

MODUL SOFTWARE PENTRU LOCALIZAREA ȘI RECUNOAȘTEREA FORMEI OBIECTELOR ÎN VEDEREA PREHENSIVII ANTROPOMORFE

Dr. inf. Alexandru Mihail ITU¹, Prof. univ. dr. ing. Eur Ing Ionel STAREȚU²

¹Siemens PSA Romania, ²Universitatea „Transilvania” din Brașov

REZUMAT. În această lucrare este prezentată structura generală, particularitățile implementării și evaluarea eficienței unui modul software pentru localizarea, vizualizarea, recunoașterea formei, măsurarea și generarea modelului 3D ale unor obiecte destinate prehensiunii cu un prehensur antropomorf. Vizualizarea se face cu o cameră video performantă, iar recunoașterea formei se face cu metoda clasificatorilor. 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 acesta. Implementarea și modul de lucru cu software-ul conceput se face în mai mulți pași care sunt precizați și descriși. Evaluarea performanțelor sistemului software se face în funcție de o serie de factori externi, cei mai importanți fiind: condițiile de lumină; calitatea dispozitivului video; dimensiunea capturii; factorul uman, printr-o serie de experimente care au vizat capacitatea sistemului de a face față factorilor externi mai sus enunțați.

Cuvinte cheie: procesare imagine, recunoașterea formei, modul software, prehensiune antropomorfă.

ABSTRACT. This paper presents the general structure, implementation features and a software module for tracing, visualization, shape recognition, measurement and efficiency evaluation for 3D model generation of objects to grip by an anthropomorphic gripper. Viewing is possible with an advanced video camera and shape recognition is possible through classifiers method. After setting the object shape, the gripper will approach the target, and its displacement is measured. Based on measurements of the distance between the initial point and a second intermediate point, you can do calculations aimed at object size and remaining distance to it. Implementation, and how to work with the software designed are possible in several steps that are specified and described. The performance evaluation of the software system is based on a series of external factors, the most important being: light conditions, quality of video device, capture size, the human factor, through a series of experiments focused on the system's ability to cope with external factors above mentioned.

Keywords: image processing, shape recognition, software module, anthropomorphic gripping.

1. INTRODUCERE

Noua perspectivă asupra strategiei de prehensiune, prezentată în această lucrare, permite realizarea unui proces de prehensiune inovativ aplicabil la un prehensur antropomorf, ce poate prehensa cu ușurință diferite obiecte, asemănător cu modalitatea în care omul realizează sarcinile de prehensiune [1],[2]. Într-o primă etapă obiectul este detectat prin mijloace video, iar pe baza vizualizării, un modul software adecvat 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. Aceste informații sunt transferate în continuare modulului de

preconfigurare. Forma obiectului va determina preconfigurarea prehensurului, iar dimensiunea obiectului reprezintă deschiderea prehensurului. În situațiile uzuale forma obiectelor este de cele mai multe ori complexă. 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 (paralelipipede, sfere, conuri și cilindri). Astfel, se va construi o bibliotecă pentru cele patru primitive cu ajutorul căreia se va putea rezolva problema preconfigurării prehensurului. În această lucrare sunt prezentate particularitățile modulului software RoboVISION, în special privind structura și implementarea, conceput special pentru localizarea, recunoașterea formei și generarea modelului 3D al obiectului de prehensat și este descris un experiment prin care este evaluată eficiența modulului software în recunoașterea formei acestui obiect.

2. MODULUL SOFTWARE ROBOVISION PENTRU PROCESAREA DE IMAGINI ALE OBIECTELOR PREHENSIBILE

2.1. Structură și funcții

RoboVISION reprezintă implementarea într-un modul software a secvenței de localizare, recunoașterea formei, măsurarea și generarea modelului 3D al unui obiect, din structura unei strategii de prehensiune destinate prehensoarelor antropomorfe pentru roboți [2, 3].

Această aplicație are mai multe sarcini așa cum se observă din figura 1.

Prin îndeplinirea obiectivelor de bază de mai sus, aplicația RoboVISION permite și realizarea legăturii dintre mediul real și simularea în mediul virtual al unui proces de prehensiune. Această sarcină se realizează prin generarea modelului 3D al obiectului ce urmează a fi prehenstat. Acest modul software se bazează pe tehnologia **Microsoft DirectShow** pentru managementul dispozitivelor video și o serie de tehnici de procesare de imagini pentru recunoașterea și măsurarea obiectelor. Arhitectura generală a claselor folosite în dezvoltarea aplicației RoboVISION este prezentată în figura 2.

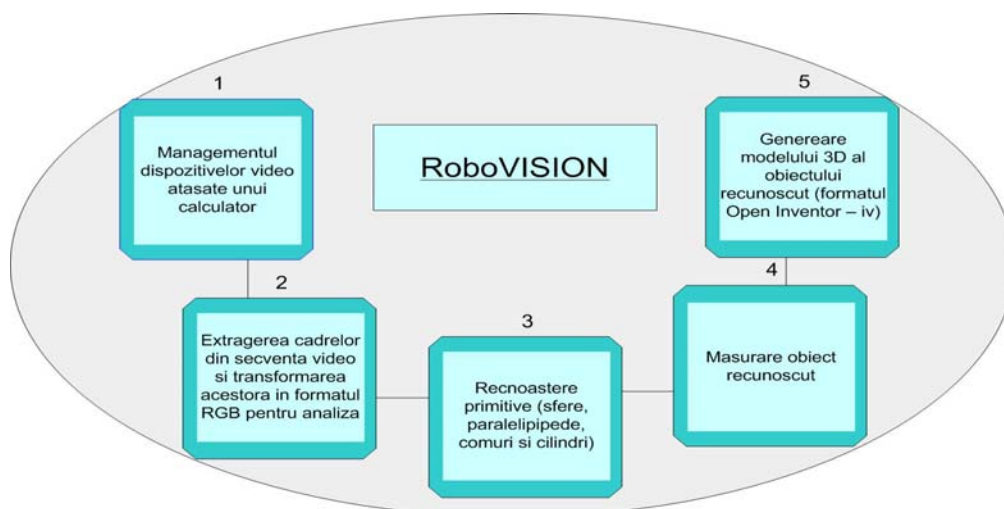


Fig. 1. Structura aplicației RoboVISION.

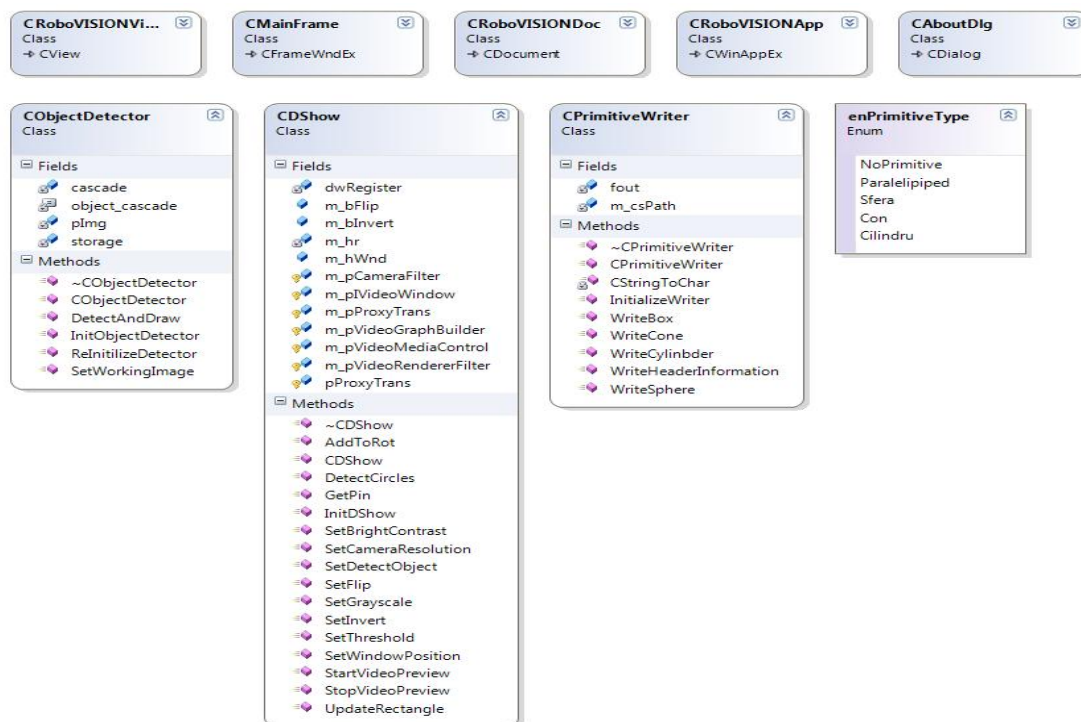


Fig. 2. Diagrama UML a claselor principale din cadrul RoboVISION.

În diagrama UML (Unified Modeling Language) a claselor principale dezvoltate în cadrul aplicației sunt rezolvate trei probleme principale: (1) *recunoașterea obiectelor prin clasificatori* – clasa **CobjectDetector**, (2) clasa **CPrimitiveWriter** ce generează modelul 3D al obiectului recunoscut și (3) *interacțiunea cu dispozitivele video* – clasa **CDSHOW**. Restul claselor care alcătuiesc aplicația nu sunt prezentate, deoarece RoboVISION este o aplicație standard MFC (Microsoft Foundation Classes), structura de bază a aplicației fiind generată de utilitarul disponibil în Visual Studio 2008.

De asemenea, este de remarcat folosirea ultimei paradigme WIMP de interacțiune om-calculatorul. Este vorba despre conceptul **ribbon** [4], care este deja disponibil în pachetul Office 2007 și reprezintă ultima paradigmă folosită în crearea interfețelor grafice cu utilizatorul din cadrul aplicațiilor dezvoltate pentru sistemul de operare Windows. Practic ribbon-ul reprezintă un meniu extins interactiv care se activează/dezactivează în funcție de opțiunea indicată de utilizator prin intermediul mouse-ului. Ultimele studii efectuate în domeniul interfețelor grafice [5], au arătat că dispunerea opțiunilor de interacțiune într-un meniu interactiv și ușor accesibil ușurează considerabil efortul cognitiv al utilizatorilor.

2.2. Implementare - particularități

Pentru a putea extrage un cadru/imagie dintr-o secvență video s-a folosit tehnologia **DirectShow** oferită de Microsoft în cadrul modulului **DirectX**, creat în special pentru dezvoltarea de aplicații multimedia și 3D. DirectShow reprezintă un framework (cadru) de programare (cunoscut sub numele de API – Application

Programming Interface) capabil să ofere suport pentru aplicații ce vizează multimedia. Componenta de bază o reprezintă filtrul care este practic o structură capabilă să realizeze o anumită operație cu un fișier multimedia (conversie, afișare, compresie, decodare) sau să faciliteze lucrul cu echipamentele care sunt înregistrate prin intermediul driverelor în sistemul de operare Windows (XP, VISTA, 7). Mai multe filtre pot fi înglobate într-un graf, cunoscut în documentație (MSDN – [6]) sub numele de *filtergraph*. Această structură de filtre poate fi încorporată în orice aplicație dezvoltată în special în mediul de programare Visual C++. Tot framework-ul DirectX vizează mediul de dezvoltare C++, însă există versiuni rescrise pentru limbaje ce vizează platforma NET cum ar fii C#, VB.NET etc.

Împreună cu DirectX SDK a fost nevoie de folosirea unui alt cadru de programare numit Windows SDK. Dacă aplicația dezvoltată folosește anumite funcționalități legate de lucrul cu perifericele disponibile în sistemul de operare Windows (XP, Vista sau 7), atunci este nevoie de Windows SDK care reprezintă o colecție de librării și fișiere ce pot fi folosite în aplicații. Pentru aplicația RoboVISION s-a folosit DirectX SDK (varianta August 2009) și Windows SDK for Windows Server 2008, disponibile gratuit pe site-ul Microsoft.

Windows SDK oferă și o serie de utilitare prin intermediul cărora se poate facilita dezvoltarea software. Un astfel de utilitar se numește GraphEdit. Cu ajutorul GraphEdit se poate lucra în mod vizual cu componentele DirectShow așa cum se observă în figura 3, unde este prezentat filtrul dezvoltat pentru aplicația RoboVISION. Menționăm că acest utilitar doar validează o anumită configurație a filtrului în momentul în care toate componentele sunt conectate, însă nu generează și cod C++ care poate realiza operația respectivă.

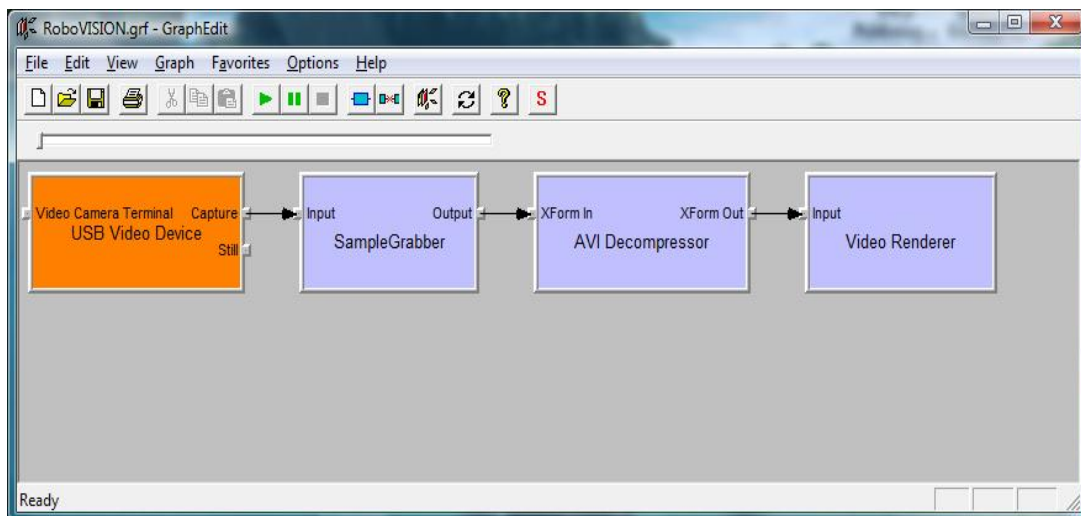


Figura 3. Filtrul DirectShow pentru aplicația RoboVISION.

Funcționalitatea multimedia a aplicației RoboVISION este bazată pe patru componente interconectate, înglobate într-un filtru. Toate cele patru componente ale filtrului sunt obiecte de tip COM. COM este o tehnologie dezvoltată de Microsoft care permite folosirea unor componente software realizate după un anumit standard binar în aplicații dezvoltate în diferite limbaje de programare. Componentele COM sunt înregistrate în regiștrii sistemului de operare Windows pe baza unor identificatori unici numiți GUID (Globally Unique Identifier). Astfel, dintr-o aplicație scrisă în limbajul Visual C++ de exemplu, programatorul trebuie să știe GUID-ul componentei COM ce dorește să o folosească. După ce componenta respectivă a fost inițializată se poate configura pentru a realiza o operație specifică. În cadrul aplicației RoboVISION principala problemă a reprezentat-o componenta Sample Grabber care a trebuit configurată să poată prelua cadre video în format YUY2 și să le ofere mai departe pentru analiză folosind librăria OpenCV care vine cu un format specific de reprezentare a imaginii în memorie numit *IplImage*. După ce s-a realizat analiza cadrului video, acesta trebuie reconvertit în același format în care a ajuns în Sample Grabber (YUY2) ca să poată fi transferat mai departe în filtrul DirectShow.

Așa cum se observă din figura 3 filtergraph-ul aplicației este compus din 4 filtre interconectate. Prima componentă, numită **USB Video Device**, este răspunzătoare de comunicarea cu dispozitivele video USB. Acest filtru va permite comunicarea cu orice dispozitiv video care are driver pentru sistemul de operare Windows. De asemenea, în cadrul acestei componente s-a setat captura la o rezoluție fixă de 640x480 pixeli.

A doua componentă este foarte importantă, ea fiind răspunzătoare cu extragerea imaginilor captate de la dispozitivul video. Numele acesteia, **Sample Grabber**, este foarte sugestiv, practic ea fiind răspunzătoare de preluarea de cadre video primite de la dispozitivul video și trimiterea lor mai departe spre analiză. O dată analiza efectuată, cadrul video este predat celei de a treia componente care este responsabilă de conversia din spațiul de culoare YUY2 (descriere bazată pe

intensități – figura 4) în spațiul RGB32 (ARGB) necesar pentru afișare.

Formatul YUY2 este în general folosit de dispozitivele video, deoarece este mai flexibil decât formatul RGB, dând posibilitatea de verificare a erorilor de transmisie și pentru compresia informației. Astfel, componenta din cadrul filtrului numită **AVI Decompressor**, predă mai departe cadrul video pentru afișare ultimei componente, **Video Render-ului**.

Video Renderer-ul este ultima componentă a filtrului DirectShow creat pentru aplicația RoboVISION, ea fiind răspunzătoare de afișarea cadrului video analizat într-o fereastră specifică sistemului de operare Windows. O dată ce s-a captat cadrul / imaginea și s-a convertit în spațiul de culoare RGB24 în cadrul componentei Sample Grabber, acesta trece printr-o serie de procesări (filtrări) ce au ca scop diferențierea obiectului de fundal, recunoașterea acestuia și ulterior măsurarea dimensiunii și generarea modelului 3D.

Următorul pas, recunoașterea formei obiectului, este extrem de important în procesul de determinare a pre-configurării prehensorului și pentru generarea modelului 3D. În acest pas se clasifică obiectul (sferă, paralelipiped, cilindru sau con) și se calculează dimensiunea sa în pixeli. Pentru rezolvarea acestei faze s-a ales modulul software 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 rediate 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.

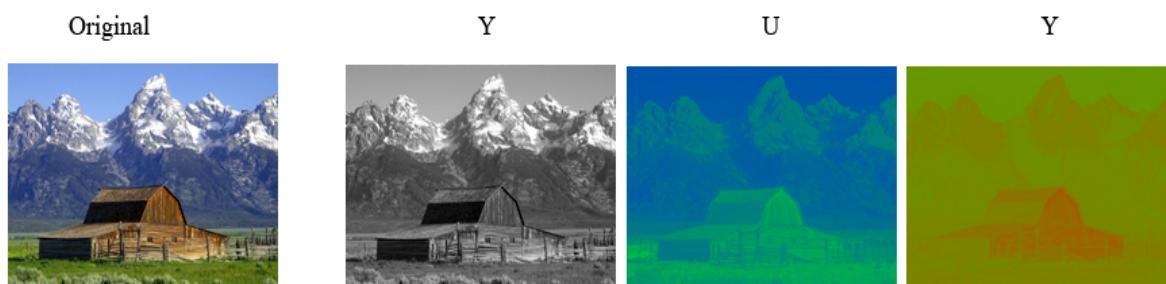


Fig. 4. Formatul YUY2 ,adaptat după [7].

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 de RoboVISION în

scena virtuală și îl va folosi pentru diferite teste și simulări.

3. UTILIZAREA SOFTULUI RoboVISION – EXPERIMENTARE SI EVALUAREA PERFORMANTELOR

3.1. Modalitatea de lucru cu aplicația RoboVISION

Pentru a lucra cu aplicația RoboVISION este nevoie să se urmeze următorii pași:

- se deschide comunicarea cu dispozitivul video (fig.5,a);
- se selectează zona de lucru din ecranul care redă secvența video, captată de la dispozitivul video, ținând apăsat butonul din stânga al mouse-ului, selecția fiind marcată printr-un dreptunghi roșu (fig.5,b);
- se setează intensitatea și contrastul potrivite folosind cele două slidere dedicate(fig.5,c);
- se alege efectul dorit, putându-se opta pentru diferite combinații de procesări, ultimul efect bifat fiind **detectarea obiectului**(fig.5,d);
- în cazul în care se optează pentru efectul threshold (binarizarea imaginii) utilizatorul poate seta valoarea de prag prin intermediul unui slider(fig. 5,e);
- se poate opta și pentru o filtrare a obiectelor recunoscute prin intermediul a două slidere dedicate ce modifică dimensiunea minimă (în pixeli) a lungimii și lățimii zonei rectangulare ce conține obiectul(fig.5,f).

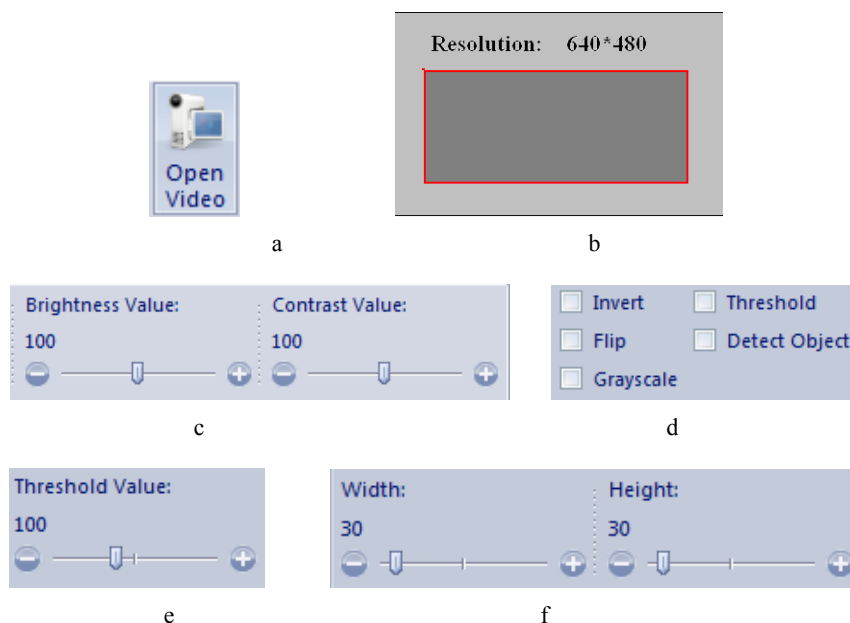


Fig. 5. Pașii aplicației RoboVISION.

• în momentul în care a fost detectat obiectul, în partea din dreapta se va scrie primitiva recunoscută împreună cu dimensiunile acesteia – figura 6. Aplicația va genera și un director numit **Detected Primitives** în care vor fi salvate fișierele Open Inventor.

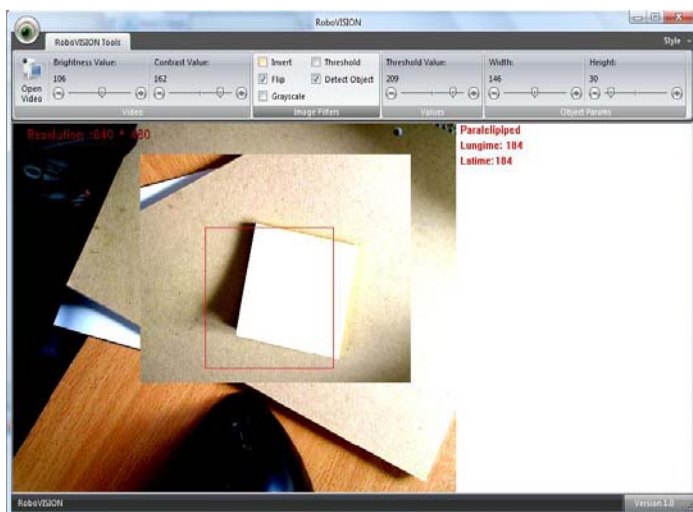


Fig. 6. Lucrul cu RoboVISION.

3.2. Experimentarea și evaluarea eficienței modului software RoboVISION

Sistemul software prezentat în cadrul acestei lucrări este responsabil pentru îndeplinirea următoarelor operații:

- 1) recunoșterea clasei din care face parte obiectul (sferă, paralelipiped, cilindru sau con);
- 2) măsurarea dimensiunii acestuia (dimensiunea proiecției obiectului pe suprafața pe care este așezat).
- 3) generarea modelului 3D al obiectului recunoscut și măsurat.

Evaluarea unui sistem avansat de vizualizare este o sarcină dificilă, deoarece sistemul în sine este dependent de o serie de factori externi, cei mai importanți fiind: condițiile de lumină; calitatea dispozitivului video; dimensiunea capturii; factorul uman.

Pentru a putea evalua aplicația RoboVISION prezentată în cadrul acestei lucrări s-au efectuat o serie de experimente care au vizat capacitatea sistemului de a face față factorilor externi mai sus enunțați.

3.2.1. Concepția experimentului

Obiectivul experimentului a fost de a testa eficiența aplicației în cazul în care condițiile de lumină variază

puternic, iar fundalul suprafeței pe care este așezat obiectul variază în ceea ce privește contrastul. Recunoașterea obiectelor implică și măsurarea acestora, din acest motiv nu a fost nevoie de conceperea unui experiment separat pentru testarea măsurării obiectelor recunoscute.

Condițiile de lumină reprezintă o problemă importantă în cadrul sistemelor de vizualizare și, în general, în domeniul analizei video. Luminozitatea încăperii de lucru este puternic influențată de orice obiect care se află în mișcare, fiind astfel factorul cel mai puțin controlabil. În cazul celorlalți factori s-a putut interveni. Astfel, pentru cercetările efectuate s-a folosit un dispozitiv video foarte performant – Logitech QuickCam Pro 9000 (tabelul 1) iar dimensiunea capturii a fost setată la o rezoluție standard de 640*480 pixeli. Folosirea strategiilor de prehensiune are ca scop final atașarea dispozitivului video prehensorului care la rândul său va fi montat pe un braț robotic, în felul acesta putându-se exclude ultimul factor extern – factorul uman. Experimentul efectuat a avut în vedere evaluarea procentului de recunoaștere a unei sfere în cazul în care condițiile de luminozitate se schimbă brusc. Astfel s-au numerotat toate cadrele captate de la dispozitivul video și s-a comparat cu numărul cadrelor în care obiectul a fost recunoscut (tabelul 2).

Tabelul 1

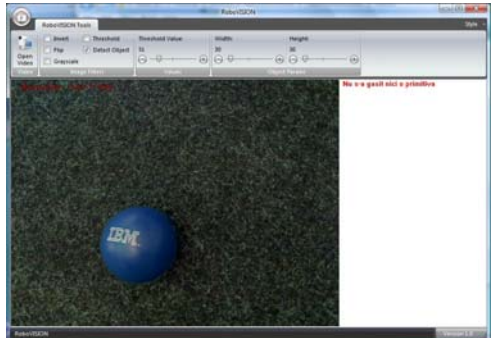
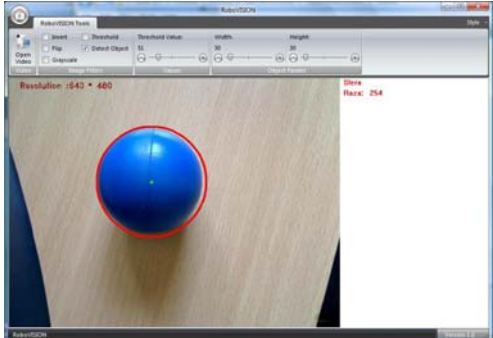
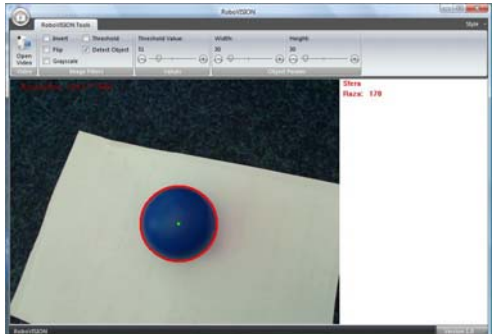
Specificațiile tehnice ale dispozitivului video folosit

Logitech QuickCam Pro 9000	
Interfață	USB 2.0
Tip Senzor	CCD
Rezoluție Foto	960 x 720 pixeli
Numar Pixeli	8.000.000
Rata Frame	30
Lentile	Carl Zeiss cu autofocus

3.2.2. Analiza informațiilor și rezultatele obținute

Impactul luminii variabile asupra analizei se traduce prin îngreunarea procesului de diferențiere al obiectului față de fundal. Prin creșterea contrastului se crește implicit procentul de acuratețe al analizei. Astfel, s-a observat că rezultatele cele mai bune se obțin în cazul în care fundalul și obiectul care trebuie recunoscut tind în sens contrar către extremele spațiului de culoare RGB așa cum se observă și din figura 7.

Analiza eficienței aplicației RoboVISION

Fundal	Procent de recunoaștere
<p style="text-align: center;">Contrast mic</p> 	<p style="text-align: center;">1%</p> <p>Datorită contrastului mic procentul de recunoaștere este extrem de mic indiferent de condițiile de luminozitate.</p>
<p style="text-align: center;">Contrast mediu</p> 	<p style="text-align: center;">46%</p> <p>Contrastul mediu determină oscilații mari în momentul în care apar fluctuații de lumină puternice. Schimbarea luminozității determină și activarea funcției autofocus a camerei și din acest motiv tendința este de a se stabili recunoașterea după focalizare.</p>
<p style="text-align: center;">Contrast mare</p> 	<p style="text-align: center;">97%</p> <p>În cazul unui contrast mare procentul de recunoaștere este foarte mare indiferent de condițiile de lumină. Totuși, în cazul în care oscilațiile sunt mari se activează funcția autofocus a camerei care determină pierderea informației pentru 1-2 secunde cât durează focalizarea.</p>

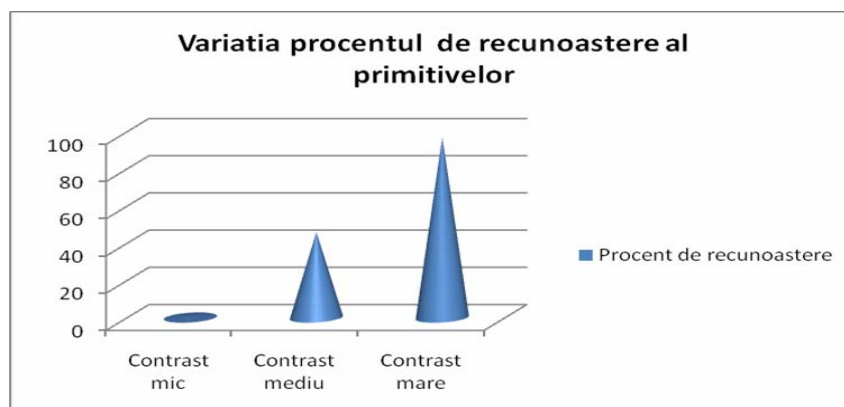


Fig. 7. Variația procentului de recunoaștere în funcție de contrast.

4. CONCLUZII

RoboVISION este o aplicație complexă alcătuită din mai multe componente. Astfel, a fost creat un modul software specializat în gestionarea interacțiunii cu dispozitivele video atașate unui calculator care să ofere acces la fiecare cadru din secvența video pentru analiză. Pentru realizarea acestui modul s-a folosit tehnologia Microsoft DirectShow disponibilă în cadrul pachetului DirectX, creat în special pentru multimedia și 3D. Analiza video este realizată de un modul specializat în recunoașterea a patru primitive – sfere, paralelipipede, conuri și cilindri. Pentru recunoașterea obiectelor s-a folosit algoritmul bazat pe clasificatori. O altă componentă a RoboVISION 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 RoboVISION 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 prehensurului antropomorf.

Aplicația RoboVISION poate interacționa și cu alte module software datorită faptului că rezultatul analizei video este disponibil în fișierul Open Inventor generat. RoboVISION ușurează astfel substanțial procesul de colectare a modelelor 3D folosite în simularea funcțională, în felul acesta simularea fiind puternic centrată în realitate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Staretu, I. *Sisteme de prehensiune*, Ed. Lux Libris, Brasov, Romania, 2010.
- [2] Itu, A. *Contributions to Gripping Strategies in Real and Virtual Environment using a Three-Fingered Anthropomorphic Gripper* – Doctorate Thesis, Transilvania University of Brasov, Romania, 2010.
- [3] Staretu, I. *Gripping Systems*, Derc Publishing House, Tewksbury, Massachusetts, USA, 2011.
- [4] www: <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyId=D466226B-8DAB-445F-A7B4-448B326C48E7&displaylang=en>
- [5] www: http://www.cs.unc.edu/~geom/V_COLLIDE/
- [6] www: <http://msdn.microsoft.com/en-us/directx/default.aspx>
- [7] www: http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_space

Despre autori

Dr. inf. **Alexandru Mihail ITU**

Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este absolvent al Facultății de Matematică - Informatică a Universității Transilvania din Brașov în 2005. Între 2005 și 2010 a fost doctorand cu frecvență la aceeași universitate, iar în anul 2010 a obținut titlul de doctor în Inginerie Industrială. A făcut o specializare în robotică și inteligență artificială la Universitatea Politehnică din Cartagena, Spania. A publicat peste 10 articole științifice la conferințe internaționale prestigioase sau în reviste de înaltă ținută științifică și a participat la rezolvarea mai multor granturi de cercetare științifică. E-mail: alexandru.itu@unitbv.ro

Prof. univ. dr. ing. Eur Ing **Ionel STAREȚU**

Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este absolvent al Facultății TCM a Universității *Transilvania* din Brașov(1983). A obținut titlu de Doctor Inginer în specializarea Roboți Industriali în 1995. Specializări în: Tribologie (Universitatea *Transilvania* – 1990), Robotique et Productique (*INSTN* din Saclay, Franța-1992/1993), Managementul Organizației (IAI și Universitatea *Transilvania*-1999/2000), Managementul Calității(2003) și Auditul Calității(2004) la Universitatea *Transilvania*. Din 2003 este *Expert tehnic extrajudiciar și Consultant* certificat de CERTEXPERT București și A.E.X.E.A. Paris. Activează din 1985 la catedra de *Design de Prods și Robotica* de la Universitatea *Transilvania din Brașov*. A publicat: 6 cărți, 5 lucrări didactice și peste 170 de articole științifice în țară și în străinătate. Este autor sau coautor la 11 brevete de invenție. A contribuit la rezolvarea a peste 24 granturi de cercetare științifice naționale și internaționale (la 4 ca director de grant). Este președintele Filialei Brașov a Societății Române de Robotică , vicepreședinte al Filialei AGIR Brașov, membru ARoTMM și expert în Robotică al Societății Academice din România, membru CRIFȘT – Academia Română. Este conducător de doctorat în domeniul *Ingineriei Industriale*. E-mail: staretu@unitbv.ro