

Određivanje optimalnog položaja izvora svetla za osvetljenje enterijera upotrebom genetičkih algoritama

Ispitana je mogućnost korišćenja genetičkih algoritama za određivanje položaja izvora svetla radi optimalnog osvetljenja datog enterijera. Raspodela svetlosne energije u enterijeru računata je radiosity algoritmom. Ovakva simulacija može imati značajne primene, pogotovu u arhitekturi i dizajnu enterijera, a propratna pogodnost jeste ušteda električne energije za rasvetu.

Uvod

Cilj ovog projekta bio je utvrđivanje podobnosti genetičkih algoritama za određivanje optimalnog položaja izvora svetla. Napisan je program koji korišćenjem genetičkih algoritama i implementacijom gotovog radiosity algoritma pronalazi optimalno osvetljenje enterijera. Za zadati broj svetlosnih izvora koji stoje na raspolaganju, program na kraju svoga rada ispisuje koordinate izvora koji čine optimalno rešenje problema. Pronađeno rešenje može se i grafički prikazati. Ovakva simulacija može biti veoma korisna pri dizajnu i uređenju enterijera, jer pored optimalnog osvetljenja celog prostora, omogućuje i značajnu uštedu električne energije.

Pitanje je bilo kako izabrati položaj izvora svetlosti da bi izgled osvetljenog enterijera bio najprijatniji ljudskom oku? Važni parametri koji utiču na subjektivni doživljaj slike jesu osvetljenje i kontrast. Ljudskom oku najviše prija ako je vidno polje što bolje osvetljeno, a njegov kontrast što manji. Međutim, kada bismo se trudili da sve tačke enterijera budu ravnomerno osvetljene, to bi bilo veoma komplikovano i nepraktično zbog količine rasvete. Zato je bilo potrebno odrediti skup položaja posmatrača iz kojih bi enterijer trebalo da bude optimalno osvetljen. Na primer, ako se radi o učionici, nije važno kako je osvetljeno ono što je ispod stolova, ali je veoma bitno da zid sa tablom bude optimalno osvetljen.

Strahinja Janković (1988), Kruševac, 21. srpske divizije 55/8, učenik 3. razreda Gimnazije u Kruševcu

Opis simulacije

Algoritam simulacije sastoji se od dve celine. Za proračun raspodele svetlosne energije korišćen je već gotov radiosity program, dok drugu celinu čini genetički algoritam koji pronalazi optimalno rešenje.

Da bismo lakše pratili razvoj ove simulacije, utvrdimo prvo najvažnije osobenosti genetičkih algoritama i radiosity algoritama, a koje su ovde korišćene.

Radiosity program

Radiosity algoritmi predstavljaju metod proračuna raspodele osvetljenja baziran na analizi difuznog odbijanja svetlosti. Autor Radiosity programa je Đorđe Nijemčević koji je, kao stručni saradnik programa primenjene fizike i elektronike, svoj kod velikodušno ustupio za potrebe ovog projekta.

Radiosity program osmišljen je tako da što više koristi mogućnosti modernih grafičkih kartica, a čime je omogućena znatna ušteda u vremenu. Centralni procesor upravlja programskim tokom, dok se čitav proračun odvija na samom grafičkom procesoru. Zbog složenosti proračuna, neophodno je da grafički procesor podržava OpenGL 2.0 specifikaciju (<http://developer.3dlabs.com/documents/index.htm>), uključujući rad sa *floating point* teksturama i mogućnost dinamičkog grananja u *fragment shader* programima

Algoritam koristi matematički model prenosa svetlosne energije. Program je napisan tako da konstruiše scenu (prostor), pa zatim izračuna prosečnu vrednost osvetljenja slike i meru kontrasta (varijansu). Varijansa predstavlja meru odstupanja osvetljenja piksela slike u odnosu na prosečnu vrednost osvetljenja cele slike.

Enterijer se prvo deli na veliki broj elementarnih površina. Kada svetlost izvora pogodi elementarnu površinu, ona reflektuje određeni deo te svetlosti. Algoritam se sastoji iz više koraka. U prvom koraku računa se količina svetlosne energije koju direktno osvetljene elementarne površine dobijaju od izvora svetla. U zavisnosti od karakteristika materijala, te površine će deo primljene svetlosne energije difuzno odbiti nazad u scenu. Tada se u svakom narednom koraku bira elementarna površina koja reflektuje najviše svetlosne energije i onda se posmatra kao novi izvor svetlosti. Posle određenog broja prolaza, algoritam konvergira ka konačnom rešenju.

Dakle, radiosity programu prosleđuje se broj izvora svetlosti i njihove koordinate, a program vraća vrednost, odnosno meru kvaliteta osvetljenosti prostora. Ta vrednost dalje se koristi za računanje *fitness* faktora. Komunikacija između programa izvodi se preko tekstualnih datoteka.

Genetički algoritam

Genetički algoritmi (vidi npr. <http://www.rennard.org/alife/english/gavintrgb.html>) funkcionišu po ugledu na principe biološke evolucije, kao što su nasleđivanje, mutacija, selekcija i rekombinacija. Kao takvi, obično se koriste u pronalaženje približnih rešenja za optimizaciju složenih procesa i za rešavanje kombinatornih problema. Najčešće se koriste za projektovanje računarskih simulacija zasnovanih na populaciji apstraktnih reprezentacija mogućih rešenja problema - *jedinki*. Svojstva jedinki, nazovimo ih *hromozomi*, evoluiraju ka boljim rešenjima kroz generacije. Evolucija kreće od populacije potpuno nasumično odabranih jedinki. U svakoj sledećoj generaciji procenjuje se *fitness faktor* svake jedinke u populaciji, odnosno koliko trenutno rešenje odgovara početnim uslovima problema. Više jedinki se, na osnovu fitness faktora, bira iz trenutne populacije i modifikuje (mutira ili rekombinuje) da bi se formirala nova populacija za učešće u sledećoj iteraciji algoritma.

U korišćenom genetičkom algoritmu, skup izvora svetlosti predstavlja *jedinku*. Položaj svakog izvora iz ovog skupa predstavljen je po jednim *hromozomom* jedinke. Izvori svetlosti bile su kvadratne pločice određene dužine i širine.

Fitness faktor za svaku jedinku računao se tako što se mera kvaliteta osvetljenosti za svaku jedinku delila sumom vrednosti mera kvaliteta osvetljenosti svih jedinki.

Osnovni elementi genetičkog algoritma jesu elitizam, selekcija, rekombinacija i mutacija.

Elitizam. Na osnovu *fitness* faktora biraju se dve najbolje jedinke (elita) koje se u sledeću generaciju prenose bez izmene. Ovako se čuvaju najbolji rezultati, pa program brže dolazi do konačnog rešenja.

Selekcija. Za selekciju jedinki koje učestvuju u reprodukciji koristi se "princip ruleta". Svako od jedinki dodeljuje se po jedno polje na "točku ruleta". Veličine polja proporcionalne su *fitness* faktoru tako što veći *fitness* faktor podrazumeva veće polje. Tako jedinke sa većim *fitness* faktorom imaju veću verovatnoću da budu izabrane, ali dozvoljeno je i da jedinke sa lošijim *fitness* faktorom učestvuju u rekombinaciji, čime se povećava verovatnoća da se program ne zaustavi na lokalnom maksimumu. Time se, takođe, omogućava i da neke jedinke više puta učestvuju u rekombinaciji, dok je moguć broj pojavljivanja direktno proporcionalan *fitness* faktoru.

Rekombinacija (eng. crossover). Selekcijom se uzimaju po dve jedinke (*roditelji*) koje potom učestvuju u rekombinaciji. Rekombinacijom se dobijaju dve nove jedinke, tako što se između roditelja razmenjuje nasumičan broj hromozoma. Pošto hromozome čine koordinate izvora

svetlosti, posle rekombinacije može doći do preklapanja izvora svetla, što znači da bi na to mesto trebalo staviti jači izvor svetlosti.

Mutacija. Mutacije se izvode tako što se izvor svetlosti pomera za određeni korak d u nasumičnom pravcu. Mutacije se primenjuju da bi se smanjila verovatnoća zaustavljanja programa na lokalnom maksimumu. Mutacija se, tako, dešavala sa određenom verovatnoćom po jedinci. Pri mutaciji treba paziti da položaj izvora svetlosti ne izađe iz dozvoljenih granica. Ukoliko bi se kao rezultat mutacije dobio položaj izvora koji izlazi iz okvira plafona, podešeno je da se on samo dovede do najbliže ivice.

Analiza softvera i rezultati testiranja

U programu je korišćena populacija od 10 jedinki. Algoritam je primenjivan na 100 generacija. Verovatnoća mutacije podešena je na 7% po hromozomu. Za različite testove, vrednosti koraka mutacije i veličine izvora svetla bile su posebno podešavane tokom samog testiranja.

Softver je prvo testiran na primeru Kornelove kutije (eng. Cornell's box), koja je najčešći test-primer za radiosity programe, slika 1. U ovom primeru, za sobu veličine 2×3 m korišćena su 4 izvora svetlosti oblika kvadrata stranice 20 cm. Enterijer se posmatra iz tačke koja se nalazi na sredini sobe i gleda upravno na jedan od zidova.

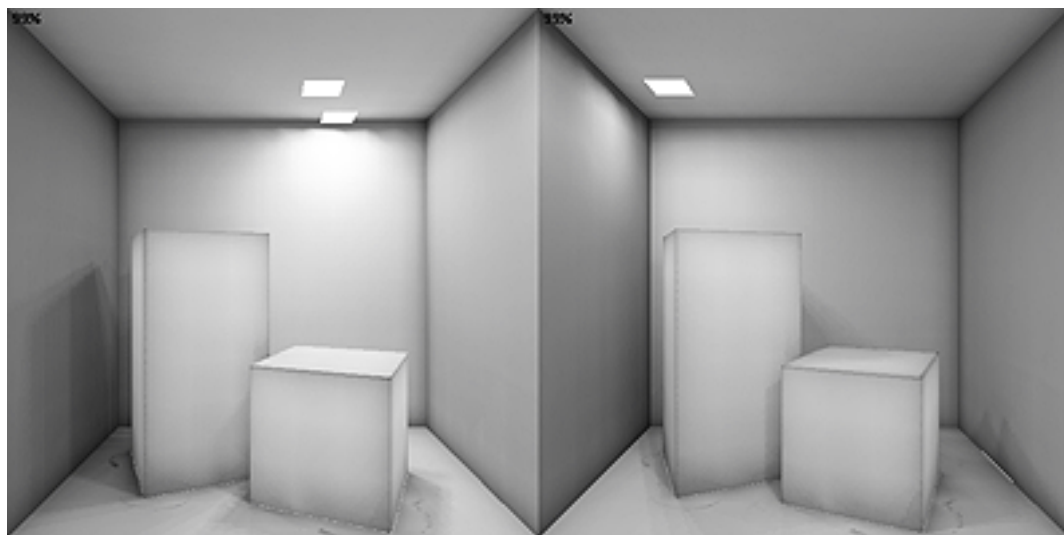
Za drugi test-primer korišćena je realnija situacija. Konstruisan je enterijer koji predstavlja galeriju sa slikama, slika 2. Slike veličine 1.2×0.8 i 0.8×1.2 metara, naizmenično su postavljene tako da centar slike bude u visini pogleda prosečnog čoveka (1.8 m). Primer je prvo testiran na isti način kao i Kornelova kutija, tako da enterijer iz date tačke posmatranja

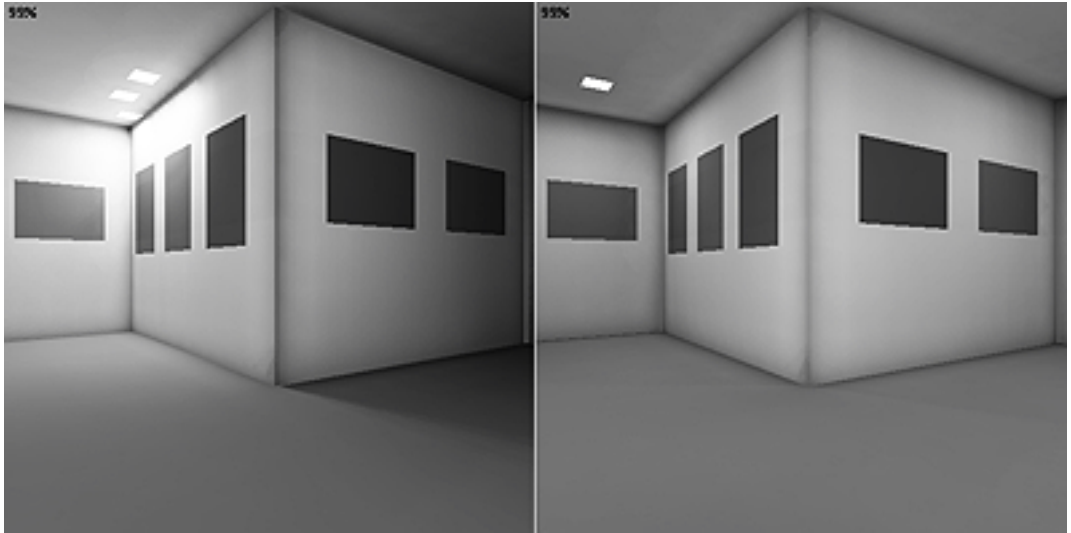
Slika 1.

Kornelova kutija – prvi test primer za radiosity programe

Figure 1.

Cornell's box – the first test for radiosity programs





bude što bolje osvetljen. Potom je test malo izmenjen: cilj je bio da se izvori svetla postave tako da svaki zid sa slikama bude što bolje osvetljen. Određen je skup tačaka posmatranja. Svakoj tački odgovarao je po jedan zid sa slikama. Tačka je na odstojanju od oko 1 metar od zida, na visini od 1.8 m. Ovo odgovara položaju posmatrača u stvarnoj galeriji slika. Za ovaj slučaj dodat je i uslov da zidovi budu i što sličnije osvetljeni. Korišćeno je 6 izvora svetla oblika kvadrata stranice 30 cm.

Slika 2.
Drugi test – virtuelni enterijer umetnicke galerije

Figure 2.
The second test – interior of the art gallery

Diskusija

Dobijeni rezultati pokazuju da genetički algoritmi funkcionišu dobro prilikom određivanja optimalnog položaja izvora svetla. Testovi su ponavljani po nekoliko puta i u svima je izgled konačnog rešenja odgovarajući, jer je scena dobro i ravnomerno osvetljena. U testu sa Kornelovom kutijom (slika 1, leva) na početku se primećuju veliki kontrasti. Vidljive su oštre senke kutija na levom zidu i podu i bleštavi deo na centralnom zidu. Na slici 1, desna, dobijenoj na kraju rada programa vidi se da je enterijer ravnomerno osvetljen - nema ni oštih senki ni bleštavih delova. U testu sa galerijom (slika 2, leva) takođe je, na početku, jedan deo enterijera jarko osvetljen (levi zidovi), dok je drugi u senci (desni zid i desni deo poda). Na slici 2, desna, dobijenoj na kraju rada programa vidi se da su zidovi jednako osvetljeni i u celom enterijeru nema izraženih kontrasta.

U svim testovima vrednosti maksimuma rastu značajnije u prvih 20-30 generacija, kada počinje usporeni rast. To znači da već tada program dolazi blizu tražene vrednosti. Prilikom testiranja primećuje se da se najbolje jedinke izgube do 15 generacija, zato što nemaju dovoljan *fitness* faktor da bi češće učestvovala u rekombinaciji. Rekombinacija se in-

tenzivno odvija do oko 30-te generacije, što i jeste glavni razlog značajnog povećanja vrednosti maksimuma.

Mutacije u ovoj fazi nemaju neki značajniji uticaj, osim da osiguraju da program ne zapadne u lokalni maksimum. Međutim, kada broj generacija pređe 30, rekombinacija više nema neki veći značaj, ali se zato uticaj mutacija znatno povećava. Razlog za to je što se mutacijama vrši finije ispitivanje i podešavanje rezultata i polako se, za male vrednosti, povećava maksimum. Zato je i rast u toj fazi usporen.

Korak mutacije d ne sme da bude premali, da program ne bi zapadao u lokalni maksimum, ali ni preveliki, jer onda ne bi mogla finija podešavanja da izvedu uspešno. Testiranjem je utvrđeno da je najbolja vrednost za korak mutacije oko vrednosti stranice izvora svetlosti.

Prva ideja pri izradi programa bila je da se zabrani preklapanje izvora svetla. Međutim, problem je što prilikom rekombinacije postoji verovatnoća da dođe do preklapanja izvora svetla, što znači da bi na tom mestu trebalo da bude postavljen jači izvor svetla, pa je preklapanje izvora svetla dozvoljeno.

Zaključak

Krajnja rešenja programa odgovaraju zadatku koji je postavljen. Enterijer gledan iz definisanih tačaka posmatranja dobro je i ravnomerno osvetljen, što se vidi sa slika dobijenih iz programa.

Način na koji bi projekat mogao da se unapredi jeste odabir vrste osvetljenja koje će se upotrebiti, izbor jačine, boje, ugla zračenja, što bi sve povećalo mogućnost primene ovakvog programa. U cilju unapređenja programa, predstojala bi formalizacija rezultata fotometrijskim utvrđivanjem veličina.

Zahvalnost. Veliku zahvalnost za realizaciju ovog projekta dugujem mentoru, đorđu Nijemčeviću koji je i autor Radiosity programa, zatim rukovodstvu i polaznicima seminara elektronike u IS Petnica.

Literatura

- <http://www.rennard.org/alife/english/gavintrgb.html>
- <http://www.mcs.drexel.edu/~shartley/geneticAlgorithms.html>
- <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/>
- <http://lancet.mit.edu/~mbwall/presentations/IntroToGAs/>
- <http://developer.3dlabs.com/documents/index.htm>

Strahinja Janković

Determining Optimal Position for a Light Source for Interior Lighting Using Genetic Algorithms

Possibility of using the genetic algorithms for finding the optimal position of light sources in a given interior was explored by making a computer simulation. Distribution of light in the interior was calculated by the radiosity algorithm previously made by Djordje Nijemčević, the mentor of this project. This simulation could be useful in architecture and interior design, but also in projects considering energy saving.

