

Diskrétní obraz

Karel Horák



Rozvrh přednášky:

1. Diskrétní obraz.
2. Vlastnosti diskrétního obrazu.
3. Reprézentace obrazu.
4. Analýza obrazu.

Diskrétní obraz

Karel Horák



Rozvrh přednášky:

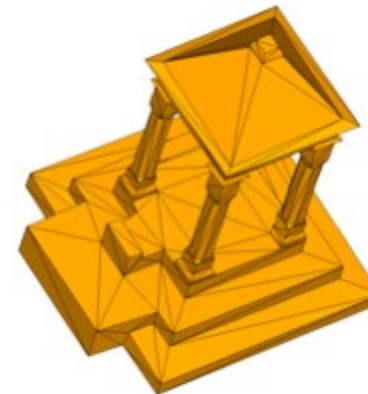
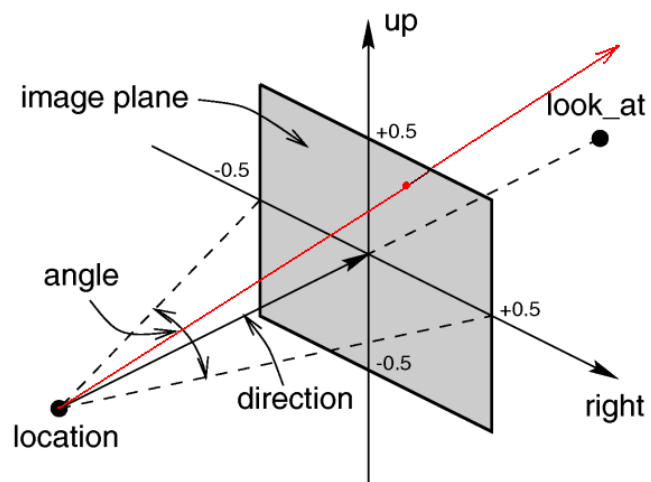
- 1. Diskrétní obraz.**
2. Vlastnosti diskrétního obrazu.
3. Reprézentace obrazu.
4. Analýza obrazu.

Diskrétní obraz – projekce

- ▶ Analogový obraz = projekce prostorové scény na rovinou průmětnu

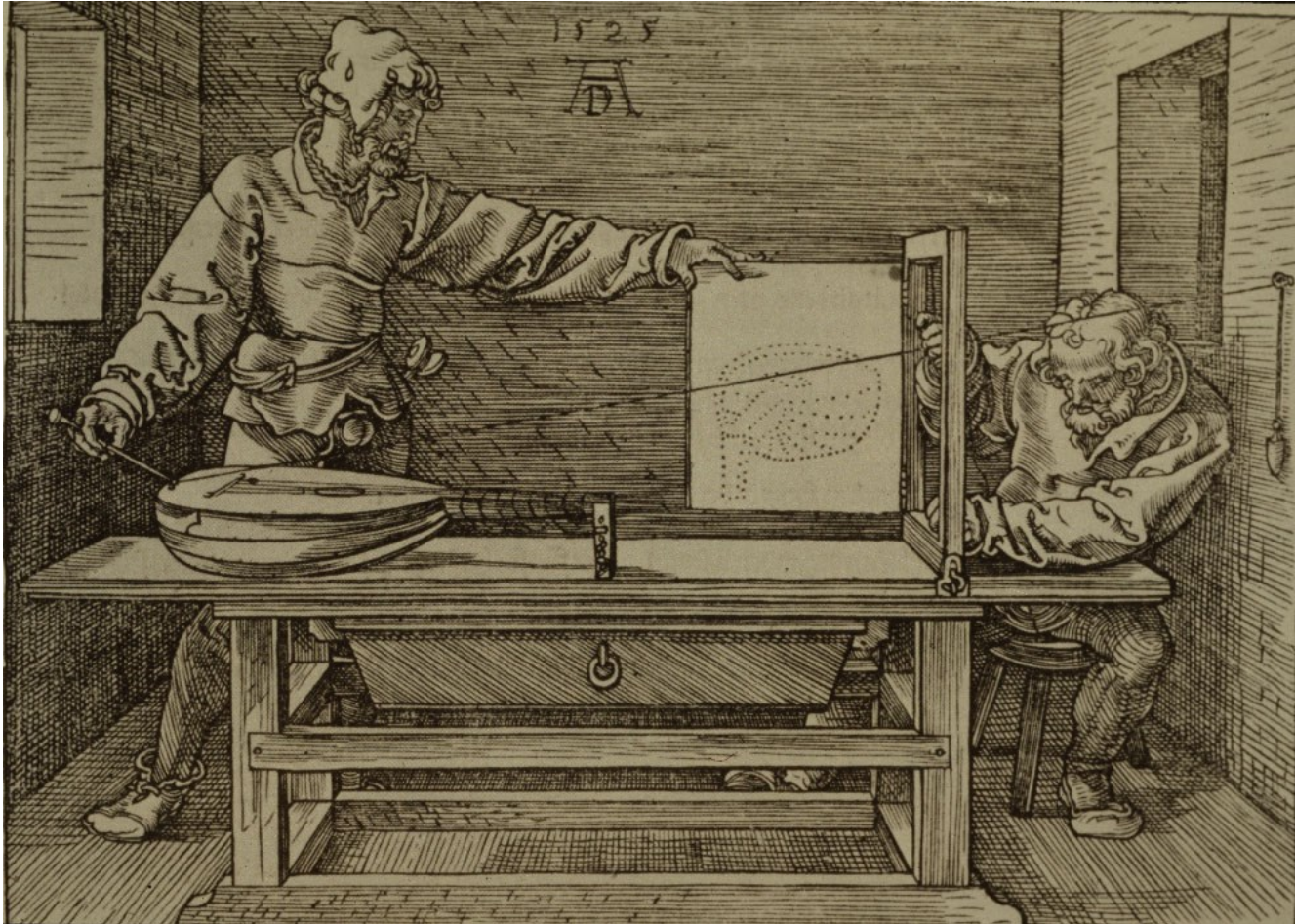


- ▶ Projekce 3D → 2D = ztráta informace



Diskrétní obraz – projekce

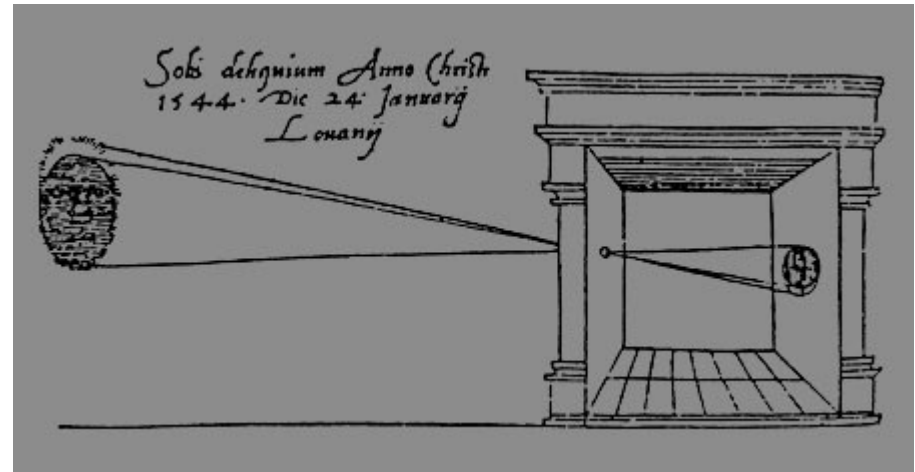
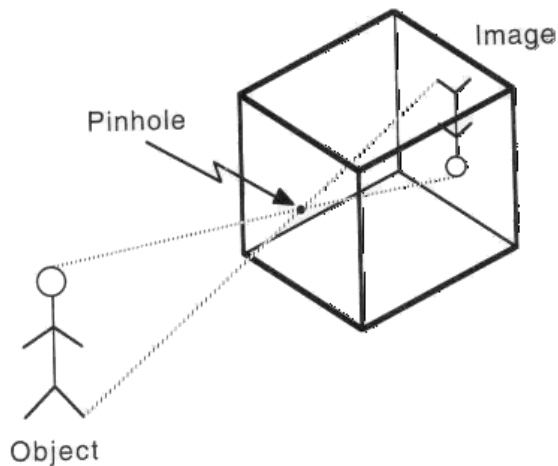
► Projekce 3D → 2D – ilustrace:



Man Drawing a Lute, Albrecht Dürer (1525)

Diskrétní obraz – model kamery

- ▶ Camera obscura (z lat. temná komora):
 - technicky dírková komora z ang. pinhole
 - jednoduchý model ideální kamery
 - používá perspektivní projekci
 - první zmínka o projekci na plochu přímočarým šířením světla: 5.st.př.n.l. (Čína – Muo Ti)
- ▶ Světelné paprsky prochází dírkou a na průmětně vytváří obraz:
 - stranově převrácený
 - zvětšený/zmenšený podle vzdálenosti předmětu a velikosti komory



De radio astronomico et geometrico liber, Gemma Frisius (1545)

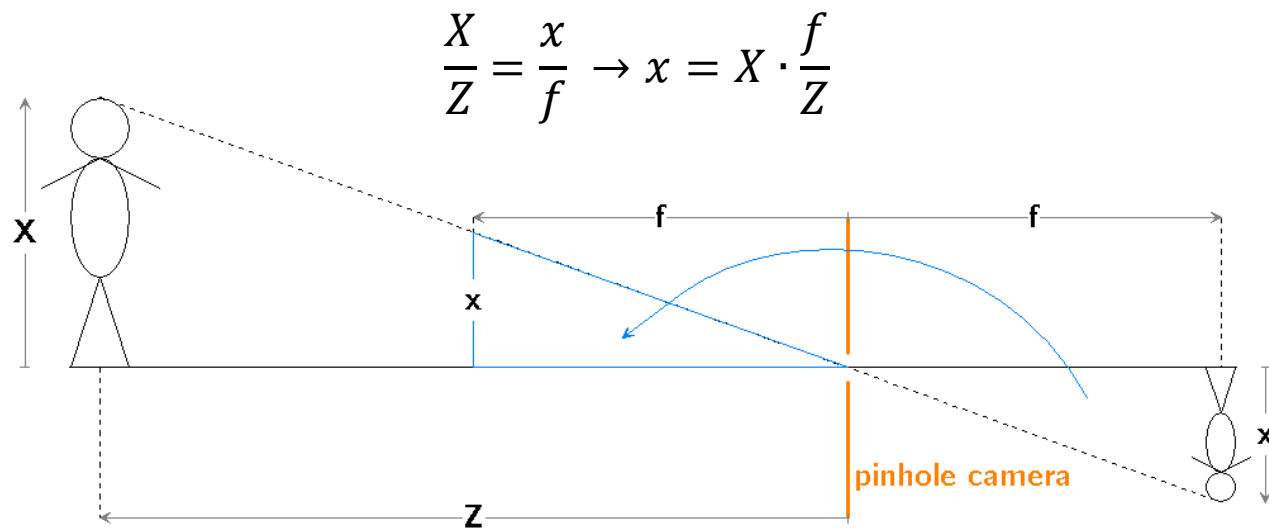
Diskrétní obraz – model kamery

► Zobrazovací rovnice dírkové komory:

- rovnice je založena na podobnosti dvou trojúhelníků: předmětového a obrazového
- předmětový trojúhelník: pata objektu - vrchol objektu - dírka
- obrazový trojúhelník: pata obrazu - vrchol obrazu - dírka

► Figurojící veličiny:

- velikost objektu **X**: dána vzdáleností paty a vrcholu objektu
- velikost obrazu **x**: dána vzdáleností paty a vrcholu obrazu
- vzdálenost objektu **Z**: předmětová vzdálenost objektu a dírky
- vzdálenost obrazu **f**: ohnisková vzdálenost obrazu a dírky



Diskrétní obraz – záznam

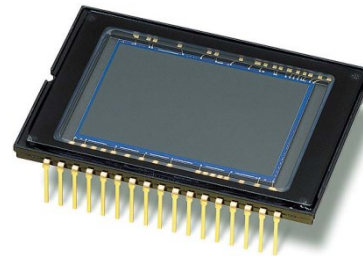
▮ Záznamová zařízení – analogový obraz:

- oko
- fotografický film
- magnetická videopáska

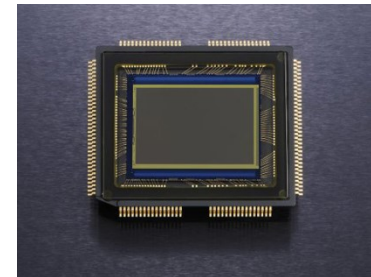


▮ Záznamová zařízení – digitální obraz:

- elektronický snímač CCD
- elektronický snímač CMOS



Nikon CCD 6 MP (3008x2000)
23.7x15.6 mm



Nikon CMOS 16 MP (4928x3264)
23.6x15.7 mm

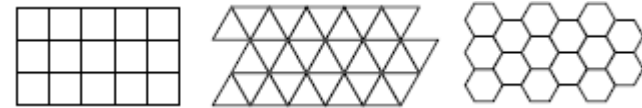
Diskrétní obraz – digitalizace

► Digitalizace:

- převod analogového signálu na číslcový (tj. obrazové předlohy na maticovou reprezentaci)
- digitalizace signálu v čase = vzorkování
- digitalizace signálu v amplitudě = kvantování
- u obrazu: vzorkování \approx rozlišení, kvantování \approx úrovně (bitová hloubka)

► Primární vzorkování (hardwarové):

- dochází k němu automaticky při snímání na maticový senzor
- buňky elektronického snímače tvoří zpravidla ortogonální mřížku, méně často triangulární nebo hexagonální
- u analogových snímačů k primárnímu vzorkování nedochází



► Sekundární vzorkování (softwarové):

- snížení nebo zvýšení rozlišení již pořízeného obrazu
- interpolace (nejbližší soused, lineární, kubická), filtry Hermit, Lanczos,...

► Kvantování:

- A/D převodník (ADC - Analogue to Digital Converter), digitalizační karta, ADC v kameře
- k bitový převodník $\rightarrow 2^k$ jasových úrovní
- v kamerách nejčastěji 12 nebo 16 bitů, zpravidla se využívá jen 8 bitů

Diskrétní obraz – digitalizace

Diskrétní obraz – digitalizace:

spojitý obraz

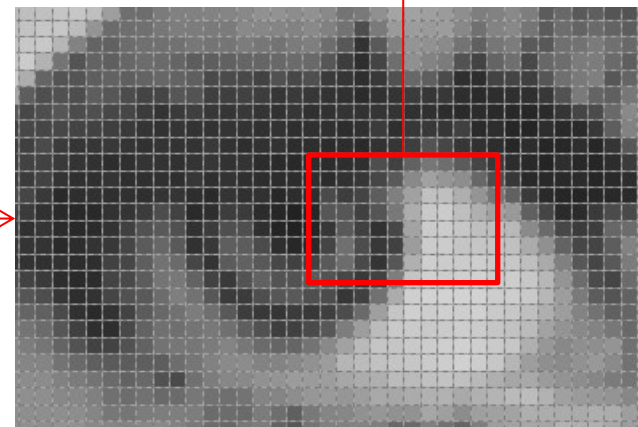


diskrétní obraz



pixel (picture element)
obrazový prvek

| | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 8 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 119 | 111 | 92 | |
| 7 | 44 | 50 | 55 | 70 | 90 | 138 | 162 | 150 | 142 |
| 7 | 75 | 62 | 69 | 94 | 128 | 162 | 193 | 192 | 175 |
| 0 | 87 | 87 | 65 | 86 | 121 | 174 | 202 | 204 | 191 |
| 8 | 55 | 90 | 65 | 50 | 72 | 164 | 204 | 204 | 199 |
| 2 | 68 | 112 | 77 | 56 | 66 | 157 | 204 | 204 | 198 |
| 6 | 90 | 109 | 74 | 53 | 87 | 177 | 207 | 204 | 204 |



Diskrétní obraz – vzorkování

- ▶ Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



Diskrétní obraz – vzorkování

- ▶ Diskrétní obraz – 128 x 128 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



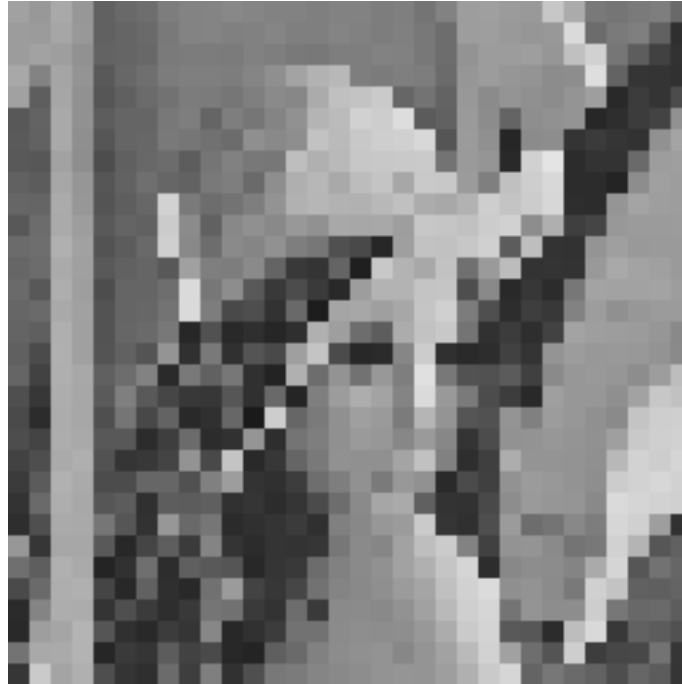
Diskrétní obraz – vzorkování

- Diskrétní obraz – 64 x 64 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



Diskrétní obraz – vzorkování

- Diskrétní obraz – 32 x 32 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



Diskrétní obraz – vzorkování

- Diskrétní obraz – 16 x 16 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



Diskrétní obraz – kvantování

- ▶ Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 256 úrovní (8 bpp)



Diskrétní obraz – kvantování

- Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 16 úrovní (4 bpp)



Diskrétní obraz – kvantování

- ▶ Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 8 úrovní (3 bpp)



Diskrétní obraz – kvantování

- Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 4 úrovně (2 bpp)



Diskrétní obraz – kvantování

- Diskrétní obraz – 256 x 256 pixelů, 2 úrovně (1 bpp)



Diskrétní obraz

Karel Horák

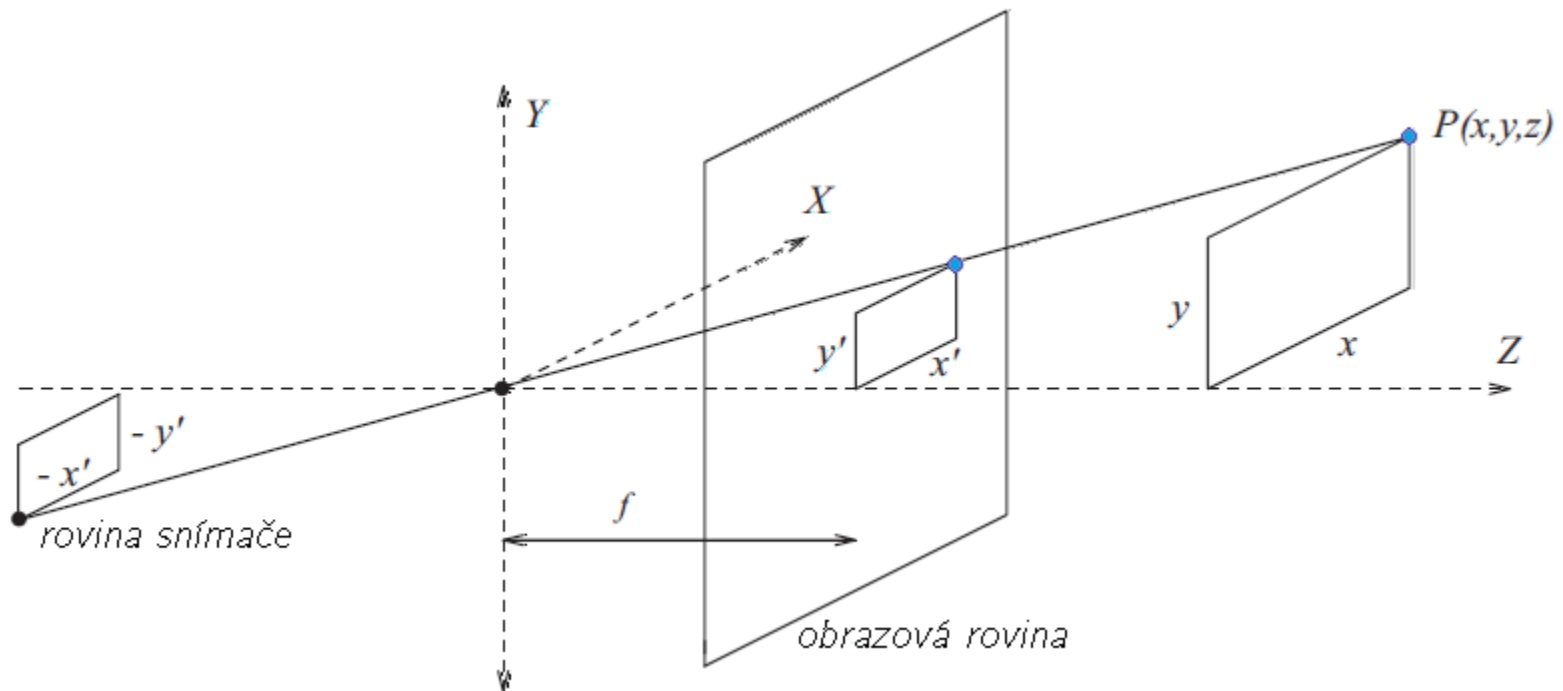


Rozvrh přednášky:

1. Diskrétní obraz.
- 2. Vlastnosti diskrétního obrazu.**
3. Reprézentace obrazu.
4. Analýza obrazu.

Vlastnosti diskrétního obrazu – obrazová funkce

- Diskrétní obraz je reprezentován maticí obrazových bodů:
 - obrazová funkce $g(x,y)$ = statický obraz
 - obrazová funkce $g(x,y,t)$ = dynamický obraz (sekvence snímků)



$$x' = x \cdot \frac{f}{z} \quad y' = y \cdot \frac{f}{z}$$

Vlastnosti diskrétního obrazu – obrazová funkce

▮ Monochromatický obraz:

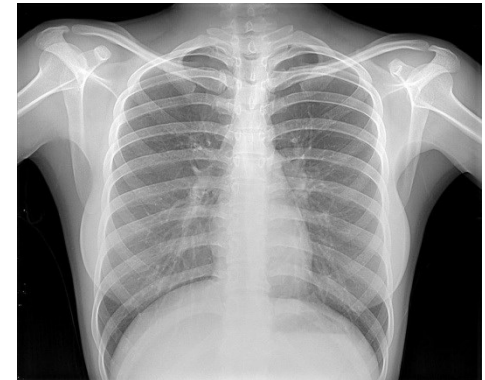
- $g(x_n, y_n)$ je skalár
- nejčastěji šedotónový obraz $\rightarrow g(x_n, y_n) = (S)$, $S \in \langle 0; 2^k \rangle$

▮ Multichromatický obraz:

- $g(x_n, y_n)$ je vektor
- nejčastěji RGB obraz $\rightarrow g(x_n, y_n) = (R, G, B)$, $R, G, B \in \langle 0; 2^k \rangle$

▮ Symbolika:

- (x, y) = souřadnice obrazového prvku v rovině
- g = obrazová funkce (jas u CCD, teplota u bolometru, hustota tkáně u RTG,...)



Vlastnosti diskrétního obrazu – metrika

► Spojitý obraz:

$$g_c: (\Omega_c \subset \mathbb{R}^2) \rightarrow \mathbb{R}$$

► Diskrétní obraz:

$$g_d: (\Omega_d \subset \mathbb{Z}^2) \rightarrow \mathbb{Z}$$

► Okolí bodu – definice:

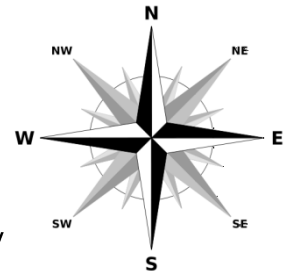
– množina složená z aktuálního bodu a jeho sousedů ve vzdálenosti 1

► Definovaná okolí ve 2D:

– 4 okolí = body sousedící hranou → ortogonální směry {N,E,S,W}

(pozn.: 6 okolí = body sousedící hranou v hexagonálním rastru)

– 8 okolí = body sousedící hranou nebo rohem → ortogonální a diagonální směry {N,NE,E,SE,S,SW,W,NW}

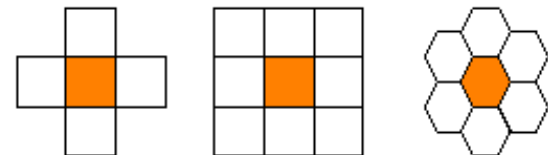


► Definovaná okolí ve 3D:

– 6 okolí = body sousedící plochou

– 18 okolí = body sousedící plochou nebo hranou

– 26 okolí = body sousedící plochou, hranou nebo rohem



Vlastnosti diskrétního obrazu – metrika

► Výpočty zpracování a analýzy obrazu využívají pojem vzdálenosti bodů:

- vzdálenost (metrika) dvou bodů R a S vyjadřuje jejich odlehlost v prostoru/rovině/přímce
- vzdálenost je definována pro libovolnou konečnou dimenzi: $R(r_1, r_2, \dots, r_n)$ a $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$
- množina všech obrazových bodů M je taková neprázdná množina, že platí $\forall R, S \subset M$

► Metrika vzdálenosti se značí ρ a musí splňovat čtyři axiomy:

1. nezápornost: $\rho(R, S) \geq 0$ $(\forall R, S, T \in M)$
2. totožnost: $\rho(R, R) = 0$
3. symetrie: $\rho(R, S) = \rho(S, R)$
4. trojúhelníková nerovnost: $\rho(R, S) \leq \rho(R, T) + \rho(T, S)$

► Pozn.: uspořádaná dvojice (M, ρ) tvoří metrický prostor realizující zobrazení: $\rho: M \times M \rightarrow \mathbb{R}$

Vlastnosti diskrétního obrazu – metrika

- ▶ Metriky vzdálenosti použitelné v ortogonálním rastru:
 - definovány na základě L_p normy (Minkowského vzdálenost)
 - nejčastěji používané jsou $p=1$ (Manhattan), $p=2$ (Euklidovská), $p=\infty$ (šachovnice)

$$d^{L^p}(R, S) = \left(\sum_i |r_i - s_i|^p \right)^{1/p}$$

- ▶ Manhattan vzdálenost d^{L^1} (Cityblock distance):

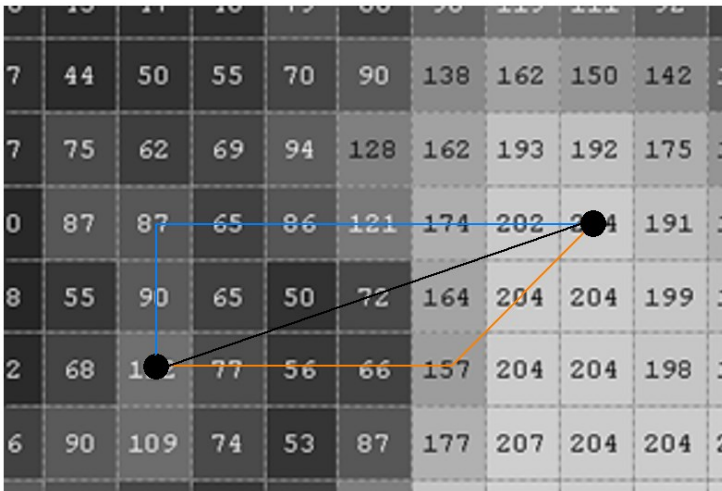
$$d^{L^1}(R, S) = \sum_i |r_i - s_i|$$

- ▶ Euklidovská vzdálenost d^{L^2} (Euclidean distance):

$$d^{L^2}(R, S) = \left(\sum_i (r_i - s_i)^2 \right)^{1/2}$$

- ▶ Šachovnicová vzdálenost d^{L^∞} (Chebyshev distance):

$$d^{L^\infty}(R, S) = \left(\sum_i |r_i - s_i|^\infty \right)^{1/\infty} = \max \{ |r_1 - s_1|, |r_2 - s_2|, \dots, |r_n - s_n| \}$$



$d^{L^1} = 8.00$

$d^{L^2} = 6.32$

$d^{L^\infty} = 6.00$

Diskrétní obraz

Karel Horák



Rozvrh přednášky:

1. Diskrétní obraz.
2. Vlastnosti diskrétního obrazu.
- 3. Re prezentace obrazu.**
4. Analýza obrazu.

Reprezentace obrazu – binární obraz

- ▀ Vlastnosti binárního (černobílého) obrazu:
 - obsahuje dvě úrovně 0 a 1 popř. 0 a 255
 - paměť potřebná pro uchování dat bez komprese = $N_x \cdot N_y \cdot 1$ bitů



$256 \cdot 256 \cdot 1 = 65\,536$ bitů = 8 kB

Reprezentace obrazu – monochromatický obraz

- ▀ Vlastnosti monochromatického (šedotónového) obrazu:
 - obsahuje $1 \cdot 2^k$ úrovní, zpravidla $k=8 \rightarrow 1 \cdot 256$ úrovní $\langle 0;255 \rangle$
 - paměť potřebná pro uchování dat bez komprese = $N_x \cdot N_y \cdot 8$ bitů



$$256 \cdot 256 \cdot 8 = 524\,288 \text{ bitů} = 64 \text{ kB}$$

Reprezentace obrazu – multichromatický obraz

- ▀ Vlastnosti multichromatického (barevného) obrazu:
 - obsahuje $n \cdot 2^k$ úrovní, zpravidla $n=3$ a $k=8 \rightarrow 3 \cdot 256$ úrovní $\langle 0;255 \rangle$
 - paměť potřebná pro uchování dat bez komprese = $N_x \cdot N_y \cdot 3 \cdot 8$ bitů



$$256 \cdot 256 \cdot 3 \cdot 8 = 1\,572\,864 \text{ bitů} = 192 \text{ kB}$$

Reprezentace obrazu – paměťová náročnost

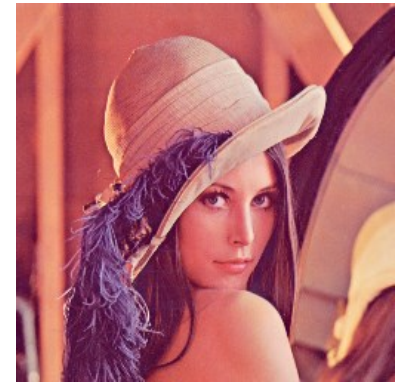
► Proč je správná volba reprezentace obrazu důležitá?



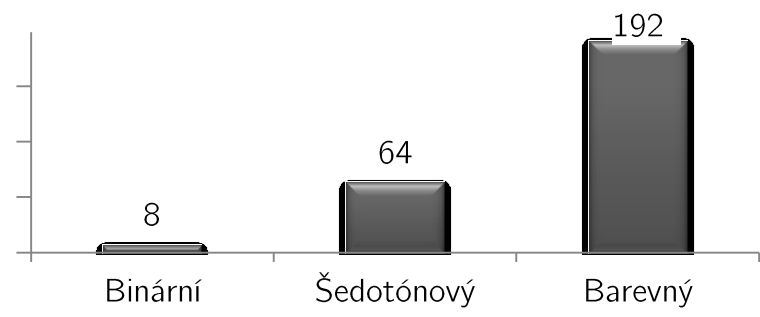
8 kB



64 kB



192 kB



► Příklad: sekvence snímků pro vyhodnocení míry únavy řidiče má následující parametry:

- frekvence snímání = 60 fps
- rozlišení obrazu = 1280x960 pixelů
- formát obrazu = 24 bit (YCbCr po transformaci z RGB)
- řádová doba záznamu ≈ 1 hod.

} ≈ 742 GB jediné měření!

Diskrétní obraz

Karel Horák

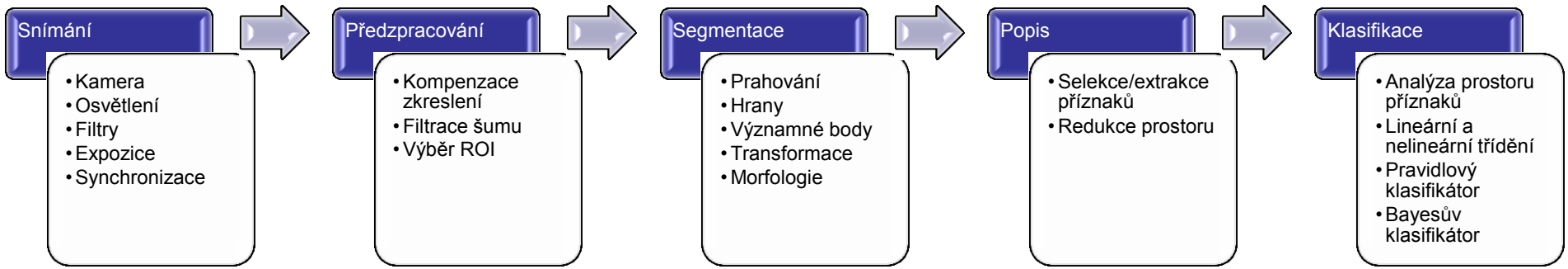


Rozvrh přednášky:

1. Diskrétní obraz.
2. Vlastnosti diskrétního obrazu.
3. Reprézentace obrazu.
- 4. Analýza obrazu.**

Analýza obrazu – klasický postup

► Klasický postup analýzy obrazu využívá sekvenční řetězec procedur:



► Alternativně lze řetězec zobrazit jako diagram:

