

Vježba 1.

Uvod u korištenje MATLAB-a i Image Processing Toolboxa u obradi slike

Image Processing toolbox

U *Image Processing toolboxu (IPT)* nalaze se funkcije specijalizovane za ulazno-izlazne operacije, prikazivanje i obradu slika. Da biste vidjeli listu svih funkcija u ovom toolboxu otkucajte `help images` u Matlab komandnoj liniji. Vidimo da je na raspolaganju veliki broj funkcija. Mi ćemo se u okviru laboratorijskih vježbi iz Digitalne obrade slike dotaći samo nekih. Cilj ove vježbe je upoznavanje sa načinima reprezentacije slike u memoriji računara, osnovnim funkcijama IPT za učitavanje i upisivanje slike u fajlove na disku, te funkcijama za prikazivanje slike na monitoru.

Reprezentacija slike u memoriji

Matlab memoriše sliku kao matricu. Svakom pikselu na slici odgovara jedan element matrice. Numerička izračunavanja u MATLAB-u se obavljaju korištenjem veličina klase `double`, pa se i u digitalnoj obradi slike ova klasa često koristi za reprezentaciju vrijednosti piksela. U tom slučaju se svaki element pamti kao 64-bitni broj u plivajućem zarezu. Međutim, na ovaj način slike mogu zauzimati izuzetno mnogo memorije. Npr. slika dimenzija 1000x1000 piksela zahtijevala bi oko 8 megabajta prostora. Međutim, u praksi je zadovoljavajuća i grublja kvantizacija vrijednosti piksela pa se često koriste 8-bitne i 16-bitne reprezentacije vrijednosti piksela. U MATLAB-u su ove reprezentacije podržane klasama `uint8` i `uint16` koje omogućavaju da se svaki element matrice (piksel) memoriše kao 8-bitni, odnosno 16-bitni neoznačeni cijeli broj. Pored ovih, za reprezentaciju vrijednosti piksela koristi se i klasa `logical`. U dokumentaciji MATLAB-a su ove klase detaljno opisane.

U IPT-u su podržana četiri osnovna tipa slika koji se javljaju i u poznatim rasterskim grafičkim programima kao što je Adobe Photoshop. Ovi tipovi su:

1. Indeksirane slike,
2. Intenzitetske slike,
3. Binarne slike,
4. RGB slike.

Tipom slike se utvrđuje veza između vrijednosti elemenata matrice i boje, odnosno, intenziteta piksela.

Indeksirane slike

Indeksirane slike se memorišu kao dvije matrice, *matrica slike* i *kolormapa* ili *paleta*. Kolormapa sadrži vrijednosti koje predstavljaju boje piksela u slici. Matrica slike za svaki piksel sadrži indeks elementa u kolormapi koji predstavlja boju tog elementa. Ovi indeksi mogu biti klase `uint8`, `uint16` ili `double`.

Kolormapa je matrica klase `double` dimenzija $m \times 3$. Svaka vrsta kolormape sadrži vrijednosti crvene (R), zelene (G) i plave (B) komponente određene boje. R, G i B su realni skalari čije su vrijednosti iz opsega $[0, 1]$. Tipičan format grafičkog fajla koji podržava indeksirane slike je TIFF.

Intenzitetske slike

Matlab čuva intenzitetsku sliku kao jednu matricu u kojoj svaki element odgovara jednom pikselu slike. Matrica može biti klase `double` u kom slučaju su njeni elementi iz opsega $[0,1]$, klase `uint8` sa elementima iz opsega $[0,255]$ ili klase `uint16` sa elementima iz opsega $[0, 65535]$. Elementi matrice predstavljaju intenzitet (nivo sivila) pojedinih piksela, gdje vrijednost 0 odgovara crnoj, a 1 (odnosno 255 ili 65535) punom intenzitetu, tj. bijeloj boji.

Binarne slike

U binarnoj slici svaki piksel može poprimiti jednu od dvije moguće vrijednosti. Ove vrijednosti mogu se tumačiti kao objekat i kao pozadina. Matlab binarnu sliku memoriše kao matricu čiji elementi su 0 (pozadina) i 1 (objekat). Jasno, binarna slika može se posmatrati kao specijalan slučaj intenzitetske slike sa samo dva nivoa intenziteta. Elementi matrice su u ovom slučaju klase `logical`. Važno je napomenuti da se matrica čiji su elementi 0 i 1, ali čija klasa nije `logical` u MATLAB-u ne smatra binarnom slikom.

RGB slike

Kao kod indeksiranih slika i kod RGB slika se boja piksela određuje na osnovu tri komponente R (crvene), G (zelene) i B (plave). Međutim, za razliku od indeksiranih slika kod koji se vrijednosti ovih komponenti čuvaju u posebnoj kolormapi, kod RGB slika one se pamte u samoj matrici slike. Dakle, matrica slike je dimenzija $m \times n \times 3$, gdje su m i n broj vrsta, odnosno kolona matrice slike. Može se smatrati da se treća dimenzija sastoji od tri ravni čijom kombinacijom se dobijaju boje piksela.

U standardnim formatima grafičkih fajlova slike su predstavljene kao 24-bitne slike pri čemu je po 8 bita rezervisano za predstavljanje svake od 3 komponente. U MATLAB-u elementi matrica mogu biti klase `uint8`, `uint16` ili `double`.

Matlab omogućava konverzije između različitih tipova i klasa slika. Pošto smo u okviru ovih vježbi inicijalno najviše zainteresovani za obradu monohromatskih slika najviše ćemo koristiti intenzitetske i binarne slike. Osnovne funkcije za konverziju između

različitih tipova i klasa slika su dati u Tabeli 1. Za više informacija pogledati *Image Processing Toolbox* dokumentaciju.

Tabela 1. Konverzije između tipova i klasa slika

Naziv	Konvertuje ulaz u:	Klase ulaznih podataka
im2uint8	uint8	logical, uint8, uint16, double
im2uint16	uint16	logical, uint8, uint16, double
mat2gray	double (u opsegu [0, 1])	double
im2double	double	logical, uint8, uint16, double
im2bw	logical	uint8, uint16, double

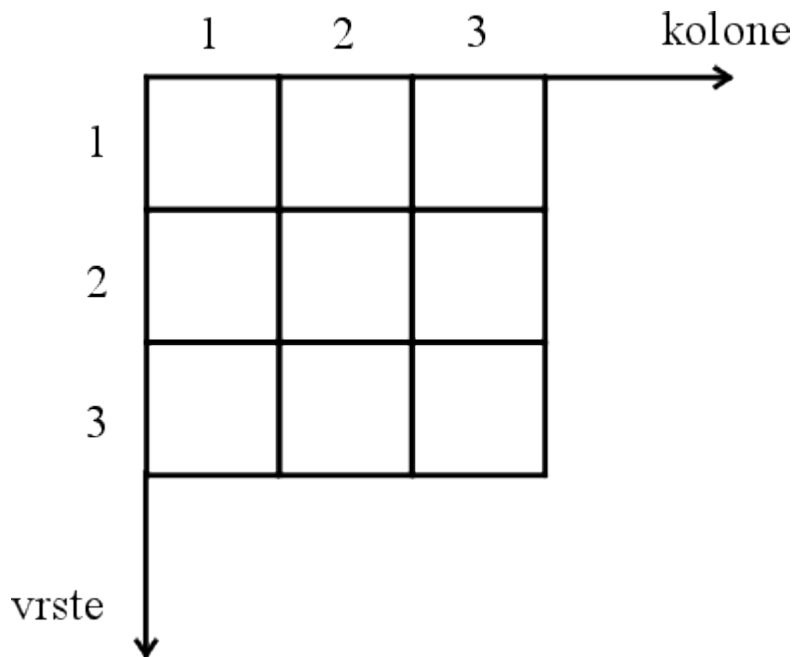
Koordinatni sistemi

U zavisnosti od situacije, lokacije piksela na slici mogu se odrediti različitim koordinatnim sistemima. *Image Processing Toolbox* koristi dva koordinatna sistema:

- koordinatni sistem piksela, i
- prostorni koordinatni sistem.

Koordinatni sistem piksela

U ovom koordinatnom sistemu slika se postmatra kao rešetka sa diskretnim elementima uređenim odozgo prema dole i sa lijeva u desno, kao na slici. Koordinate svakog piksela su određene uređenim parom (vrsta, kolona).

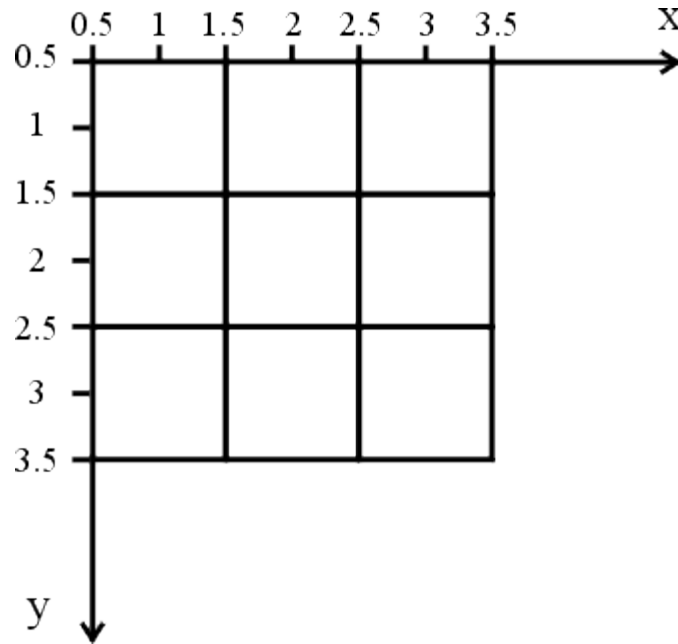


Očigledno, postoji jednoznačna korespondencija između ovako definisanih koordinata piksela i indeksa elemenata matrice u Matlabu. Na primjer, vrijednost piksela u drugoj vrsti i petoj koloni se nalazi u elementu matrice na koordinatama (2, 5). U koordinatnom

sistemu piksela, pikseli se posmatraju kao diskretni elementi koji nemaju dimenzija. (2.3,3.4) u ovom koordinatnom sistemu nemaju smisla.

Prostorni koordinatni sistem

Ponekad je, međutim, pogodno piksel posmatrati kao kvadratnu oblast koja ima neku konačnu površinu. Sada pozicija (2.3, 3.4) ima smisla i različita je od pozicije (2, 3). Prostorni koordinatni sistem ilustrovan je sledećom slikom:



Vidimo da su koordinate centra svakog piksela u prostornom koordinatnom sistemu iste kao i koordinate tog piksela u koordinatnom sistemu piksela. Sa druge strane, razlikuju se ishodišta koordinatnih sistema, kao i redoslijed horizontalne i vertikalne koordinate.

U vježbama koje slijede najčešće ćemo koristiti koordinatni sistem piksela.

Zadaci

1. U ovim zadacima koriste se slike koje su date na sajtu predmeta i koje je najbolje sačuvati u radnom direktoriju (predefinisano je `%MATLAB%\work`, gdje je `%MATLAB%` direktorij u koji je MATLAB instaliran) i slike koje su uključene u Image Processing Toolbox, a nalaze se na putanji `%MATLAB%\toolbox\images\imdemos`.
2. Funkcija `imread` iz grupe *Image file I/O* učitava sliku iz fajla u radni prostor MATLAB-a. Na primjer,

```
a = imread('lena.jpg');
```

- učitava JPEG sliku `lena` u matricu `a` u radnom prostoru MATLAB-a. Obratite pažnju na korištenje jednostrukih navodnika (`'`) za navođenje imena fajla. Ako se, kao u prethodnom primjeru, ne navede putanja do fajla na disku MATLAB pokušava da pronađe fajl u tekućem direktoriju, a zatim u nekom od direktorija koji su zadani u MATLAB-ovoj listi putanja (`File > Set Path`). Putanja do slika koje su sastavni dio toolboxa je već unesena u ovu listu.
3. Proučiti dokumentaciju za funkciju `imread`. Koje formate grafičkih fajlova podržava ova funkcija? Koji tipovi slika se mogu učitati korištenjem ove funkcije? Koja je razlike u sintaksi za različite tipove slika?
 4. Učitajte sliku `lena.jpg` korištenjem funkcije `imread`. Kolike su dimenzije dobijene matrice? Kojoj klasi pripadaju elementi matrice? Pogledajte vrijednosti elemenata dobijene matrice. Kojem opsegu pripadaju njihove vrijednosti (odrediti minimalnu i maksimalnu vrijednost)?
 5. Funkcija `imshow(a)` prikazuje sliku koja se nalazi u matrici `a` u radnom prostoru Matlaba na ekranu. Koje tipove slika podržava funkcija `imshow`? U novijim verzijama MATLAB-a postoji i funkcija `imshow` kojom se dobija sofisticiraniji grafički interfejs za prikazivanje slike. Prikazite sliku `lena` na ekranu korištenjem oba metoda i upoznajte se sa njihovim mogućnostima.
 6. Naredba `colorbar` prikazuje na slici skalu intenziteta i odgovarajuće vrijednosti elemenata matrice.
 7. Interaktivno prikazivanje vrijednosti intenziteta piksela na slici prikazanoj korištenjem `imshow` može se dobiti pomoću funkcije `imshowinfo`.
 8. Korištenjem funkcije `im2double` promijeniti klasu kojoj pripadaju elementi matrice. Prikazati dobijenu sliku.
 9. Funkcija `imfinfo` iz *Image file I/O* vraća strukturu u čijim poljima se nalaze informacije o slici koja se nalazi u zadatom grafičkom fajlu. Stvarni skup polja zavisi od pojedinog fajla i njegovog formata, ali postoje i neka zajednička polja za sve formate: ime fajla, datum modifikacije fajla, veličina fajla, format, verzija formata, širina, visina, broj bita po pikselu, tip slike. Pomoću `imfinfo` provjerite osnovne karakteristike slike `lena.jpg`.
 10. Pomoću funkcije `imwrite` moguće je sačuvati sliku koja je memorisana kao matrica u radnom prostoru Matlaba u fajl u nekom od grafičkih formata. Ispitati koje formate grafičkih fajlova podržava ova funkcija. Sačuvati sliku `lena` u TIFF fajlu. U zavisnosti od formata fajla funkcija `imwrite` može primiti različite parametre. U slučaju JPEG formata jedan od parametara je i kvalitet slike. Kvalitet može biti cijeli broj između 0 i 100. Manja vrijednost znači slabiji kvalitet što je posljedica JPEG kompresije. Sačuvati sliku `lena` (u JPEG formatu) sa kvalitetom `q = 50, 25, 15, 5` i `0`. Uporediti vizuelni kvalitet rezultata.
 11. Pomoću `imfinfo` provjerite osnovne karakteristike slike `blobs.png` (sastavni dio Image Processing Toolboxa). Učitajte sliku korištenjem varijante funkcije `imread`. Kolike su dimenzije dobijene matrice? Pogledajte vrijednosti elemenata matrice dobijene na taj način. Kojoj klasi pripadaju njene vrijednosti? Prikazati sliku na ekranu.
 12. Standardan format za čuvanje i prenos slika u medicini je DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). IPT podržava rad sa DICOM

- fajlovima korištenjem funkcija `dicomread` za čitanje DICOM fajlova, `dicomwrite` za njihovo zapisivanje i `dicominfo` za čitanje meta-podataka sačuvanih u fajlu. Funkcije `dicomread`, `dicomwrite` i `dicominfo` se u osnovnoj varijanti koriste na način sličan već opisanim funkcijama `imread`, `imwrite` i `imfinfo`. Učitati sliku `CT_pluca.dcm` u radni prostor MATLAB-a. Kolike su dimenzije slike? Kojoj klasi pripadaju elementi matrice? Pokušajte prikazati sliku na ekranu. Zbog čega se dobijaju loši rezultati?
13. Kako bi se izbjegli problemi sa prikazivanjem iz prethodne tačke funkciji `imshow` se može zadati opseg vrijednosti elemenata matrice koji će se prikazivati pikselima odgovarajućih nivoa intenziteta. Tako `imshow(a, [low high])` prikazuje kao crne sve vrijednosti manje ili jednake od `low`, a kao bijele sve vrijednosti veće ili jednake od `high`. Vrijednosti između ove dvije prikazuju se kao međunivoi intenziteta. Ukoliko se koristi sintaksa `imshow(a, [])` onda se `low` postavlja na minimalnu, a `high` na maksimalnu vrijednost u matrici `a`. Prikazati sliku iz prethodne tačke korištenjem čitavog opsega vrijednosti elemenata matrice, kao i opsega između 864 i 1264.
14. Ukoliko želimo da formiramo novu sliku čiji će elementi biti klase `double` iz opsega `[0, 1]` i koja će vizuelno biti ista kao zadnja slika iz prethodne tačke moramo najprije konvertovati elemente matrice u klasu `double`, a zatim skalirati njihove vrijednosti na opseg `[0, 1]` (vidjeti Tabelu 1).

```
b = double(a);
```

```
c = mat2gray(b, [864, 1264]);
```

Da li se isti rezultat dobije korištenjem funkcije `im2double`? Zašto?

15. Polazeći od slike `lena`, kreirati sledeće slike:
- Sliku koja će biti slika u ogledalu polazne slike po horizontalnoj osi,
 - Sliku na kojoj će biti samo lice djevojke i
 - Sliku koja se dobija prorjeđivanjem polazne slike sa faktorom 2.