

LOCALIZAREA, RECUNOAȘTEREA FORMEI ȘI GENERAREA MODELULUI 3D AL OBIECTELOR ÎN VEDEREA PREHENSIVII – STUDIU DE CAZ

Dr. inf. Alexandru Mihail ITU
Universitatea „Transilvania” – Brașov



Prof. dr. ing. Eur Ing Ionel
STAREȚU
Universitatea „Transilvania” – Brașov



REZUMAT. Lucrarea prezintă o nouă metodă de planificare automată în vederea prehensiunii. Rezultatele din neuro-psihologie au arătat că operația de prehensiune poate fi descompusă în trei etape principale: localizare, centrare și prehensare. Pentru prehensiunea automată se au în vedere trei componente destinate unui prehensur cu trei degete. Prima este un sistem de vizualizare bazat pe analiza cadrelor captate de dispozitiv video atașat prehensurului. Al doilea este un sistem de măsurare a obiectului, bazat pe analiza soft-ware a două imagini video succesive ale obiectului. Sistemul final generează forma geometrică simplificată a obiectului pe baza unor primitive de referință. Apoi prehensurul se poate configura și prehensiunea se poate face.

Cuvinte cheie: planificare prehensiune, strategie prehensiune, neuro-psihologie.

ABSTRACT. The paper presents a new approach in developing automatic grasp planning tasks. The results in neuro-psychology have shown that a prehensile movement can be decomposed in three main stages: localization, reaching and grasping. For achieving automatic grasp planning we have adapted the three components for a three finger gripper. The first-visualization system is based on analyzing the frames captured from a video device attached to the gripper. The second – measuring system of the object is based on a video device a software module meant to analyze each frame of the video sequence and information related to the pixel's dimension from the captured image in metric system. The final system requires a simplified version of the object's geometry that consists only of shape primitives such as spheres, cylinders, cones and boxes. Then the gripper can be configured and the grasp can be made.

Key words: grasp planning, grasping strategies, neuro-psychology.

1. INTRODUCERE

În aceasta lucrare, sunt prezentate câteva aspecte ale unei strategii de prehensiune ce permite realizarea unui proces de prehensiune inovativ, aplicabil la un prehensur antropomorf ce poate astfel prehensa cu ușurință diferite obiecte, asemănător cu modalitatea în care omul realizează sarcinile de prehensiune [1, 5, 6]. De o importanță esențială este modulul de vizualizare care este capabil să recunoască tipul obiectului, să-l măsoare și să genereze modelul 3D al acestuia. După stabilirea formei obiectului, prehensurul se va apropia de țintă, deplasarea acestuia fiind măsurată. Pe baza măsurării distanței dintre punctul inițial și un al doilea punct intermediar, se pot face calcule ce vizează dimensiunea obiectului și distanța rămasă până la țintă [3,4,7,8]. Pentru cercetările ce se au în vedere în cadrul acestei lucrări se va porni de la patru primitive pe care modulul de vizualizare va fi capabil să le recunoască (paraleli-

pede, sfere, conuri și cilindri). Astfel, se va construi o bibliotecă pentru cele patru primitive cu ajutorul căreia se va putea rezolva problema preconfigurării prehensurului [1, 2, 8] și în final a prehensiunii corecte.

2. LOCALIZAREA OBIECTELOR ȘI RECUNOAȘTEREA FORMEI – ASPECTE GENERALE

Se face presupunerea că prehensurul este așezat în poziția optimă pentru a prehensa obiectul. Recunoașterea formei obiectului și măsurarea acestuia se încadrează în domeniul procesării imaginilor (secvențelor video) digitale. Acest domeniu a cunoscut o dezvoltare foarte importantă odată cu progresul tehnologic ce a permis prelucrarea numeroșilor identificatori ce descriu o imagine digitală. Unitatea de bază a unei imagini digitale este *pixelul* (*picture element*), iar

reprezentarea acestora se face sub forma unei matrice $M \times N$ de forma:

$$F = \begin{bmatrix} f(x=0, y=0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, M-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

În ecuația 1, $f(x, y)$ reprezintă funcția asociată fiecărui pixel, iar x, y reprezintă coordonatele acestuia în sistemul de coordonate asociat imaginii digitale.

Procesarea de imagini poate fi împărțită în două componente:

1) *Prelucrarea imaginilor* ce are ca scop îmbunătățirea calității acestora în plan vizual, pregătirea pentru analiză și comprimarea acestora.

2) *Analiza imaginilor* ce are ca scop evaluarea parametrilor specifici ai acestora în vederea stabilirii unui set de valori numite *trăsături* extrase în baza unor modele și relații matematice specifice.

În contextul realizării unui modul de analiză și măsurare al obiectelor se are în vedere dezvoltarea unui modul de procesare de secvențe video, preluate de la un dispozitiv video atașat prehensorului. Procesarea se va face la nivelul fiecărui cadru captat din secvența video și va consta în aplicarea unor filtre de îmbunătățire a calității imaginii și recunoașterea formei obiectului.

Pentru măsurarea dimensiunii obiectelor detectate este nevoie de relaționarea între dimensiunile imaginii digitale (lungime și lățime) și dimensiunile reale ale cadrului ce poate fi captat de către dispozitivul video. Având în vedere că prehensorul va fi montat pe un braț robotic, distanța parcursă între două puncte intermediare pe o axă poate fi citită din controller-ul dispozitivului și folosită în calculul pentru măsurarea obiectului. Distanța parcursă din poziția inițială până într-o poziție arbitrară apropiată obiectului reprezintă de fapt valoarea raportului dintre dimensiunea reală a obiectului (mm) și dimensiunea acestuia în pixeli.

De asemenea, raportul dintre cele două distanțe și raportul dintre dimensiunile obiectului în pixeli și mm determină distanța rămasă până la obiect (figura 1 și ecuația 2).

$$\begin{aligned} \frac{AA''}{A'A''} &= \frac{nr. \text{Pixels}AA''}{nr. \text{Pixels}A'A''} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{AA'' - A'A''}{A'A''} = \frac{nr. \text{Pixels}AA'' - nr. \text{Pixels}A'A''}{nr. \text{Pixels}A'A''} \\ A'A'' &= \frac{nr. \text{Pixels}A'A'' \cdot AA'}{nr. \text{Pixels}AA'' - nr. \text{Pixels}A'A''} \end{aligned} \quad (2)$$

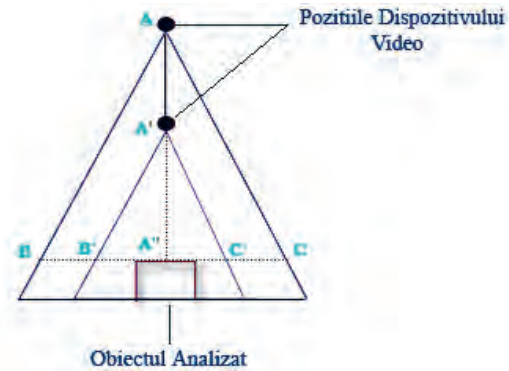


Fig. 1. Măsurarea obiectelor.

Astfel modulul pentru măsurarea și determinarea formei obiectului, are următoarele sarcini:

- 1) Măsurarea dimensiunii obiectului,
- 2) Determinarea formei obiectului (sferă, cilindru, con, paralelipiped),
- 3) Calculul distanței până la obiect.
- 4) Generarea modelului 3D al obiectului (format Open Inventor – iv)

3. IMPLEMENTAREA ALGORITMILOR DE MĂSURARE A OBIECTELOR

După ce obiectul a fost identificat, următorul pas îl reprezintă măsurarea acestuia în vederea stabilirii preconfigurării prehensorului și pentru a genera modelul 3D al acestuia. Măsurarea obiectului are la bază un dispozitiv video și modulul software capabil să analizeze fiecare cadru al secvenței video și informații legate de dimensiunea unui pixel din imaginea captată în sistemul metric (mm). Structura unui modul pentru măsurarea obiectelor este prezentată în figura 2.

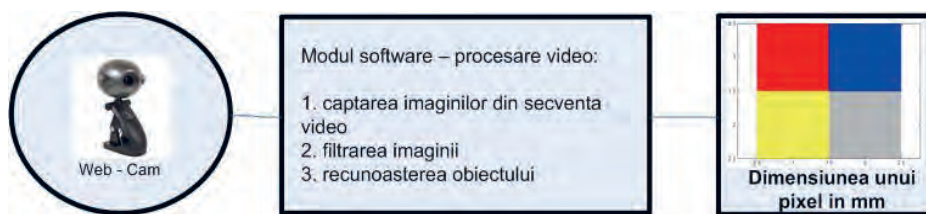


Fig. 2. Structura modulului pentru măsurarea obiectelor.

Pentru a determina dimensiunea obiectelor detectate se folosește o metodă bazată pe stabilirea raportului dintre dimensiunea reală a obiectului în milimetri și dimensiunea acestuia în pixeli. În cazul unei secvențe statice fiecărui pixel i se poate asocia o dimensiune în milimetri așa cum se observă în figura 3.

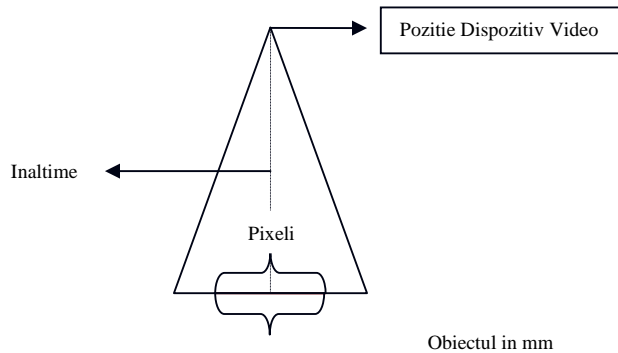


Fig. 3. Calibrarea sistemului.

Însă în cazul strategiei de prehensiune este nevoie de analiza obiectului în timp ce prehensorul se deplasează către obiect. Astfel, modulul software va capta mereu cadre video la o rezoluție cunoscută (640*480 pixeli) în care dimensiunea obiectului detectat în pixeli variază în funcție de distanța de unde s-a captat cadrul. Cu cât dispozitivul video va fi mai aproape de obiect, cu atât acesta va tinde către dimensiunea maximă a cadrului video. În vederea stabilirii unui etalon înainte de începerea măsurării efective a obiectului este nevoie de o operație de calibrare în care din poziția zero a dispozitivului video se folosește un obiect cu dimensiunea cunoscută (un etalon). Prin acest procedeu se stabilește raportul dimensiunii obiectului între milimetri și pixeli. Plecând de la etalonul detectat se poate stabili variația dimensiunii pixelului în funcție de distanța de unde se captează secvența video. Procesul este ilustrat în figura 2. Stabilirea raportului mm/pixeli ajută în obținerea unei informații extrem de importante în procesul de prehensiune: *distanța până la obiect*.

Astfel, distanța parcursă între două puncte ajută în procesul de calibrare a sistemului de măsurare și a stabilirii raportului mm/pixeli. În mediu real, distanța parcursă pe axa Y se poate afla de la controller-ul brațului robotic care va avea atașat prehensorul, iar în mediul virtual se va genera modelul 3D al obiectului recunoscut și măsurat. De asemenea raportul dintre dimensiunile obiectului în pixeli, calculate la distanțe diferite, este folosit în vederea stabilirii distanței până la obiect.

O dată stabilită relația dintre milimetri și pixeli se poate calcula dimensiunea reală a obiectului ce urmează a fi prehensat. Astfel, se află deschiderea prehensorului și împreună cu informația legată de forma obiectului se

stabilește preconfigurarea corespunzătoare. În figura 4 este prezentată preconfigurarea specifică pentru obiecte paralelipedice.

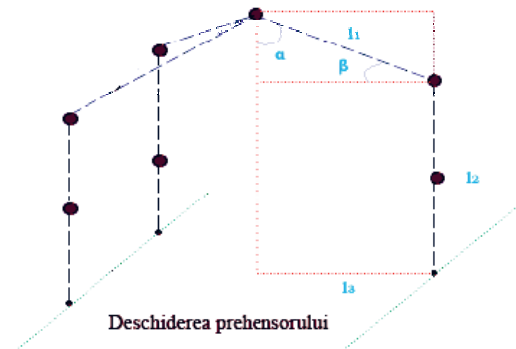


Fig. 4. Exemplu de preconfigurare pentru paralelipede.

4. GENERAREA MODELULUI 3D AL OBIECTULUI RECUNOSCUT

Pentru generarea modelului 3D al obiectului recunoscut s-a ales formatul Open Inventor dezvoltat de Silicon Graphics Inc. (SGI). Unul dintre motivele principale pentru care a fost ales acest format este faptul că permite o descriere completă a grafurilor de scena 3D, cu poligoane redatate sub forma de obiecte. Open Inventor include, de asemenea, facilități de iluminare, descrieri de materiale și texturi, precum și efecte speciale.

Un fișier Open Inventor are extensia **iv** și reprezintă un fișier text în formatul ASCII (format ce folosește litere și caractere din alfabetul englez) ce descrie prin noduri și elemente scena 3D. Astfel, formatul Open Inventor poate fi privit ca un limbaj descriptiv al unei scene virtuale. De asemenea, având un standard de descriere a unei scene virtuale atunci se poate realiza interoperabilitatea dintre aplicațiile ce au implementate un interpretator de fișiere Open Inventor.

Standardul Open Inventor permite descrierea primitivelor prin intermediul unor clase numite forme (Shapes) astfel:

1. Sferă

```
Sphere {
    radius - rază
}
```

2. Paralelipiped

```
Cube {
    width - lățime
    height - înălțime
    depth - adâncime
}
```

3. Cilindru

```
Cylinder {
  parts ALL – tot obiectul este vizibil
  radius - rază
  height - înălțime
}
```

4. Con

```
Cone {
  parts ALL – tot obiectul este vizibil
  bottomRadius - raza bazei
  height - înălțime
}
```

Astfel, în momentul în care obiectul a fost recunoscut și măsurat, în funcție de rezultat, clasa **CPrimitiveWriter** dezvoltată în cadrul aplicației va crea un fișier Open Inventor în care va adăuga secțiunea Shape și îl va salva pe disc. Apoi modulul de simulare virtuală va încărca obiectul salvat în scena virtuală și îl va folosi pentru diferite teste și simulări.

În figura 5 este prezentat fișierul generat de clasa **CPrimitiveWriter** în care se adaugă pe penultima linie primitiva recunoscută împreună cu dimensiunea sa. În partea dreaptă este prezentată sfera încărcată în scena virtuală. De asemenea, pe rândul doi și trei al fișierului Open Inventor se pot adăuga și informații legate de material și de greutate. În cazul de față este vorba despre o sferă din sticlă având 200 de grame. Informațiile acestea sunt generate doar pentru a avea niște valori implicite în cadrul modulului de simulare virtuală, ele putând fi modificate ulterior.

```
#Inventor V2.1 ascii
#glass
#200

Separator { # Body
Transform { translation 0 0 0 }
Material { # A bronze color:
ambientColor .33 .22 .27
diffuseColor .78 .57 .11
specularColor .99 .94 .81
shininess .28
transparency .6
}
Sphere { radius 67 }
}
```

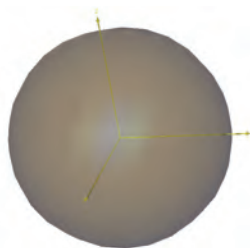


Fig. 5. Exemplu de generare a modelului 3D al obiectului recunoscut.

5. CONCLUZII

Pentru recunoașterea obiectelor s-a folosit algoritmul bazat pe clasificatori. O altă componentă este reprezentată de un modul software specializat în măsurarea obiectelor. Pentru realizarea acestuia s-a folosit un algoritm bazat pe compararea a două cadre video, care conțin obiectul ce urmează a fi măsurat, preluate de la distanțe diferite. Ultimul modul al aplicației a fost creat în vederea generării modelului 3D al obiectului recunoscut și măsurat. Modelul 3D este salvat într-un fișier Open Inventor care ulterior va fi folosit în aplicația de simulare funcțională a prehensorului antropomorf.

BIBLIOGRAFIE

- [1] C. Borst, M. Fischer, and G. Hirzinger. *A fast and robust grasp planner for arbitrary 3D objects*. In Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 1890–1896, Detroit, MI, May 1999.
- [2] M. R. Cutkosky and P. K. Wright. *Modeling manufacturing grips and correlation with the design of robotic hands*. In Proc. of the 1986 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 1533–1539, San Francisco, CA, 1986.
- [3] D. Ding, Y.-H. Liu, and S. Wang. *Computing 3-D optimal form closure grasps*. In Proc. of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 3573–3578, San Francisco, CA, April 2000.
- [4] C. Ferrari and J. Canny. *Planning optimal grasps*. In Proc. of the 1992 IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, pages 2290–2295, 1992.
- [5] R. D. Hester, M. Cetin, C. Kapoor, and D. Tesar. *A criteria-based approach to grasp synthesis*. In Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pages 1255–1260, Detroit, MI, May 1999.
- [6] T. Iberall. *Human prehension and dexterous robot hands*. The International Journal of Robotics Research, 16(3):285–299, June 1997.
- [7] Andrew T. Miller, Steffen Knoop, Henrik I. Christensen and Peter K. Allen, *Automatic Grasp Planning using Shape Primitives*, ICRA 2003, Sep. 14-19, 2003, Tapei, pp. 1824-1829.
- [8] Itu, Al., Beraru, A., Staretu, I., *Developing Grasping Preshaping in Virtual Environment Based on Real Object Shape Analysis*, ISI Proceedings: Virtual Reality Applications and Tools for Intelligent Manufacturing Systems, 2008, Springer, ISBN: 978-1-4020-8199-6.