avand aranjamente diferite (dar unitare ca inaltime a straturilor) sau straturi cu o structura mixta ce pot contine si produse de dimensiuni diferite. Faptul ca in structura stivelor realizate in celule robotizate de paletizare pot fi incluse și produse cu dimensiuni diferite, indică faptul că robotii de paletizare sunt superiori ca flexibilitate in paletizare față de mașinile automate de paletizare (ce nu pot realiza decat straturi cu obiecte de aceeasi forma si dimensiuni). Avantajul major al masinilor automate de paletizare il constituie insa viteza e paletizare si implicit productivitatea mult mai mare.



Fig. 9. Paletizare Mixă

### Aplicații paletizare mixtă

- Paletizare planificată – se utilizeaza roboti ce aleg produse din diferite intrarari
- Paletizare aleatorie – se utilizeaza o singura sau mai multe intrări de produse, paletul este construit pe măsură ce produsele sunt primite
  - folosit în aplicații în care sarcinile mixte sunt cele mai frecvente
  - folosit in industriile tipice cum ar fi alimentele și băuturile

## 6. Avantaje și dezavantaje ale paletizării robotizate

### a) Avantaje

- Reduce costurile legate de ineficiență și forță de muncă.
- Oferă flexibilitate pentru manipularea diferitelor dimensiuni, forme și greutateți pentru una sau mai multe linii.
- Automatizarea neobosită și cerințele de întreținere reduse asigură reducerea timpului de nefuncționare la minimum.
- Siguranța este îmbunătățită cu o metodă de paletizare care reduce zgomotul, ridicarea grea și problemele de mișcare repetitive.
- Productivitate mărită – creșterea eficienței procesului de paletizare

- Mentenanță redusă, deoarece robotii industriali folosiți în procesele de paletizare sunt foarte fiabili și protejați prin intermediul senzorilor de înaltă performanță
- Personal de utilizare extrem de redus, robotii fiind multifuncționali, necesitând foarte puține resurse umane pentru a putea funcționa.
- Ușurința în manevrabilitate (sunt ușor de programat, au interfață cu operare tactilă)
- Sistemele robotizate sunt capabile să întrețină mai multe linii de alimentare și să manipuleze simultan mai multe forme, dimensiuni și greutăți ale produsului.
- Gripare personalizate specifice aplicației
- Reducerea numărului de accidente la locul de muncă

#### **Avantaje paletizare mixtă**

- Alimentare ușoară a magazinelor comerciale
- Precizie ridicată a comenzii
- Risc scăzut de deteriorare a produselor
- Cost scăzut de transport
- Accepta diferite dimensiuni de palet
- Maximizează capacitatea de stocare a paletului

#### **b) Dezavantaje**

- Costul ridicat de achiziție: Implementarea roboților industriali poate avea un cost de capital destul de ridicat, totuși, se dovedesc extrem de eficienți. Acesta este motivul pentru care înainte de luarea deciziilor, recomandăm întotdeauna să se ia în considerare atât investiția necesară, cât și rentabilitatea investiției pe care vă așteptați să o realizați în urma implementării roboților.
- Limitări: Există încă unele limitări ale tipului de sarcini pe care le pot îndeplini. Acesta este motivul pentru care se recomandă companiilor să facă legătura cu companiile de automatizare înainte de implementare pentru a evalua mai întâi diferitele opțiuni disponibile. Uneori, un sistem automat personalizat poate oferi un rezultat mai bun și mai rapid decât un robot. Succesul sau eșecul unui sistem robotizat industrial depinde de cât de bine sunt integrate sistemele înconjurătoare, de ex. clești, sisteme de viziune, sisteme de transport etc.
- Lucrul în siguranță cu roboții: În plus față de adecvarea robotului, siguranța este, de asemenea, esențială la integrarea roboților în mediul dvs. de producție. Acest lucru se realizează prin evaluări de risc, fie de către constructorul de mașini, fie de către utilizatorul final, în cele din urmă, mașina trebuie să fie complet evaluată și marcată CE.

## **7. Bibliografie**

- [1]. <https://marketbusinessnews.com/advantages-of-palletizing-robots/207457/>
- [2]. <https://sp-automation.co.uk/advantages-and-disadvantages-of-industrial->
- [3]. <https://mixedpalletizing.com/en-gb/solutions/mixed-palletizing>
- [4]. <https://www.azorobotics.com/Article.aspx?ArticleID=107>
- [5]. <https://grabcad.com/>