

Modeliranje, simulacija in upodabljanje gozdov

Aleš Zamuda, Nikola Guid

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Univerza v Mariboru

Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija

E-pošta: ales.zamuda@uni-mb.si

Modelling, simulation and rendering of forests

We present a framework for simulation of forests. A complex application simulates spontaneous afforestation process. Within virtual environment, trees are grown for several centuries. Ecosystem development is animated as trees struggle for survival. Trees are built and animated up to per-leaf precision to allow for most believable perception of the rising ecosystem.

1 Uvod

V tem prispevku opisujemo drevesne ekološke sisteme in njihove modele, uporabljene pri simulaciji zaraščanja pokrajine. Ti modeli oponašajo naravne zakonitosti. S pretvorbo le-teh v računalniške algoritme omogočimo simulacijo ekoloških zakonitosti v računalniku.

Nameščanje dreves v pokrajino s splošno namenskimi 3D modelirniki (Maya, Lightwave) je zamudno. Takšna pokrajina pa lahko kaj hitro izgubi vtis realističnosti. Za namestitev dreves v sceni zato raje uporabimo simulacijo. Pri tem uporabljeni modeli izračunavajo razvoj ekosistema za vsako leto. Rezultate simulacije prikazemo s pomočjo računalniške grafike.

Članek smo razdelili v šest razdelkov. V drugem razdelku podamo sorodna dela. V tretjem razdelku opisujemo simulacijo ekoloških parametrov in izračun okoljskih vplivov. V četrtem razdelku podamo uvedene spremembe pri vizualizatorju za drevo. Peti razdelek vsebuje predstavitev upodobitve pokrajine. Prispevek zaključimo s povzetkom in predlogi za nadaljnje raziskave.

2 Sorodna dela

S simulacijo je porazdelitev dreves možno določiti na individualni ravni. Obstoječi modeli [3, 1, 4] to dosežejo s tendenco po **rasti dreves v združbah** (*clustering, clumping, underdispersion*) in tekmovanjem med drevesi na območju **ekološke sosednosti** (*ecologic neighborhood*) posameznih dreves. Slednja je območje, znotraj katerega ima drevo vpliv na druga drevesa. Če se območji dveh dreves prekrijeta, pride do njune interakcije. Podrejeno drevo pri tem začne rasti počasneje in lahko kasneje odmre, zaradi česar pride do osnovnega fenomena porazdelitve dreves, **samo-redčenja** (*self-thinning*). To pomeni, da drevesa na začetku rastejo brez medsebojnega oviranja, ob večji zgoštevni pa začno podrejena drevesa admirati.

Podrejenost drevesa določimo tako, da primerjamo moč tekmujočih dreves in tisto z manjšo močjo postane podrejeno. Moč drevesa je definirana kot skalarna vrednost med



Slika 1. Vizualizacija simulacije ekosistema.

Figure 1. Visualization of simulated ecosystem.

0 in 1. Določa jo starost in življenjski pogoji na mestu rasti drevesa. Obstoječi modeli za določanje življenjskih pogojev upoštevajo le vlago. Zato smo se odločili zgraditi nov model, ki bo poleg vseh omenjenih upošteval še več ekoloških parametrov. Z razširitvijo našega modela bi lahko prikazali vpliv onesnaževanja okolja na rast dreves, pred tem pa bi ga bilo potrebno še preveriti na realnih podatkih iz kakšne slovenske pokrajine.

3 Simulacija ekoloških parametrov

Ekološke parametre modeliramo z življenjskimi pogoji na mestu rasti drevesa in interakcijo med posameznimi drevesi. Slednja v odvisnosti od moči zavladajo na nekem območju. Moč drevesa določimo iz njegove višine, trdoživosti in ugodnosti pogojev. Drevo v višino hitreje raste v mladosti, pri rasti pa ga lahko zavira kakšno močnejše drevo. Trdoživost drevesa je določena glede na drevesno vrsto (npr. pionirske vrste kot so grmovnice, se hitro umaknejo uspevajočim bukvam). Kot življenjske pogoje upoštevamo nadmorsko višino, strmino, vlago, vetrovnost in osončenost. Pri tem en sam za drevo neugoden pogoj lahko popolnoma zaustavi uspevanje drevesa. Slika 1 na 6 km² terena prikazuje zaraščanje uvodoma prazne pokrajine. Levo spodaj so življenjski pogoji slabi, saj piha močan veter, malo je sončnih žarkov in malo vode. Zato se tu drevesa ne obdržijo. V pasu nekoliko levo navzgor pod hribom dobro uspevajo smreke. So v zavetrju hribov za njimi (veter piha od zadaj) in na mestu ugodne vlažnosti, le sonca je manj. Sonca je več na desni strani, kjer rastejo pretežno bukve. Med njih so pomešane še druge drevesne vrste, vendar pogoji najbolj ustrezajo bukvam, ki ostale drevesne vrste izpodrivajo.

3.1 Algoritmi za izračun lastnosti terena

Točke terena dobimo iz realnih podatkov digitalnega višinskega modela (DEM) [5] Slovenije, vzorčenih na npr.



Slika 2. Potek simulacije skozi več let in shematski prikaz porazdelitve dreves po koncu simulacije.
Figure 2. Simulation run during several years and distribution of trees after simulation end schematically drawn.

25 m. Iz točk sestavimo štirikotne krpe, npr. 10.000 krp. Iz teh podatkov izračunamo ostale lastnosti terena z naprednimi algoritmi, ki simulirajo naravne vplive na vsaki krpi terena posebej. Strmine posameznih ploskev izračunamo iz normalnih vektorjev. Za izračun vlažnosti uporabimo lasten model stekanja tekočin, ki upošteva strmine krp. Pri izračunu vetrovnosti terena izberemo povprečno konstantno smer pihanja vetra in poiščemo zavetrne lege na terenu. Osončenosti posameznih delov terena določimo s pomočjo astronomskih koordinatnih sistemov za potovanje Zemlje okoli Sonca, podobno [6]. Jakosti svetlobnega toka kumuliramo v odvisnosti od sončevega vpadnega kota, pri čemer upoštevamo še senčne lege.

4 Upodabljanje pokrajine

Rezultate simulacije lahko kvantitativno analiziramo z 2D grafi velikosti populacij posameznih drevesnih vrst skozi leta. Za kvalitativni študij ekoloških modelov je nepogrešljiva računalniška grafika, ki nam omogoča simulirana okolja realistično vizualizirati [2]. Korak simulacije animiramo tako, da na mestih rasti dreves na pokrajini upodobimo njihove ustrezne geometrične proceduralne modele.

V vizualizatorju uporabimo rezultate tekočega koraka simulacije in tako animiramo rast več stotisočih dreves, skozi več sto let. Slika 2 prikazuje potek simulacije po 30, 60, 80 in 90 letih, medtem ko skrajno desna slika shematsko prikazuje območja rasti drevesnih združb po 180 letih: severno in južno grmovnice, v sredi bukve, vzhodno in jugozahodno smreke, severozahodno javorji.

5 Proceduralni model drevesa

Drevo lahko oblikujemo interaktivno, s takojšnjo osvežitvijo ob spremembi parametrov modela. To olajša modeliranje, saj drevesu določamo položaje za več tisoč vej in do več deset tisoč listov. Vsako vejo in vsak list lahko animiramo v realnem času, tako da zvezno spreminjamo parametre drevesa, kot je npr. njegova starost. Slika 3 prikazuje nekatera drevesa, ki jih je možno oblikovati z vgrajenim modelirnikom dreves. Predstavimo lahko tako iglavce kot listavce, ki imajo različne vejitvene strukture in liste.

Pred upodabljanjem ekosistema opravimo obrezovanje scenskih objektov na vidni volumen. Izvedemo tudi poenostavljanje drevesne geometrije, kar nam omogoča proceduralni model. To pomeni, da za bolj oddaljena drevesa

izrišemo manj podrobnosti glede na stopnjo poenostavitve. Razlika v izgledu je skoraj neopazna, na hitrosti pa s tem pridobimo do nekaj sto krat, kar omogoči realno časovno animacijo.



Slika 3. Z našim modelirnikom zgrajena drevesa.
Figure 3. Trees built using our modeller.

6 Zaključek

V članku smo opisali izdelan simulator zaraščanja pokrajine, ki v odvisnosti od lastnosti terena določi porazdelitev dreves po njegovem površju. Uporabimo ga v računalniški animaciji za generiranje in študij naravnih pokrajin. Interdisciplinarnost raziskave omogoča uporabo razvitih algoritmov na področjih kot so biologija, gozdarstvo in pedologija.

V povezavi s predstavljenim delom bi bilo možno opraviti še številne raziskave. Simulacijo bi lahko dodatno optimizirali in jo izvajali paralelno na več računalnikih.

Literatura

- [1] M. R. T. Dale. *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1999.
- [2] O. Deussen, C. Colditz, M. Stamminger, and G. Drettakis. Interactive visualization of complex plant ecosystems. In *Proceedings of the conference on Visualization '02*, pages 219 – 226, 2002.
- [3] Oliver Deussen, Pat Hanrahan, Bernd Lintermann, Radomír Mech, Matt Pharr, and Przemyslaw Prusinkiewicz. Realistic modeling and rendering of plant ecosystems. In *SIGGRAPH*, pages 275–286, 1998.
- [4] Brendan Lane and Przemyslaw Prusinkiewicz. Generating spatial distributions for multilevel models of plant communities. In *Proceedings of the Graphics Interface 2002 (GI-02)*, pages 69–80, Mississauga, Ontario, Canada, May 27–29 2002. Canadian Information Processing Society.
- [5] Zhilin Li, Quing Zhu, and Christopher Gold. *Digital Terrain Modeling*. CRC Press, San Francisco, 2005.
- [6] Klemen Zakšek, Krištof Oštir, and Tomaž Podobnikar. Osončenost površja slovenije. *Geografski vestnik*, 76(1):79–90, 2004.