

## Trodimenzionalno modeliranje prostora na osnovu stereo fotografije

Analizom para fotografija koje čine stereo-fotografiju, detektuju se isti objekti na obe fotografije. Na osnovu toga, izračunava se relativni pomeraj objekata na jednoj u odnosu na drugu fotografiju. Korišćenjem podataka o tome kako je stereo-fotografija snimljena, karakteristika korišćenog fotoaparata i izračunatog relativnog pomeraja, izračunava se udaljenost objekata od tačke fotografisanja. Fotografije, čiji je sadržaj takav da se sastoji od objekata koji se ponavljaju, nije moguće analizirati. Zbog načina snimanja stereo-fotografije, neki objekti se ne nalaze na obe fotografije i njihova udaljenost se ne može izračunati. Objekti čija se udaljenost uspešno izračuna, generišu se u modelu za grafičko prikazivanje.

### Uvod

Zbog razmaka između očnih duplji, slika koja sa projektuje u levo oko se razlikuje od slike projektovane u desno oko posmatrača. Objekti koji su bliže posmatraču, imaju veći pomeraj po horizontalnoj osi na slikama koje se projektuju u oči, od objekata koji su udaljeniji. Tehnika u fotografiji koja oponaša par očiju, naziva se stereo-fotografija.

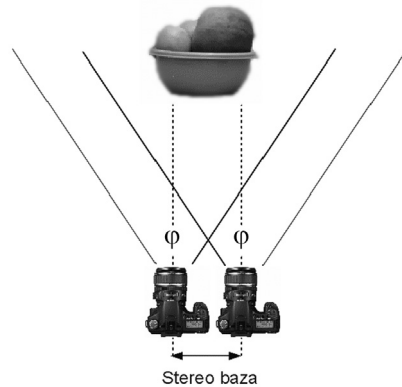
Stereo-fotografiju predstavljaju dve fotografije (u daljem tekstu fotografija A i fotografija B) koje su snimljene pomeranjem fotoaparata u jednu stranu, tako da pravac fotoaparata u oba slučaja bude paralelan. Pomeraj između dva položaja fotoaparata, naziva se stereo baza (slika 1).

**Cilj** rada je detektovanje pozicije objekata na obe fotografije, izračunavanje njihove udaljenosti i generisanje objekata u modelu.

### Metoda

Za izračunavanje relativnog pomeraja, koji je objekat napravio na jednoj u odnosu na drugu fotografiju, prvo je potrebno detektovati isti objekat na obe fotografije (slika 2).

Detektovanje objekata na fotografiji je kompleksno, pa se pomeraj izračunava između segmenata koji čine objekat. Takvi segmenti se izdvajaju koristeći algoritam Flood Fill.



Slika 1. Stereo baza

Figure 1. Stereo base

Flood Fill algoritam određuje površinu konektovanih piksela (na fotografiji) koji su po boji slični početnom pikselu ili svom susednom pikselu koji je već deo određene površine. Početni piksel ujedno predstavlja i početak odakle se određuje površina segmenta (slika 3).

Segment se kreira na fotografiji A. Ukoliko segment sadrži veći broj piksela od minimalne zadate

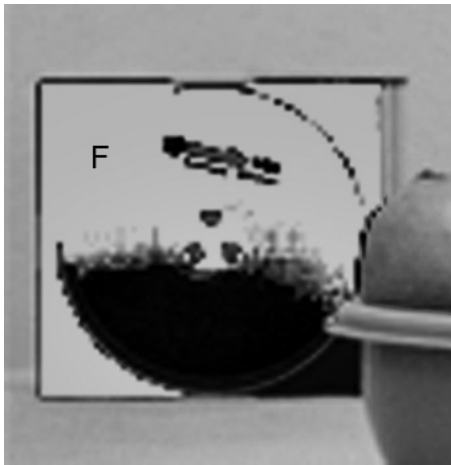


Slika 2. Stereo fotografija

Figure 2. Stereo photo

vrednosti, nastavlja se sa analizom. U suprotnom, izdvojeni segment ne sadrži dovoljan broj informacija za analizu i prelazi se na kreiranje novog segmenta.

Na fotografiju B se primenjuje Flood Fill algoritam, sa izuzetkom da svi pikseli ne moraju biti konektovani. Za boju početnog piksela se uzima boja početnog piksela sa kojom je formiran segment na fotografiji A. Na taj način se sa fotografije B izdvajaju svi regioni koji su po boji slični početnom pikselu na fotografiji A (slika 4).



Slika 3. Flood fill (F)

Figure 3. Flood fill (F)



Slika 4. Izdvojeni regioni slični po boji

Figure 4. Selected regions similar by color

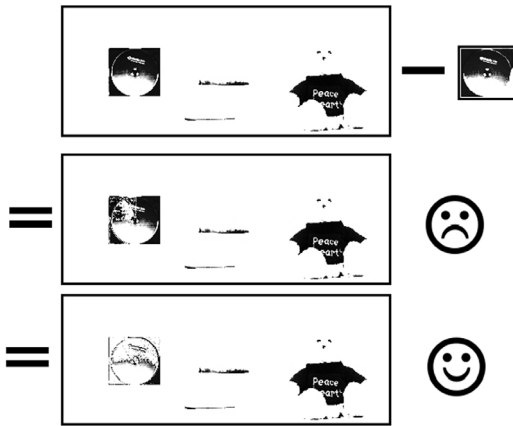
Segment i izdvojeni regioni na fotografiji B se predstavljaju matricama, čije su vrednosti boje piksela predstavljene u RGB formatu. Matrica segmenta se zatim pomera preko matrice izdvojenih regiona i za svaki pomeraj se izračunava razlika između te dve matrice. Kao rezultat se dobija matrica za svaki pomeraj ponaosob.

U idealnom slučaju, tačno poklapanje matrice segmenta i izdvojenih regiona, predstavlja matrica čiji je svaki član jednak nuli. Pošto se u ovom projektu koriste fotografije koje ne predstavljaju idealan slučaj, matrica koja ima najviše članova čija je vrednost manja od zadane konstante, proglašava se konačnim rešenjem.

Na slici 5 je grafički prikazano oduzimanje segmenta od izdvojenih regiona, i to kada se segment nalazi na pogrešnom – prvi slučaj (tužno lice), i tačnom pomeraju – drugi slučaj (srećno lice).

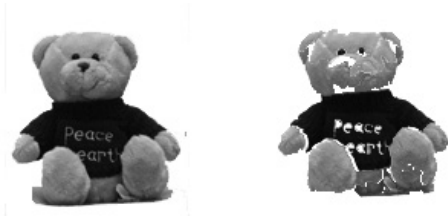
Na osnovu tog pomeraja koji se dobije u drugom slučaju, stereo baze i ugla objektiva (ugao  $\phi$  na slici 1) možemo izračunati udaljenost izdvojenog segmenta od tačke fotografisanja, što je i potrebno za njegovu prezentaciju u modelu.

Jedan objekat je obično sastavljen od više segmenata. Za svaki segment se posebno vrši analiza i izračunava njegova udaljenost od tačke fotografisanja. Dobijene udaljenosti za grupu segmenata koji čine objekat se jako malo razlikuju i kada se takvi segmenti projektuju u prostoru, oni ponovo oforme objekat (slika 6).



Slika 5. Razlika između izdvojenih regiona i segmenta

Figure 5. Difference between selected regions and segment



Slika 6. Objekat i segmenti u prostoru

Figure 6. Object and segments in space

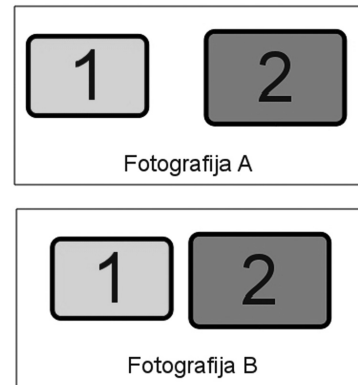
## Problemi

### Segmentiranje

Fotografije sa velikim brojem malih objekata (pejzaži, krošnja drveća, livada cveća itd.), nije moguće analizirati primenom ove metode. Segmenti se ne mogu izdvojiti flood fill algoritmom, pa time nije moguće odrediti relativni pomeraj između segmenata na stereo-fotografiji. To znači da se ne može izračunati udaljenost i modelirati prostor.

### Preklapanje objekata

Da bi objekat sa fotografije A bio uspešno detektovan na fotografiji B, primenom opisane metode, potrebno je da se dati objekat na obe fotografije vidi u celosti (slika 7).



Slika 7. Objekti 1 i 2 se vide u potpunosti na obe fotografije

Figure 7. Objects 1 and 2 are fully visible on both images

Prilikom fotografisanja, objekti koji su na različitim udaljenostima od tačke fotografisanja, prave različite pomeraje po horizontalnoj osi stereo-fotografije. Može se desiti da objekti koji su udaljeniji, na fotografiji A, budu delimično prekriveni na fotografiji B. U tom slučaju može doći do greške prilikom detektovanja istog objekta na obe fotografije.

Do greške dolazi kada se segment sa fotografije A upoređuje sa izdvojenim regionima na fotografiji B gde se traženi segment ne vidi u potpunosti. što je traženi segment na fotografiji B prekriveniji nekim drugim objektom, mogućnost da se traženi objekat pogrešno detektuje je veća.

Takođe je moguća i obrnuta situacija, kada se objekti sa fotografije A koji su delimično prekriveni, vide u potpunosti na fotografiji B.

Detektovanje objekta sa fotografije A na fotografiji B nije moguće kada je on u potpunosti prekriven drugim objektom na fotografiji B.

Objekti čiji se vidljivi delovi na fotografiji A ne vide na fotografiji B, su ekvivalentni predhodnom



Slika 8. Neuspešno generisanje modela

Figure 8. Unsuccessfully generated model



Slika 9. Rezultat analize stereo-fotografije (slika 2)

Figure 9. Results of the analysis of the stereo photo (Figure 2)

slučaju iako se ostali delovi istog objekta vide na fotografiji B. Ukoliko postoji deo objekta koji se vidi na obe fotografije, takav deo će biti uspešno detektovan, dok će ostali delovi biti pogrešno ili neće biti detektovani.

## Rezultati

Nakon analize većeg broja stereo-fotografija, opisani sistem se nije pokazao kao dobro rešenje prilikom analize određenih tipova stereo-fotografija. Analiza stereo-fotografija gde se objekti sa fotografije A preklapaju na fotografiji B je za rezultat generisala modele gde je raspored objekata bio pogrešan, a u nekim slučajevima više objekata su bili generisani na istom mestu u modelu. Analiza stereo-fotografija u čijim se sadržajima, između ostalog, nalazilo više istih ili sličnih objekata, takođe nije dala zadovoljavajuće rezultate (slika 8).

Međutim, stereo-fotografije, snimljene u kontrolisanim uslovima (jednostavna pozadina, objekti različitih oblika i boja, bez preklapanja objekata) su bile uspešno analizirane. Za stereo-fotografiju prika-

zanu na slici 2 je dobijen sledeći rezultat prikazan na slici 9.

Zbog korišćenja Flood Fill algoritma za izdvajanje segmenata, dobijeni model izgleda „iscepkan“. Takođe segmenti sa nedovoljnim brojem piksela su odbačeni i ne nalaze se u modelu što dodatno kvari izgled modela.

## Zaključak

Pokazano je da se opisani algoritam za modeliranje prostora sa stereo-fotografije može primeniti u slučaju da je stereo-fotografija snimljena u kontrolisanim uslovima i kada se ne zahteva visoka preciznost generisanog modela.

Algoritam se može unaprediti poboljšanjem sistema za određivanje pomeraja izdvojenih segmenata ili uvođenjem boljeg sistema detekcije objekata.

---

*Aleksandar Beserminji*

## Three Dimensional Space Modeling Based on a Stereo Photograph

Analyzing a pair of photos that make a stereo photo, same objects are detected on both photos. Based on that, the relative displacement of objects on one over the other photo is calculated. With informa-

tion how the stereo photo is made, characteristics of the camera and the calculated relative displacement of object, the distance between the point of photographing and the object is calculated. Photographs, of repeated objects cannot be analyzed. The way how a stereo photo is made, some objects cannot be found on both photos, and the distance cannot be calculated. The objects the distance of which is successful calculated are generated in a model for graphic representation.

