



Obraz a jeho reprezentace

Úvod do analýzy obrazu

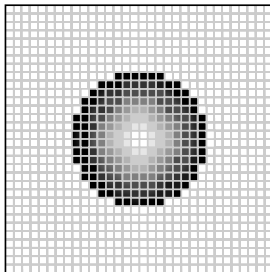
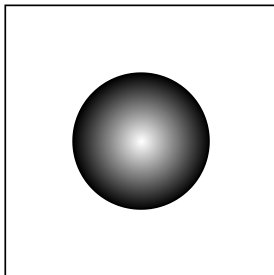
Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

Obraz

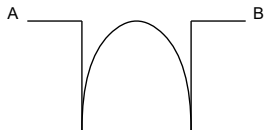
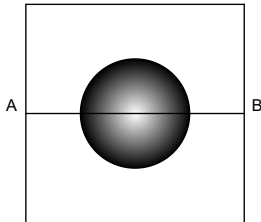
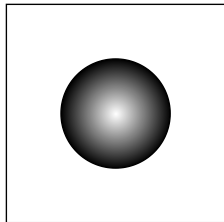
- **Matematický model:** $g = f(x, y)$ (obrazová funkce)
- **Prostorové souřadnice:** $x \in \langle x_{min}, x_{max} \rangle$ a $y \in \langle y_{min}, y_{max} \rangle$
- **Hodnoty funkce g :**
 - jedno číslo
 - trojice (čtveřice) čísel
 - celá kolekce dat
- **Rastr**

Digitalizace

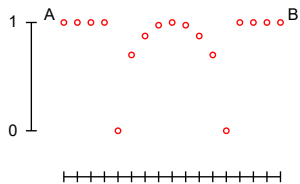
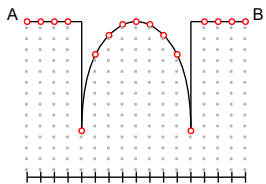
- Převod spojitého světa (spojité obrazové funkce) do rastru
- **Digitalizace:**
 - vzorkování
 - kvantování



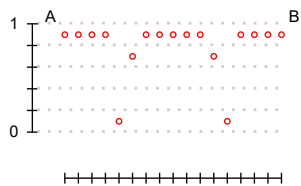
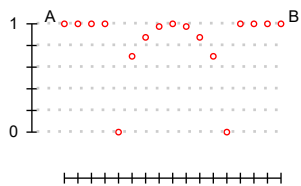
Reálný obraz



Vzorkování



Kvantování



Vzorkování

- **Bodové vzorkování**



- **Plošné vzorkování**

- **Vzdálenost mezi vzorky:** Δx

- **Vzorkovací frekvence:** $f_s = \frac{1}{\Delta x}$ Hz

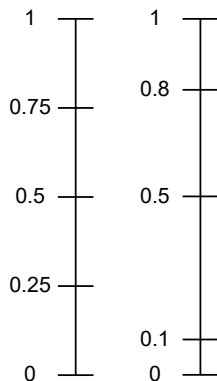
- **Alias:** chyba

Kvantování

■ Kvantování:

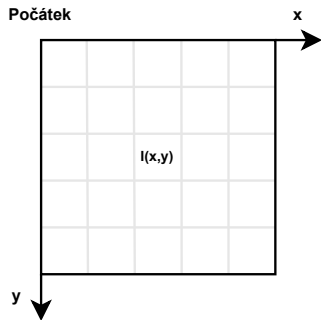
- uniformní
- neuniformní

■ **Výběr zástupné hodnoty** → kvantizační chyba



Rastrový obraz

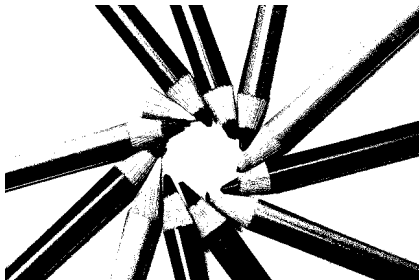
- Rastrový obraz I
- Velikost obrazu: $M \times N$
- Pixel: $I(x, y)$
- Prostorové souřadnice: x a y
- Prostorová doména



Typy obrazů

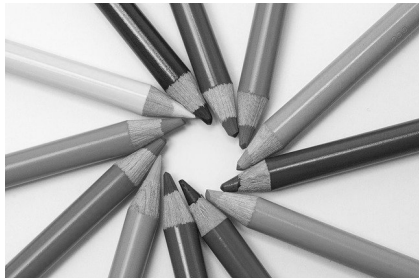
- **Binární obraz**

- hodnoty 0 nebo 1



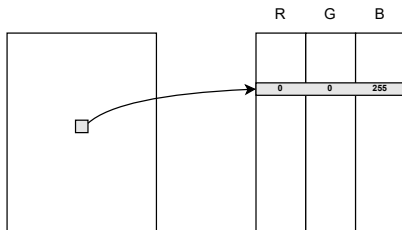
- **Šedotónový obraz / Monochromatický obraz** (gray scale)

- 1 hodnota – většinou 1 byte (0 do 255)

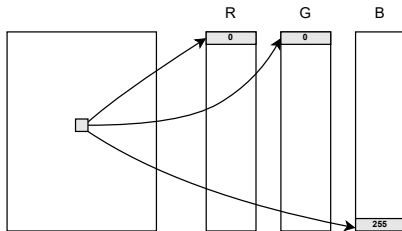


Typy obrazů

- **Indexový obraz**
- jeden index do palety
- pseudo color



- **Indexový obraz**
- 3 indexy
- direct color



Typy obrazů

- **Barevný obraz**
- pixel = trojice (nebo čtveřice) hodnot
- velikost:
 - low color (15 bit)
 - high color (16 bit)
 - true color (24 bit)
 - super true color (32 bit)
 - deep color (48 bit)



Rozlišení



640×426



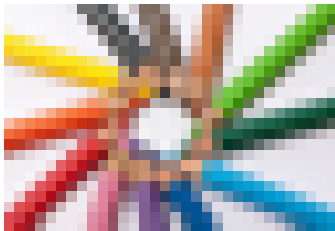
320×213



128×86



64×43



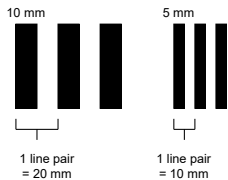
32×22



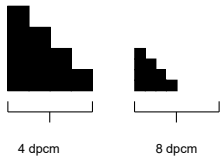
7×5

Rozlišení

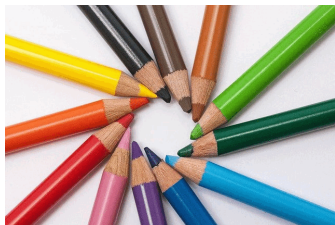
■ Line pairs per unit



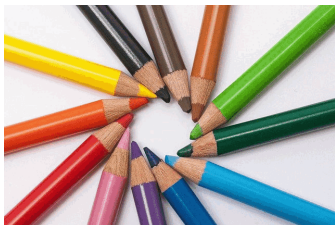
■ Dots per unit



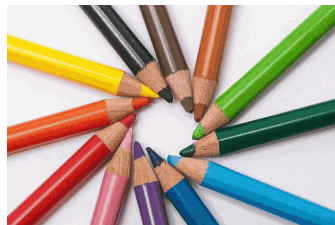
Barevná hloubka



256



128



64



32



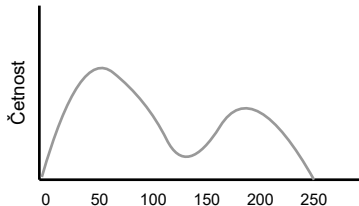
16



8

Histogram

- **Histogram:** $h(r_k) = n_k$



- **Normalizovaný histogram:** $p(r_k) = h(r_k)/M \cdot N$
- **Kumulativní histogram:** $H(r_k) = \sum_{j=0}^k h(r_j)$
Co takový histogram představuje?

Příklad

Mohou mít dva různé obrázky stejný histogram?

Histogram

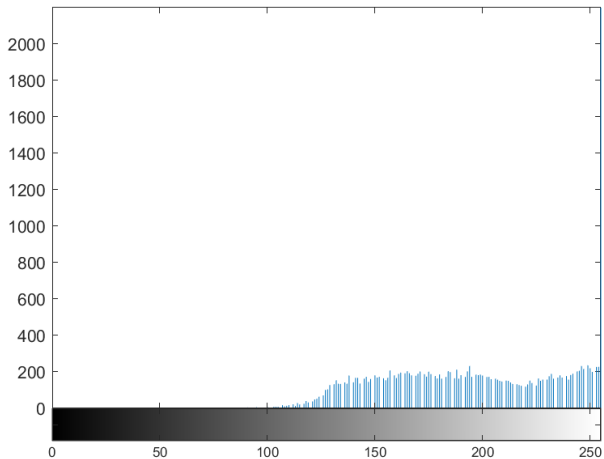
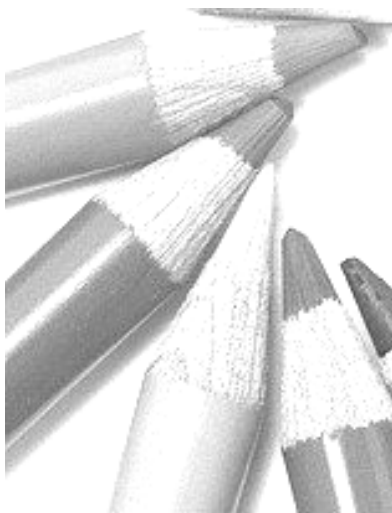
Příklad

Příklad

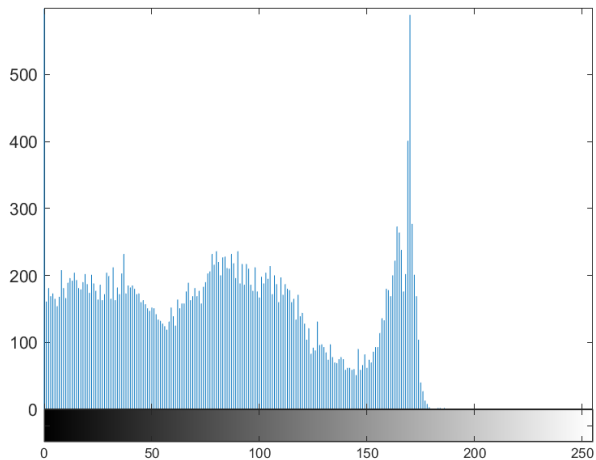
Pro následující obrázek obsahující jen intenzity od 0 do 10 určete histogram, normalizovaný histogram a kumulativní histogram.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 7 & 7 & 5 \\ 9 & 8 & 2 & 0 \\ 6 & 5 & 1 & 0 \\ 9 & 9 & 9 & 4 \end{bmatrix}$$

Histogram – velmi světlý obraz



Histogram – příliš tmavý obraz



Jas

- Subjektivně vnímaná míra světelnosti obrazového bodu (celého obrazu) – **jas**
- V digitálním obrazu je reprezentován číselnou hodnotou intenzity světla dopadajícího na senzor
- V černobílém (grayscale) obrazu je jas jedinou složkou
- V barevném obrazu se jas často odvozuje z kombinace barevných složek
- Jas pixelu (lokální)
 - hodnota intenzity světla v jednom obrazovém bodě
 - číselná veličina, kterou lze přímo číst z obrazu
- Jas obrazu jako celku (globální)
 - obecný dojem „světlosti“ nebo „tmavosti“ celého obrazu
 - v praxi se kvantifikuje např. průměrem hodnot jasu všech pixelů, popřípadě mediánem, nebo jiným statistickým ukazatelem

Jas

Příklad

Mějme šedotónový obraz o velikosti 4×4 pixelů s hodnotami jasu

$$\begin{bmatrix} 0 & 50 & 100 & 150 \\ 200 & 250 & 255 & 100 \\ 80 & 120 & 140 & 160 \\ 180 & 200 & 220 & 240 \end{bmatrix}$$

- 1 Určete jas nejsvětlejšího pixelu.
- 2 Vypočítejte průměrný jas celého obrazu.
- 3 Co se stane s průměrným jasnem, pokud všechny hodnoty pixelů zvýšíme o 50 (přičemž hodnoty přesahující 255 se oříznou na 255)?

Kontrast

- Kontrast v obraze vyjadřuje rozdíl v jasu mezi různými (nejsvětlejší a nejtmaší) částmi obrazu
- Určuje, nakolik jsou světlé a tmavé oblasti od sebe odlišitelné
- Obraz s vysokým kontrastem má výrazné rozdíly mezi tmavými a světlými oblastmi, zatímco obraz s nízkým kontrastem působí nevýrazně.

Způsoby vyjádření kontrastu

1 Rozsah jasu (min–max kontrast): $C = I_{\max} - I_{\min}$

2 Michelsonův kontrast (často pro periodické obrazce):

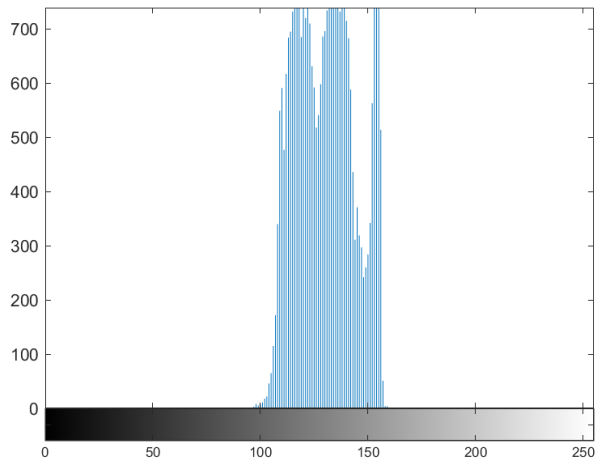
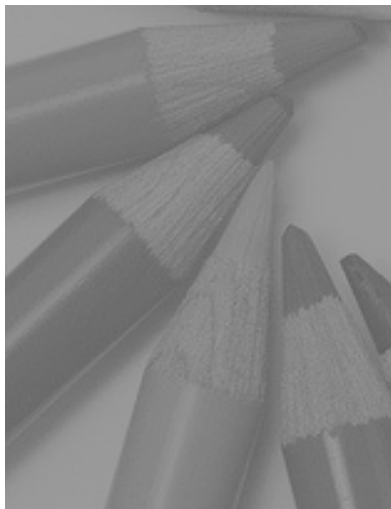
$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}.$$

3 RMS kontrast (kontrast směrodatné odchylky):

$$C = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2},$$

kde I_i jsou hodnoty pixelů, \bar{I} průměrná hodnota jasu a N je počet pixelů.

Histogram – obraz s nízkým kontrastem



Kontrast

Příklad

Mějme šedotónový obraz o velikosti 4×4 pixelů s hodnotami jasu

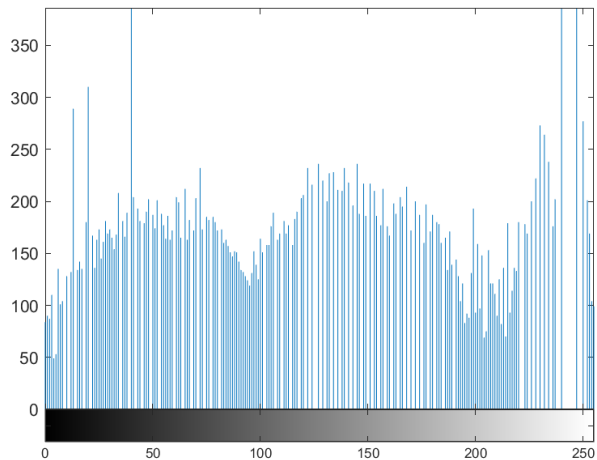
$$\begin{bmatrix} 0 & 50 & 100 & 150 \\ 200 & 250 & 255 & 100 \\ 80 & 120 & 140 & 160 \\ 180 & 200 & 220 & 240 \end{bmatrix}$$

- 1 Určete minimální a maximální jas pixelu v obraze.
- 2 Spočítejte kontrast definovaný jako rozdíl

$$C = I_{\max} - I_{\min}.$$

- 3 Jak by se kontrast změnil, pokud bychom všechny hodnoty pixelů zvýšili o 50 (s ořezem na 255)?
- 4 Jak by se kontrast změnil, pokud bychom všechny hodnoty pixelů vynásobili $\frac{1}{2}$ (v případě reprezentace celými čísly výsledek zaokrouhlíme)?

Histogram – ideální obraz



Histogramová rovnoměrnost (uniformity)

- **Histogramová rovnoměrnost** popisuje, jak rovnoměrně jsou hodnoty pixelů v obraze rozloženy.
- Pokud jsou intenzity soustředěny v úzkém rozsahu (např. kolem šedé), obraz působí nevýrazně a má nízký kontrast.
- Pokud je histogram rozprostřen po celé škále hodnot, obraz má vysoký dynamický rozsah a působí kontrastněji.
- Využití:
 - vyhodnocení kvality obrazu (podexpozice, přeexpozice),
 - předzpracování (např. *histogram equalization* pro zvýšení kontrastu).

Ostrost obrazu

- **Ostrost** charakterizuje míru zřetelnosti detailů a hran v obraze.
- Ostrý obraz → hrany jsou výrazné a dobře lokalizovatelné.
- Neostrý obraz → hrany jsou rozmazané, jemné detaily mizí.
- Ostrost je úzce spojena s vysokofrekvenčními složkami obrazu (tomu se budeme věnovat později)
- Využití:
 - hodnocení kvality obrazu (zaostření kamery),
 - automatické ostření (autofocus),
 - zvýraznění hran při předzpracování obrazu.