

## Lociranje mesta snimanja fotografije

Razrađen je i testiran metod za određivanje lokacije sa koje je snimljena neka fotografija, kada su poznati lokacija predela koji je fotografisan i karakteristike korišćenog fotoaparata. Kompozicija fotografije mora biti takva da se na njoj može pronaći bar pet poznatih istaknutih objekata. Objekti se biraju tako da u odnosu na vertikalnu centralnu liniju fotografije imamo bar po dva objekta sa leve i desne strane. Izabrani objekti mogu biti istaknuti i poznati, veštački ili prirodni. Nakon definisanja položaja ovih objekata markiranjem na mapi (istim redom kao na fotografiji), vrši se provera svih mogućih kombinacija. Provera se vrši poređenjem odnosa među razdaljinama objekata na fotografiji i njihovim vrednostima kada se projektuju na neku tačku na mapi. Rešenje predstavlja lokaciju u kojoj su ti odnosi isti za sve objekte. Rešenje se prikazuje direktno na mapi. U većini testiranih primera dobija se tačno rešenje ili rešenje približno tačnom. Mana ove metode je što program ne izračunava tačno rešenje već proverava tačnost svakog mogućeg rešenja, što utiče na brzinu izračunavanja.

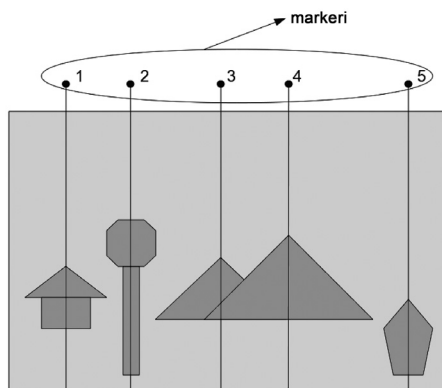
## Uvod

Fotografija može da sadrži dosta podataka o zabeleženom prostoru na njoj, kao što su crkve, katedrale, zgrade, mostovi, vrh brda, ulične svetiljke i slično. U kombinaciji sa EXIF (Exchangeable Image File Format) podacima moguće je odrediti mesto sa kojeg je fotografija snimljena. Moderniji fotoaparat imaju integrisan GPS, koji omogućava da se lokacija sa koje je fotografija slikana odmah beleži. Problem je to što nemaju svi aparati GPS i što možemo imati dosta starih fotografija koje želimo na isti način obeležiti.

Cilj ovog rada bio je da se napiše program koji određuje lokaciju sa koje je snimljena fotografija nekog predela. Uz pomoć ovog programa moguće je detektovati specifične vrste fotomontaža, gde se sa fotografije može dokazati da je takva projekcija objekata nemoguća, tj. da ne postoji rešenje, odnosno mesto sa kojeg je moguće takvu fotografiju snimiti.

## Rešenje

Ulazni podaci za dobijanje rešenja su podaci sa fotografije i podaci sa mape. Markeri se postavljaju na objekte na fotografiji (slika 1) i predstavljaju njihove relativne pozicije u pikselima (*pixel* (eng.) je najmanja količina informacije neke fotografije) u odnosu na X osu koordinatnog sistema fotografije.



Slika 1. Šema postavljanja markera

Figure 1. Scheme of marker placement

Aleksandar Beserminji (1991), *Kucura, Oslobođenja 1 2/3, učenik 3. razreda STŠ „Mihajlo Pupin“ u Kuli*

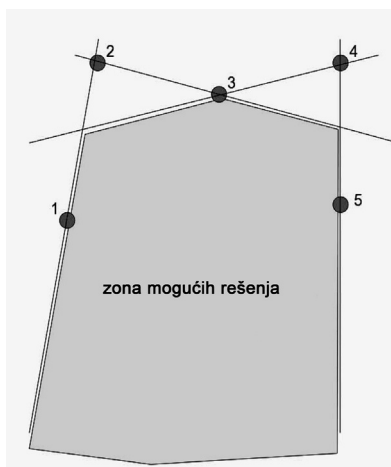
MENTORI:  
Ivan Glišin, CPU Beograd  
Milan Gornik, FTN Novi Sad

Za izračunavanje jednog rešenja potrebno je postaviti barem tri markera. U programu se postavlja pet markera gde se njihovom kombinacijom dobija grupa od devet rešenja koncentrisanih na jednom mestu (kombinacije se formiraju tako da barem po jedan marker sa obe strane centralne linije bude uključen u istu; zato se ne koristi deseta kombinacija, kojoj pripadaju tri markera samo sa jedne strane centralne linije). Na taj način se koriguje eventualna greška konačnog rešenja, ukoliko je došlo do greške prilikom postavljanja nekog od markera (slika 2).



Slika 2. Devet rešenja postavljenih na fotografiju

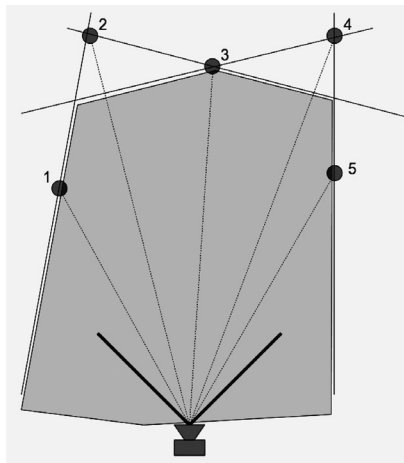
Figure 2. Photograph with nine solutions marked



Slika 3. Zona mogućih rešenja

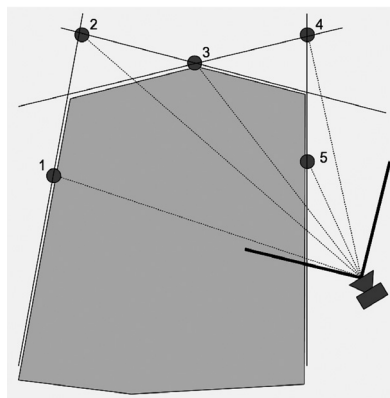
Figure 3. Zone of possible solutions

Markirani objekti na fotografiji se ređaju sa leva na desno po nekom redosledu, što omogućava da se odredi zona mogućih rešenja (slika 3), iz koje je fotografiju sa takvim redosledom objekata moguće uslikati. Kasnije se proverom iz zone mogućih rešenja, određuje pretpostavljeno rešenje, za svaku kombinaciju markera.



Slika 4. Kamera se nalazi u zoni mogućih rešenja, pa se i objekti u odnosu na nju ređaju pravilnim redosledom [1-2-3-4-5] gledano sa leva na desno.

Figure 4. The camera is located within the zone of possible solutions, so objects are numbered accordingly

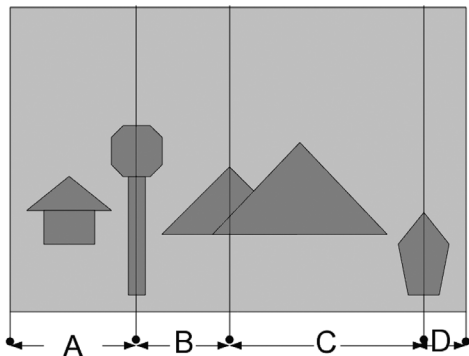


Slika 5. Kamera se nalazi van zone mogućih rešenja, pa se objekti u odnosu na nju ređaju pogrešnim redosledom [1-2-3-5-4].

Figure 5. The camera is located outside the zone of possible solutions, so the order of the objects is wrong

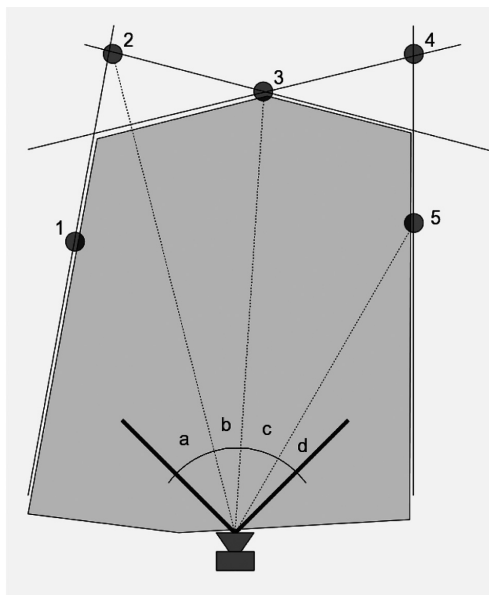
Svako rešenje iz odabrane zone proverava se po redjenem odnosu razdaljine između tri markera na fotografiji i razdaljine koju objekti za odabrane markere ostvaruju u odnosu na posmatrača (jednačina 1).

$$\frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{C}{c} = \frac{D}{d} \quad (1)$$



Slika 6. Razdaljine između markera na fotografiji

Figure 6. Distances between markers on the photograph



Slika 7. Udjenost objekata u odnosu na posmatrača

Figure 7. Distances between objects and the observer

Kada svi odnosi imaju istu vrednost (jednačina 1), znači da je pronađena tačna lokacija za odabranu kombinaciju markera. Prilikom markiranja dolazi do greške, pa idealna jednačina ne može biti zadovoljena. Zbog toga se u tu jednačinu uvodi koeficijent odstupanja  $-k$  (jednačina 2).

$$\frac{A}{a} \pm k = \frac{B}{b} \pm k = \frac{C}{c} \pm k = \frac{D}{d} \pm k \quad (2)$$

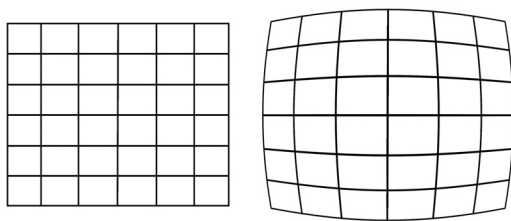
Ukoliko je jednačina 2 zadovoljena, pomoću formule standardne devijacije određuje se koeficijent preciznosti  $p$  za svako moguće rešenje. Rešenje sa najvećim koeficijentom preciznosti, proglašava se konačnim rešenjem za datu kombinaciju markera. Isti postupak se ponavlja za sve kombinacije markera.

Svaka kombinacija markera ima svoje rešenje koje sadži koordinatu i koeficijent preciznosti sa kojim je rešenje određeno. Konačno rešenje se formira na osnovu srednje vrednosti skupa dobijenih rešenja za sve kombinacije markera, sa time da rešenja sa većim koeficijentom preciznosti više utiču na konačno rešenje (jednačina 3).

$$R = \frac{R_1 \cdot p_1 + R_2 \cdot p_2 + \dots + R_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (3)$$

## Problemi i ograničenja

Barrel distorzija se javlja usled nesavršenosti optike koja se koristi na fotoaparatom. Fotografija sa efektom barrel distorzije ne prikazuje verno snimljeni prostor. Sredina fotografije je uveličana, a nivo uveličanja se smanjuje prema ivicama iste (slika 8). Razdaljine između objekata su takođe izmenjene, što znatno utiče na rezultate i zbog toga zahteva korekciju (slika 9).



Slika 8.. Distorzija objektivna

Figure 8. Lens distortion



Slika 9.

Rešenje za fotografiju bez korigovane distorzije (levo) i sa korigovanom barrel distorzijom (desno)

Figure 9.

Solution for a photograph without correcting distortion (left) and with corrected barrel distortion (right)

Program ima mogućnosti da koriguje distorziju ukoliko je to potrebno, ali je pre korekcije potrebno izvršiti merenja radi određivanja koeficijenta distorzije.

U nekim slučajevima moguće je iščitati podatke kao što su model aparata i žižna daljina iz EXIF (Exchangeable Image File Format) informacija koje se upisuju u fotografiju prilikom slikanja. Pomoću tih podataka moguće je izračunati ugao fotoaparata koji je potreban za rad programa. Ako EXIF informacije nisu pristune u fotografiji ili ako radimo sa skeniranom fotografijom, korisnik mora sam da unosi te podatke.

## Rezultati testiranja

Na osnovu više fotografija koje su detaljno obrađene i kojima je utvrđena lokacija sa koje su snimljene, dobijeni su tačni ili približno tačni rezultati. Na tačnost konačnog rezultata, najviše utiče tačnost ulaznih podataka kao i preciznost korekcije barrel distorzije.

Najbolji rezultati se postižu kada su objekti porušeni duž cele fotografije. Kada su objekti koncentrisani oko vertikalne centralne linije fotografije, to znači da je udaljenost sa koje je fotografisano u odnosu na razdaljine između objekata jako velika. Odnos razdaljine između objekata na fotografiji i razdaljine između objekata u stvarnosti je takođe jako veliki pa i mala greška u markiranju, može prozokovati veliku grešku u konačnom rešenju.

## Zaključak

Rezultati testiranja programa pokazuju da je primenom opisane metode određivanja lokacije sa koje je snimljena neka fotografija moguće doći do tačnog rešenja. Ipak, mana ove metode je ta što ne izračunava rešenje, već se do njega dolazi proverom mo-

gućih rešenja. To znači da program ne prikazuje tačno rešenje, već rešenje najpribližnije tačnom.

## Nadogradnja

Optimizacija ove metode je moguća zamenjivanjem dva markera sa ivicama fotografije. Početni marker se zameni levom ivicom, a poslednji marker desnom ivicom fotografije. Tako optimizovana metoda zahteva postavljanje samo tri markera na fotografiju i mapu. Mana ovako optimizovane metode je što podaci o veličini senzora i žižnoj daljini direktno utiču na rezultat, pa moraju biti precizno uneti.

Sistem provere mogućih rešenja, moguće je zameniti matematičkom formulom (skupom matematičkih formula) koja bi izračunavala tačnu lokaciju fotografisanja. Takav način dobijanja rešenja bio bi znatno efikasniji, ali je formula potrebna za takvo izračunavanje kompleksna.

---

*Aleksandar Beserminji*

## Determining of Location from which a Photograph Was Taken

To determine the location from which a photograph is taken it is necessary to know which location is photographed and the characteristics of the used camera. The composition of the photograph must be such that five known prominent objects may be found in it. Objects are chosen so that there are at least two on the left and right sides of the central vertical line of the photograph. Chosen objects may be prominent and known, artificial or natural.

After positions of these objects are marked on the map (in the same order as in the photograph), all possible combinations are tested. Testing is done by comparing ratios of distances between objects on the photograph and distances between projected points on the map. The solution is the location for which these ratios are all the same. The solution is shown directly on the map.

The majority of the tested cases gives exact solutions or solutions that are nearly exact. The flaw of this method is the fact that the program does not directly calculate the solution, but instead checks every possible solution candidate, which affects execution time (it is not an ideal method for obtaining solutions). 