

3D triangle mesh representations: approaches, algorithms and applications (Reprezentări 3D bazate pe rețele de triunghiuri: abordări, algoritmi și aplicații)

Rezumat al tezei de abilitare

Mihai-Sorin Stupariu

Scopul acestei teze de abilitare este de a prezenta rezultatele recente ale autorului, publicate singur sau în lucrări realizate în colaborare. Această teză aduce în atenție algoritmi și metode ce pot fi aplicate pentru rețele 3D de triunghiuri (*triangle meshes*). Acest tip de reprezentare este omniprezent în grafica pe calculator și se constituie într-un instrument indispensabil în arii de studiu conexe, precum modelarea geometrică, CAD, robotică sau în domenii precum imagistica medicală sau geostiințe.

Universalitatea și flexibilitatea rețelelor de triunghiuri, împreună cu multitudinea de aplicații au deschis calea pentru numeroase studii și au inițiat diverse nișe de cercetare. Pe de altă parte, datorită naturii practice a problemelor abordate, experimentele numerice joacă un rol cheie pentru testarea și validarea ipotezelor formulate. Subiectele abordate în teză se referă la extragerea de informații relevante și la manevrarea acestui tip de reprezentări. Teza este structurată în cinci capitole, descrise pe scurt în continuare, urmate de o listă de referințe bibliografice.

Capitolul 1 aduce în discuție un ingredient cheie pentru definirea formei geometrice 3D a unei rețele triunghiulare, și anume lipsa de planaritate. Acest aspect poate fi cuantificat folosind descriptori numerici adecvați - curburile. Spre deosebire de cazul neted, în cadrul discret nu există o definiție unică pentru curburi și

au fost propuse diferite metode de calcul. În lucrare comparăm o serie de metode pentru calculul curburilor discrete pe rețele triunghiulare. Prin experimente numerice, realizate atât pe date sintetice, cât și pe date reale, cu accent pe cazul datelor geospațiale, indicăm metodele pentru care am obținut performanțe mai bune pentru curbura Gauss și tehnici care au o precizie mai mare în cazul curburii medii. În plus, rezultatele studiului ilustrează faptul că curburile pentru rețelele de triunghiuri pot evidenția caracteristici specifice ale terenului.

Capitolul 2 tratează reprezentările multirezoluție ale rețelelor de triunghiuri. Astfel de abordări sunt deosebit de utile atunci când datele nu sunt uniforme și variază în funcție de poziție și scară. Am propus o metodă hibridă care utilizează informații geometrice și atribute asociate vârfurilor pentru a construi un graf ponderat care reflectă variabilitatea datelor. Mai întâi este aplicată o strategie de partitionare a vârfurilor, dirijată de o euristică dependentă de atribute și geometrie. Acest mecanism de discriminare păstrează atât proprietățile geometrice, cât și atributele proeminente. Apoi este aplicat un mecanism multirezoluție, adaptând tehnici de lucru specifice grafurilor ponderate. Un element cheie este alegerea filtrelor de predicție și actualizare. Legat de acest aspect, discutăm mai multe alternative și efectuăm o serie de experimente numerice pe diferite seturi de date, folosind eroarea medie pătratică drept măsură a acurateții. Rezultatele arată că design-ul adecvat al acestor filtre îmbunătățește eroarea pătratică medie a semnalului comparativ cu alte abordări. Ca o proprietate cheie a acestui design, păstrarea mediei semnalului la nivel de graf devine esențială pentru diminuarea erorii și conservarea caracteristicilor proeminente.

În capitolul 3 este abordat un subiect referitor la detectarea structurilor și obiectelor, pornind de la ipoteza că din datele și reprezentările 3D pot fi extrase informații relevante. Descriem patru lucrări cu o abordare graduală, în etape, prin care se urmărește detectarea unor tipare (*patterns*) specifice, într-un context tridimensional. Un accent special este pus pe rolul jucat de geometria locală a suprafeței. Prima etapă constă în clasificarea norilor de puncte de densitate mare situate pe poliedre, cu accent pe identificarea diferitelor tipuri de muchii, unele dintre ele corespunzând discontinuităților suprafeței și altele corespunzând intersecției a două plane ale aceluiași obiect. Al doilea pas este testarea unui algoritm pentru identificarea automată a anumitor obiecte (arbori izolați) având ca date intrare doar un nor de puncte 3D. Metoda s-a bazat pe utilizarea curburilor dis-

crete ca indicator al prezenței copacilor. A treia etapă este identificarea obiectelor folosind forme „sintetice” predefinite, asemănătoare cu obiectele de interes. Am prezentat un întreg flux de lucru pentru identificarea poziției potențiale a arborilor sau arbuștilor, obținând, într-un studiu de caz, o acuratețe de 77,9% și 89,5%. În cea de-a patra lucrare am folosit tehnici de învățare automată pentru detectarea coroanei copacilor și clasificarea speciilor. Designul propus a fost testat în studii de caz diferite, iar experimentele numerice au fost aplicate pe date de teledetectie cu rezoluție ridicată. Am aplicat atât modele individuale, cât și modele ansamblu (*ensemble models*), iar experimentele numerice au indicat performanța crescută a modelelor comparativ cu cele individuale cu o marjă de 3%-18%. În plus, am demonstrat că datele derivate din reprezentarea 3D au o relevanță aparte în discriminarea speciilor.

Scopul capitolului 4 este de a prezenta contribuția la două aplicații interdisciplinare. Prima este un studiu care a inclus simulări integrate ale parametrilor vântului și vegetației pe un teren montan cu topografie complexă. Rezultatele au evidențiat faptul că un element cheie pentru întregul flux de lucru sunt reprezentările 3D ale datelor de teren și vegetație. O a doua aplicație a fost un studiu de tip review referitor la utilizarea metodelor de învățare automată în articolele legate de analizele de mediu și ecologia peisajului. Studiul a evidențiat atât creșterea numărului de articole cu această tematică, precum și diversificarea metodelor și dezvoltarea unor abordări din ce în ce mai complexe.

La final, în capitolul 5, este schițat un plan de evoluție și dezvoltare a carierei profesionale, prin prezentarea unor posibile teme și a unor direcții de lucru pe care le voi dezvolta în viitor.