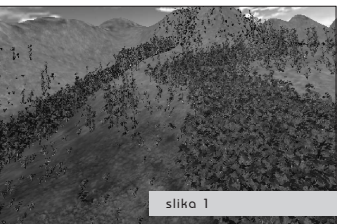


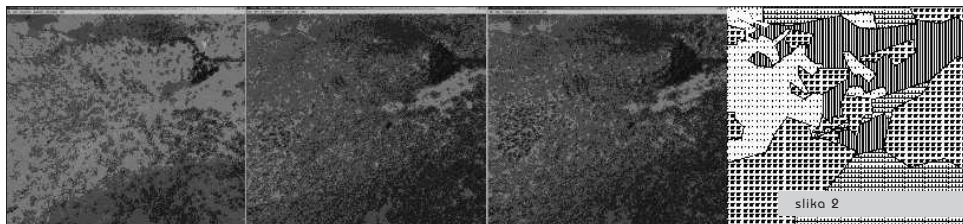
modeliranje, simulacija in upodabljanje gozdov

V 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 na računalniku.

Nameščanje dreves v pokrajino s splošno namenskim 3D modelirniki (Maya, Lightwave) je zamudno. Takšna pokrajina pa lahko kaj hitro izgubi realističnost. Za



slika 1



slika 2

namestitev dreves v sceni zato raje uporabimo simulacijo. Pri tem uporabljeni modeli izračunavajo razvoj ekosistema za vsako leto. Razvoj ekosistema s pomočjo računalniške grafike tudi upodobimo. Izvorna, kot tudi izvedljiva koda aplikacije je dostopna na internetu¹.

Rast dreves

S simulacijo je porazdelitev dreves možno določiti na individualni ravni. Obstojeci modeli iz literature [1,2] to dosežejo s tendenco po rasti dreves v združbah in tekmovanjem med drevesi na območju ekološke sosednosti 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. To pomeni, da drevesa na začetku rastejo brez medsebojnega oviranja, ob večji zgotovitvi pa začno podrejena drevesa admirati.

Podrejenost drevesa določimo tako, da primerjamo moč tekmujočih dreves in tisto z manjšo močjo postane podrejeno. Moč drevesa določajo starost in življenjski pogoji na mestu rasti drevesa. Obstojeci modeli za določanje življenjskih pogojev upoštevajo le vlago. Zato smo se odločili zgraditi nov model, ki bo poleg omenjenih upošteval več ekoloških parametrov.

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 raste hitreje 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 našo aplikacijo pri zaraščanju 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 zavetju 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 bukke. Med njih so pomešane še druge drevesne vrste, vendar pogoji najbolj ustrezajo bukvam, ki ostale drevesne vrste izpodrivajo.

Algoritmi za izračun lastnosti terena

Točke terena dobimo iz realnih podatkov digitalnega višinskega modela (DEM) [Lios] Slovenije, vzorčenih na npr. 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. Jakosti svetlobnega toka kumuliramo v odvisnosti od sončevega vpadnega kota, pri čemer upoštevamo še senčne lege.

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 simulirano okolja realistično vizualizirati [Deussen02]. Korak simulacije animiramo tako, da na mestih rasti dreves na pokrajini upodobimo njihove ustrezne geometrične proceduralne modele.

V vizualizatorju, ki smo ga razvili in implementirali v C++ [3], na osnovi rezultatov tekočega koraka simulacije, animiramo rast več sto tisočih dreves, skozi več sto let. Slika 2 prikazuje potek simulacije po 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 bukke, vzhodno in jugozahodno smreke, severozahodno javorji.

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.

Zaključek

V prispevku smo opisali implementiran simulator zaraščanja pokrajine, ki v odvisnosti od lastnosti terena določa porazdelitev dreves po njegovem površju. Uporabimo ga v računalniški animaciji za generiranje naravnih pokrajin. Interdisciplinarnost raziskave omogoča uporabo razvitih algoritmov na področjih kot so biologija,



aleš zamuda

Diplomsko delo je Aleš opravljal v Laboratoriju za računalniško grafiko in umetno inteligenco. Trenutno je zaposlen v Laboratoriju za računalniške arhitekture in jezike in vpisan v podiplomski študij računalništva in informatike. Na tekmovanju študentskih člankov na konferenci ERK'06 je dosegel 1. mesto s prispevkom "Modeliranje, simulacija in upodabljanje gozdov".

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.

Aleš Zamuda

[1] O. Deussen, C. Colditz, M. Stamminger in G. Drettakis. Interactive visualization of complex plant ecosystems. V Proceedings of the conference on Visualization'02, strani 219-226, 2002.

[2] Brendan Lane in Przemyslaw Prusinkiewicz. Generating spatial distributions for multilevel models of plant communities. V Proceedings of the Graphics Interface 2002 (GI-02), strani 69-80, Mississauga, Ontario, Canada, 2002. Canadian Information Processing Society.

[3] A. Zamuda. Modeliranje, simulacija in upodabljanje drevesnih ekosistemov. Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, diplomska naloga, 2006.

¹ <http://labraj.uni-mb.si/~ales/ecomod>