

---

Marko Raca

## Simulacija osvetljenja građevinskih objekata

---

*Simulacija osvetljenja objekata pruža precizan uvid u uticaj stvoren rasporedom objekata u urbanističkoj jedinici. Prikazivanje scene i zadavanje parametara je implementirano korišćenjem grafičke biblioteke OpenGL. Projekat čine dva programa od kojih jedan služi za opisivanje pojedinačnih modela objekata koji se koriste u simulaciji, a drugi služi za njihovo raspoređivanje i izvođenje simulacije. Moguće je proizvesti proizvoljan broj rasporeda objekata koji se odvojeno čuvaju. Kao rezultat, simulacija stvara prikaz prosečnog osvetljenja rasporeda objekata na nivou dana vidnog iz određene tačke posmatranja.*

---

### Uvod

Kao jedan od aspekata koji se može uzeti kao relevantan pri izgradnji objekata je i osvetljenje koje taj objekat prima, odnosno njegova zaklonjenost od strane drugih objekata u okviru kompleksa u kojem je smešten. Informacije o količini svetlosti koje on prima mogu dalje rezultovati korigovanjem nacрта, kako bi se iskoristila povoljnost date organizacije zgrada. Dosadašnje analize na ovom polju su uglavnom vršene na fizičkim minijaturama koje su osvetljivane reflektorima kako bi se ostvarili željeni efekti.

### Opis programa

Kao sredstvo pri izradi projekta korišćena je grafička biblioteka firme Silicon Graphics – OpenGL. Ovo je odabrano radi korišćenja standardizovanih procedura kao podloge za dalji razvoj projekta u 3D okruženju. Takođe je uzeta zamisao grafičkog predstavljanja rezultata umesto čisto numeričkog. Ovo je

urađeno iz razloga što je grafički prikaz pregledniji, a kod izlaznih podataka, numerički rezultati bi mogli da se pokažu ili preobimni (“za svaku ciglu”) ili prešturi (za ceo objekat).

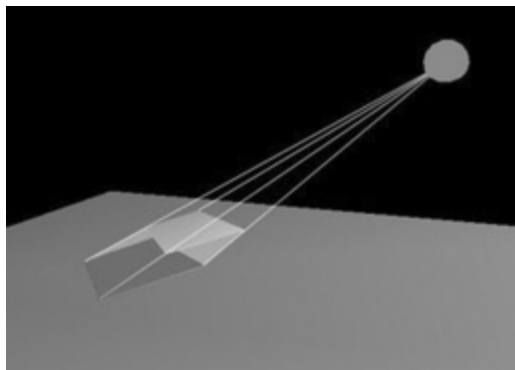
Program se bavi samim osvetljenjem bez uzimanja u obzir refleksija i odbijanja svetlosti od postojećih objekata, što bi bilo preobimno za sadašnji projekat.

#### Principi algoritma “Shadow volumes”

“Shadow volumes” algoritam je prvi put predstavljen od strane Frenka Kroua (Crow) 1977. godine (Heidmann). Poligon koji baca senku se može posmatrati kao oblik osnove piramide čiji se vrh nalazi u izvoru svetlosti. Sama osnovica predstavlja “kraj” senke tako da ona nije na istom mestu kao i poligon već se pomera na veću daljinu iza poligona u odnosu na izvor svetlosti. Ovakva piramida ima stranice koje spajaju izvor svetlosti sa osnovicom piramide (krajem senke) i na kojima se na nekom mestu između ova dva kraja nalazi originalna tačka poligona koji baca senku. Za dalje potrebe algoritma se koristi samo deo između poligona i pomerene osnovice piramide tj. kraja senke. Delovi stranica koji se posmatraju predstavljaju nove poligone koji su četvorouglovi određeni sa po dve tačke stranice objekta i po dve tačke stranice “kraja senke”. Da li će neka tačka na sceni biti osenčena određuje se brojem prolazaka kroz ovako dobijene poligone. Ako je tačka do svoje konačne dubine (udaljenosti od mesta posmatranja) prošla kroz poligone paran broj puta ona se neće osenčiti, dok će ako je prošla kroz njih neparan broj puta biti osenčena. tj. ako se tačka nalazi unutar “zarubljene piramide” čije osnovice predstavljaju poligon i “kraj senke” ona će biti osenčena. Prednost metode brojanja prolazaka je u tome što je moguće raditi scenu sa više objekata koji bacaju senku odjednom. Takozvani “kraj” senke ne predstavlja senku koju vidimo da poligon baca na drugi poligon. Kako senke u ovoj tehnici nisu beskonačne, sama senka će biti prikazana samo na onim poligonima koji se nalaze između poligona koji baca senku i “kraja” senke (slika 1).

---

*Mirko Raca (1984), Novi Sad, Slovačka 18/29, učenik 4. razreda Gimnazije “Jovan Jovanović Zmaj” u Novom Sadu*



Slika 1. Prikazivanje senke

Figure 1.. Drawing of the shadow

## Format objekata

U celokupnom projektu za objekte korišćen je originalni format prilagođen potrebama simulacije.

*Osnovna struktura formata.* Objekat je definisan i sastoji se od niza tačaka, određenih svojim trodimenzionalnim koordinatama. Tačke su grupisane u stranice po kojima se u grafičkoj biblioteci iscrtavaju poligoni koji po pravilu moraju biti konveksni. Takođe, za potrebe grafičke biblioteke je uz svaku stranicu priključen i njen vektor normale koji se upotrebljava u grafičkoj biblioteci za izračunavanje osvetljenosti i u formatu je definisan sa 3 koordinate.

*Prednosti formata.* Svaka stranica se uzima kao podskup ukupnog broja tačaka koje pripadaju objektu. U formatu je omogućeno da se jedna tačka koristi u više stranica, čime je postignuto olakšano modelovanje pošto se promenom položaja jedne tačke automatski prepravljaju sve stranice kojima ona pripada. Za potrebe održavanja formata, svakoj tački je priključena i lista stranica kojima ona pripada, čime je omogućeno pravilnije održavanje podataka prilikom brisanja tačaka i stranica.

Format je podržan odgovarajućim editorom koji se nalazi u sklopu projekta i pomoću kojeg je omogućeno kreiranje objekata i osnovna manipulacija poligona na njima.

### Stvaranje akumulacije

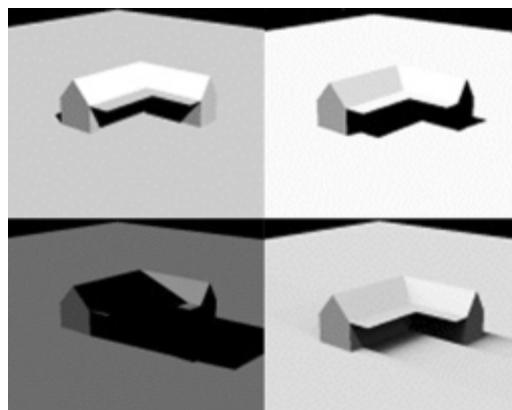
Samo stvaranje konačnog preseka odvija se u odvojenom programu za simulaciju. Osnovne osobine ovog programa su mogućnost razmeštaja i rotiranja

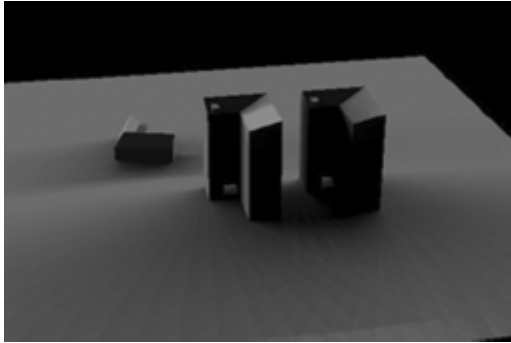
modela po sceni kako bi se stvorio raspored objekata za koji se želi izraditi presek. Rasporede postojećih objekata je moguće sačuvati i kasnije opet pozvati po potrebi. Takođe je omogućeno kretanje oko scene i podešavanje udaljenosti posmatrača. Radi simulacije specifičnog vremenskog doba moguće je podesiti ugao kretanja "sunca" kako po vertikali tako i po horizontali (slika 2). Celokupna akumulacija se stvara po principu slaganja slika čime se gradi presek osvetljenja objekata tokom dana. Scene se izrađuju uzimajući različite položaje sunca, dok je položaj kamere fiksiran. Ovako dobijene slike se slažu u zasebnom memorijskom prostoru (akumulacionom baferu) obezbeđenom od strane grafičke biblioteke koji stvara prosečnu sliku tako što na trenutnu vrednost boje piksela u memoriji dodaje vrednost boje piksela na ekranu podeljenu sa 50. Vrednost piksela na ekranu se deli sa 50 zbog toga što se konačna vrednost formira pomoću 50 različitih slika s tim da svaka odražava osvetljenje u jednom trenutku tokom dana. Na primer, u slučaju da je piksel tokom celog dana maksimalno osvetljen, vrednost njemu odgovarajućeg piksela u akumulacionom prostoru bi izgledala:

- trenutna osvetljenost = maksimalna osvetljenost
- akumulacion piksel = 50 (broj slika) × (maksimalna osvetljenost / 50)
- akumulacioni piksel = maksimalna osvetljenost

Slika 2. Senke složenog objekta za različite uslove i položaje izvora

Figure 2. Shadows of a complex object for different conditions and positions of the light source





Slika 3. Senka objekta u tri različita trenutka tokom dana i nastala akumulacija

Figure 3. Object shadow in three different periods of the day and formed accumulation

Svaka akumulacija se prvenstveno čuva u obliku bitmape (slike) sa privremenim imenom. Na bitmapi se pored konačne akumulacije za zadati pogled daju i opšte informacije o podešavanjima pri kojima je pravljen. Sama podloga na kojoj se postavljaju objekti je ravna sa promenjivim dimenzijama, sa time da se neki izraženiji oblici reljefa mogu tumačiti kao posebni objekti (slika 2).

## Literatura

Heidmann Tim. 2001. Real shadows real time. *Irix Universe*, **18**

Silicon Graphics. 1994. OpenGL Programming Guide, poglavlje 6.

---

*Marko Raca*

## Simulation of Architectural Objects Illumination

The simulation of object illumination gives a detailed insight into the effect that is created by a certain arrangement of objects in an urban unit. The scene creation and parameter handling is implemented through OpenGL. The project consists of two programs, from which one is used for creating models of the objects involved in the simulation and the other for their allocation in the urban unit and the simulation itself. It's possible to create any number of dispositions, which are saved in separate files. As a result, the simulation creates an average illumination map on daylight level for a set of objects seen from a certain point of view 