



KATEDRA
INFORMATIKY

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

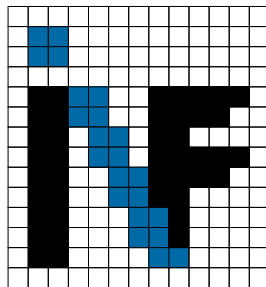
Reprezentace obrazu

Vybrané partie z IT

Mgr. Markéta Trnečková, Ph.D.

Digitální obraz

- **Digitální obraz:** $f(x, y)$
- **Prostorové souřadnice:** x, y
- **Intenzita** (odstín šedi, barva): hodnota $f(x, y)$
- **Pixel:** obrazový bod



Digitální obraz

Zpracování digitálního obrazu

- Metody, které mají na vstupu digitální obraz a digitální obraz i vrací
- Metody, které mají digitální obraz na vstupu, ale výstupem jsou nějaké atributy, které z něj získáme

Digitální obraz

Zpracování digitálního obrazu

- Akvizice
- Vylepšení obrazu
- Rekonstrukce obrazu
- Komprese

Digitální obraz

Obrazové formáty

- **Bitmapové (rastrové) obrazy:** .tiff, .bmp, .jpg, .gif, .png, .webp, .avif
- **Vektorové:** .eps, .svg, .dxf
- **Nativní:** .psd, .xcf, .ai, .cdr



Digitální obraz

Zdroj

■ elektromagnetické spektrum

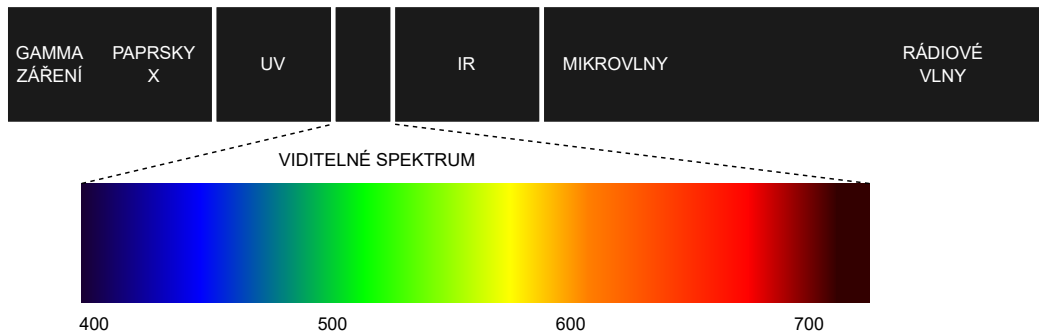
- viditelné světlo
- X paprsky
- Gamma záření

■ zvukové vlnění – ultrazvuk

■ elektronové – elektronové mikroskopy

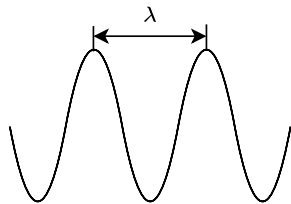
■ syntetické – vytvořené počítačem

Elektromagnetické spektrum



Elektromagnetické spektrum

- **Vlnová délka:** λ
- **Frekvence:** ν
- $\lambda = \frac{c}{\nu}$
- $c = 2.998 \cdot 10^8$ m/s (rychlost světla)
- **Energie:** E
- $E = h \cdot \nu$
- $h = 6.6252 \cdot 10^{-34}$ Js (Planckova konstanta)

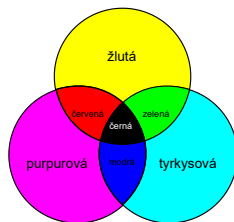


Viditelné spektrum

- **Bílé světlo**
- **Barva**: odražené paprsky
- **Monochromatické** (achromatické): všechny složky stejně zastoupené
- **Jas**, stupně šedi
- **Chroma**: barva
- **Radiance**: celkové množství energie
- **Luminance**: množství energie, které pozorovatel vnímá
- **Saturace**: čistota barvy světla
- **Světlost**: velikost achromatické složky ve světle

Barevné modely

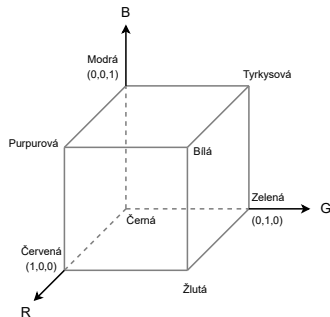
- Základ v lidském vizuálním systému
- **Primární barvy:**
 - červená (red) – 700 nm
 - zelená (green) – 546.1 nm
 - modrá (blue) – 435.8 nm
- **Aditivní skládání barev**
- **Sekundární barvy** (primární barvy pigmentů):
 - tyrkysová (cyan)
 - purpurová (magenta)
 - žlutá (yellow)
- **Subtraktivní skládání barev**
- **Barevný prostor**, barevný model



Barevné modely

Barevný model RGB

- **3 složky:** červená (R), zelená (G) a modrá (B)
- **Barvy:** body (r, g, b)

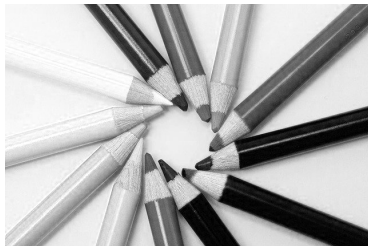


Barevné modely

Barevný model RGB



Barevný obraz



Červená složka



Zelená složka

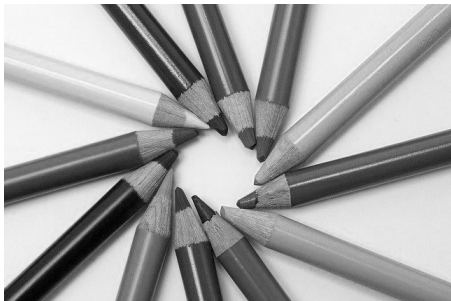


Modrá složka

Barevné modely

Stupně šedi

Průměr ze složek



$$I = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$



Barevné modely

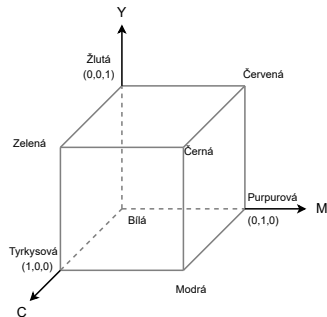
Barevný model RGBA

- Rozšíření modelu RGB
- A (alpha) – průhlednost

Barevné modely

Barevný model CMY

- **3 složky:** tyrkysová (C), purpurová (M) a žlutá (Y)
- **Barvy:** body (c, m, y)

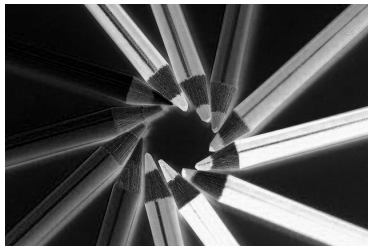


Barevné modely

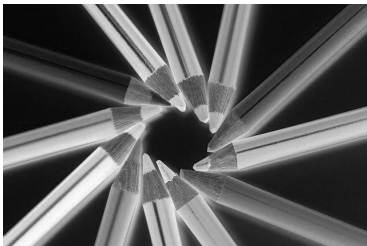
Barevný model CMY



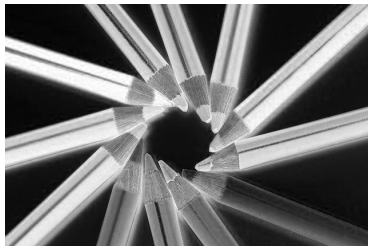
Barevný obrázek



Tyrkysová složka



Purpurová složka

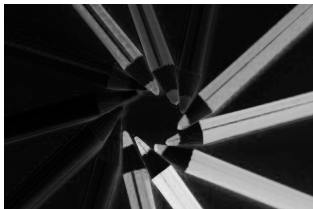


Žlutá složka

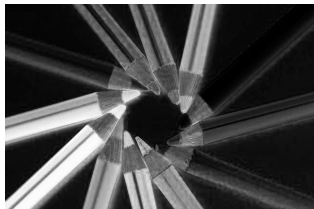
Barevné modely

Barevný model CMYK

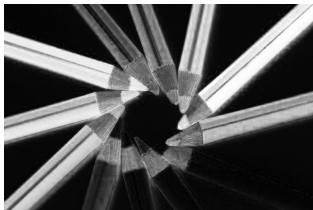
4 složky: tyrkysová (C), purpurová (M), žlutá (Y) a černá (black)



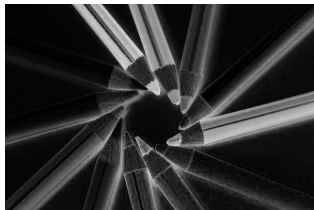
Tyrkysová složka



Purpurová složka



Žlutá složka

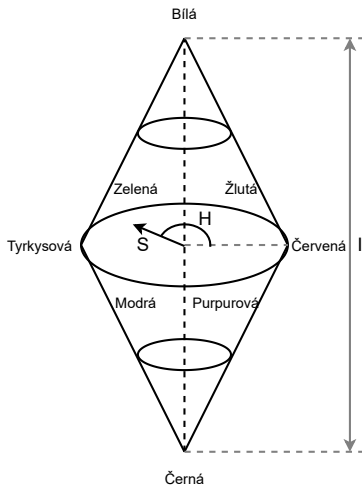


Černá složka

Barevné modely

Barevný model HSI

3 složky: odstín barvy (hue H), saturace – čistota barvy (S) a intenzita (I)

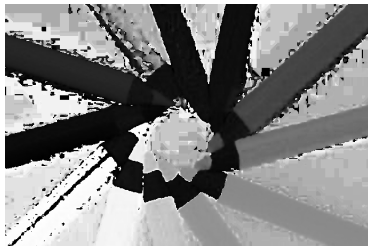


Barevné modely

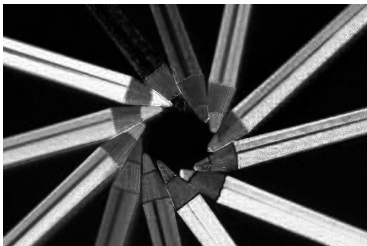
Barevný model HSI



Barevný obraz



Hue



Saturation



Intensity

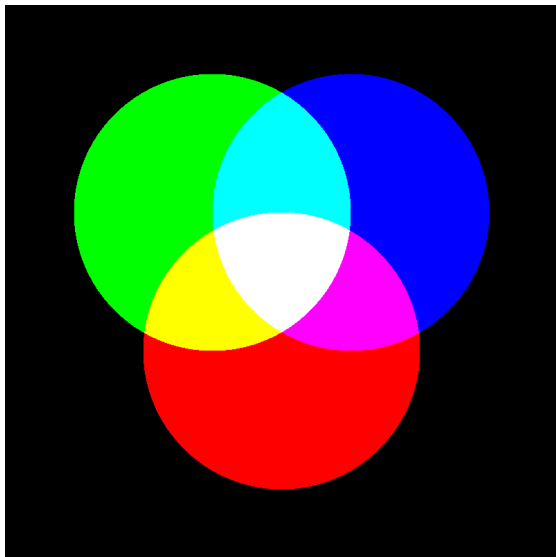
Barevné modely

Další modely

- **Podobné HSI:** HSV, HSL
- **Oddělení barevné a jasové složky:** YCbCr
- **Nezávislé na zobrazovacím zařízení:** CIE

Příklad

Načrtněte, jak by vypadaly jednotlivé barevné složky následujícího obrázku v RGB modelu.



Obraz

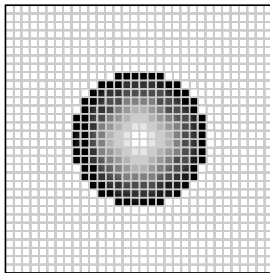
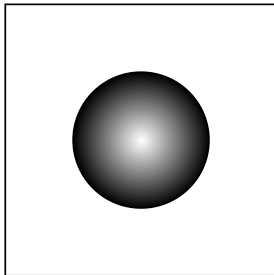
- **Matematický model:** $g = f(x, y)$ (obrazová funkce)
- **Prostorové souřadnice:** $x \in \langle x_{min}, x_{max} \rangle$ a $y \in \langle y_{min}, y_{max} \rangle$
- **Hodnoty funkce g :**
 - jedno číslo
 - trojice (čtveřice) čísel
 - celá kolekce dat
- **Rastr**

Digitalizace

- Převod spojitého světa (spojité obrazové funkce) do rastru

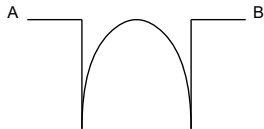
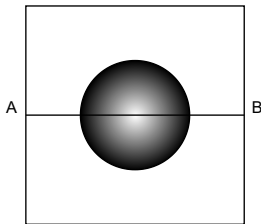
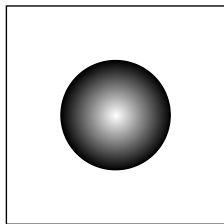
- **Digitalizace:**

- vzorkování
- kvantování



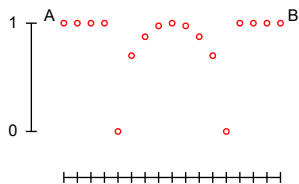
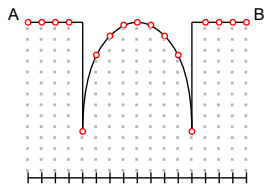
Digitalizace

Reálný obraz



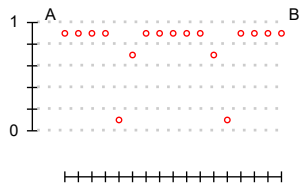
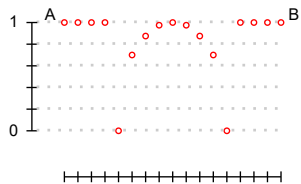
Digitalizace

Vzorkování



Digitalizace

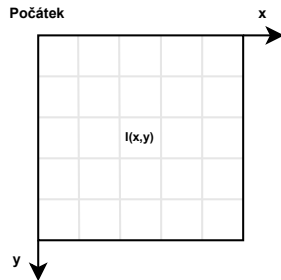
Kvantování



Digitalizace

Rastrový obraz

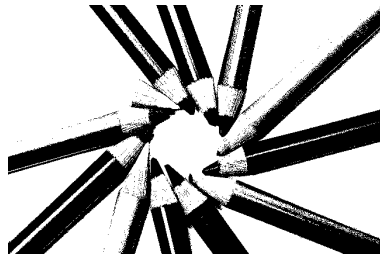
- Rastrový obraz I
- Velikost obrazu: $M \times N$
- Pixel: $I(x, y)$
- Prostorové souřadnice: x a y
- Prostorová doména



Typy obrazů

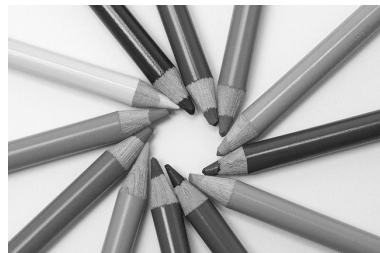
- **Binární obraz / Monochromatický obraz**

- hodnoty 0 nebo 1



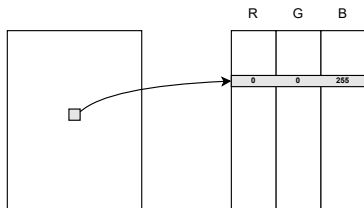
- **Šedotónový obraz (gray scale)**

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

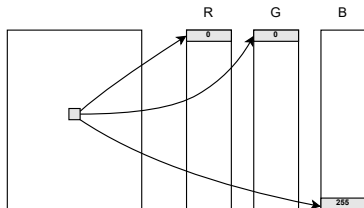


Typy obrazů

- **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



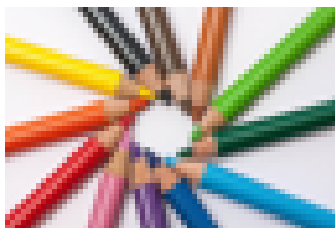
426×640



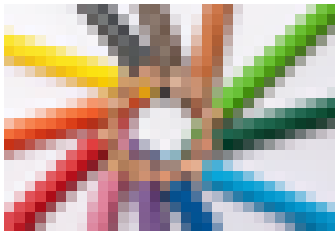
213×320



86×128



43×64



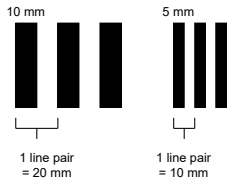
22×32



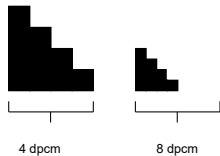
5×7

Rozlišení

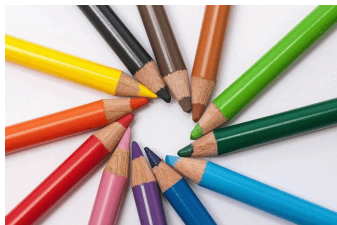
■ Line pairs per unit



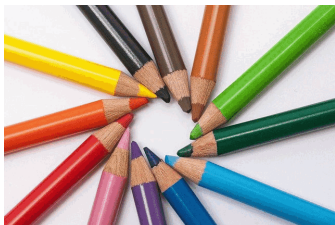
■ Dots per unit



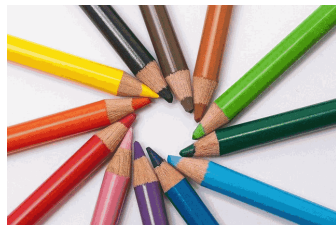
Barevná hloubka



256



128



64



32



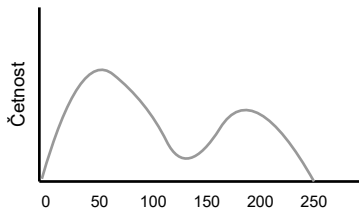
16



8

Histogram

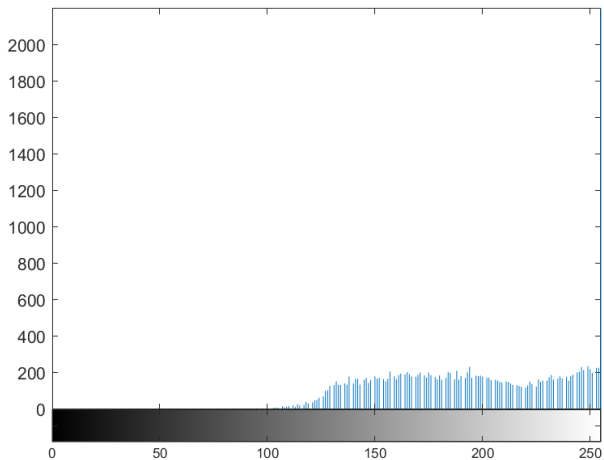
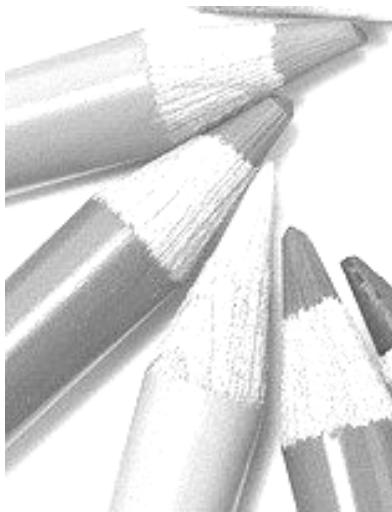
- **Histogram:** $h(r_k) = n_k$



- Mohou mít dva různé obrázky stejný histogram?

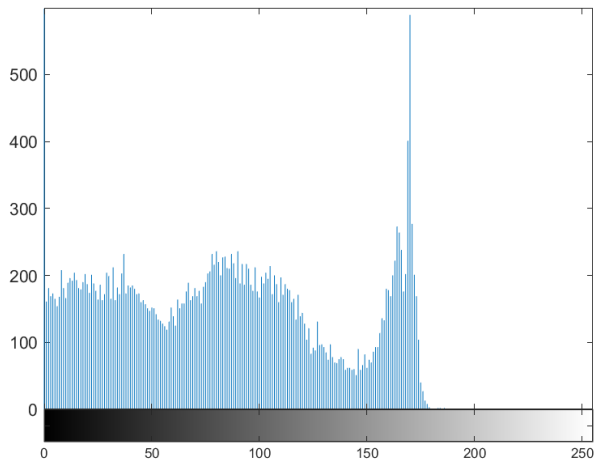
Histogram

Velmi světlý obraz



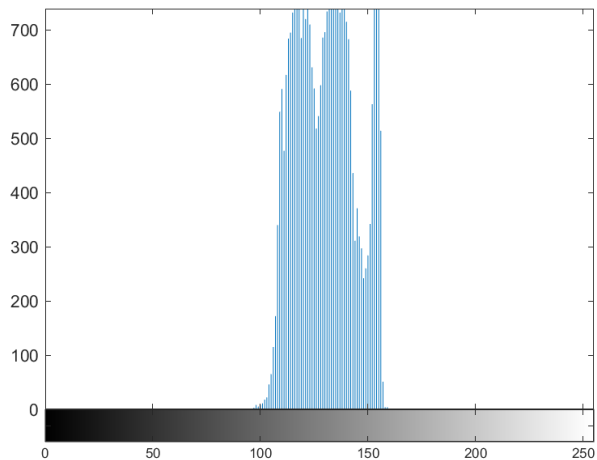
Histogram

Příliš tmavý obraz



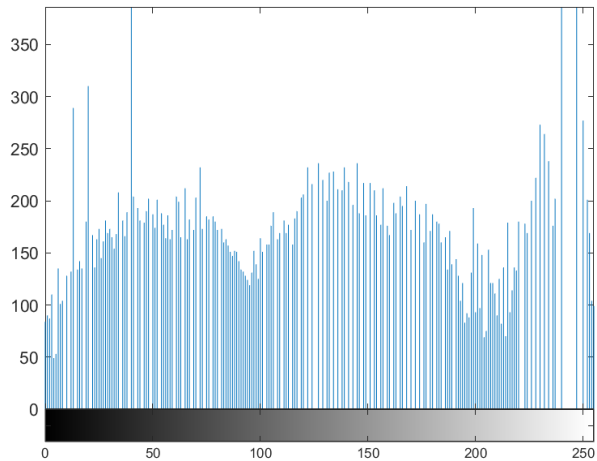
Histogram

Obráz s nízkým kontrastem



Histogram

Ideální obraz



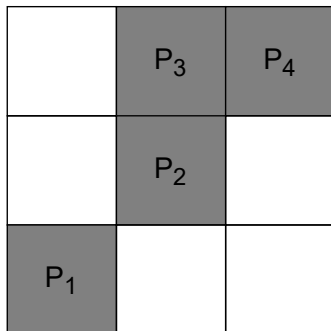
Vztahy mezi pixely

- pixel p ($[x, y]$)
 - **4-sousedé** ($N_4(p)$) – $[x-1, y]$, $[x+1, y]$, $[x, y-1]$ a $[x, y+1]$
 - **8-sousedé** ($N_8(p)$) – $N_4(p)$ a $[x-1, y-1]$, $[x-1, y+1]$, $[x+1, y-1]$ a $[x+1, y+1]$
 - **m-sousedé** ($N_m(p)$) – q , pro které platí $q \in N_4(p)$ nebo $q \in N_8(p)$, ale neexistuje r takové, že $r \in N_4(p) \wedge r \in N_4(q)$
-
- pixely p, q , definovaná množina intenzit
 - **4-sousední** – $q \in N_4(p)$
 - **8-sousední** – $q \in N_8(p)$
 - **m-sousedé** – $q \in N_m(p)$

Vztahy mezi pixely

Příklad

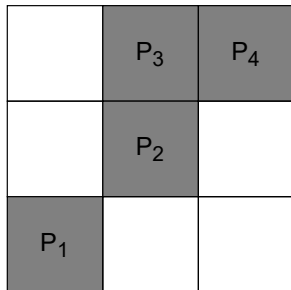
Určete vzájemnou sousednost pixelů P_1 , P_2 , P_3 a P_4 (v množině šedých pixelů) na následujícím obrázku.



Vztahy mezi pixely

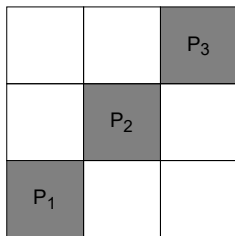
Řešení

- P_1 je 8-sousední pixelu P_2 , se kterým je i m-sousední. S ostatními pixely nesousedí.
- P_2 je 8-sousední s pixely P_1 , P_3 i P_4 , 4-sousední je s pixelem P_3 a m-sousední s pixelem P_1 .
- P_3 je 4-sousední a tedy i 8-sousední s pixely P_2 a P_4 .
- P_4 je 8-sousední s pixely P_2 a P_3 . S P_3 je dokonce 4-sousední.



Vztahy mezi pixely

- **Digitální cesta** z pixelu p ($[x,y]$) do q ($[s,t]$) – sekvence sousedních pixelů
- **4-cesta, 8-cesta, m-cesta**

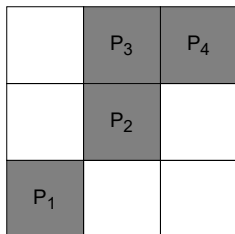


- **Spojité** pixely p ($[x,y]$), q ($[s,t]$) – existuje cesta
- **4-spojité, 8-spojité, m-spojité**
- **Komponenta** – množina spojitých pixelů
- **4-komponenta, 8-komponenta, m-komponenta**

Vztahy mezi pixely

- **Komponenta** – množina spojitých pixelů
- **4-komponenta, 8-komponenta, m-komponenta**

Kolik je v následujícím obraze komponent?



Vztahy mezi pixely

- **Oblast** (region) – množinu pixelů, která je tvořena jednou komponentou
- **Sousední oblasti** – sjednocení těchto oblastí je oblast
- **Disjunktní oblasti**
- **Okraj** (kontura)

Vzdálenosti v obraze

■ p ($[x, y]$), q ($[s, t]$) a r ($[v, w]$)

■ **Metrika:**

1 $D(p, q) \geq 0, D(p, q) = 0 \iff p = q$

2 $D(p, q) = D(q, p)$

3 $D(p, q) \leq D(p, r) + D(r, q)$

Vzdálenosti v obraze

- city block distance (D_4):

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

- D_8 vzdálenost:

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$

- Euklidovská vzdálenost (D_e):

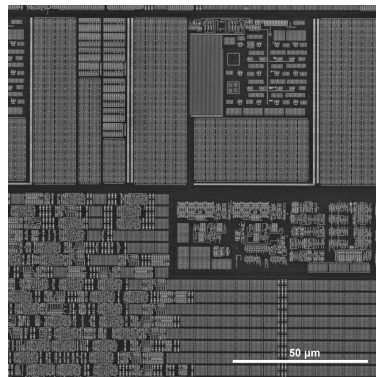
$$D_e = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 2 | 3 | 4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Vzdálenosti v obraze

- reálná velikost \neq vzdálenost v obraze
- **Kalibrační značka**



Vzdálenosti v obraze

Příklad

Na následujícím obrázku je označena vzdálenost mezi číslem 0 a 10 na pravítku (tento počet pixelů představuje 10 cm) a také velikost fixy v pixelech. Jaká je skutečná velikost fixy?

