

1 Uvod

Video kamera je mjerni uređaj koji mjeri dva parametra; boju, kao prvi parametar, te poziciju svakog prvog parametra u dvodimenzionalnom prostoru, odnosno na senzoru kamere.

Potrebno ju je kalibrirati kako bi mjerenja izvela precizno i točno. Kalibracija je usporedba između dvije mjere jedne poznate veličine s mjerom nepoznate veličine dobivene nekim mjernim uređajem.

Kalibracija kamere bitan je postupak 3D računalnog vida koji omogućuje usporedivost podataka dobivenih s više kamera.

U sklopu rada bilo je potrebno:

I. Proučiti i opisati kalibraciju boja te osmisliti i implementirati osmišljeni algoritam u aplikaciji.

II. Proučiti poznate metode geometrijske kalibracije kamere te odabrati algoritam koji je potrebno implementirati u aplikaciji.

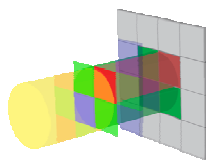
2 Opis problema

Odziv senzora kamere na boju nije standardiziran, što znači da dvije različite kamere mogu za isti piksel na istom snimanom objektu dati različitu vrijednost boje. Kalibracijom se računa matematička veza između boja koje daje kamera i referentnih boja postavljenih na sceni. Time je omogućeno "ispravljanje" vrijednosti boja dobivenih iz kamere kako bi se poklapale s referentnim prostorom boja.

Geometrijska kalibracija kamere omogućuje da se za svaki piksel senzora zna kojem skupu točaka u sceni (pravcu) odgovara, odnosno da se za svaku točku na sceni zna u koju točku na kameri se projicira. Pritom je potrebno pronaći unutarnje parametre kamere (fokus i centar slike), te vanjske parametre kamere koji kameru smještaju u zamišljeni koordinatni sustav u sceni.

3 Metoda

Osmišljeni model otklanja različitost u osjetljivosti senzora različitim kamerama te neidealnost *Bayerovog* filtra koji prekriva senzor kamere i odvaja crvenu, zelenu i plavu komponentu ulazne zrake svjetla. Kamera detektira boju na način da posebno bilježi svaku od te tri komponente. Zbog nesavršenosti procesa *Bayerov* filter nije idealno poravnat preko senzora, što znači da dio komponente jedne boje dolazi do senzora zaduženog za drugu boju.



Filter za odvajanje komponenti boje

R, G, B – komponente boje koje dolaze sa scene u kameru

r, g, b – komponente boje koje kamera daje na svoj izlaz

Komponenta boje (crvena) modelirana je kao:

$$r = \alpha_r * R + \beta_r * G + \chi_r * B + K_r$$

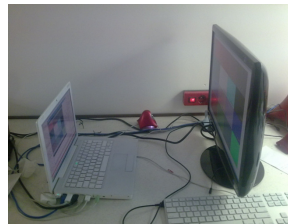
α_x , β_x , χ_x predstavljaju udio pojedine ulazne komponente boje u jednoj od izlaznih komponenata.

K_x predstavlja konstantu koja anulira različitu osjetljivost filtra.

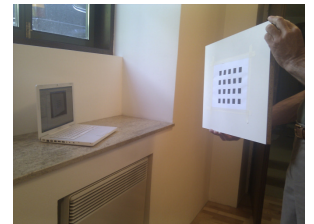
Indeks x može biti r, g ili b te predstavlja jednu od komponenata boje.

Kao jednadžba sustava dobiva se predeterminirani linearni čije rješenje predstavlja optimalnu aproksimaciju nepoznanica prema *least squares* metodi.

Kao metoda geometrijske kalibracije u ovom radu odabrana je kalibracija kalibracijskom ravninom koja je jednostavna za krajnjeg korisnika te je najšire prihvaćena. Metoda se temelji na više pogleda na kalibracijsku ravninu koja ima kalibracijske točke s koordinatama u dvije dimenzije, dok je treća dimenzija jednaka nuli. Iz tog razloga za kalibraciju su potrebna barem dva različita pogleda kamere na kalibracijsku ravninu. Rezultati su na kraju usavršeni s *Levenberg – Marquardt* algoritmom za nelinearno optimiranje.



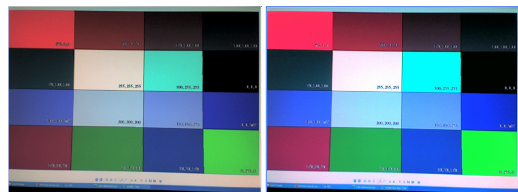
Postupak kalibracije boje web kamere. LCD monitor služi za prikaz kalibracijskog uzorka.



Postupak geometrijske kalibracije web kamere kalibracijskom ravninom

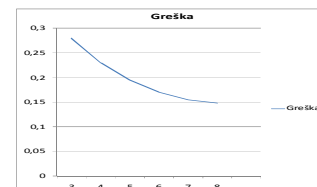
4 Rezultati

Rezultati kalibracije boje prikazani su kao slika s dva *screenshot*-a, jedan pored drugoga. Lijevi prikazuje nekalibriranu sliku s kamere, dok desni prikazuje kalibriranu sliku iste scene. Vidljivo je da je kalibrirana slika sličnija kalibracijskom uzorku. Točni numerički rezultati nisu mogući bez specijalnih i skupih uređaja za mjerenje boje. Mjerenje bi bilo znatno bolje kad bi kalibracijski uzorak bio profesionalno otisnut na papiru, a ne prikazan na LCD ekranu.



Kalibracija boje, lijevo je nekalibrirani dok je desno kalibrirani pogled kalibracijski uzorak

Rezultati geometrijske kalibracije dani su u obliku grafikona koji prikazuje srednju kvadratnu pogrešku između koordinata kalibracijskih točaka s kamere te izračunatih koordinata dobivenih pomoću kalibracijskih rezultata i koordinata scene. Greška je prikazana u ovisnosti o broju kalibracijskih ravnina. Rezultate je moguće poboljšati korištenjem kvalitetnije kalibracijske ravnine.



Pad pogreške prilikom povećanja broja ravnina

5 Zaključak

U ovom radu napravljene su aplikacije za kalibraciju boja kamere i geometrijsku kalibraciju kamere. Algoritam za kalibraciju boje samostalno je osmišljen, dok je algoritam za geometrijsku kalibraciju temeljen na poznatim metodama kalibracije i nelinearne optimizacije. Dobiveni rezultati su u skladu s očekivanjima te se mogu koristiti u planiranu svrhu – 3D računalni vid.