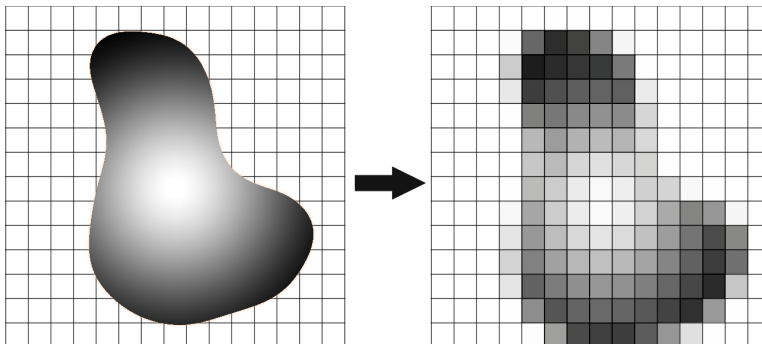


V dobách analogových fotoaparátů se vyfocený obraz v každém okamžiku uchovával skutečně jako obraz. Ať už na negativu filmu, nebo po vyvolání na fotografickém papíře či diapozitivu. Dnes je tomu jinak. Při zmáčknutí spouště digitálního fotoaparátu se aktuální scéna před objektivem zachytí pomocí snímacího čipu a uloží jako soubor čísel na paměťovou kartu. I kdybychom tuto kartu rozebrali, obrázky na ní nevidíme. K jejich zobrazení potřebujeme opět nějaké digitální zařízení, které umí obraz uložený v jedničkách a nulách převést do viditelné formy.

Matice obrazu

Pro jednoduchost se nejprve zabýváme černobílými obrázky - přesněji obrázky ve stupních šedé. V okamžiku exponování dojde k zachycení snímání scény na čip, který je tvořen soustavou miniaturních fotodiod uspořádaných do řádků a sloupců. V závislosti na osvětlení příslušné části čipu každá z diod vyprodukuje určitý náboj, který je změřen a jeho hodnota je zaznamenána ve formě čísla. V případě JPEG obrázku se jedná o celé číslo od 0 do 255¹, přičemž hodnota 0 odpovídá černé a hodnota 255 bílé. Proces rozdělení spojitého obrazu na diskrétní hodnoty v jednotlivých oddělených bodech se nazývá kvantování a vzorkování.

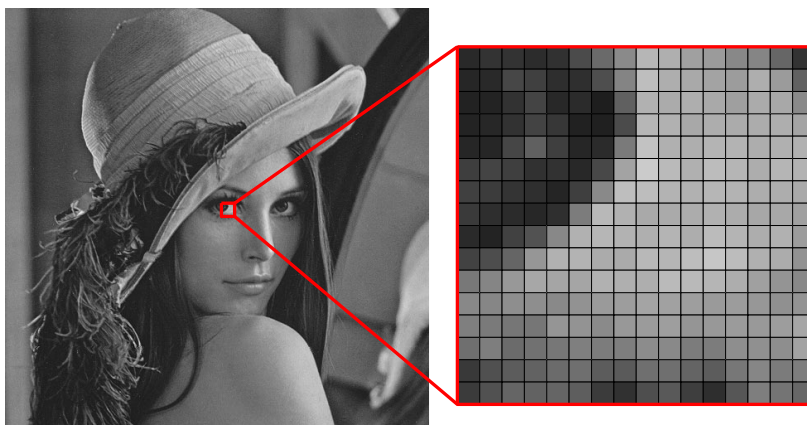


Obrázek 1: Příklad kvantování a vzorkování

Pomineme-li ve skutečnosti binární uložení obrazu, můžeme si jeho digitální podobu představit jako obecně obdélníkovou tabulku čísel, ve které každá hodnota reprezentuje jas určité malé plošky (pixelu) v zachyceném obraze. Tuto tabulku budeme označovat pojmem matice obrazu.

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{bmatrix}, \text{ kde } a_{i,j} \in \{0, 1, 2, \dots, 255\}$$

¹Tyto hodnoty odpovídají osmibitové reprezentaci čísla.

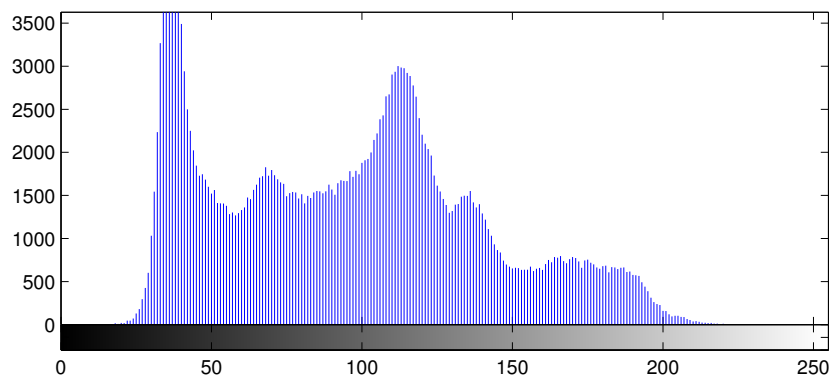


41	51	51	44	49	75	106	139	182	175	160	155	137	134	102	51
38	41	71	64	46	47	78	133	190	174	169	163	156	174	155	97
34	35	50	68	40	43	30	96	177	171	174	169	159	171	168	137
35	39	50	67	55	33	32	75	182	177	168	173	171	172	174	164
38	38	70	96	63	38	43	122	194	176	174	180	179	173	176	177
62	68	63	49	50	40	72	163	203	186	176	188	181	173	181	178
64	60	52	47	37	63	138	190	189	179	177	182	179	173	173	169
58	46	43	39	47	124	184	177	169	170	172	177	172	167	168	160
42	35	65	82	136	177	182	178	175	180	173	187	180	173	177	156
66	77	101	150	177	179	171	170	184	181	189	198	188	176	172	146
120	133	152	167	165	165	177	175	174	186	185	181	173	160	148	136
137	134	142	142	137	146	154	157	164	161	158	154	156	151	145	147
127	122	118	118	149	148	138	152	155	158	149	152	155	153	157	166
111	126	107	113	119	127	124	126	140	137	124	124	143	144	142	162
57	80	92	98	107	111	92	90	111	111	100	92	119	134	123	125
59	81	101	98	101	94	59	49	78	89	62	46	86	126	116	103

Obrázek 2: Část matice obrazu

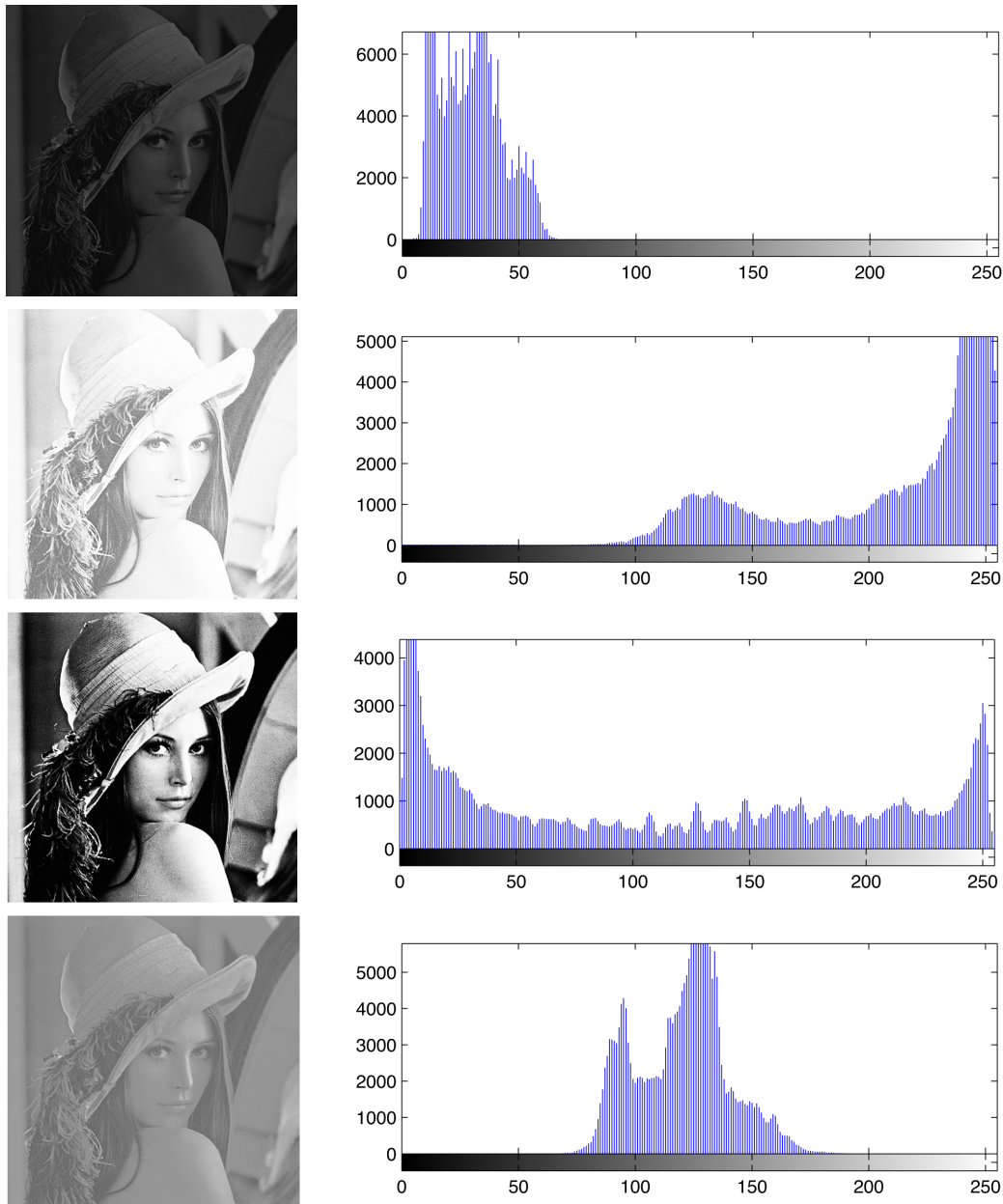
Histogram

Máme-li obrázek ve stupních šedé (číslích od 0 do 255), může nás zajímat kolikrát se v obrázku jednotlivé stupně (čísla) vyskytují. Graf četnosti výskytu jednotlivých hodnot v obrázku se nazývá histogram.



Obrázek 3: Histogram obrázku Lena

Přestože obrázek není svým histogramem jednoznačně definován, můžeme z histogramu o původním obrázku hodně vyčíst. Tmavé obrázky mají v histogramu velké hodnoty nahromaděné v levé části grafu. Naopak světlé obrázky mají v histogramu velké hodnoty v pravé části grafu. Histogram obrázků s nízkým kontrastem vypadá jako kopec s vrcholem přibližně uprostřed, zatímco obrázky s vysokým kontrastem mají většinou dva kopce, každý na opačné straně grafu.



Obrázek 4: Příklad různých obrázků a jejich histogramů

Jednoduché úpravy

Jak jsme si řekli, obrázky jsou v počítači uloženy jako matice čísel, takže místo manipulace s barevnými ploškami nám stačí provádět operace s čísly. Nyní si v jednoduchosti popíšeme některé základní operace s maticemi obrázků. Předpokládejme, že máme obrázek ve stupních šedé, který má 512×512 pixelů. Matice takového obrazu, kterou označíme I_{orig} má 512 řádků a 512 sloupců. Dohromady je to 262144 čísel, takže je jasné, že nebudeme počítat s každou hodnotou ručně, ale nastavíme nějaké pravidlo, které počítači řekne, co má s jednotlivými hodnotami udělat.

- Ořez obrázku provedeme jednoduše tak, že vybereme jen omezený rozsah řádků a sloupců původní matice. Například pro výřez pravé horní čtvrtiny obrázku I_{orig} vezmeme pouze 1. až 256. řádek a 257. až 512. sloupec. Dostaneme tam matici I_{crop} , která má 256 řádků a 256 sloupců.
- Zesvětlení obrázku provedeme například tak, že k hodnotě každého pixelu v matici I_{orig} přičteme nějaké kladné číslo, například 100. Touto operací se však může stát, že se některé hodnoty ocitnou mimo rozsah 0 až 255. Opravíme to například tak, že všechny hodnoty, které vyjdou nad 255, nastavíme právě na 255. Ve všech bodech, kde došlo k takovém ořezu hodnot ovšem ztrácíme obrazovou informaci.
- Ztmavení obrázku můžeme provést obdobně jako zesvětlení, ale musíme zkontrolovat, zda některé hodnoty nevyšly záporně. Pokud ano, musíme je nastavit na 0. Další možnost je vynásobit všechny hodnot obrazové matice nějakým číslem z intervalu $(0, 1)$. Zde nehrozí, že bychom se dostali mimo rozsah 0 až 255, ale může se stát, že výsledkem nebudou jen celá čísla, a tak je potřeba každou výslednou hodnotu zaokrouhlit na nejbližší celé číslo.
- Ztmavení obrázku můžeme provést obdobně jako zesvětlení, ale musíme zkontrolovat, zda některé hodnoty nevyšly záporně. Pokud ano, musíme je nastavit na 0. Další možnost je vynásobit všechny hodnot obrazové matice nějakým číslem z intervalu $(0, 1)$. Zde nehrozí, že bychom se dostali mimo rozsah 0 až 255, ale může se stát, že výsledkem nebudou jen celá čísla, a tak je potřeba každou výslednou hodnotu zaokrouhlit na nejbližší celé číslo.
- Negativ obrázku je obraz, který má obrácenou reprezentaci čísel. V klasickém obrázku odpovídá 0 černé a 255 bílé hodnoty mezi těmito čísly odpovídají různým stupňům šedé od tmavé po světlou. V negativním zobrazení je to naopak. Abychom nemuseli přeprogramovat zobrazovací zařízení k obrácení stupnice, můžeme obrátit stupnici přímo v našem obrazu. Hodnoty 0 změňme na 255 a naopak. Všechny hodnoty tedy vypočítáme tak, že původní hodnotu odečteme od čísla 255 a dostaneme právě negativ původního obrázku, který již zobrazíme klasicky.
- Prahování je jednoduchá operace, která v případě jednoduchého prahu rozdělí obraz na dvě části podle hodnoty prahu. Zvolme tedy hodnotu t z intervalu $(0, 255)$. Jed-

notlivé prvky matice I_{prah} nastavíme na 0, pokud příslušná hodnota matice I_{orig} je menší než t , a na 255, pokud je příslušná hodnota matice I_{orig} je větší nebo rovna t .

Barevné obrázky

Pro reprezentaci barevného obrazu se používají matice rovnou tři - jedna pro každou barevnou složku RGB². Výsledný obraz pak vznikne složením těchto tří obrazů. Hodnota každého pixel obrazu se tedy skládá ze tří čísel, a tak se tato ploška zobrazuje v jedné z 256^3 možných barev.

Pro jiný formát souboru může matice obrazu obsahovat i jiná čísla než od 0 do 255. Můžeme například použít desetinná čísla z intervalu $(0, 1)$, kdy řekneme, že černá je 0 a bílá odpovídá hodnotě 1. Pokud uložíme hodnotu každého pixelu do čtrnácti bitového čísla dostaneme až 16384^3 barev. Běžné zobrazovací zařízení však neumí takový rozsah barev zobrazit a proto ve většině případů stačí ukládat obrázky do osmi bitů.



Obrázek 5: JPEG obrázek složený ze tří kanálů

Úkol 3.1 Načtěte svůj obrázek do Matlabu pomocí příkazu `imread`. Zobrazte tento obrázek pomocí funkce `imshow` a zobrazte jeho jednotlivé složky R, G a B. Převed'te tento obrázek do stupňů šedé pomocí funkce `rgb2gray` a uložte pomocí funkce `imwrite`.

Úkol 3.2 Proved'te libovolný výřez vašeho černobílého obrázku obsahující 512×512 pixelů a uložte tento oříznutý obrázek. Zobrazte histogram tohoto obrázku pomocí funkce

²RGB je systém rozložení barevného obrazu na červený (R), zelený (G) a modrý (B) kanál.

imhist.

Úkol 3.3 Proveďte zesvětlení a ztmavení vašeho obrázku a vytvořte jeho negativ. Proveďte prahování s prahem 10, 100, 150, 200.

Úkol 3.4 Proveďte zvýšení kontrastu vašeho obrázku pomocí vyrovnání histogramu.