

DETERMINAREA SITUARII REALE A UNUI OBIECT DE MANIPULAT EXPRIMAT A ÎN SISTEMUL DE REFERINTA LEGAT DE UN SENZOR VIZUAL FIX

Radu TARCA, Florin BLAGA, IOAN TARCA

Universitatea din Oradea, rtarca@uoradea.ro,
fblaga@uoradea.ro, nelut@uoradea.ro

Abstract: This paper presents theoretical aspects regarding the real position and orientation of a manipulated object, this situation will be related by the visual sensor coordinate system. It is presented also an example for method exemplification.

1. Introducere

Conform definițiilor din ISO 8373 *robotul adaptiv* se definește ca fiind acel robot care prezintă funcții specifice *conducerii senzoriale, conducerii adaptive sau conducerii prin învățare*, iar prin *conducere senzorială* se înțelege acea schemă de conducere în cadrul căreia mișcarea robotului sau forța cu care acesta acționează asupra mediului este ajustată în raport cu marimile de ieșire de la un senzor extern.

Sistemul conceput de către autor utilizează senzori vizuali externi în vederea conducerii robotului, prin urmare robotul astfel conceput prezintă o conducere senzorială, iar robotul este un robot adaptiv.

Schema bloc a sistemului robot care utilizează o metodă de control a situației conform principiului enunțat mai sus se prezintă în figura 5.1.

Deoarece schema bloc a robotului astfel concepută prezintă un regulator global, care compară situațiile prescrise cu cele reale obținute de la subsistemul senzorial vizual și care utilizează informația astfel obținută pentru comanda sistemului de acționare a robotului, conducerea robotului este în fapt o conducere globală.

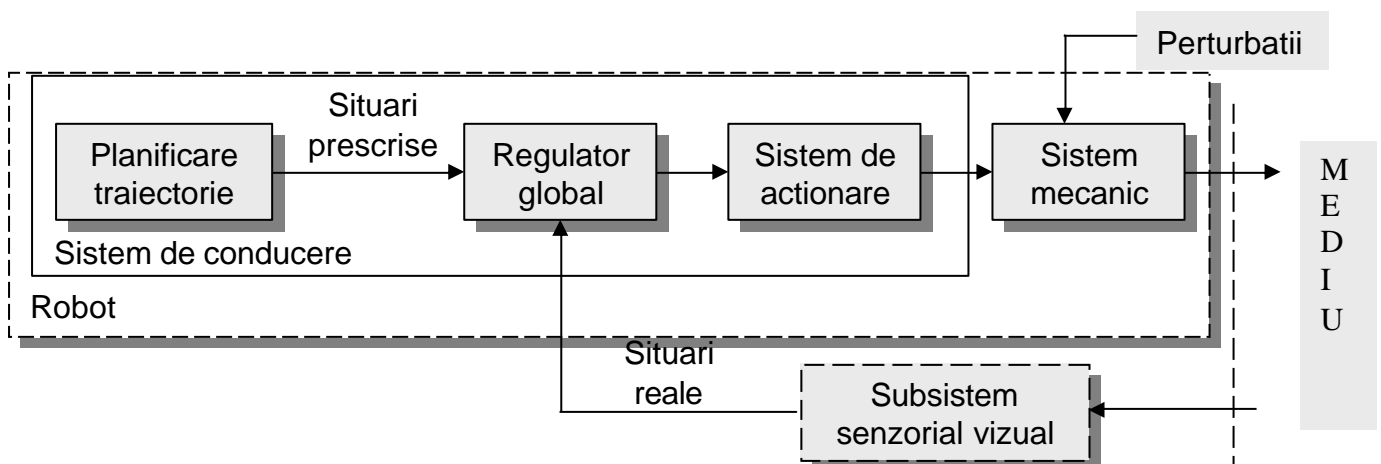


Fig.1. Schema bloc a unui sistem robot care prezintă conducere senzorială care utilizează informații furnizate de senzori vizuali

2. Consideratii teoretice

Pentru determinarea situarii reale a OL exprimate în raport cu sistemul de referinta aferent senzorului vizual fix $O_v x_v y_v z_v$, se porneste de la scena prezentata în figura 2.

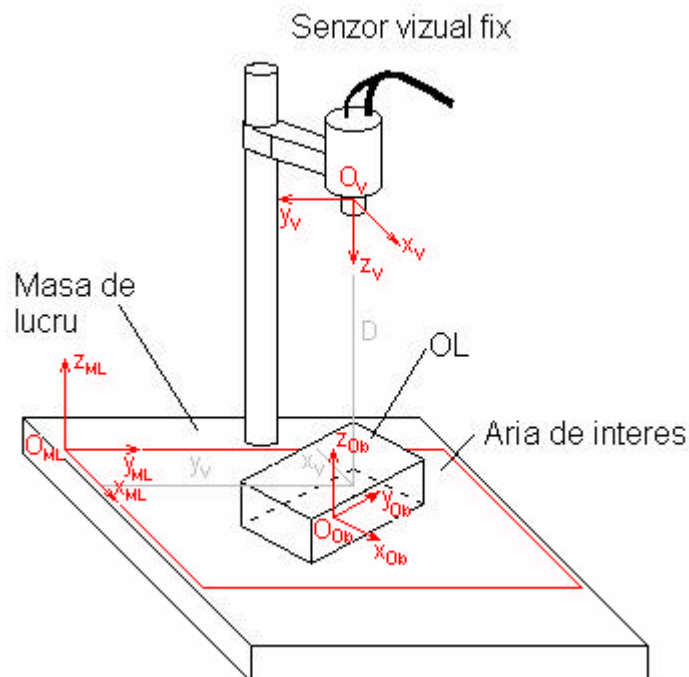


Fig. 2. Modul de determinare a situarii reale a OL exprimate în sistemul de referinta aferent senzorului vizual fix $O_v x_v y_v z_v$

Originea sistemului atasat senzorului vizual va avea coordonatele (x_v, y_v, D) în sistemul de referinta $O_{ML} x_{ML} y_{ML} z_{ML}$ legat de masa se lucru. În acest caz matricea de trecere de la sistemul de coordonate $O_{ML} x_{ML} y_{ML} z_{ML}$ la sistemul de coordonate $O_v x_v y_v z_v$ legat de senzor va fi:

$${}^{O_v} T_{O_{ML}} = Trans_z(D) \cdot Trans_x(-x_v) \cdot Trans_y(y_v) \cdot Rot_x(\mathbf{p}) \quad (1)$$

sau

$${}^{O_v} T_{O_{ML}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -x_v \\ 0 & -1 & 0 & y_v \\ 0 & 0 & -1 & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Obiectului de lucru i se ataseaza un sistem de referinta $O_{Ob} x_{Ob} y_{Ob} z_{Ob}$, astfel încât centrul O_{Ob} al sistemului va fi amplasat în planul mesei de lucru, pe directia verticalei care trece prin centrul de greutate al OL. Axa $O_{Ob} z_{Ob}$ va o axa normala pe suprafata mesei de lucru si va trece prin centrul de greutate al OL. Axele $O_{Ob} x_{Ob}$, $O_{Ob} y_{Ob}$ se aleg astfel încât sa fie paralele cu directiile principale de inertie ale OL si plasate în planul mesei de lucru.

Daca coordonatele centrului de greutate al OL exprimate în sistemul de referinta legat de masa de lucru (se utilizeaza doar zona de interes a mesei de lucru) sunt $(x_{C_{Ob}}, y_{C_{Ob}}, 0)$ si daca se cunoaste unghiul α pe care îl face directia axei principale de

inertie cu axa $O_{ML}x_{ML}$ atunci matricea de trecere de la sistemul de referinta al OL la sistemul de referinta al mesei de lucru va fi:

$${}^{O_{ML}}T_{O_{ob}} = Trans_x(x_{C_{ob}}) \cdot Trans_y(y_{C_{ob}}) \cdot Rot_z(\mathbf{a}) \quad (3)$$

Dupa efectuarea calculelor se obtine:

$${}^{O_{ML}}T_{O_{ob}} = \begin{pmatrix} c\mathbf{a} & -s\mathbf{a} & 0 & x_{C_{ob}} \\ s\mathbf{a} & c\mathbf{a} & 0 & y_{C_{ob}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Matricea de trecere de la sistemul de referinta al OL la sistemul de referinta $O_v x_v y_v z_v$ legat de senzor se obtine prin înmultirea matricelor de trecere ${}^{O_v}T_{O_{ML}}$ cu ${}^{O_{ML}}T_{O_{ob}}$:

$${}^{O_v}T_{O_{ob}} = {}^{O_v}T_{O_{ML}} \cdot {}^{O_{ML}}T_{O_{ob}} \quad (5)$$

sau

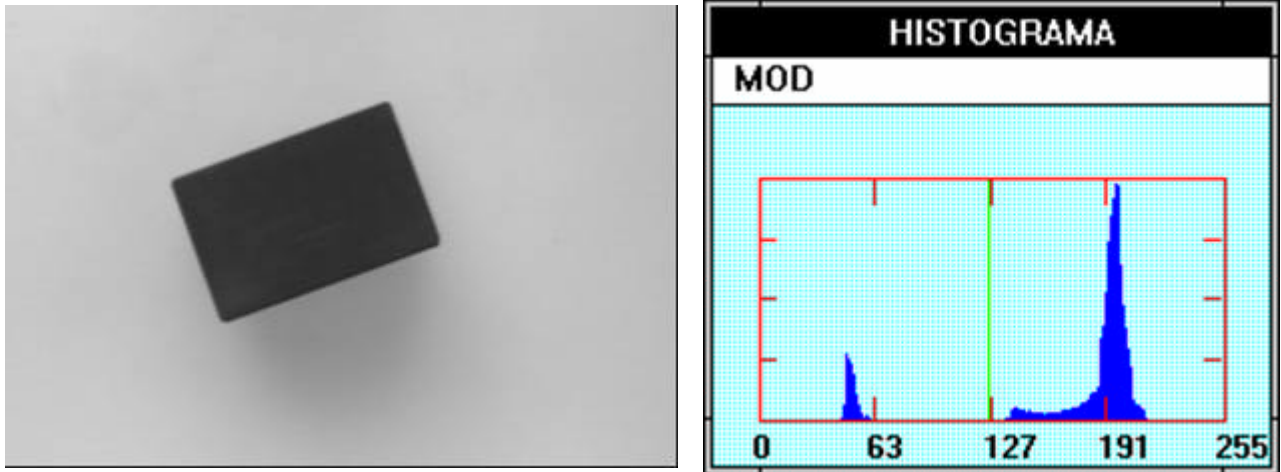
$${}^{O_v}T_{O_{ob}} = \begin{pmatrix} c\mathbf{a} & -s\mathbf{a} & 0 & x_{C_{ob}} - x_v \\ -s\mathbf{a} & -c\mathbf{a} & 0 & -y_{C_{ob}} + y_v \\ 0 & 0 & -1 & D \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

3. Determinarea situarii pentru un obiect de manipulat paralelipedic

Atât pentru determinarea trasaturilor de situare a OL (coordonatele centrului de greutate, unghiul directiei axei principale de inertie cu axa $O_{ML}x_{ML}$) cât si pentru determinarea trasaturilor caracteristice necesare identificarii OL se parcurg urmatorii pasi.

Din observarea scenei din zona de interes, camera achizitioneaza cu o anumita rata imagini ale scenei, pe care digitizorul le transforma într-un set de semnale digitale matriceale.

Informatia primara generata de senzorul vizual fix sub forma de semnal digital se preproceseaza în vederea curatirii de zgomote, a îmbunatatirii contrastului prin aplicarea unor filtre.



a)

b)

Fig.3. Imaginea OL dupa achizitie a) si histograma imaginii b)

Pentru un obiect de lucru de forma paralelipipedica prezentat în scena din figura 2, o imagine a acestuia achizitionata de senzorul vizual fix si preprocesata se prezinta în figura 3.a.

Segmentarea imaginii utilizeaza tehnica binarizarii imaginii prin clasificarea pixelilor imaginii în doua clase: clasa OL si clasa mediu, utilizând în acest sens o intensitate prag T . Toti pixelii a caror intensitate se situeaza sub aceasta valoare sunt încadrati în clasa obiect, iar pixelii a caror intensitate depaseste valoarea prag sunt încadrati în clasa mediu. În figura 3.b se prezinta histograma imaginii OL achizitionate de senzorul vizual. Imaginea binarizata se prezinta în figura 4.a.

Pentru imaginea binarizata de dimensiune $m \times n$ se calculeaza momente de inertie de diferite ordine si se obtine:

- aria obiectului în planul imagine se calculeaza cu relatia:

$$m_{00} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x_i, y_j) \quad (7)$$

$$\text{unde } I(x_i, y_i) = \begin{cases} 0, & \text{daca punctul de coordonate } (x_i, y_i) \in \text{ clasei mediu} \\ 1, & \text{daca punctul de coordonate } (x_i, y_i) \in \text{ clasei obiect} \end{cases}$$

- momentele statice se calculeaza cu formulele:

$$m_{10} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i \cdot I(x_i, y_j) \quad m_{01} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_i \cdot I(x_i, y_j) \quad (8)$$

- momentele de inertie axiale sunt date de:

$$m_{02} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_i^2 \cdot I(x_i, y_j) \quad m_{20} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i^2 \cdot I(x_i, y_j) \quad (9)$$

- momentul de inertie centrifugal se calculeaza cu relatia:

$$m_{11} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i \cdot y_j \cdot I(x_i, y_j) \quad (10)$$

- coordonatele centrului de greutate în planul imagine se calculeaza cu formulele:

$${}^i x_{C_{Ob}} = \frac{m_{10}}{m_{00}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i \cdot I(x_i, y_j)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x_i, y_j)} \quad (11)$$

$${}^i y_{C_{Ob}} = \frac{m_{01}}{m_{00}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_j \cdot I(x_i, y_j)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I(x_i, y_j)}$$

Între coordonatele centrului de greutate ale imaginii OL în planul imagine si coordonatele centrului de greutate ale OL în planul mesei de lucru exista relatia:

$$x_{C_{Ob}} = \frac{{}^i x_{C_{Ob}} \cdot D}{f} \quad (12)$$

$$y_{C_{Ob}} = \frac{{}^i y_{C_{Ob}} \cdot D}{f}$$

- orientarea \mathbf{a} a directiei axei pricipale de inertie a OL este data de relatia:

$$\mathbf{a} = \frac{1}{2} \cdot \arctg\left(\frac{2 \cdot m_{11}}{m_{02} - m_{20}}\right) = \frac{1}{2} \cdot \arctg\left(\frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i \cdot y_j \cdot I(x_i, y_j)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_j^2 \cdot I(x_i, y_j) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_i^2 \cdot I(x_i, y_j)}\right) \quad (13)$$

- pentru determinarea conturului OL în planul imagine se procedeaza la determinarea muchiilor OL, utilizând fie tehnica gradientului (a filtrelor Sobel), fie utilizarea grafurilor în detectarea muchiilor, fie transformatele Hough. În figura 4.b se prezinta aplicarea tehnicii gradientului asupra imaginii digitizate din figura 4.a.

Prin atasarea codurilor Freeman conturului astfel obtinut perimetrul OL va fi dat de:

$$P = \sum_{i=1}^8 l_i (\text{mod } 2) \cdot \sqrt{2} + (l_i (\text{mod } 2) + 1) \quad (14)$$

unde l_i este valoarea curenta a codului Freeman;

- se mai determina valorile maxime si minime ale coordonatelor x si y atinse de OL în planul imagine.

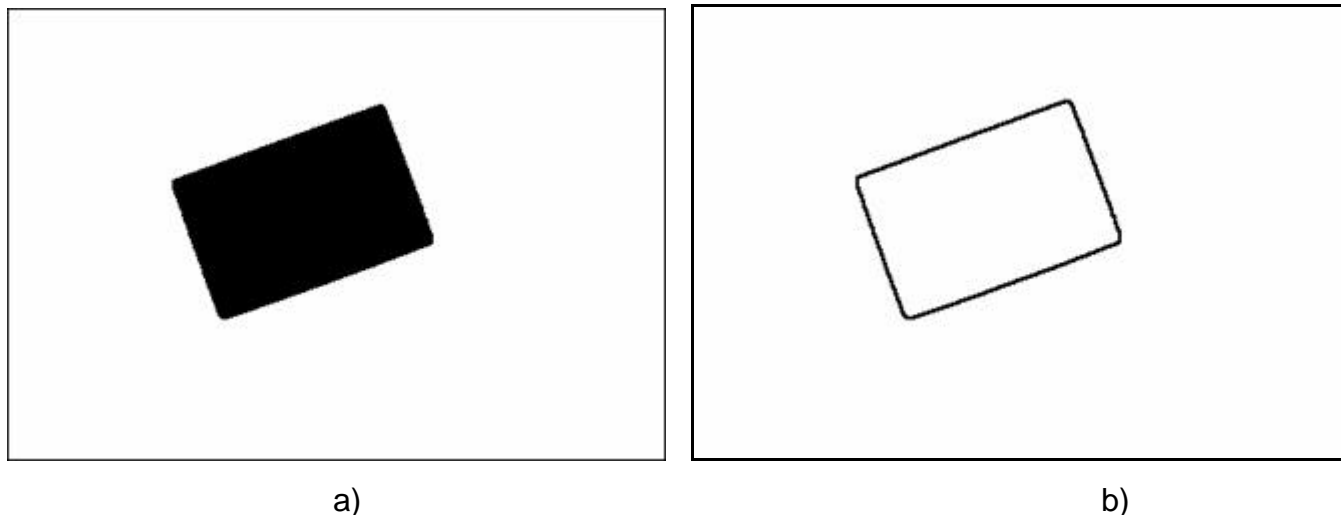


Fig.4. Imaginea binarizata a) , detectarea muchiiilor OL b)

Pentru OL din scena 2 reprezentarea pe imaginea binarizata a OL a centrului de greutate a axelor principale de inertie se prezinta în figura 5.

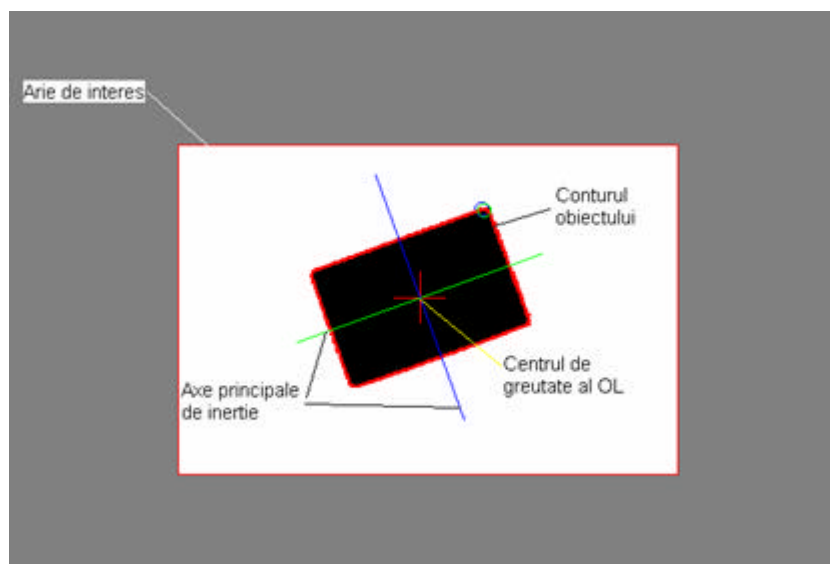


Fig.5. Reprezentarea grafica a trasaturilor de situare pe imaginea binarizata a OL

3. Concluzii

Aceste aspecte teoretice se pot folosi cu succes la montajul robotizat, existând în acest sens directii de colaborare cu S.C. CELESTICA S.A. care se doresc a fi dezvoltate.

Bibliografie

- [1] Corke, P.,I., Visual Control of Robots, High-Performance Visual Servoing, Research Studies Press Ltd., 1996.
- [2] Jägersand, M., Nelson, R. Visual Space Task Specification, Planning and Control, in Proc of IEEE Int. Symp. On Computer Vision, 1995, p 521-526.
- [3] Tarca, R. Conducerea adaptiva a robotilor industriali utilizând informatii furnizate de senzori, Referatul nr.3, 1997.
- [4] Tarca R., Cuc C., Tarca I., Tripe V., A., Program de analiza si recunoastere a corpurilor, Simpozionul national de roboti, editia a XIII a, Resita, 1996.