

Radu Gabriel DANESCU

TEZĂ DE ABILITARE

“Soluții pentru modelarea și percepția mediilor 3D dinamice”

REZUMAT

Această teză prezintă activitatea științifică și rezultatele candidatului, după susținerea tezei de doctorat la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, în data de 12.12.2009, și obținerea titlului de doctor, confirmat de Ministerul Educației și Cercetării prin ordinul nr. 3492 din 23.03.2010. Înainte de susținerea tezei de doctorat, activitatea de cercetare a candidatului a fost orientată spre urmărirea bazată pe model a obiectelor, în domeniul aplicațiilor de asistență a conducerii auto, folosind stereoviziunea ca sursă de măsurători. După finalizarea doctoratului, candidatul a rămas activ în domeniul percepției bazate pe stereoviziune, urmărind în principal două direcții majore: proiectarea soluțiilor pentru modelarea și urmărirea mediilor 3D dinamice fără constrângeri de model, și soluții pentru supravegherea spațiului folosind stereoviziunea. În ambele direcții, rezultatele obținute au fost suficient de relevante pentru a putea fi publicate în mai multe articole în jurnale cotate ISI și în articole de conferințe.

1. Soluții pentru modelarea și urmărirea modelelor dinamice 3D libere de model: dacă multe medii pot fi divizate în elemente discrete ce pot fi modelate prin entități geometrice precum cuboidele sau curbele parametrice, iar parametrii acestor entități geometrice pot fi urmăriți, uneori mediile devin prea complexe, sau nivelul de detaliu cerut de agentul care realizează percepția depășește simplificările presupuse. Din aceste motive, modele alternative, care nu sunt legate de o formă anume, precum hărțile de ocupare sau hărțile de înălțime, pot fi folosite. Obiectivele candidatului au fost legate de crearea de noi modele, bazate pe ideea generală a hărților de ocupare și de înălțime, și de folosirea acestor modele pentru urmărirea mediului.

Soluțiile găsite în literatura de specialitate legate de hărțile de ocupare au tratat mai mult problema mediilor statice, soluțiile dinamice fiind puține și, în opinia candidatului, dificil de folosit și limitate. Soluția propusă de candidat pentru harta de ocupare dinamică este bazată pe particule dinamice care sunt elementele constructive ale mediului modelat, având poziție și viteză, ce pot migra dintr-o celulă a hărții în alta. În acest fel, o densitate de probabilitate multi-modală a stării unei celule, ce include gradul de ocupare și viteza, este reprezentată în mod natural. Particulele sunt create sau distruse pe baza informațiilor de măsură derivate din stereoviziune, folosind un algoritm de re-eșantionare eficient computațional. Populația de particule permite, la nivel de celulă, estimarea gradului de ocupare și a vitezei celulei. Proprietățile dinamice ale celulei pot fi folosite, dacă este nevoie, pentru extragerea obiectelor geometrice, care vor avea deja viteză și orientare fără a fi nevoie de urmărire.

Soluțiile disponibile în literatura de specialitate pentru hărțile de înălțime sunt exclusiv dedicate mediilor statice. Soluția propusă de candidat, harta dinamică de înălțime bazată pe particule, este capabilă să modeleze și să urmărească cu succes mediile complexe dinamice, și să estimeze, pentru fiecare celulă, o înălțime și un vector viteză. Dificultățile principale întâmpinate în realizarea acestui sistem au fost legate de utilizarea incertitudinii măsurătorilor 3D prin stereoviziune în procesul de ponderare a particulelor, ca model de măsură multi-modal, și de proiectarea unui mecanism de mișcare a particulelor care să poată trata suficient de rapid elementele dinamice din scenă. Noul model al lumii, harta de înălțime dinamică bazată pe particule, a fost extins și mai mult, încorporând și informația de nivele de

gri extrasă din imagine, astfel încât procesul de urmărire să poată beneficia și de informația din imaginile originale, pe lângă informația 3D, și pentru o mai bună descriere a mediului perceput.

2. *Stereoviziune cu linie de bază mare pentru supravegherea spațiului:* Pământul este înconjurat de un număr imens de obiecte aflate pe orbită la diferite distanțe, traversând spațiul cu viteze variabile. Unele dintre aceste obiecte sunt utile, iar unele sunt resturi ale unor misiuni spațiale mai vechi, sau ale unor sateliți care au fost activi în trecut. Pe măsură ce spațiul este tot mai aglomerat, importanța observării acestor obiecte crește. Există mai multe tehnici pentru supravegherea spațială, unele dintre ele bazându-se pe senzori activi precum RADAR-ul, majoritatea fiind totuși bazată pe sisteme optice, ce doar recepționează lumina reflectată de ținte, astfel necesitând mult mai puțină energie pentru a funcționa. Tehnicile existente bazate pe sisteme optice folosesc procesarea secvențelor de imagini luate dintr-o singură sursă (un singur telescop), și folosesc constrângerile mișcării orbitale pentru a determina distanța. Candidatul a observat o oportunitate în domeniul supravegherii spațiale, utilizarea stereoviziunii pentru detecție și măsurare a distanței obiectelor din orbita Pământului. Deoarece distanța acestor obiecte poate fi în domeniul miilor de kilometri, linia de bază a stereoscopului trebuie să fie de ordinul kilometrilor, sau al zecilor de kilometri. Pentru a obține un sistem funcțional, a fost nevoie de găsirea de soluții la următoarele probleme: sincronizarea celor două stații de observație, fără posibilitatea folosirii unui semnal declanșator comun; calibrarea intrinsecă a sistemelor optice; calibrarea continuă a matricelor de rotație, deoarece sistemele urmăresc bolta cerească, și deci își schimbă orientarea față de Pământ; detecția trăsăturilor candidate ale sateliților din imagini, uneori în condiții de contrast scăzut și în prezența unui zgomot semnificativ (cauzat de timpul de expunere lung și de amplificarea mare, necesare pentru a crește sensibilitatea); problema corespondenței stereo și a calculării coordonatelor 3D. A fost realizat un sistem capabil să detecteze și să măsoare distanța la sateliți de pe orbite LEO, MEO, GEO și HEO.

Principalele realizări sunt detaliate în capitolul (b-i), *Realizări științifice, profesionale și academice*.

Activitatea candidatului în viitorul apropiat va fi concentrată în principal pe cele două direcții principale care au produs rezultatele descrise în această teză: modelarea și urmărirea mediilor complexe dinamice 3D, și supravegherea spațiului prin stereoviziune.

Principalele probleme care vor fi abordate în domeniul modelării și urmăririi mediilor dinamice sunt:

- Dezvoltarea unui model al lumii dinamice, și a unei soluții de urmărire bazată pe acest model, ce poate integra informația stereo fără a o transforma inițial într-o hartă de înălțimi primară. Informația stereo primară conține valori de disparitate și de intensitate pentru fiecare pixel din imagine, iar modelul de măsură va conecta aceste valori și incertitudinea lor direct cu mecanismul de urmărire. În acest fel, eroarea măsurătorilor poate fi estimată cu o precizie mult mai mare, care va îmbunătăți rezultatele finale.
- Transformarea modelului lumii și a metodei de urmărire într-o soluție de fuzionare a informațiilor de la mai mulți senzori, prin integrarea mai multor surse de date în procesul de măsură. Ca reprezentare intermediară, harta de ocupare dinamică sau harta dinamică de înălțimi sunt potrivite.

Principalele probleme care necesită abordare în domeniul supravegherii spațiului prin stereoviziune sunt următoarele:

- Îmbunătățirea calității estimării distanțelor, printr-o analiză aprofundată a surselor de incertitudine a procesului de măsură, și dezvoltarea de soluții pentru eliminarea acestor incertitudini.

- Dezvoltarea unui algoritm de urmărire bazat pe estimarea stării țintei, stare care este compusă din parametrii orbitali. Trebuie dezvoltate metode pentru determinarea acestor parametri din rezultatele stereoviziunii, și metode de predicție bazate pe acești parametri.

Pe termen lung, candidatul estimează că activitatea sa de cercetare va fi concentrată pe sisteme de percepție pentru robotică, asistență a conducerii auto, și pe supravegherea spațială, dar și pe alte subiecte din domeniul general al viziunii artificiale.

O descriere mai detaliată a fiecărui subiect poate fi găsită în capitolul (b-ii): *Planuri de dezvoltare științifică, profesională și academică.*