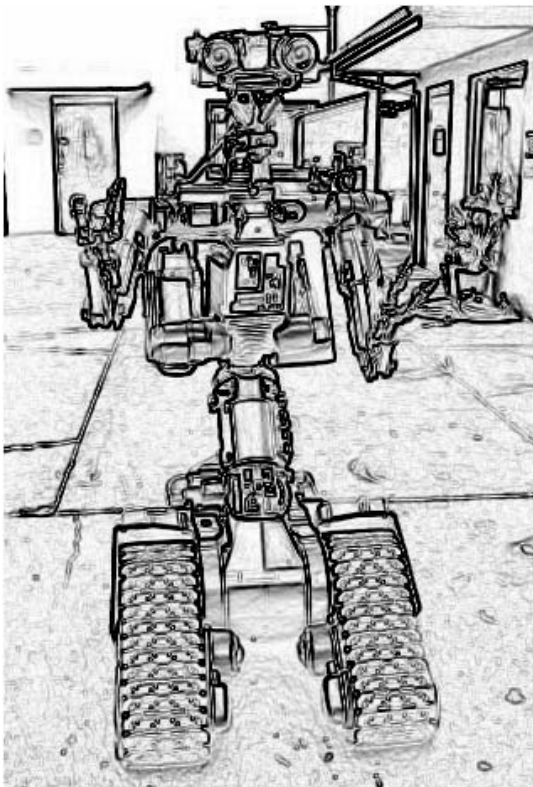


Počítačové vidění

Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.



Doporučená literatura

- Hlaváč V., Šonka M.: Počítačové vidění, Grada, Praha 1992, ISBN 80-85424-67-3
- Hlaváč V., Sedláček M.: Zpracování signálu a obrazu, Skripta FEL ČVUT, Praha, 1999
- Šonka M., Hlaváč V., Boyle R.: Image Processing, Analysis, and Machine Vision, PWS Publishing, 1998, ISBN 0-534-953-93
- ...
- <http://itakura.kes.tul.cz/pv/>

Počítačové vidění

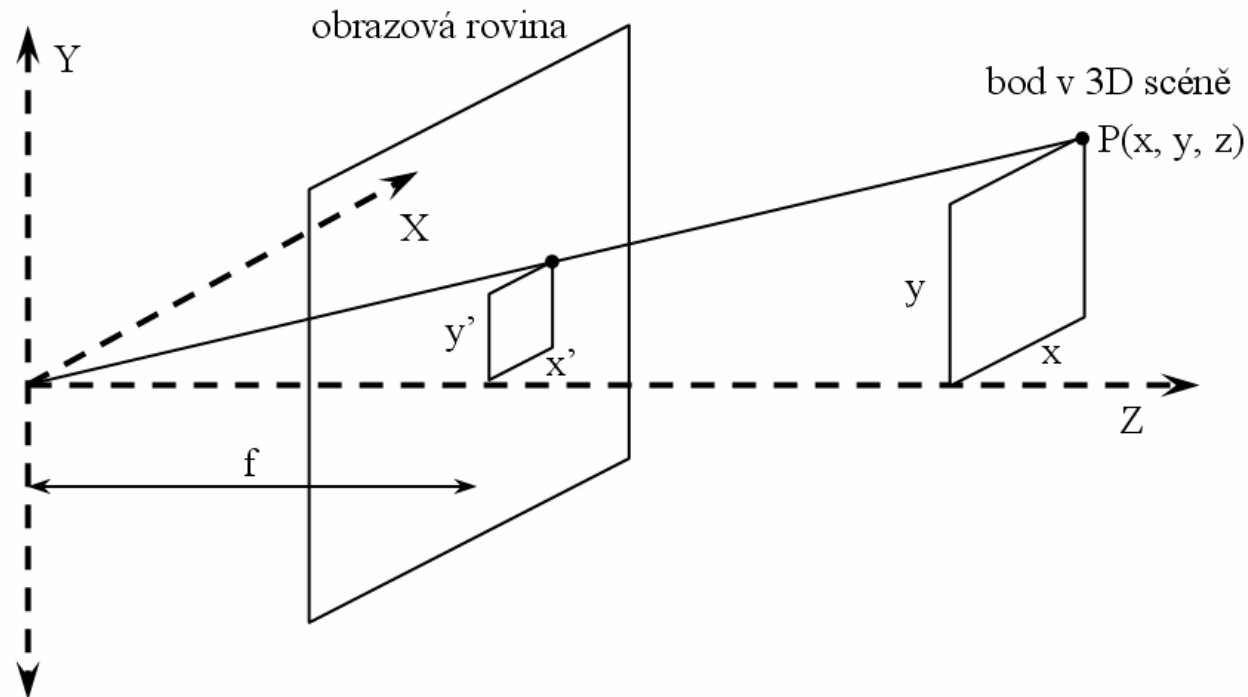
- Napodobení schopnosti lidského vidění pomocí technických prostředků
- Součást kybernetiky a umělé inteligence
- Řešení špatně podmíněných úloh, velká algoritmická složitost a neurčitost
- Člověk >>> inteligence + předchozí zkušenosti
- Interpretace obrazových dat: pozorovaná obrazová data >>> model
- Obraz obsahuje pro nás zajímavé objekty
- Počítačová grafika >>> inverzní úloha – zobrazení informací z počítače, ve vstupních datech není šum

Problematika počítačového vidění

- Komplikovaný a nejednoznačný vztah mezi jasem a tvarem 3D objektu - **Jas bodu** závisí na mnoha vlivech (odrazivosti povrchu pozorovaného předmětu, poloze a vlastnostech zdrojů světla, orientaci povrchu vzhledem k pozorovateli), úloha určení 3D vlastností pozorovaných objektů na základě radiometrických měření je nedostatečně určená
- Velké množství obrazových dat
př: RGB obraz 640x480 pixelů, 1 pixel = 24 bit., 25 snímků/s
výsledný tok dat: 23,04 MB/s >>> 184,32 Mb/s
- Šum v obraze
- Vztah mezi pozorovaným detailem a zjišťovaným celkem
- Zpracování jen části obrazu, těžké zjištění globálních vlastností obrazu

Problematika počítačového vidění

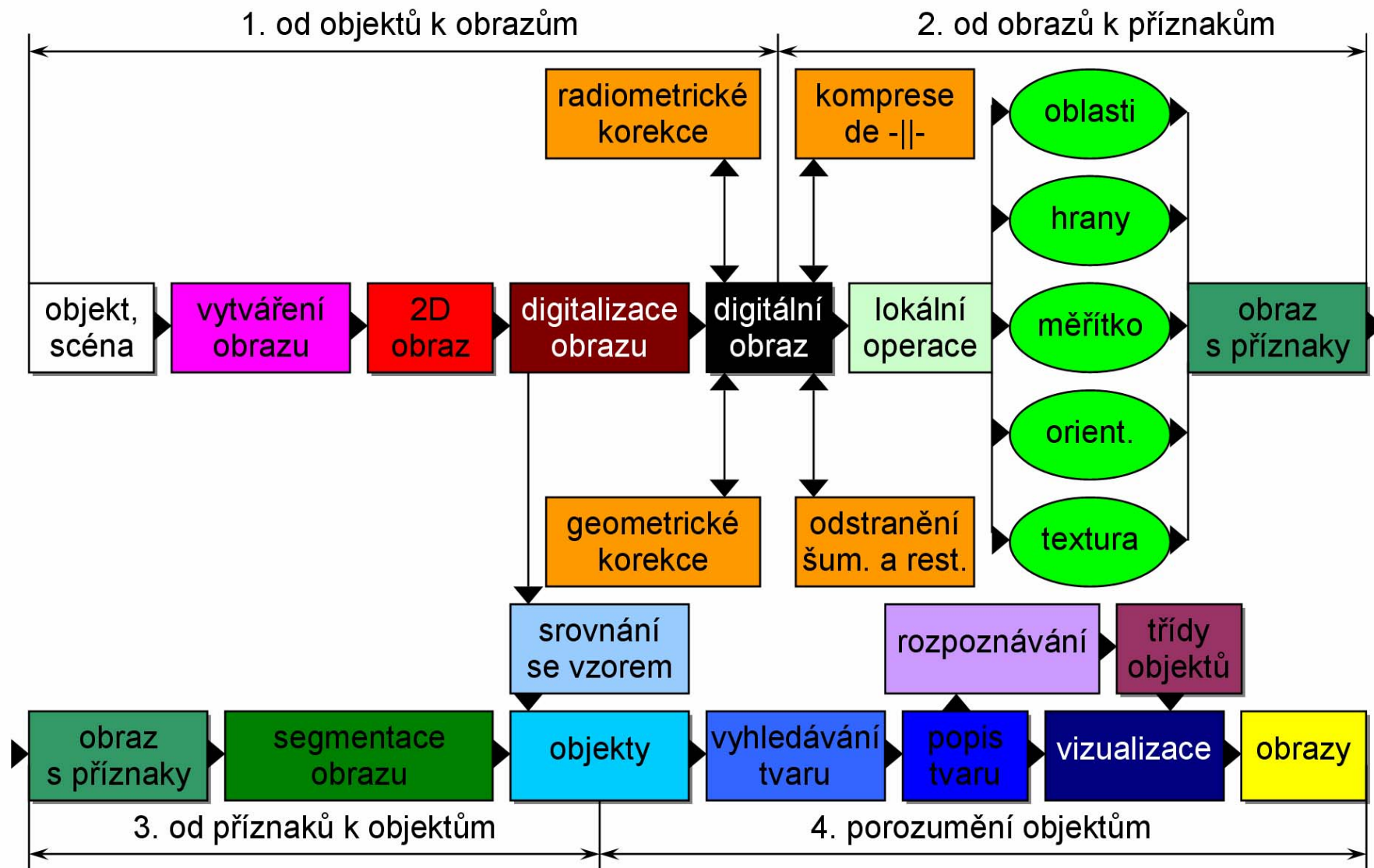
- Ztráta informace při perspektivním zobrazení – převod 3D scény do 2D (projektivita)



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

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

Digitální obrazy >>> příznaky >>> objekty >>> relační modely

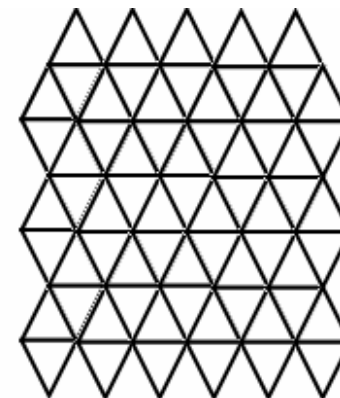
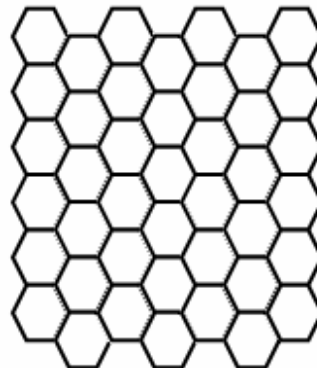
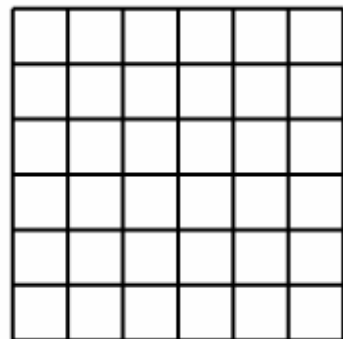


Zpracování obrazového signálu

- **Obrazová funkce** (spojitá, diskrétní)
 - $f(x,y)$
 - $f(x,y,t)$ změna v čase
 - $f(x,y,z)$ objemový obraz (tomograf)
- Hodnoty obrazové funkce
 - jas -černobílá kamera
 - R,G,B -barevná kamera
 - teplota -termovizní kamera
 - schopnost pohlcovat záření -rentgenový tomograf
- Diskrétní obrazová funkce
 - $f(x,y)$ -matice pixelů (picture element)
- **2D obrazy** - otisk palce, preparát pozorovaný mikroskopem, písmo, plochý skener

Digitalizace obrazu

- **Vzorkování** obrazu v matici $M \times N$ bodů
- **Kvantování** spojité jasové úrovně každého vzorku do K intervalů
- Díky kvantování má jasová funkce celočíselné hodnoty v digitálním obraz
- Shanon – Kotelnikův **vzorkovací teorém**:
 - 1) vzorkovací frekvence musí být alespoň dvakrát větší než největší zajímavá frekvence v signálu
 - 2) interval vzorkování musí být menší nebo roven polovině nejmenšího detailu v obraze
- **Vzorkovací mřížka** – čtvercová, šestiúhelníková, trojúhelníková



Digitalizace obrazu

- Kvantovací interval musí být dostatečně jemný
 - 1) vznik falešných obrysů v obraze
 - 2) zachování jemných detailů v obraze
 - 3) citlivost přibližně podobná jako u lidského oka
- K stejných intervalů $k = 2^b$, b – počet bitů, obvykle 8 bitů, někdy postačí 4 – 6 bitů, zřídka 12+
- Počet úrovní jasu < 50 , vznik falešných obrysů (pro lidské oko)
- Použití nelineárního kvantování – zřídka

Vlastnosti digitálního obrazu

- Diskrétní obrazová funkce $f(x,y)$
- Omezený definiční obor obrazu – rovinná oblast R

x_m, y_m maximální hodnoty souřadnic v obraze

x >>> vodorovná osa rostoucí vpravo

y >>> svislá osa rostoucí vzhůru

x, y >>> řádek, sloupec

$$R = \{(x, y), 1 \leq x \leq x_m, 1 \leq y \leq y_m\}$$

- Omezený obor hodnot obrazové funkce (jasu)

černá = min. hodnota (0), bílá = max. hodnota (255)

- **Plošné rozlišení** >>> vzdálenost vzorkovacích bodů
- **Radiometrické rozlišení** >>> počet kvantizačních úrovní (počet hodnot jasu)

Metrické a topologické vlastnosti digitálního obrazu

- Čtvercová mřížka, pixel konečných rozměrů
- Vlastnosti vzdálenosti D . $p, q, r \gg \gg$ body v 2D, 3D prostoru

musí být splněno:

$D(p,q) > 0, D(p,p) = 0$	identita
$D(p,q) = D(q,p)$	symetrie
$D(p,r) \leq D(p,q) + D(q,r)$	trojúhelníková nerovnost

- **Euklidovská vzdálenost** pro body x,y a k,l . výsledek neceločíselná hodnota

$$D_E((x,y),(k,l)) = \sqrt{(x-k)^2 + (y-l)^2}$$

- **Vzdálenost v městských blocích** – pohyb jen svisle nebo vodorovně

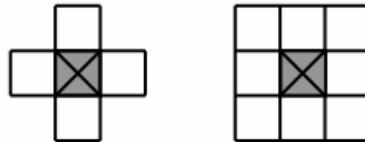
$$D_4((x,y),(k,l)) = |x-k| + |y-l|$$

- **Šachovnicová vzdálenost** D_4 + pohyb v diagonálním směru

$$D_8((x,y),(k,l)) = \max\{|x-k|, |y-l|\}$$

Metrické a topologické vlastnosti digitálního obrazu

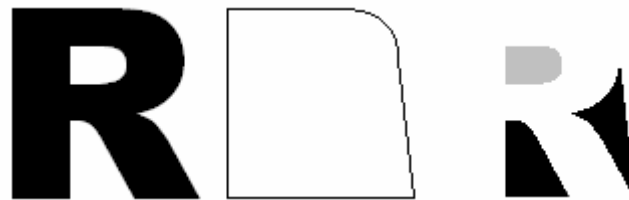
- **Sousednost** >>> dva pixely jsou 4-sousedy, když $D_4 = 1$, jsou 8-sousedy když $D_8 = 1$



- **Cesta** z pixelu P do pixelu Q >>> posloupnost pixelů A_1, A_2, \dots, A_n . $A_1 = P$, $A_n = Q$, A_{i+1} je sousedem A_i , $i=1, 2, \dots, n-1$
- Souvislé pixely R, S >>> z R existuje cesta do S
- **Oblast** – souvislá množina bodů, mezi každými dvěma body existuje cesta, každá dvojice bodů je souvislá
- **Relace** „souvislost“ je reflexivní, symetrická a transitivní
- R_i **nesouvislé oblasti** (nedotýkají se okrajů – singulární případ), R sjednocení oblastí R_i , RC množinový doplněk k R, podmnožina RC souvislá s okrajem je pozadí, zbytek jsou díry
- **Jednoduše souvislá oblast** >>> oblast bez děr
- Oblasti – objekty >>> výsledkem segmentace

Další vlastnosti digitálního obrazu

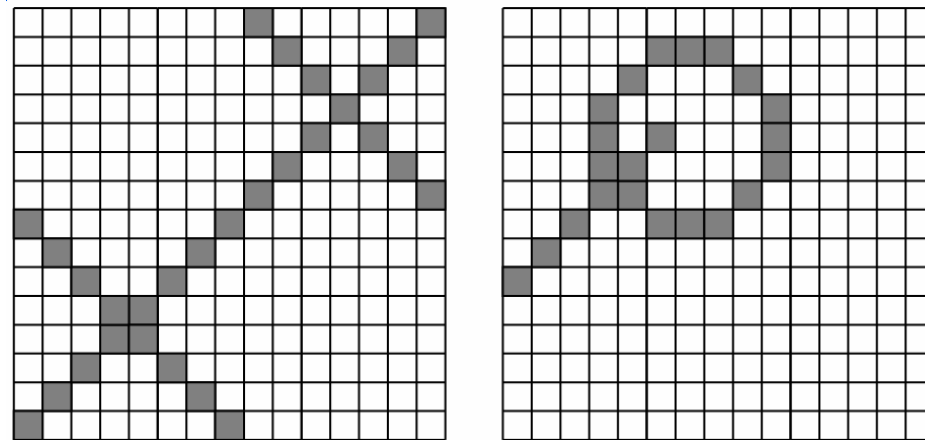
- **Hranice oblasti** $R \gg \gg$ množina bodů, každý bod má souseda, který nepatří do oblasti R
- **Vnější hranice** $\gg \gg$ hranice pozadí
- **Konvexní obal** oblasti $\gg \gg$ každé dva body mohou být spojeny úsečkou, jejíž všechny body patří do oblasti
- Deficit konvexnosti $\gg \gg$ množina bodů uvnitř konvexního obalu, které objektu nepatří – jezera, zálivy



- **Homeomorfní transformace** $\gg \gg$ nezmění souvislost oblastí, počet děr apod., př. pouťový balonek
- **Lokální operace** $\gg \gg$ na malém okolí pixelu
- **Hrana** \sim gradient obrazové funkce $f(x,y)$

Paradoxy ve čtvercové mřížce

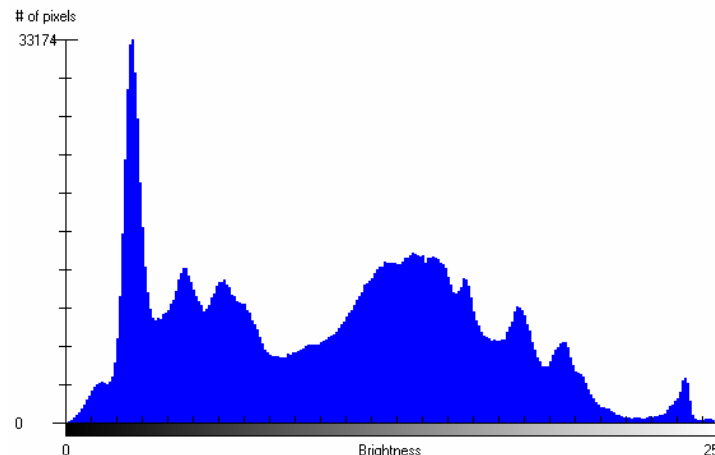
- 1) úsečka v 4-okolí v každém bodě nesouvislá, při protnutí dvou úseček nemusí mít společný bod
- 2) kružnice dělí obraz na dvě nesouvislé oblasti, z vnitřku lze vést souvislou čáru ven aniž by protla kružnici >>> vnitřek i vnějšek jsou jedinou oblastí, částečné řešení objekty – 8-okolí, pozadí – 4-okolí



- Paradoxy řeší hexagonální mřížka – nevhodná pro některé operace: 2D DFT atd.
- Riemann >>> bod s dimenzí 0, úsečka s dimenzí 1, plocha s dimenzí 2

Obrazový histogram

- Histogram jasů >>> rozdělení jasových úrovní v digitálním obrazu
- Rozdělení pravděpodobnosti (hustota prvního řádu) $p_1(x, y, z)$ – pravděpodobnost, že pixel (x,y) má jas z , odhad $p_1(z)$ bez pozice (x,y) je histogram



- $h_f(z_i)$, $i = 0, 1, \dots, L - 1$, L – počet jasových úrovní
- 1 obraz = 1 histogram, 1 histogram \leftrightarrow 1obraz
- V histogramu max. a min. >>> **vyhlazení**, K – velikost okolí

$$h'_f(z_i) = \frac{1}{2K + 1} \sum_{j=-K}^K h_f(z_{i+j})$$

Barevný obraz

- Multispektrální obraz – více barev
- Pro každý bod (x,y) vektor barevných hodnot
- Lidské oko: 400 – 700 nm, < 400nm – ultrafialové světlo (motýli), >700 nm – infračervené světlo (hadi, ryby)
- Barevný obraz RGB, smíchání složek: červená R (Red), zelená G (Green), modrá B (Blue)
- R (vlnová délka $\lambda = 700$ nm), G ($\lambda = 546,1$ nm), B ($\lambda = 435,8$ nm)
- Zpracování obdobné jako u monochromatického obrazu, RGB2Y:
 $Y = 0,3.R + 0,59.G + 0,11.B$

Barevný obraz



RGB



R



G



B

Bitmapa BMP

- Hlavička BMP (54 bytů)
 01. textový řetězec BM 2B – 2 x char
 02. velikost souboru v B 4B – uint32
 03. rezervováno pro budoucí použití 4B – uint32
 04. počet B v hlavičce 36H - 54D "6" 4B – uint32
 05. 28H - 40D "(" pro OS Win 4B – uint32
 06. šířka (osa x) 4B – uint32
 07. výška (osa y) 4B – uint32
 08. počet ploch v obraze (1) 2B – uint16
 09. počet bitů na pixel (1, 4, 8, 16, 24 ...) 2B – uint16
 10. komprese (0 – žádná) 4B – uint32
 11. velikost dat v B (musí být dělitelná 4) 4B – uint32
 12. horizontální rozlišení v pixelech na metr (př.: 2834 – 72 dpi) 4B – uint32
 13. vertikální rozlišení v pixelech na metr 4B – uint32
 14. počet barev v bitmapě (pokud vychází z hlavičky, může být 0) 4B – uint32
 15. počet důležitých barev v bitmapě 4B – uint32
- Data: po řádcích, bod (0, 0) vlevo dole, počet bytů na řádku musí být dělitelný 4
jeden vzorek=3xB
bílá 3x2: 255,255,255,255,255,255,255,255,0,0,0
255,255,255,255,255,255,255,255,0,0,0