



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance, kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0

CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002329

Úvod do zpracování obrazů

Mechatronika

Prezentace přednášky č. 1

doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
www.tul.cz



<http://www.ite.tul.cz>



Úvod do zpracování obrazu

(přednáška č.1)



doc. Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.
josef.chaloupka@tul.cz





Doporučená literatura



1. Hlaváč, V., Sedláček, M. **Zpracování signálu a obrazu.** Praha, ČVUT, ISBN 978-80-01-04442-1, 2009.
2. Davies, E., R.: Computer and Machine Vision, Fourth Edition: Theory, Algorithms, Practicalities.. UK, ISBN 978-0123869081, 2012.
3. Šonka, M., Hlaváč, V., Boyle, R.: Image processing, analysis, and machine vision. 3rd ed.. Toronto: Thomson, ISBN 978-0-495-08252-1, 2008.
4. ...
5. <https://elearning.fm.tul.cz/>





Zpracování obrazu



- Napodobení schopnosti lidského vidění pomocí technických prostředků
- Součást kybernetiky a umělé inteligence
- Řešení špatně podmíněných úloh, velká algoritmická složitost a neurčitost
- Člověk >>> intelligence + 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



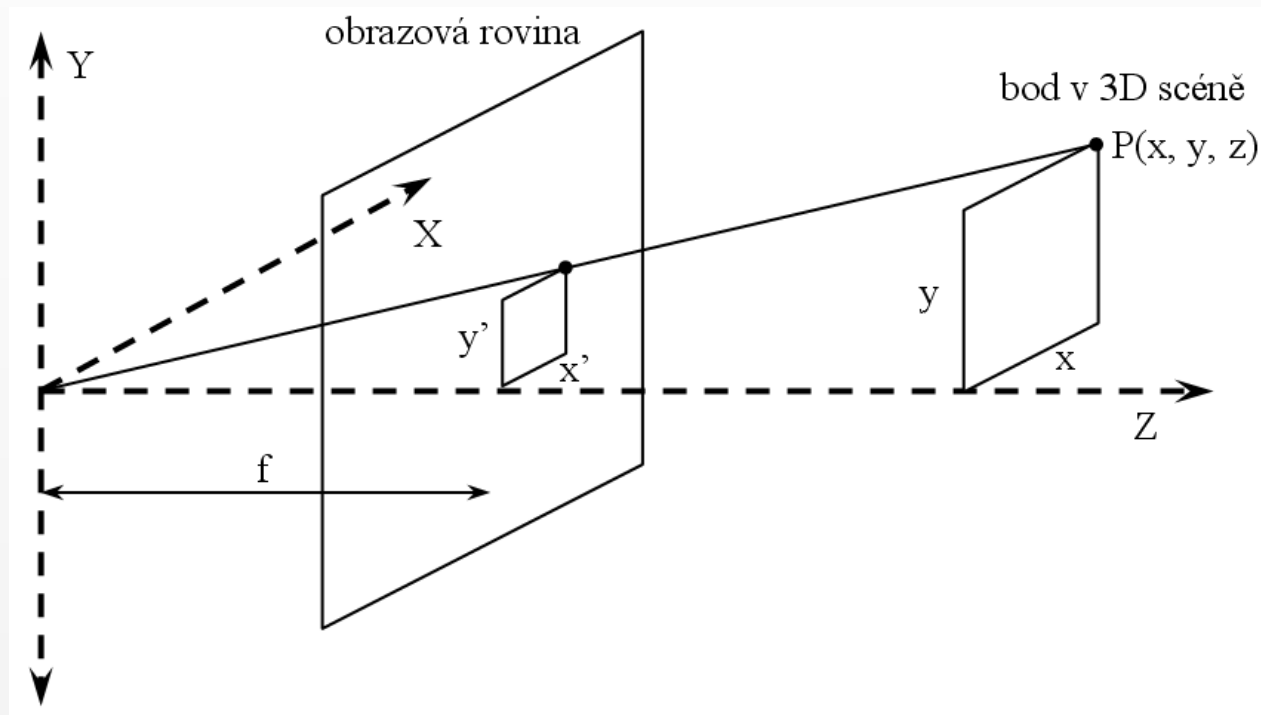
- Komplikovaný a nejednoznačný vztah mezi jasnem a tvarem 3D objektu - **Jas bodu** závisí na mnoha vlivech (odrazivosti povrchu pozorovaného předmětu, poloze a vlastnostech zdrojů světla, orientaci povrchu vzhledem k pozorovateli), úloha určení 3D vlastností pozorovaných objektů na základě radiometrických 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)

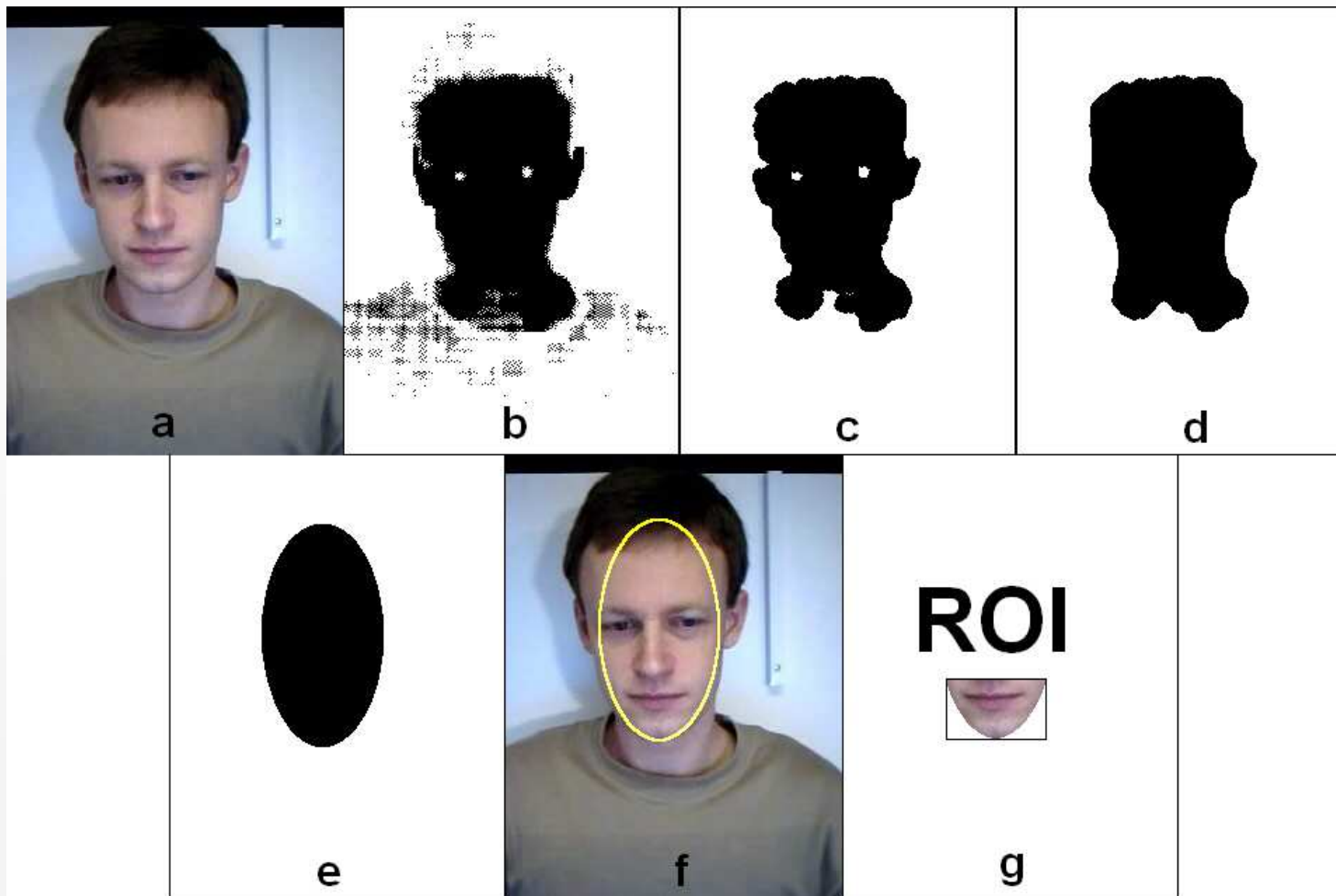


$$x' = \frac{x \cdot f}{z}$$

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

State of the Art?

- Analýza obrazu na základě barvy obrazového bodu





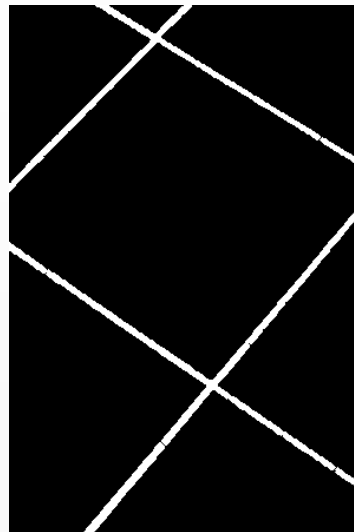
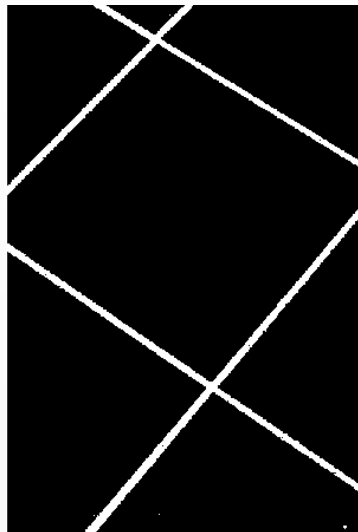
State of the Art?

- Oblast zájmu – ROI – klasifikace

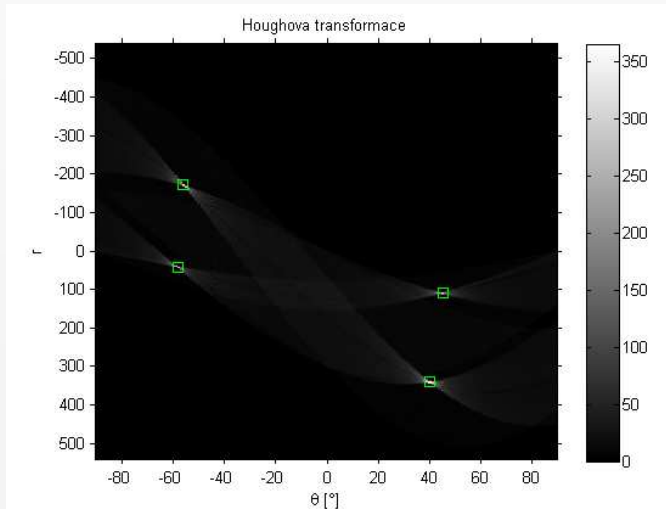
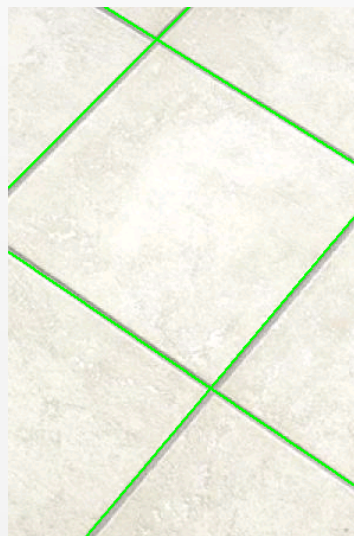
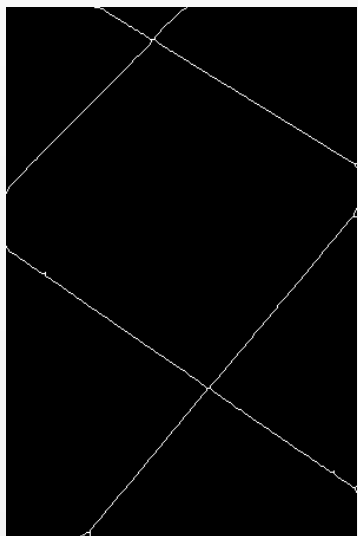
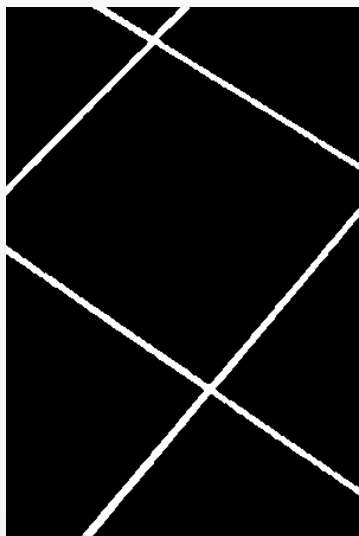




State of the Art?



Detekce parametrických objektů





State of the Art?

- Oblast zájmu – ROI – klasifikace – posuvné okno





State of the Art?

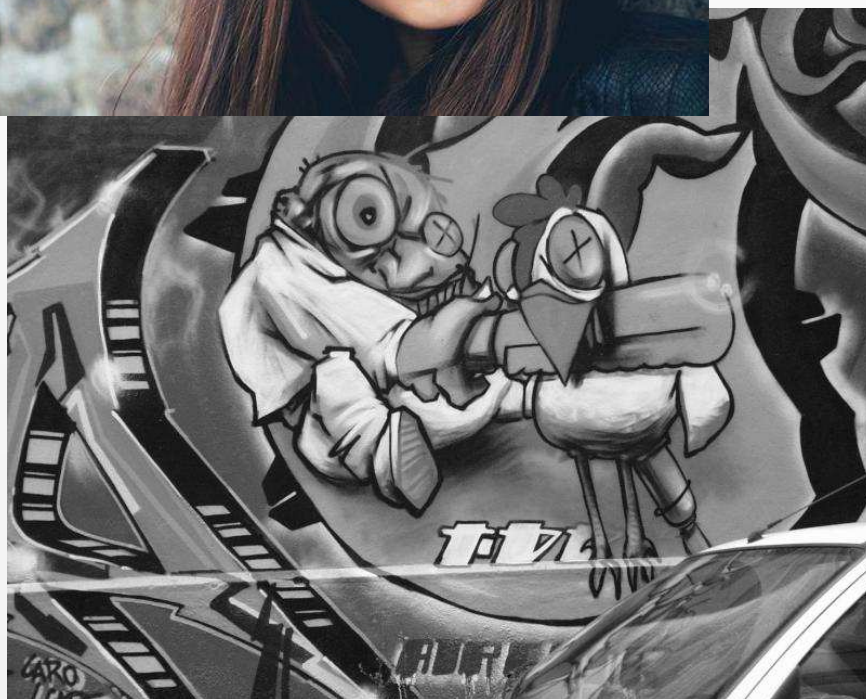
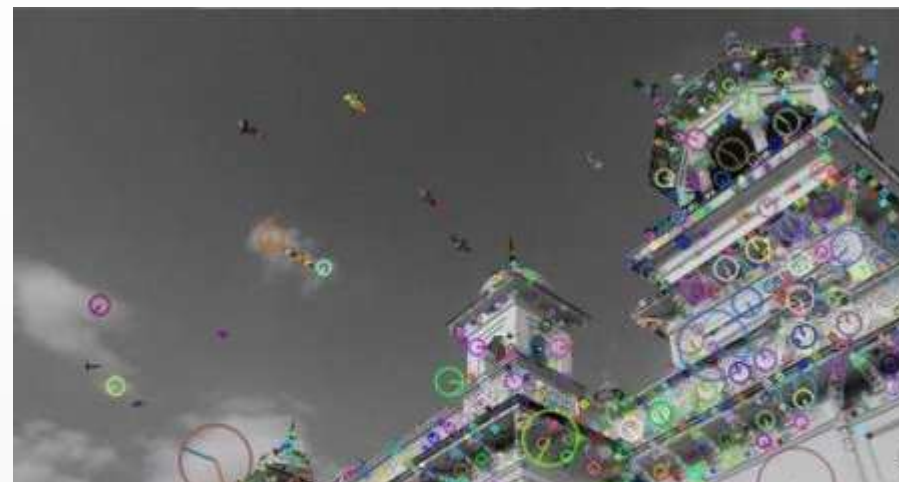
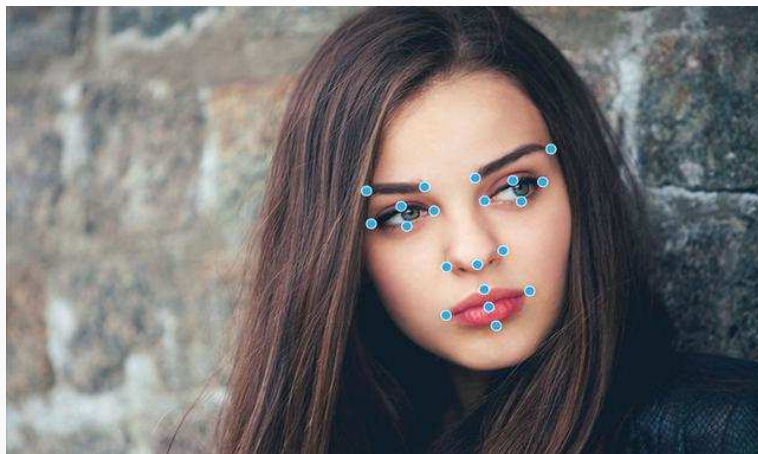
- Jak to dělá člověk?





State of the Art?

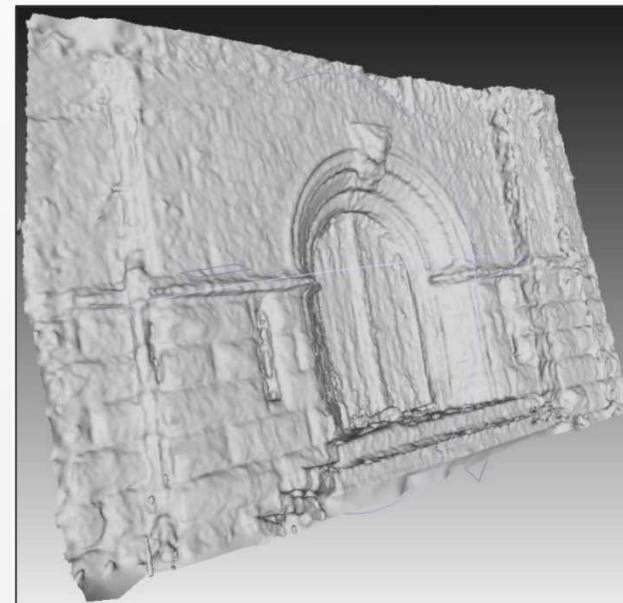
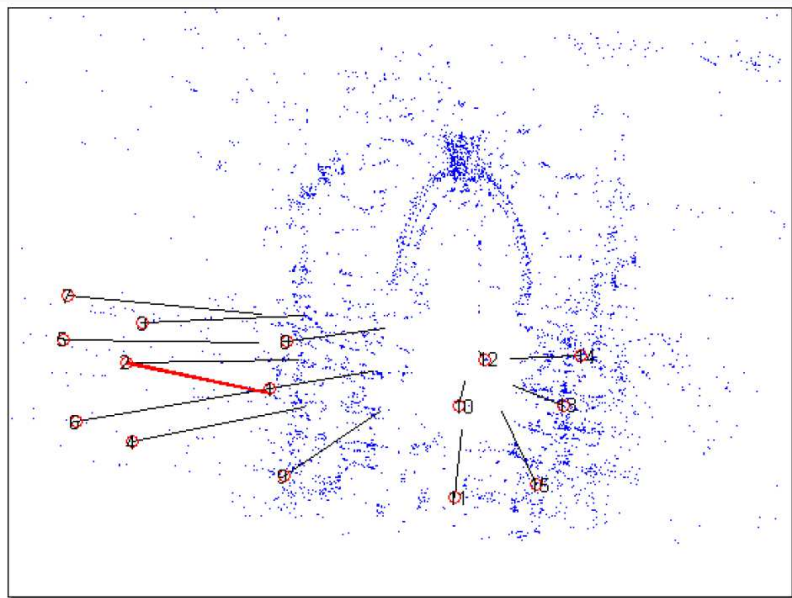
Keypoint detection





State of the Art?

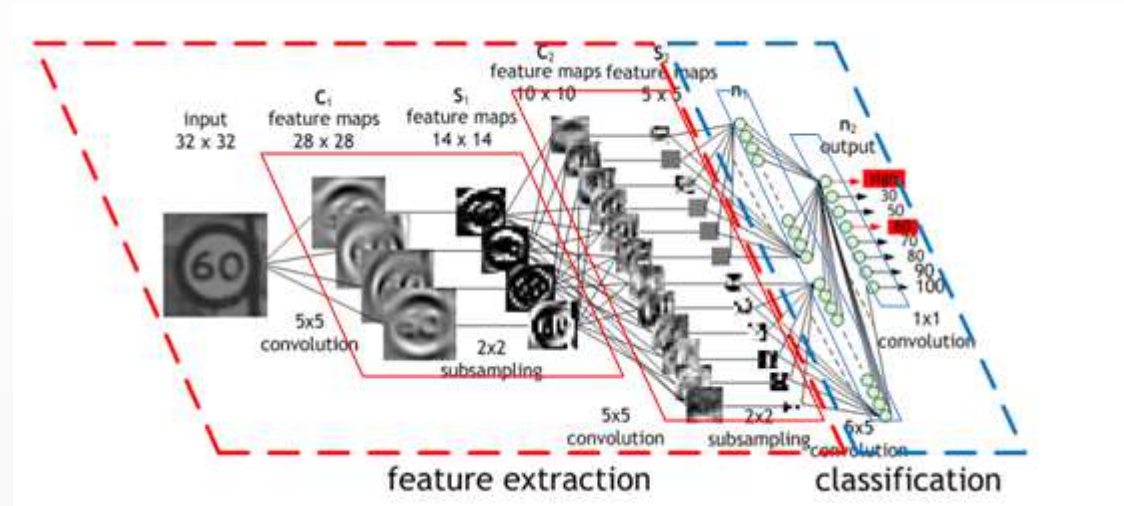
3D vidění



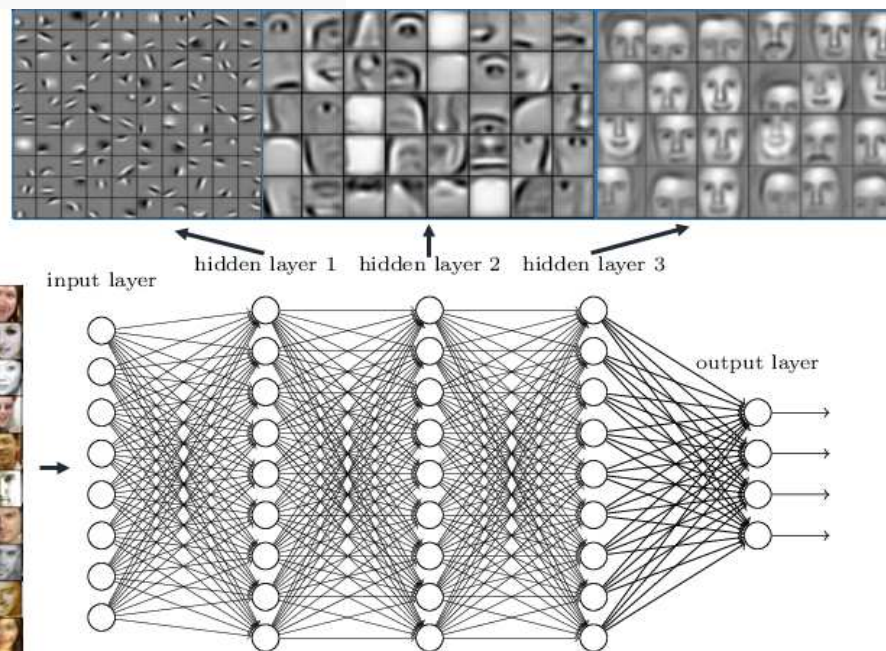


State of the Art?

DNN, CNN

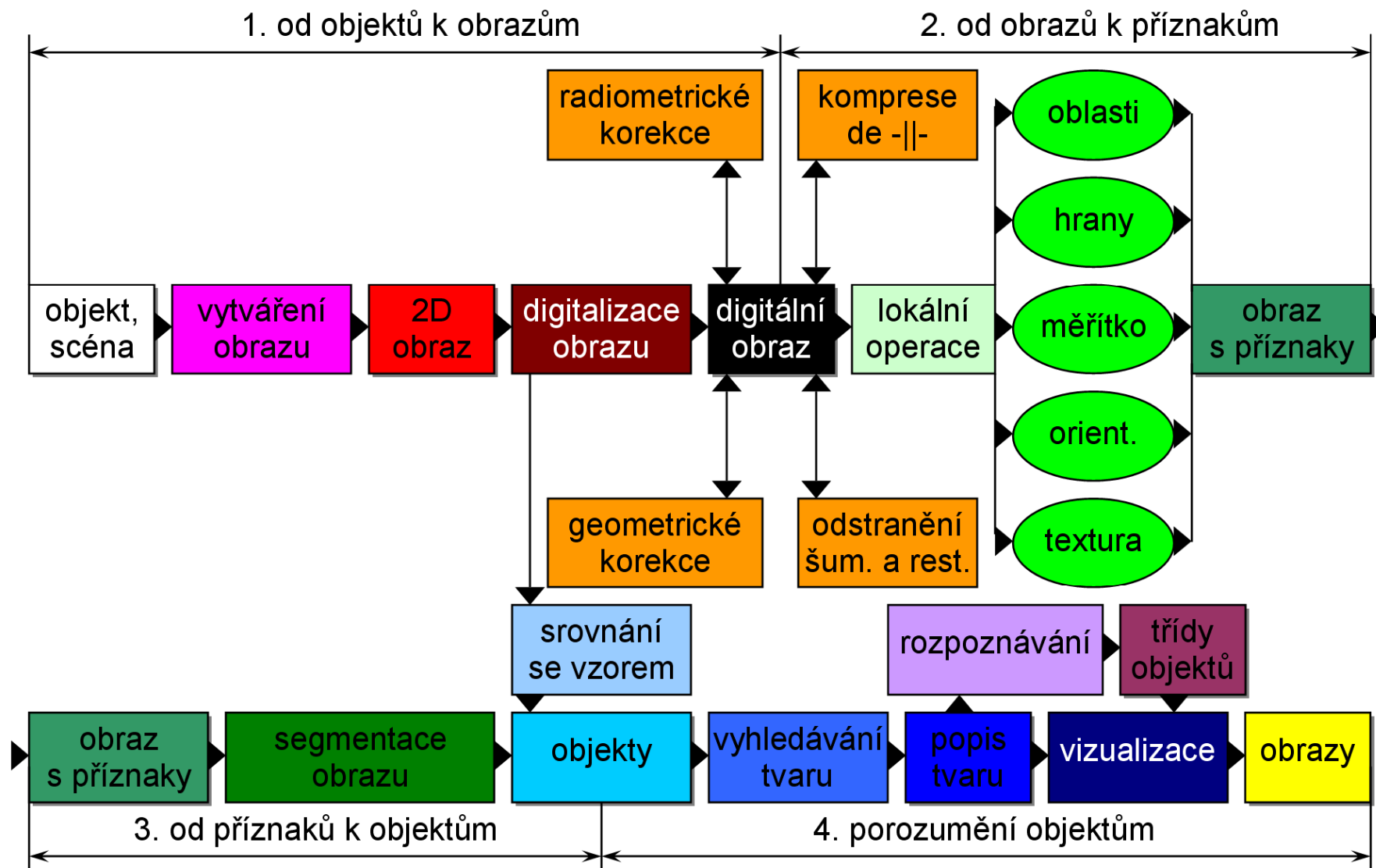


Deep neural networks learn hierarchical feature representations





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





Zpracování obrazového signálu



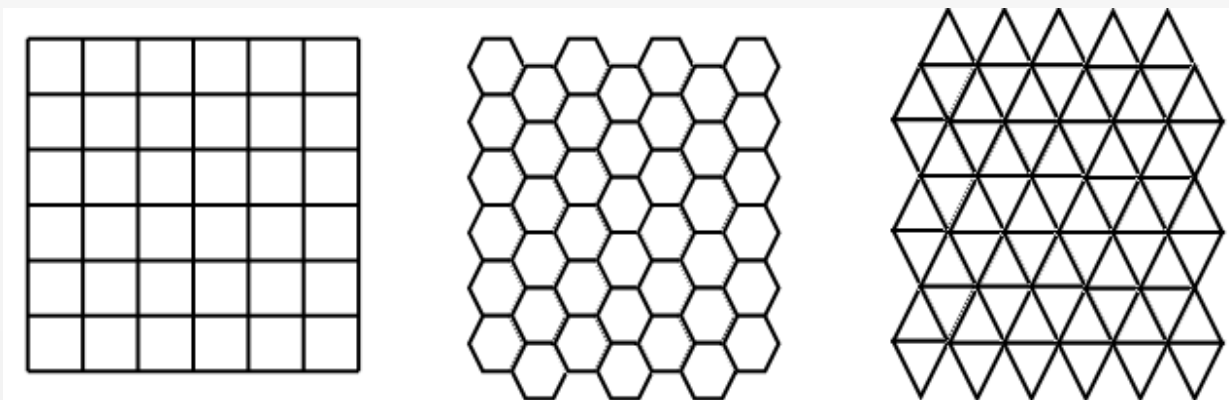
- **Obrazová funkce** (spojitá, diskrétní)
 - $f(x,y)$
 - $f(x,y,t)$ změna v čase
 - $f(x,y,z)$ objemový obraz (tomograf)
- Hodnoty obrazové funkce
 - jas -černobílá kamera
 - R,G,B -barevná kamera
 - teplota -termovizní kamera
 - schopnost pohlcovat záření – rentgenový tomograf
- Diskrétní obrazová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

$x \gg \gg$ vodorovná osa rostoucí vpravo

$y \gg \gg$ svislá osa rostoucí vzhůru

$x, y \gg \gg$ řádek, sloupec

- Omezený obor hodnot obrazové funkce (jasu)
černá = min. hodnota (0), bílá = max. hodnota (255)
- **Plošné rozlišení** $\gg \gg$ vzdálenost vzorkovacích bodů
- **Radiometrické rozlišení** $\gg \gg$ 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

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

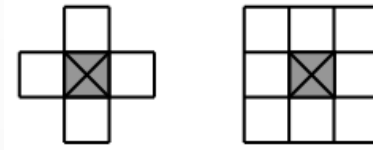




Metrické a topologické vlastnosti digitálního obrazu



- **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
- Ri **nesouvislé oblasti** (nedotýkají se okrajů – singulární případ), R sjednocení oblastí R_i , R^c množinový doplněk k R, podmnožina R^c souvislá s okraji je pozadí, zbytek jsou díry
- **Jednoduše souvislá oblast** >>> oblast bez děr
- Oblasti – objekty >>> výsledkem segmentace

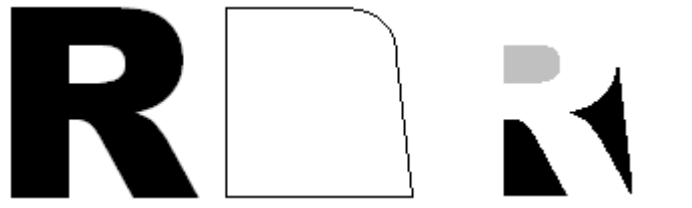




Další vlastnosti digitálního obrazu



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



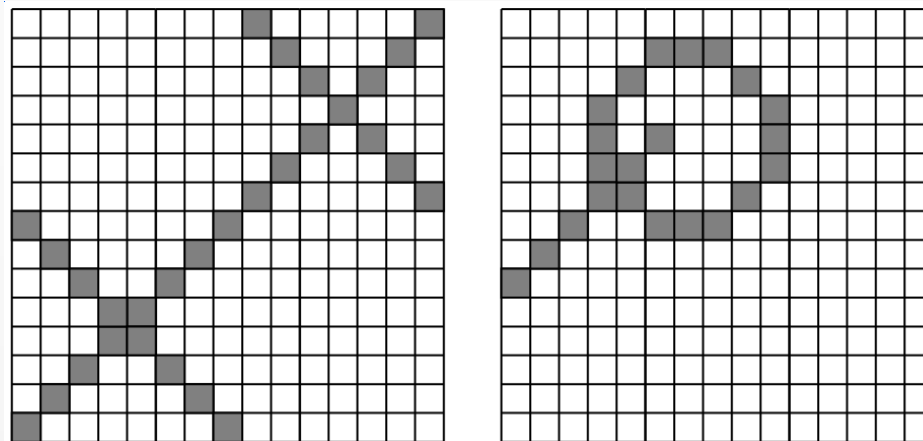
- **Homeomorfní transformace** \ggg nezmění souvislost oblastí, počet děr apod., př. poutový balonek
- **Lokální operace** \ggg na malém okolí pixelu
- **Hrana** \sim gradient obrazové funkce $f(x,y)$





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



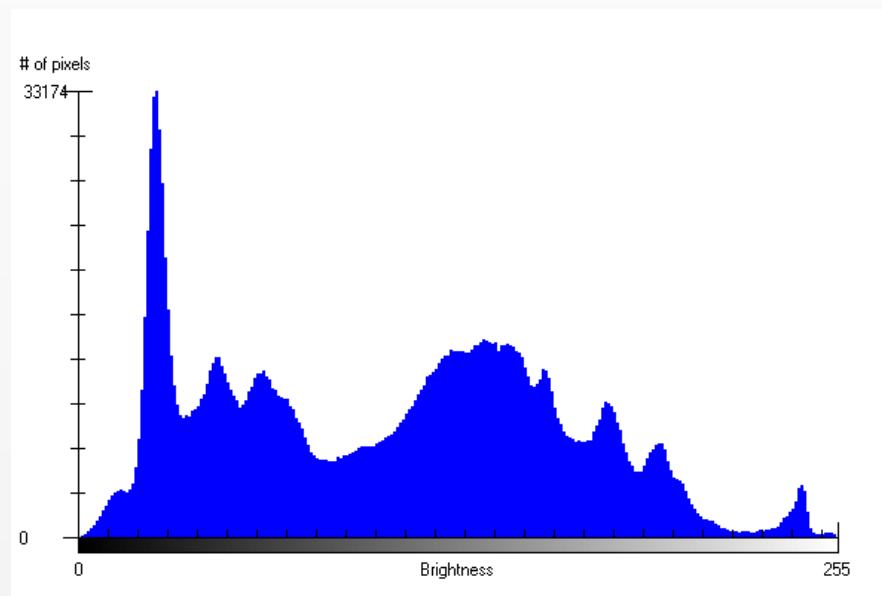
- Paradoxy řeší hexagonální mřížka – nevhodná pro některé operace: 2D DFT atd.
- Riemann >>> bod s dimenzí 0, úsečka s dimenzí 1, plocha s dimenzí 2





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

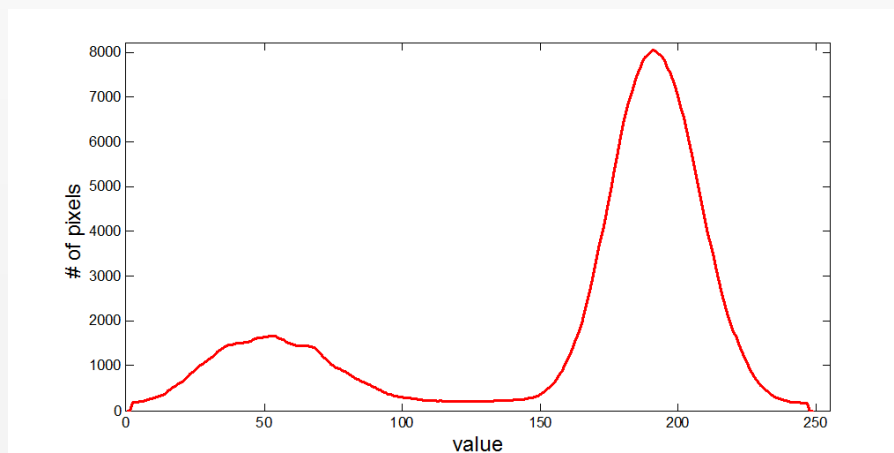
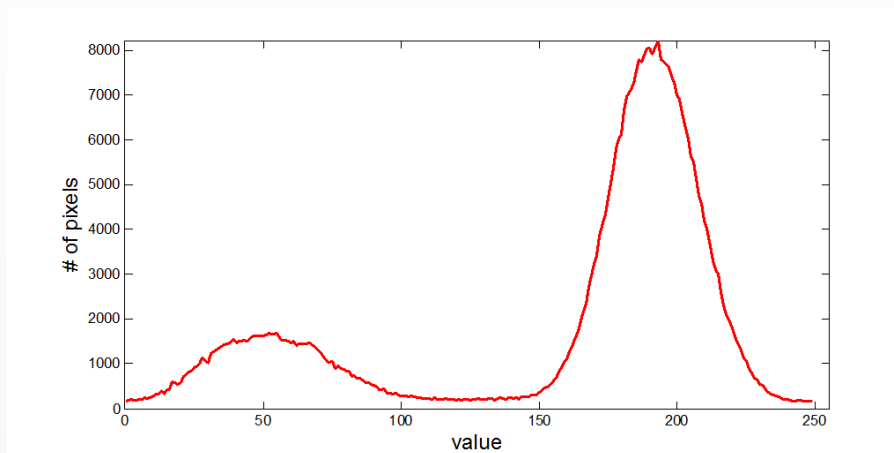


Obrazový histogram

- V histogramu max. a min. >>> **vyhlazení**, K – velikost okolí

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

- K = 2 >>>





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

- Zpracování obdobné jako u monochromatického obrazu, RGB2Y:
$$Y = 0,3.R + 0,59.G + 0,11.B$$

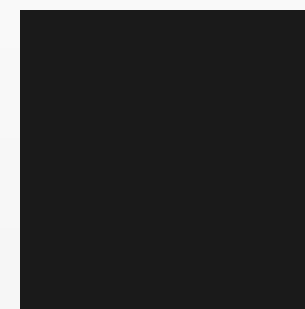
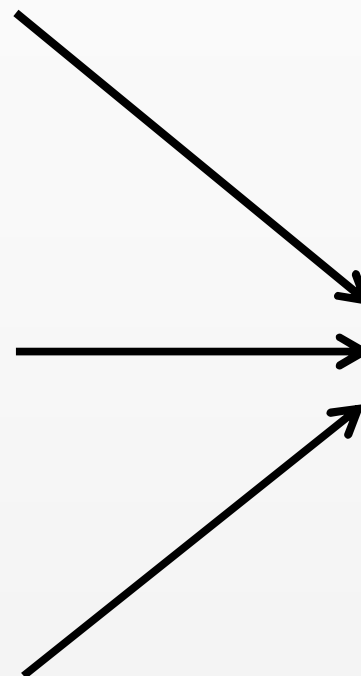
RGB = [93 0 0]



RGB = [0 47 0]



RGB = [0 0 255]



Y = 28



Barevný obraz



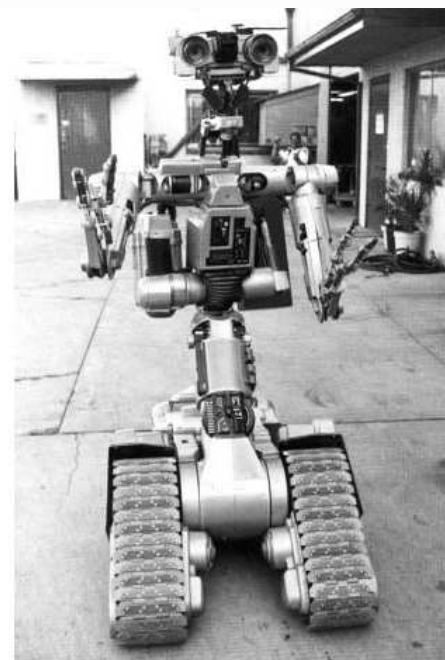
RGB



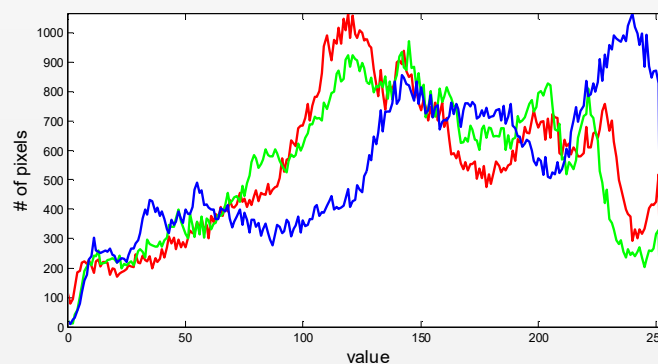
R



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: 255,255,255,255,255,255,255,255,255,0,0,0
255,255,255,255,255,255,255,255,255,0,0,0

