

**Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca,
Facultatea de Automatica si Calculatoare
Catedra de Calculatoare**

**PERCEPTIA SENZORIALA, MODELAREA
SI REPREZENTAREA MODELULUI LUMII
PENTRU SISTEME DE ASISTARE A CONDUCERII**

**Cod proiect ID_1522
Contract 693/2009**

Sinteza lucrarii,
an 2 faza intermediara si finala

Director proiect:

Prof. dr. ing. Sergiu Nedevschi

Colectiv:

Sef lucr. dr. ing. Tiberiu Marita,
Sef. lucr. dr. ing. Radu Danescu,
Asist. ing. doctorand Florin Oniga
Prep. ing. doctorand Siviu Bota
Doctorand ing. Andrei Vatavu
Doctorand ing. Cosmin Pantilie
Doctorand ing. Voichita Popescu

**Noiembrie, 2010
Cluj-Napoca**

Cuprins:

1. Modelarea performantei si functionalitatii sistemului sensorial.....	3
1.1 Modelarea preciziei de reconstructie 3D	3
1.2 Modelarea cauzelor, naturii si magnitudinii erorilor.....	3
2. Definirea si generarea reprezentarii senzoriale multimodale unificate	4
2.1 Definirea modelului multimodal unificat de reprezentare a informatiei senzoriale.....	4
2.2 Dezvoltarea unor metode originale de fuzionare a informatiilor senzoriale provenite de la senzori de intensitate, culoare si profunzime	5
3. Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea lumii si a claselor de obiecte	6
3.1 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea drumului	6
3.2 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea obiectelor si a claselor de obiecte.....	6
3.2.1 Elaborarea modelului de tip harta de elevatii clasificata	6
3.2.2 Elaborarea modelului de tip harta de elevatii clasificata reprezentat prin linii poligonale atributate	7
3.2.3 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea obiectelor	7
3.3 Elaborarea unui model integrat al lumii care sa corespunda cerintelor sistemelor de asistare a conducerii.....	7
4. Lucrari publicate de membrii colectivului	8

1. Modelarea performantei si functionalitatii sistemului sensorial

1.1 Modelarea preciziei de reconstructie 3D

S-a realizat un studiu exhaustiv al stadiului actual al modelarii performantei si functionalitatii sistemului de stereoviziune. Identificarea elementelor cu impact asupra preciziei de reconstructie s-a realizat atat prin studiu bibliografic cat si prin analize teoretice si prin realizarea unor experimente urmate de modelare si analiza statistica.

S-au realizat un mediu fizic de experimentare si aplicatii software de modelare si analiza statistica. Mediul fizic consta dintr-o platforma mobila echipata cu un sistem de stereoviziune, obiecte de test si echipament laser de masura de mare acuratete.

S-au evaluat urmatoarele marimi [1],[2]: densitatea punctelor reconstruite, acuratetea reconstructiei 3D, dispersia de reconstructie. Evaluările au avut in vedere o abordare focalizata pe identificarea cazurilor limita din scenariu reale de trafic. In consecinta evaluarea s-a facut folosind suprafete slab texturate, puternic texturate, cu sau fara modele repetitive, la diverse distante si diverse unghiuri de incidenta.

Experimentele s-au efectuat pe variante multiple a doua clase de algoritmi de reconstructie: algoritmi locali si cei semiglobali. S-au obtinut urmatoarele modele: acuratete in functie de distanta avand ca parametri tipul de textura (slab texturat, puternic texturat, textura repetitiva), dispersia functie de distanta cu aceiasi parametri, densitatea de reconstructie functie de textura

1.2 Modelarea cauzelor, naturii si magnitudinii erorilor

Rezultatele experimentelor au relevat sau confirmat urmatoarele modele de eroare:

- eroare sistematica de deplasare a tuturor distantelor masurate ca functie de distanta
- erori locale de potrivire stereo, depinzand de caracterului repetitiv al texturii si distanta acestuia fata de sistemul de referinta al camerei.
- lipsa reconstructiei in regiuni netexturate.

Pentru studiul metodelor de interpolare la nivel de subpixel a disparitatii au fost generate perechi de imagini sintetice cu disparitati si distributii ale acestora cunoscute. Aceste imagini au permis evaluarea si modelarea comportarii solutiilor existente.

S-au identificat urmatoarele modele de eroare [1],[2]:

- distributia nejusticata a valorilor la nivel de subpixeli a disparitatii in jurul valorii intregi pentru metoda de interpolare de tip parabola
- distributia sinusoidala a valorilor la nivel de subpixeli a disparitatii pentru metodele de interpolare de tip parabola si liniara

Pe baza acestor observatii s-au propus si experimentat doua solutii originale [1],[2] de interpolare la nivel de subpixel confirmate pe imaginile sintetice cat si pe imaginile reale.

Principalele elemente cu influența asupra preciziei de reconstrucție identificate au fost : modelul lentilei, modelarea geometriei de reconstrucție, modelul algoritmului de stereo corelare și modelul de interpolare la precizie de subpixel a disparității.

S-au studiat, propus și experimentat soluții originale, pentru realizarea unui sistem de reconstrucție stereo de mare acuratețe și timp real [3] după următoarele idei principale :

1. folosirea unei metode de tip semiglobal de corelare stereo, cu performanțe de corelare superioare în ceea ce privește densitatea de reconstrucție și filtrarea erorilor de reconstrucție,
2. Implementare originală a algoritmului de stereo reconstrucție pe o arhitectură hardware multicore de tip NVIDIA GPU care permite execuția în timp real pe imagini de dimensiune medie și mare.
3. Dezvoltarea unor algoritmi numerici specifici modelării camerei și prelucrării imaginilor în versiuni secvențiale și paralele [4].
4. Propunerea și experimentarea a două metode originale de îmbunătățire a interpolării la nivel de subpixel a disparității cu efecte de creștere a preciziei de reconstrucție rezultând o scădere a erorii de reconstrucție de la 3% la 0.6%.

2. Definierea și generarea reprezentării senzoriale multimodale unificate

2.1 Definierea modelului multimodal unificat de reprezentare a informației senzoriale

Pe baza studiilor bibliografice și a experienței proprii în proiectarea sistemelor de asistare a conducerii **s-au fixat cerințele modelului de reprezentare a informației senzoriale:** reprezentare ierarhică; posibilitatea accesării informației la rezoluții diferite; păstrarea istoriei informațiilor pe durata de timp și nivelul ierarhic dorit; informațiile achiziționate simultan reprezintă aceeași scenă; informațiile sunt reprezentate în același sistem de coordonate; existența unor corespondențe directe rapide între diferitele reprezentări; posibilitatea fuziunii temporale a reprezentărilor pentru îmbunătățirea fiecărei reprezentări în parte; posibilitatea fuziunii multisensor pentru maximizarea calității informației.

Pornind de la aceste cerințe s-a definit **o ierarhie de reprezentări a informației senzoriale** primare sau prelucrate.

Reprezentarea primară se referă la datele senzoriale de intrare și asigură legătura explicită între datele de tip 2D (imagine de intensitate, culoare, flux optic) și datele de tip 3D (poziția punctelor 3D și viteza punctelor 3D).

Reprezentarea intermediară de tip hartă de ocupare polara este utilizată în procesele de detecție ale obiectelor cu natură 3D pronunțată [5]. Particularitatea acestei hărți este natura polara modelând geometria camerei și dimensiunea variabilă a celulelor modelând variația incertitudinii de măsură și descreșterea numărului de puncte cu distanța. Aceste proprietăți îmbunătățesc semnificativ procesul de detecție.

S-au propus 2 reprezentări de nivel înalt cu funcții distincte [6].

Reprezentarea structurata a mediului se bazeaza pe modele matematice simple pentru descrierea entitatilor relevante. Fiecare entitate reprezinta un volum 3D pozitionat in spatiu la o pozitie si orientare cunoscute si cu acces la proprietatile 2D de tip intensitate, culoare, flux optic, [7], [8], [9]. Este folosita cu succes in cazul mediilor structurate (aglomeratie redusa, drumuri de dimensiuni standard si cu marcaje bune).

Reprezentarea nestructurata mediului se bazeaza pe o harta de elevatii clasificata [10],[11]. Scenariile din traficul auto sunt deseori complexe si nu pot fi modelate tot timpul folosind o abordare structurata. Unul din motive este faptul ca marcajele de pe drum pot lipsi, si banda curenta nu poate fi detectata. Ca o consecinta, separarea dintre punctele de drum si punctele de obstacol devine imprecisa sau chiar imposibila. Punctele care apartin de obiecte atipice, mici, de tipul borduri/trotuare, sunt de obicei etichetate ca puncte de drum in abordarile structurate. Un alt motiv este faptul ca reprezentarea obstacolelor prin cuboide (paralelipipede) nu este suficient de generala pentru a oferi o modelare adecvata pentru anumite tipuri de obstacole: refugii din trafic/bordure curbe, grupuri de pietoni, etc.

Reprezentarea nestructurata a scenariilor de trafic pe care o propunem este bazata pe o reprezentare similara cu o harta de ocupare. O harta de ocupare standard este reprezentata de o matrice de celule asociata cu mediul 3D analizat, in care fiecare celula arata gradul de ocupare (ca o probabilitate) acopera o sub-zona a zonei 3D analizate. Pentru generarea hartii de ocupare se vor reprezenta datele 3D de la stereoviziunea densa sub forma unei harti de inaltimi (termenul consacrat in engleza Digital Elevation Map - DEM). Harta de inaltimi este mai adecvata pentru procesare in timp real fata de setul de date 3D (colectie de puncte tridimensionale). Astfel, harta de inaltimi prezinta doua avantaje: spatiul de procesare este redus (toate punctele 3D din sub-zona unei celule vor fi reprezentate prin celula respectiva) si ofera conectivitate explicita intre vecini (in setul de puncte 3D conectivitatea nu este definita direct, dar in matricea de celule conectivitatea este usor de verificat prin adiacenta celulelor).

Varianta extinsa de harta de ocupare pe care o propunem contine atat gradul de ocupare (adevarat/fals) cat si informatii legate de tipul obstacolului care este prezent in celula.

Clasele utilizate in clasificarea punctelor spatiului 3D sunt: cale navigabila, trotuar, obstacol, punct neinterpretat, punct in afara zonei de interes.

Avantajul acestei abordari este generalitatea reprezentarii care permite utilizarea reprezentarii atat in medii structurate cat si nestructurate.

S-a propus si o reprezentare specifica intersectiilor pentru implementarea unor functii de asistenta specifice [12]. Caracteristica principala a acestei reprezentari este introducerea semnelor de circulatie pictate pe suprafata drumului de tip marcaje de banda, linii de stop, treceri de pietoni, sageti. Aceste semne detectate si recunoscute se pot folosi pentru intelegerea scenei sau ca repere de aliniere cu harti digitale.

2.2 Dezvoltarea unor metode originale de fuzionare a informatiilor senzoriale provenite de la senzori de intensitate, culoare si profunzime

S-au implementat metode originale de fuziune multisensor [13],[14] si fuziune temporala [15]. Solutii originale de fuziunea multi sensor au fost propuse si implementate in procesul de detectie al benzii de circulatie, in procesul de detectie si localizare a marcajelor de circulatie, in procesele de clasificare a obiectelor. S-a dezvoltat un algoritm de fuziune temporala pentru rafinarea reprezentarii harti de elevatie utilizind parametrii de miscare ai autovehicolului propriu pentru alinierea cadrelor succesive [15].

S-a studiat si experimentat fuziunea datelor stereo cu cele provenind de la un scanner laser [16].

3. Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea lumii si a claselor de obiecte

3.1 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea drumului

S-a propus si dezvoltat o abordare nouă pentru modelarea, detectia și clasificarea geometriei drumului, care vine să completeze abordările existente, focalizate pe detectia unei benzi de circulatie ca un tot unitar, prin estimarea parametrilor geometriei acesteia. Abordarea propusa este focalizată pe marcaje ca obiecte independente [17]. Solutia propusa utilizeaza fuziunea informatiei 2D de intensitate cu informatia 3D de profunzime pentru detectia, reconstructia geometriei, recunoasterea marcajelor si localizarea acestora in spatiul 3D.

3.2 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea obiectelor si a claselor de obiecte

3.2.1 Elaborarea modelului de tip harta de elevatii clasificata

S-a dezvoltat si implementat modelul de reprezentare nestructurarata a mediului bazat pe o harta de elevatii neclasificata [11], [18].

Algoritmul de generare a reprezentarii nestructurate primeste la intrare date 3D furnizate de catre senzorul de stereoviziune. O harta de inaltimi este calculata din setul de date 3D. Doua abordari complementare sunt folosite pentru generarea hartii de ocupare din harta de inaltimi: prima este bazata pe densitatea de puncte 3D per celule, iar a doua abordare se bazeaza pe modelarea drumului ca o suprafata quadratica (grad 2).

Prima abordare bazata pe densitati este necesara pentru a acoperi situatiile particulare in care drumul nu poate fi modelat printr-o suprafata de ordin superior, sau nu exista suficiente puncte 3D pe drum pentru a modela suprafata. Aceasta abordare se bazeaza pe faptul ca, datorita efectului de perspectiva si a orientarii specifice pentru obstacole (cvasi-vertical) si drum (cvasi-orizantal), celulele de obstacol vor avea densitati de puncte mai mari decat celulele cu drum.

A doua abordare se bazeaza pe modelarea drumului folosind o suprafata patratica (grad 2). Suprafata este potrivita, folosind o abordare de tip RANSAC (RANdom SAmple Consensus), la o portiune restransa din harta de inaltimi, in fata vehicolului propriu. Suprafata primara obtinuta astfel este rafinata printr-un proces bazat pe crestere de regiuni. Robustetea suprafetei globale este asigurata in acest mod. Pe baza suprafetei obtinute se face clasificarea celulelor din harta.

Refugiile (suprafete inaltate fata de drum, paralele cu acesta) sunt detectate ca o clasa distincta, la fel ca bordurile, in loc sa fie considerate ca facand parte din drum.

Rezultatele celor doua abordari sunt in final fuzionate si filtrate pentru a imbunatati robustetea detectiei. Parametrii de odometrie ai masinii proprii sunt folositi pentru a filtra bordurile si refugiile.

Rezultatele produse de algoritm sunt multiple: harta de ocupare continand clasele celulelor, grupuri de celule reprezentand refugii sau obstacole individuale, si suprafata quadratica a drumului.

3.2.2 Elaborarea modelului de tip harta de elevatii clasificata reprezentat prin linii poligonale atributate

Pentru modelarea nestructurata a mediului, ca si abordare alternativa, s-a utilizat reprezentarea geometriei suprafetelor prin intermediul unor seturi de poligonale nestructurate [19],[20].

Unul dintre avantajele de reprezentare a mediului prin intermediul unor polilinii nestructurate, este aproximarea cat mai precisa a contrului obiectelor cu un model poligonal, prin utilizarea unui set restrans de varfuri poligonale. In acelasi timp, orice structura poligonala poate mosteni un set de trasaturi statice sau dinamice de la obiectele asociate (ex: tip, pozitie, inaltime, magnitudine, directie de deplasare in cazul obstacolelor dinamice etc.). Astfel, procesarea in timp real a algoritmilor subsecventi, este asigurata prin faptul ca se utilizeaza un numar cat de mic posibil de puncte procesate, asigurand o acuratete ridicata a rezultatului obtinut.

3.2.3 Elaborarea modelelor noi pentru reprezentarea obiectelor

S-au mai implementat aplicatii pentru detectia, recunoasterea si reprezentarea vehiculelor in miscare [21] si a pietonilor [22] precum si algoritmi pentru detectia miscarii proprii din secvente de imagini [23], [24].

3.3 Elaborarea unui model integrat al lumii care sa corespunda cerintelor sistemelor de asistare a conducerii

Modelul Integrat al Lumii și are ca scop rezolvarea următoarelor problem: (1) fuzionarea datelor despre mediul înconjurător obținute de la diferitele sisteme de intrare; (2) reprezentarea și stocare datelor brute și/sau prelucrate, sub forma unor structuri de date, entități; (3) determinarea relațiilor între aceste entități; (4) fuzionarea și actualizarea ciclică a datelor; (5) furnizarea unei reprezentări precise și actualizate a mediului traficului urban, în timp real, oricând acest lucru este cerut. Aceste obiective răspund întocmai cerințelor unui sistem de asistare a conducerii auto.

Pe lângă aceste cerințe funcționale, o serie de cerințe non-funcționale, specifice unui sistem autonom mobil există: (1) capacitate de procesare și execuție a cerințelor in timp real; (2) interoperabilitate - cu celelalte module ale arhitecturii (de Raționare și/sau Generare de

comportament) și sub-sisteme (sisteme de date de intrare: hărți digitale, senzori, module de comunicare); (3) robustețe și fiabilitate; (4) ușurință în integrare.

S-a propus și implementat un model integrat de reprezentare a intersecțiilor pentru implementarea unor funcții de asistență specifice [25].

Caracteristica principală a acestei reprezentări este fuziunea dintre reprezentarea structurată și nestructurată, introducerea semnelor de circulație pictate pe suprafața drumului de tip marcaje de bandă, linii de stop, treceri de pietoni, săgeți [17],[6],[26].

Aceste semne detectate și recunoscute se folosesc pentru înțelegerea scenei și ca repere de aliniere cu hărți digitale. În vederea acestei operații s-au propus [12]: (1) un model extins de hartă digitală incluzând informația necesară (corespondențele liniei de stop, a liniilor centrale ale benzilor de circulație memorate la o rezoluție DGPS, a tipurilor delimitatorilor și a tipurilor marcajelor indicatoare de pe drum – săgeți indicatoare) și informația utilă (necesară sistemului de asistență auto); (2) un algoritm de aliniere a reprezentării senzoriale cu harta digitală extinsă, pentru localizarea informației senzoriale în sistemul de coordonate global al hărții. Această operație permite și fuziunea celor două surse de date de intrare (hărți).

4. Lucrări publicate de membrii colectivului

- [1] I. Haller, C. Pantilie, F. Oniga, and S. Nedevschi, "Real-time semi-global dense stereo solution with improved sub-pixel accuracy," in *2010 IEEE, Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, San Diego, CA, 2010, pp. 369-376.
- [2] I. Haller, C. Pantilie, T. Marita, and S. Nedevschi, "Statistical method for sub-pixel interpolation function estimation " in *2010 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Funchal, Madeira Island, Portugal, 2010, pp. 1098 - 1103.
- [3] I. Haller and S. Nedevschi, "GPU optimization of the SGM stereo algorithm," presented at the 2010 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP) Cluj-Napoca, 2010.
- [4] A. Ciurte, S. Nedevschi, and I. Rasa, "A Generalization of the EMMML and ISRA Algorithms for Solving Linear Systems," *Journal of Computational Analysis and Applications*, vol. 12, pp. 799-816, Oct 2010.
- [5] C. Pocol, S. Nedevschi, and M. M. Meinecke, "Obstacle Detection based on Dense Stereovision for Urban ACC Systems," in *WIT*, Hamburg, 2008, pp. 13-18.
- [6] S. Nedevschi, T. Marita, R. Danescu, F. Oniga, S. Bota, I. Haller, C. Pantilie, M. Drulea, and C. Golban, "On Board 6D Visual Sensors for Intersection Driving Assistance Systems," in *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2010: Smart Systems for Green Cars and Safe Mobility*, G. Meyer, et al., Eds., ed: Springer, 2010.
- [7] S. Nedevschi, R. Danescu, T. Marita, F. Oniga, C. Pocol, S. Bota, M. M. Meinecke, and M. A. Obojski, "Stereovision-Based Sensor for Intersection Assistance," in *Advanced Microsystems for Automotive Applications 2009: Smart Systems for Safety, Sustainability, and Comfort*, G. Meyer, et al., Eds., ed: Springer, 2009, pp. 129-163.

- [8] R. Danescu, F. Oniga, and S. Nedevschi, "Particle grid tracking system for stereovision based environment perception," in *Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2010 IEEE*, 2010, pp. 987-992.
- [9] M. Drulea, I. R. Peter, and S. Nedevschi, "Optical flow A combined local-global approach using L1 norm," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 217-222.
- [10] F. Oniga, S. Nedevschi, M. M. Meinecke, and T. B. To, "Road surface and obstacle detection based on elevation maps from dense stereo," *2007 Ieee Intelligent Transportation Systems Conference, Vols 1 and 2*, pp. 645-651, 2007.
- [11] F. Oniga and S. Nedevschi, "Processing Dense Stereo Data Using Elevation Maps: Road Surface, Traffic Isle, and Obstacle Detection," *Ieee Transactions on Vehicular Technology*, vol. 59, pp. 1172-1182, Mar 2010.
- [12] S. Nedevschi, V. Popescu, T. Marita, R. Danescu, M. M. Meinecke, M. A. Obojski, and J. Knap, "Intersection Modeling by Sensorial and Digital Map Data Alignment," presented at the Proceedings of 6-th IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP 2010), Cluj-Napoca, Romania, 2010.
- [13] C. Pantilie and S. Nedevschi, "Real-Time Obstacle Detection in Complex Scenarios Using Dense Stereo Vision and Optical Flow," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2010 (IEEE-ITSC 2010)*, Funchal, Madeira Island, Portugal, 2010, pp. 433-438.
- [14] C. D. Pantilie, S. Bota, I. Haller, and S. Nedevschi, "Real-time obstacle detection using dense stereo vision and dense optical flow," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 191-196.
- [15] F. Oniga, S. Nedevschi, R. Danescu, and M. M. Meinecke, "Global Map Building Based on Occupancy Grids Detected from Dense Stereo in Urban Environments," *2009 Ieee 5th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processsing, Proceedings*, pp. 111-117, 2009.
- [16] G. Lisca, J. Pangyu, and S. Nedevschi, "Automatic one step extrinsic calibration of a multi layer laser scanner relative to a stereo camera," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 223-230.
- [17] R. Danescu and S. Nedevschi, "Detection and classification of painted road objects for intersection assistance applications," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on*, 2010, pp. 433-438.
- [18] F. Oniga, R. Danescu, and S. Nedevschi, "Mixed Road Surface Model for Driving Assistance Systems," in *2010 IEEE Intelligent Computer Communication and Processing*, Cluj-Napoca, Romania, 2010, pp. 185-190.
- [19] A. Vatavu, S. Nedevschi, and F. Oniga, "Real Time Object Delimiters Extraction for Environment Representation in Driving Scenarios," *Icinco 2009: Proceedings of the 6th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Vol 2*, pp. 86-93, 2009.
- [20] A. Vatavu, S. Nedevschi, and F. Oniga, "Real-Time Environment Representation based on Occupancy Grid Temporal Analysis using a Dense Stereo-Vision System," in *6th IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2010*, Cluj-Napoca, Romania, 2010.
- [21] R. Brehar, S. Nedevschi, and L. Daian, "Pillars detection for side viewed vehicles," in *Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 247-250.
- [22] S. Nedevschi, I. R. Peter, I. A. Dobos, and C. Prodan, "An improved PCA type algorithm applied in face recognition," in *2010 IEEE Intelligent Computer Communication and Processing*, Cluj-Napoca, Romania, 2010, pp. 259-262.

- [23] C. Golban, I. Golban, and S. Nedevschi, "Vision based three-dimensional vehicle motion detection by minimizing nonlinear functions," in *2010 IEEE Intelligent Computer Communication and Processing*, Cluj-Napoca, Romania, 2010, pp. 239-242.
- [24] D. Pojar, P. Jeong, and S. Nedevschi, "Improving localization accuracy based on Lightweight Visual Odometry," in *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on*, 2010, pp. 641-646.
- [25] S. Nedevschi, M. Tiberiu, R. Danescu, F. Oniga, and S. Bota, "On-board Stereo Sensor for Intersection Driving Assistance. Architecture and Specification," *2009 Ieee 5th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, Proceedings*, pp. 409-416, 2009.
- [26] F. Oniga and S. Nedevschi, "Polynomial Curb Detection Based on Dense Stereovision for Driving Assistance," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2010 (IEEE-ITSC 2010)*, Funchal, Madeira Island, Portugal, 2010, pp. 1110-1115.