

**SISTEM VIZUAL PENTRU DETERMINAREA PARAMETRILOR DE CORECȚIE
A UNUI DISPOZITIV DE PREHENSIVNE.****Marius NICA¹, Lucian GRAMA², Ioan V. MIHĂILĂ³, Macedon GANEA⁴, Gheorghe DONCA⁵, Dorin HIRTE⁶.**

1. eng., drd., University of Oradea, e-mail: mariusnica@yahoo.com, 2. prof., PhD., eng., "Petru Maior" University, 3. prof., PhD., eng., University of Oradea, 4. prof., PhD., eng., University of Oradea, 5., eng., drd., University of Oradea, 6. eng., drd., University of Oradea.

Abstract: Vision systems are used in a large scale in industrial and scientific applications. These systems work in real time in order to rapidly solve problems in manufacturing flexible systems. The paper presents some image processing strategies which are used to correlate a robot gripper position and orientation in order to handle objects in a correct mode. The objects are wooden palets which have to be manipulated by the robot to feed a packaging flexible line.

Keywords: artificial vision, radon transform, position correction, robot gripper.

1. INTRODUCERE

Sistemele de recunoaștere a imaginilor și vedere artificială se utilizează într-o gamă largă de aplicații industriale și științifice. Aceste sisteme lucrează în timp real pentru a rezolva rapid problemele ce apar în sistemele flexibile. Prin efectuarea unor sarcini complexe de inspecție vizuală în cadrul acestora, sistemele de achiziție și prelucrare a imaginilor bazate pe calculatoare PC cresc productivitatea, versatilitatea, gradul de reproductibilitate și fiabilitatea, reducându-se totodată costurile de producție.

Sistemele de achiziție și prelucrare imagini, pe lângă alte aplicații, pot fi folosite în general pentru:

- verificarea prezenței unor părți componente;
- verificarea poziției și orientării pieselor;
- corectarea poziției și orientării efectorului final al unui robot.

Lucrarea de față urmărește elaborarea unei metode care să poată furniza parametri de corecție privind amplasarea paleților din lemn, ce urmează să fie preluați de un gripper al unui robot monorail, care să deservească o hală industrială. Paleții sunt amplasați în stive alcătuite din 4 bucăți. Este probabil ca paleții să nu fie corect suprapuși în cadrul stivei, de asemenea există posibilitatea ca întreaga stivă să nu fie corect amplasată.

Pentru ca dispozitivul de prehensiune să poată prelua corect reperele, bucată cu bucată, este necesar să se cunoască poziția centrului paletului după 2 axe de coordonate orizontale, unghiul de rotație în plan orizontal al acestuia precum și amplasarea pe înălțime, care diferă în funcție de numărul de paleți rămași în stivă.

Poziționarea și orientarea unui dispozitiv de prehensiune al unui robot, pentru prinderea corectă a unui obiect de lucru, în condițiile în care situarea obiectului de lucru este incertă (limitându-se totuși la un anumit domeniu), se poate realiza doar prin captarea informațiilor cu ajutorul unor sisteme senzoriale. Lucrarea de față descrie o metodă de rezolvare a unui asemenea caz utilizând vederea artificială.

2. STABILIREA VALORII CORECȚIEI DE ROTAȚIE

Pentru orientarea dispozitivului de prehensiune în planul obiectului de lucru trebuie cunoscut unghiul de rotație al obiectului de lucru față de o direcție dată. Există mai multe metode utilizate pentru determinarea unghiului de rotație a unei imagini. Pentru aplicația de

față cea mai convenabilă metodă (care poate fi utilizată și în sisteme de timp real) este metoda transformatei „Radon”.

Transformata Radon implementează o formă particulară a transformatei Hough.

Transformata reprezintă o imagine ca un set de proiecții de-a lungul a diferite direcții. Această transformată are aplicații în diverse domenii cum ar fi seismologie și prelucrarea imaginilor medicale. Considerând un domeniu spațial continuu, o imagine se poate reprezenta printr-o funcție de două variabile $f(x,y)$.

Proiecția unei funcții bidimensionale $f(x,y)$ după o direcție definită prin unghiul θ este o sumă integrală după acea direcție. De exemplu pentru a obține proiecția pe direcție verticală ($\theta=90^\circ$) se consideră $x = x_1$ (constant) și se calculează suma integrală :

$$R_{90^\circ}(x_1) = \int_{-\infty}^{\infty} f(y)dy \quad (1)$$

iar proiecția pe o direcție orizontală ($\theta=0^\circ$), cu $y = y_1$ (constant) se calculează cu relația:

$$R_{0^\circ}(y_1) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx \quad (2)$$

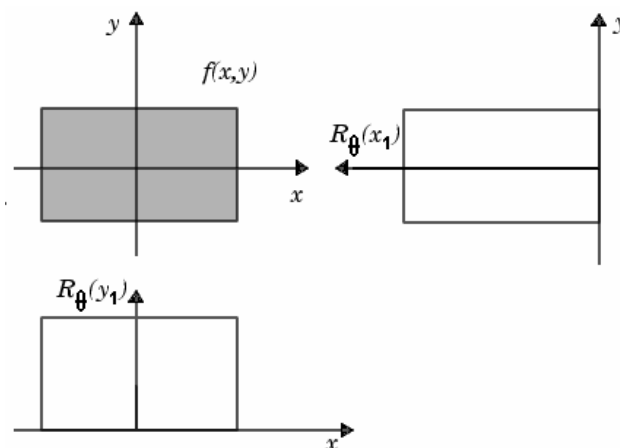


Fig.1. Diagramele transformelor radon pentru $\theta=90^\circ$ și $\theta=0^\circ$.

În cazul general transformata Radon a unei funcții de două variabile $f(x,y)$ este suma integrală a funcției după o direcție paralelă cu axa y' :

$$R_\theta(x') = \int_{-\infty}^{\infty} f(x' \cos \theta - y' \sin \theta, x' \sin \theta + y' \cos \theta) dy' \quad (3)$$

în care :

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

Pentru realizarea algoritmului de prelucrare a imaginilor, transformata Radon realizează reprezentarea imaginii rotite într-un sistem de coordonate (x',y') cu un anumit unghi θ° după care calculează suma integrală. Se repetă acest pas de calcul pentru un domeniu unghiular ales și cu precizia cerută de aplicație. În final rezultă un vector al valorilor transformatei în care valoarea corespunzătoare unghiului de rotație al obiectului are valoarea maximă. În cazul imaginilor se utilizează o variantă discretă a relației (3). În

figura 2 este arătată schematic rotirea axelor de coordonate și obținerea valorilor transformatei.

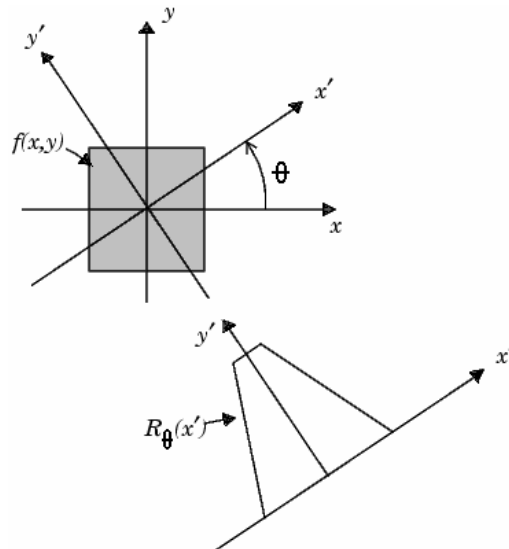


Fig.2. Transformata Radon în cazul unui unghi oarecare θ

Pentru aplicarea cu succes a transformatei Radon în cazuri practice este nevoie de o serie de preprocesări ale imaginii.

Pentru realizarea unui algoritm de prelucrare automată a imaginilor paletelor s-au realizat o serie de imagini similare cu cele ce vor fi întâlnite în aplicația concretă. O astfel de imagine este arătată în figura 3.

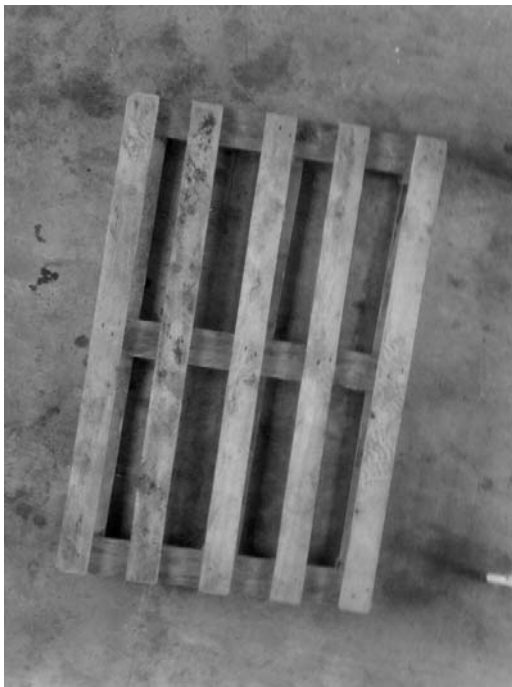


Fig.3. Imagine originală.

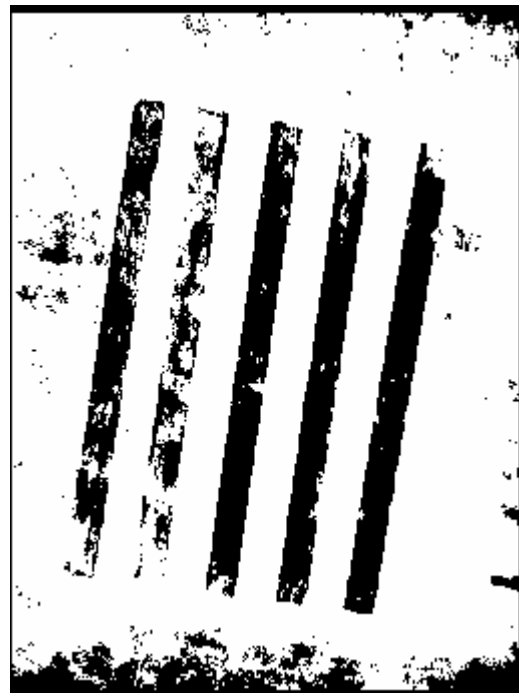


Fig.4. Imagine binară

În primul pas al preprocesării se realizează binarizarea imaginii achiziționate de camera video. Binarizarea se realizează în mod automat utilizând o metodă de detectare a pragului de binarizare (threshold) bazată pe histograma imaginii (metoda Otsu). După

binarizare se obține imaginea prezentată în figura 4. Imaginile binarizate se prezintă negativat pentru o mai bună percepție vizuală în cadrul lucrării.

Pentru eliminarea golurilor dintre regiunile de interes (întregirea domeniului de informații utile) se realizează o operație morfologică de „umplere”, rezultatul căreia este prezentat în figura 5.

În pasul următor se elimină pixelii paraziți de la marginea imaginii cât și toți pixelii cu o conectivitate de 4x4. Prin acesta se realizează o mai bună delimitare a obiectului de interes (paletul), rezultând imaginea prezentată în figura 6.

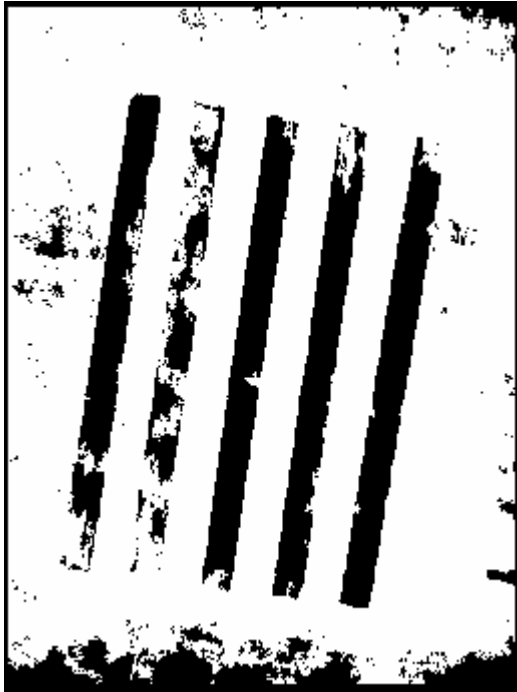


Fig.5. Rezultatul prelucrării de „umplere” morfologică.

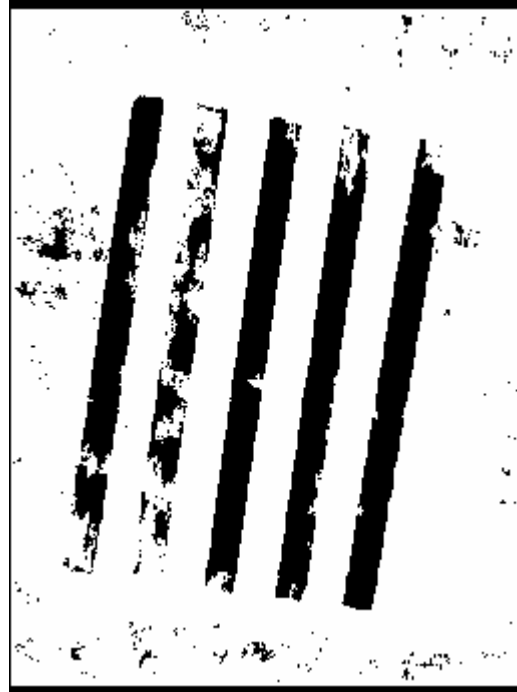


Fig.6. Rezultatul eliminării morfologice a pixelilor paraziți de la marginea imaginii.

Pentru îmbunătățirea imaginii binarizate se realizează două transformări morfologice consecutive : o „erodare” urmată de o „închidere” morfologică, ce au ca scop eliminarea unor pixeli paraziți din imagine. Rezultatul prelucrărilor morfologice este arătat în figura 7.

Ultimul pas în cadrul preprocesării este detectarea muchiilor obiectului de interes. detectarea muchiilor se poate realiza prin mai multe tipuri de algoritmi (Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, zerocross, log of Laplacian) dintre care logaritmul Laplacian-ului este cel mai adecvat în acest caz.

Ca urmare a aplicării detecției muchiilor, se obține o imagine (figura 8) ce conține o informație solidă asupra direcționalității obiectului de interes.

După terminarea preprocesării, se poate aplica transformata Radon, conform celor specificate anterior. Reprezentarea valorilor transformatei în funcție de unghi și poziția pe axa sistemului de coordonate rotit se realizează de obicei într-o diagramă tridimensională în care se poate observa cu ușurință valoarea maximă a transformatei (figura 9). Desigur în cadrul algoritmului această valoare este detectată în mod automat.

În scopul atestării corectitudinii rotirii obținute s-a reprezentat în figura 10 imaginea rotită a figurii 7. Această corecție de unghi poate fi aplicată mecanismului de orientare al dispozitivului de prehensiune.

Pentru o corectă situare a dispozitivului de prehensiune este nevoie, pe lângă orientarea asigurată de rotire și de o poziționare.



Fig.7. Imagine rezultată după erodare și închidere morfologică.

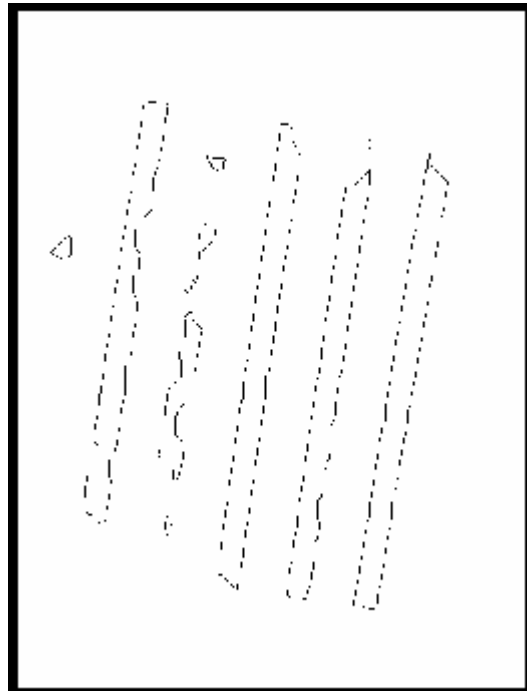


Fig.8. Imagine rezultată după detectarea muchiilor.

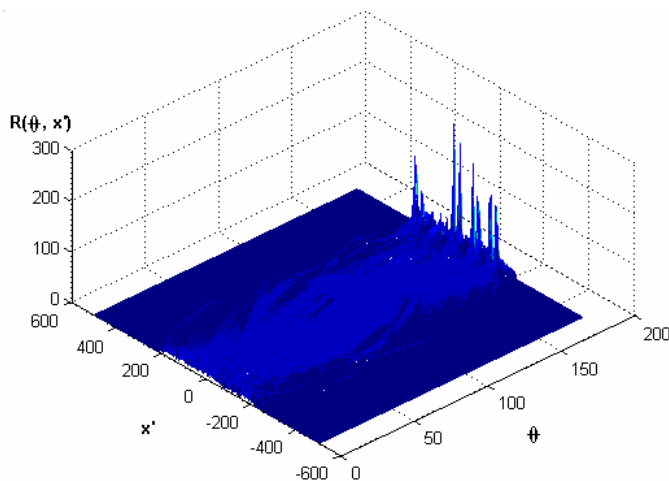


Fig.9. Diagrama 3D a transformatei Radon

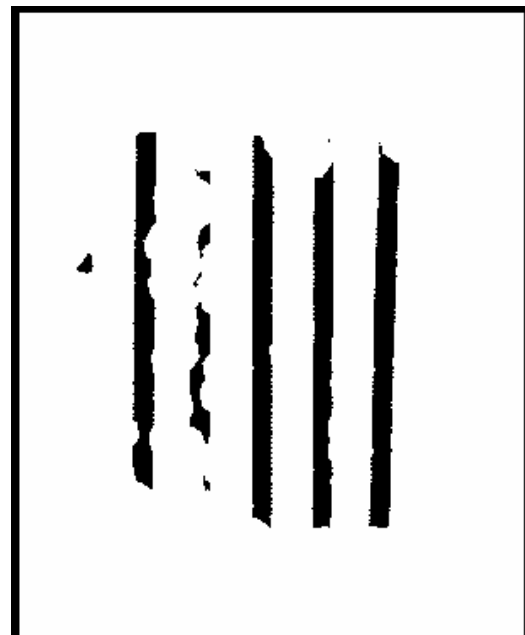


Fig.10. Imagine rotită cu valoarea unghiului obținută prin transformata Radon

3. STABILIREA VALORII CORECȚIEI DE TRANSLAȚIE

Detectarea valorii corecției de poziție a paletului față de centrul imaginii se realizează cu ajutorul unei imagini etalon numită „mască” ce reprezintă o idealizare a imaginii concrete a unui palet. Imaginea etalon este de dimensiuni mai mici decât

imaginea achiziționată în mod curent. Imaginea etalon negativată este prezentată în figura 11. Pentru realizarea detecției se utilizează convoluția imaginii achiziționate cu imaginea etalon, rezultând o matrice de convoluție dată de relația:

$$MC(i, j) = \sum_{k_1=1}^n \sum_{k_2=1}^m I(k_1, k_2) E(i - k_1, j - k_2) \quad (4)$$

în care: MC - este matricea produsului de convoluție; (nxm) - dimensiunea imaginii achiziționate;

Maximul matricii de convoluție se obține pentru poziția matricii etalon, cea mai apropiată de poziția obiectului de interes. Cu ajutorul Indicilor (i,j) ai maximului produsului de convoluție se poate calcula poziția obiectului de interes față de centrul imaginii și implicit corecția ce trebuie aplicată poziției dispozitivului de prehensiune.

Este posibil ca în aplicația reală convoluția să se realizeze relativ lent față de cerințele practice. În acest caz în locul produsului de convoluție se poate utiliza detecția maximului în domeniul frecvențial utilizând transformarea Fourier bidimensională, metodă echivalentă convoluției. Totuși obținerea măștii în cazul detecției în domeniul frecvențial nu este o sarcină banală.

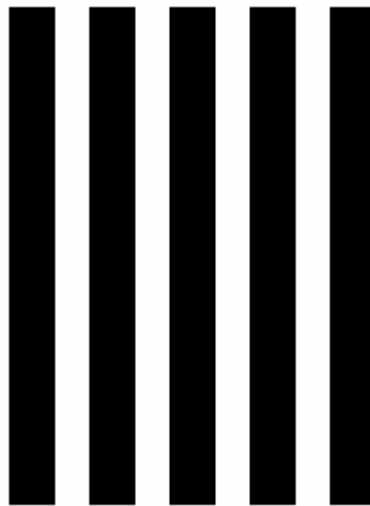


Fig.11. Imagine etalon negativată.

4. CONCLUZII

Algoritmii de detecție a corecțiilor de rotire și translație prezentați satisfac cerințele aplicației propuse de corectare a situației unui dispozitiv de prehensiune pentru robotul de manipulare a paleților. În lucrare nu s-au luat în considerare corecțiile de perspectivă, algoritmii aferenți acestora făcând obiectul unui studiu viitor.

BIBLIOGRAFIE

1. N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66.
2. Parker, James R. Algorithms for Image Processing and Computer Vision. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997. pp. 23-29.