



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



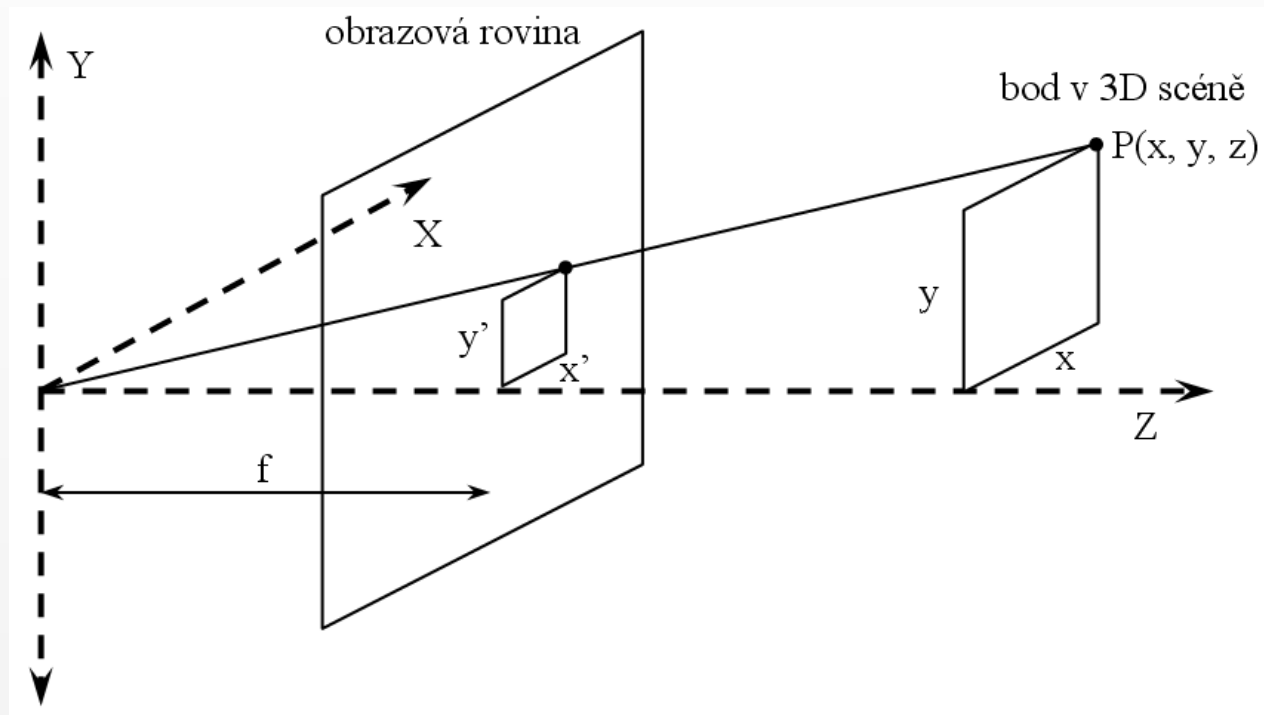
- Komplikovaný a nejednoznačný vztah mezi jasnem a tvarem 3D objektu - **Jas bodu** závisí na mnoha vlivech (odrazivosti povrchu pozorovaného předmětu, poloze a vlastnostech zdrojů světla, orientaci povrchu vzhledem k pozorovateli), úloha určení 3D vlastností pozorovaných objektů na základě radiometrických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



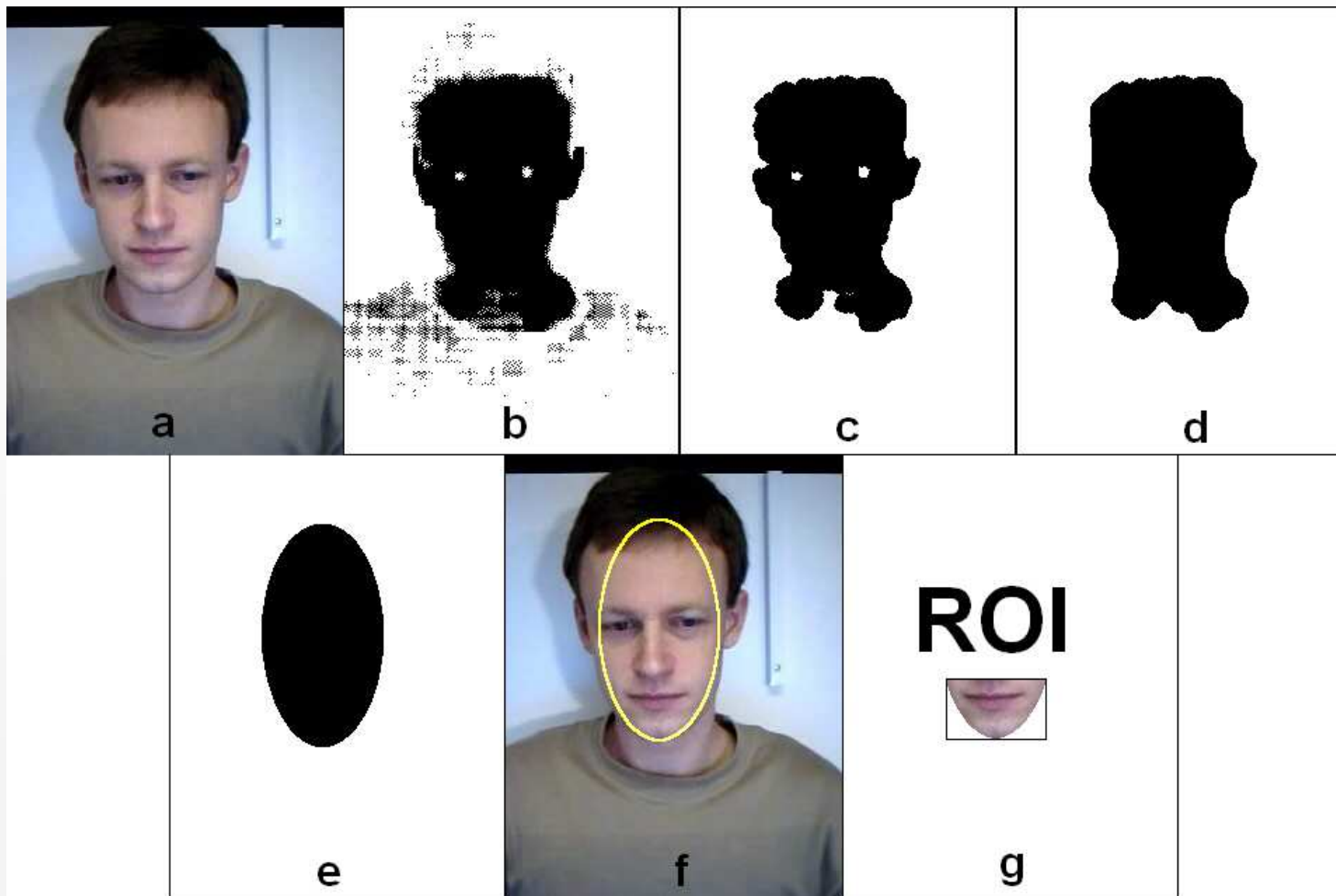
$$x' = \frac{x \cdot f}{z}$$

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



State of the Art?

- Analýza obrazu na základě barvy obrazového bodu





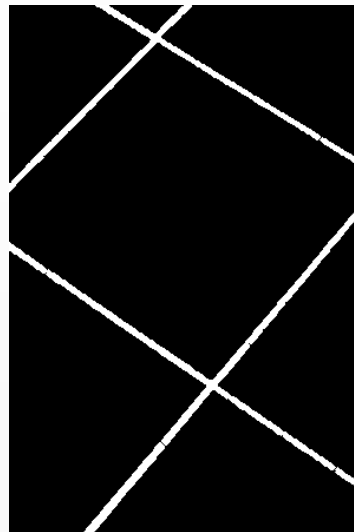
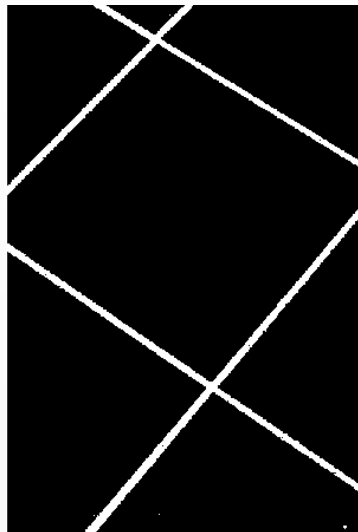
State of the Art?

- Oblast zájmu – ROI – klasifikace

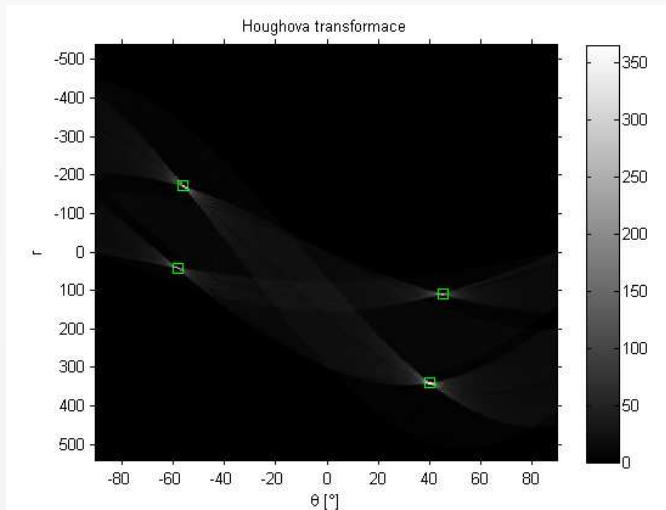
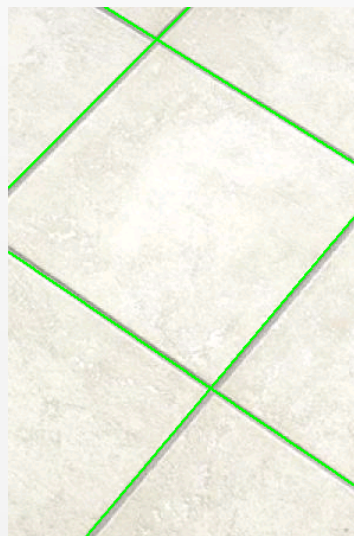
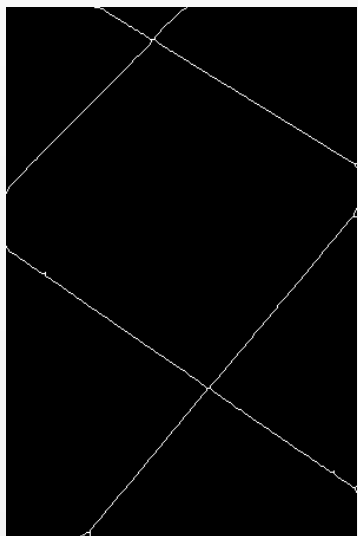
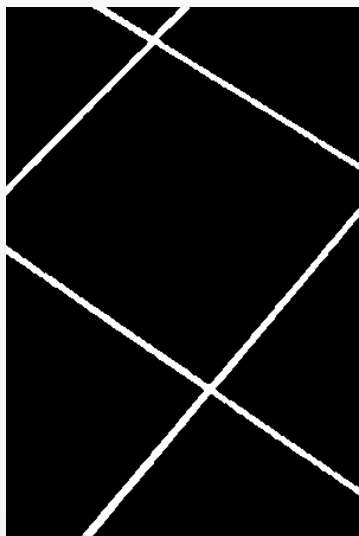




State of the Art?



Detekce parametrických objektů





State of the Art?

- Oblast zájmu – ROI – klasifikace – posuvné okno





State of the Art?

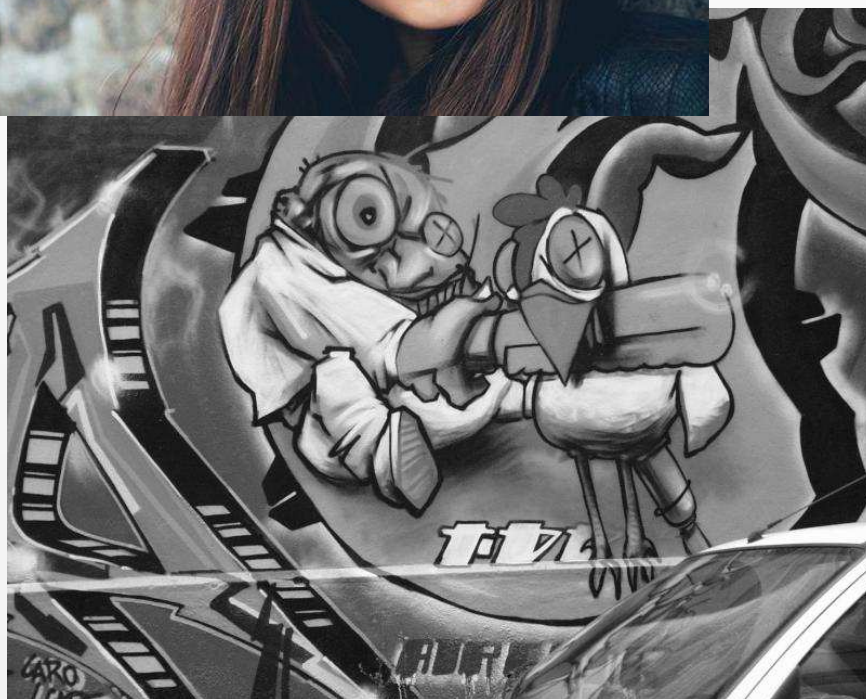
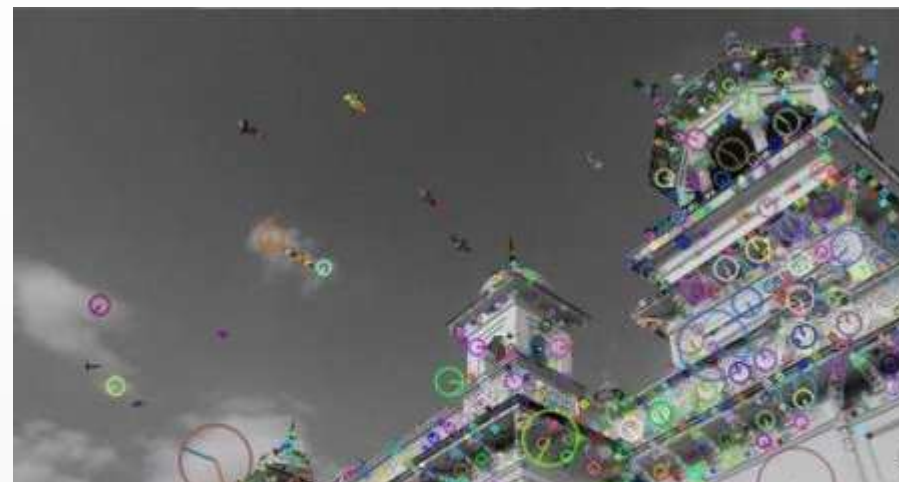
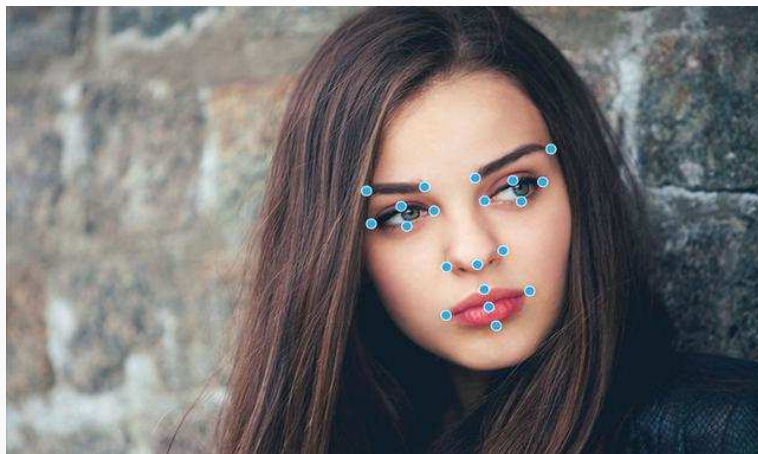
- Jak to dělá člověk?





State of the Art?

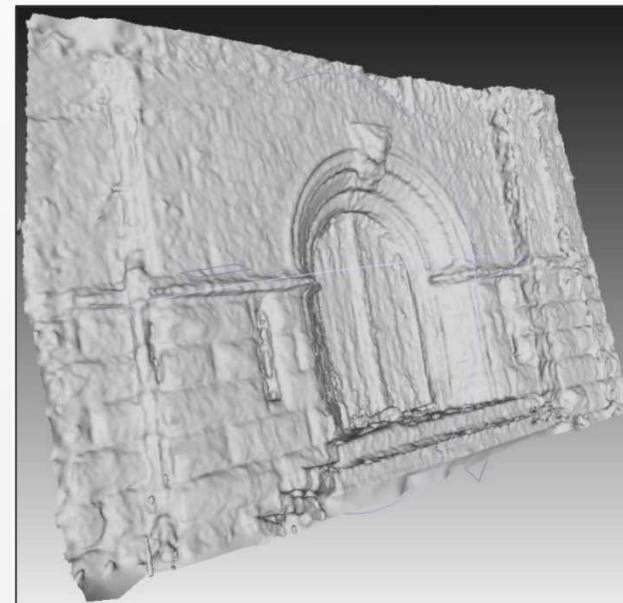
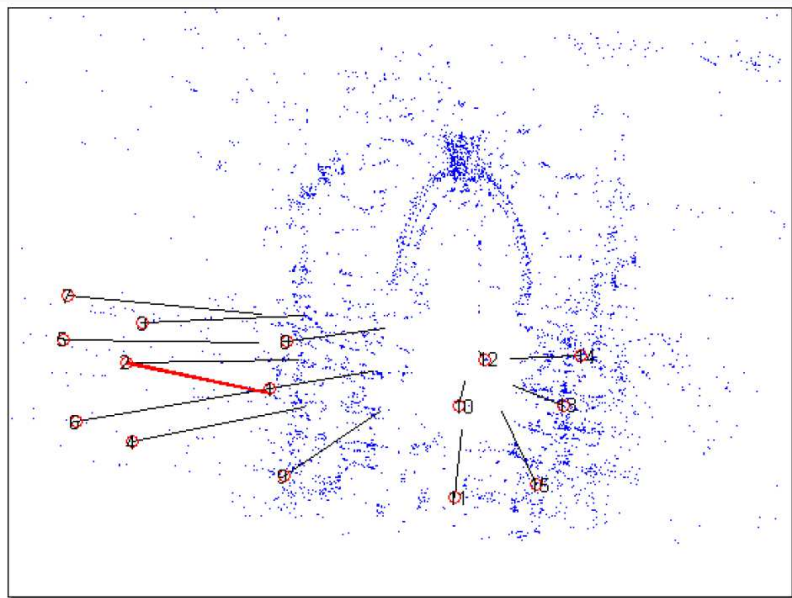
Keypoint detection





State of the Art?

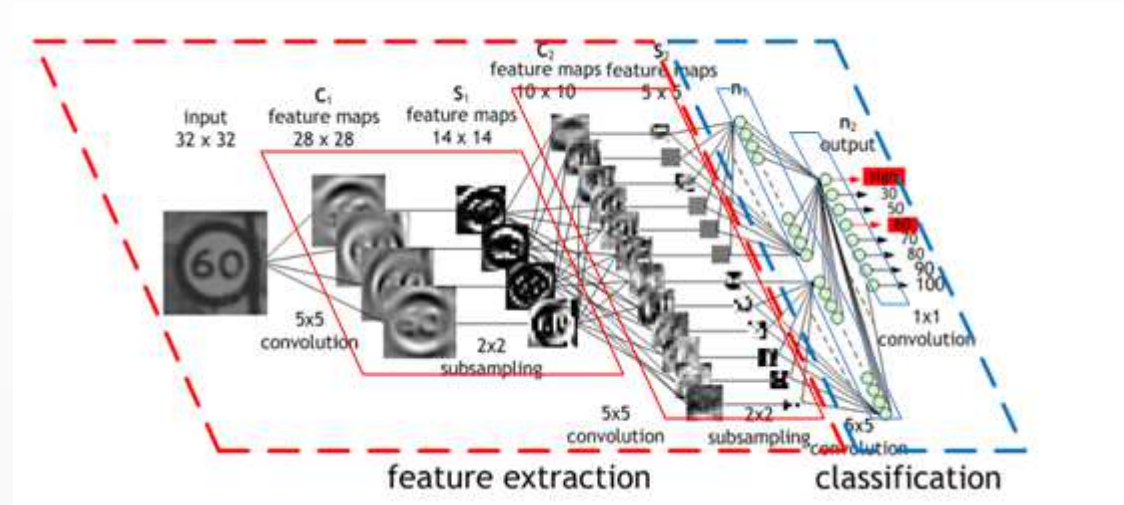
3D vidění



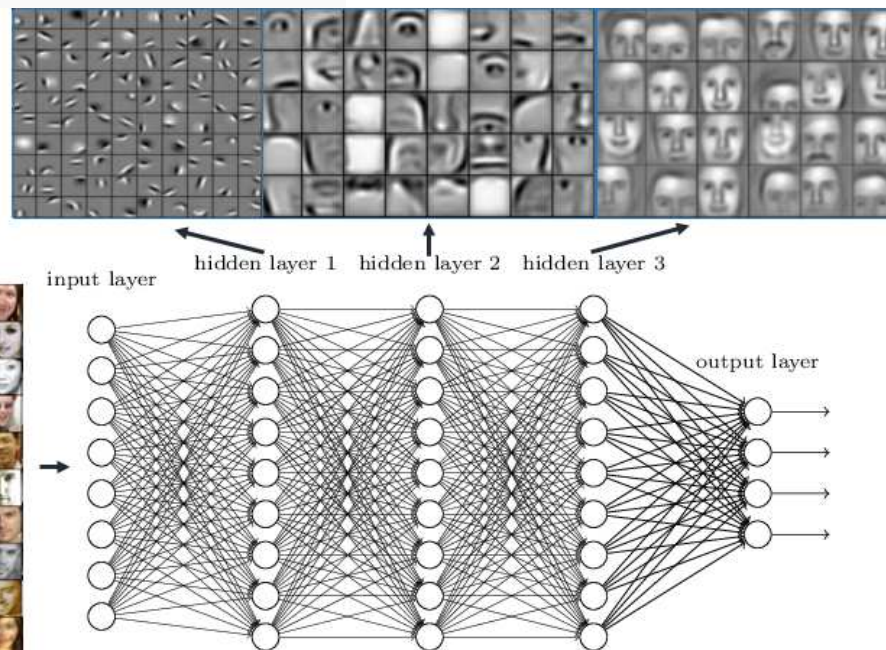


State of the Art?

DNN, CNN

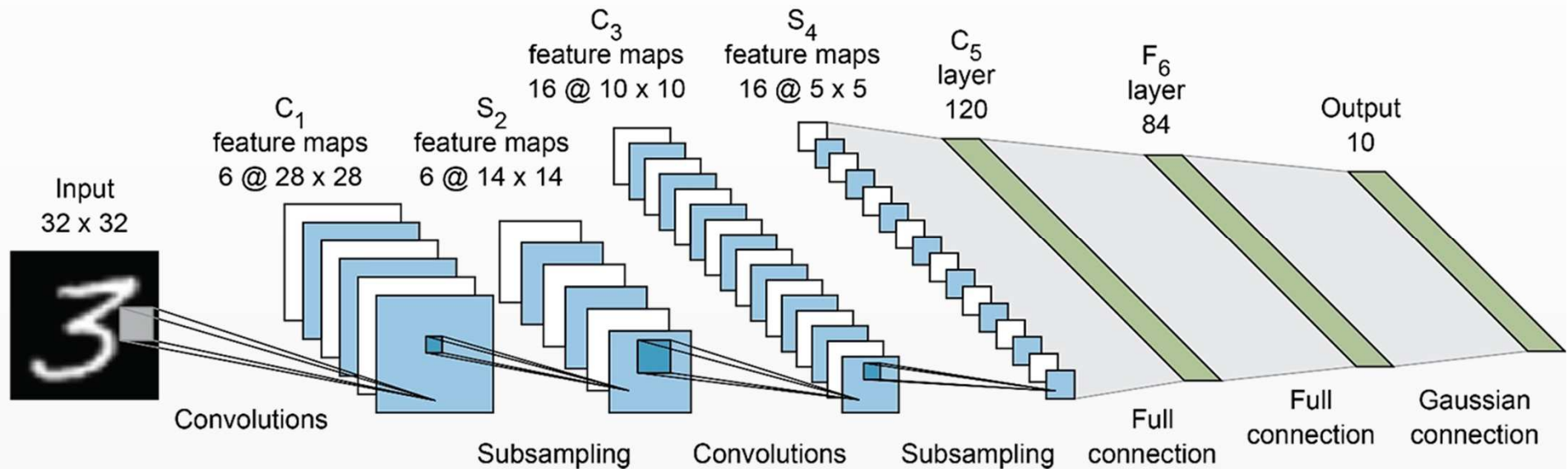


Deep neural networks learn hierarchical feature representations

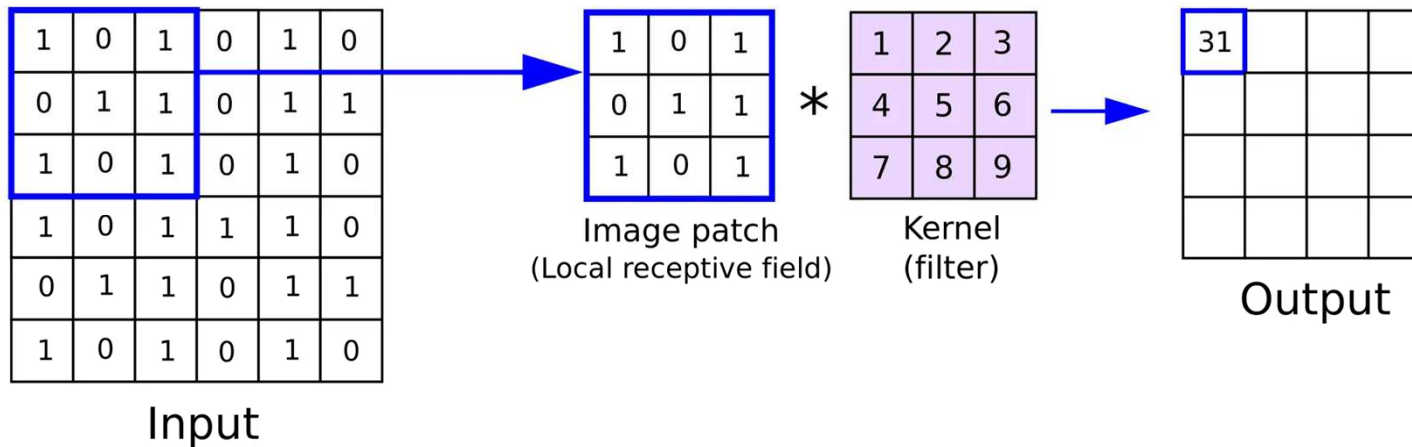




State of the Art?

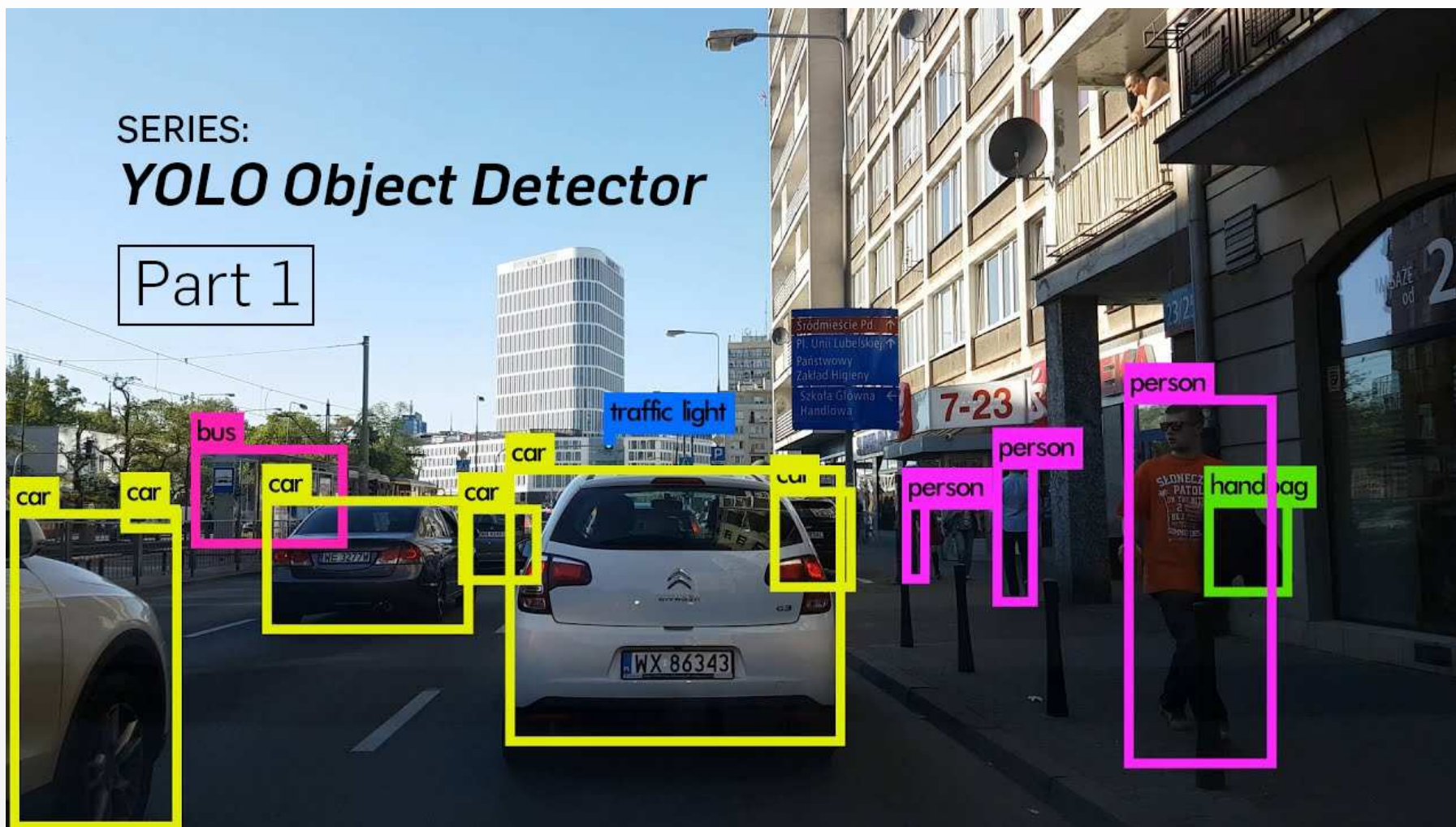


iq.opengenus.org





State of the Art?




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



State of the Art?

my LITTLE RESUME




JOSEPH REDMON

University of Washington - CSE
Box 352350
Seattle WA 98195-2350
pireddie@uw.edu

This little pony went to Middlebury College, in Middlebury Vermont. He graduated with highest honors and even received a departmental award for academic excellence! While at Middlebury he cultivated an ongoing love for...

COMPUTER SCIENCE & MATHEMATICS!



For two years he worked as a tutor for the Computer Science department. He loves passing on his knowledge and getting everypony excited about computer science!

One summer he worked for the National Institute of Standards and Technology. He developed an online tool for analyzing thermal neutron triple-axis spectrometry data. He even had his very own nuclear reactor to play with!

The next year he had an Extreme Blue Internship with IBM. He worked with a team of interns at the Almaden Research Center to develop technology related to online shopping. But he's not allowed to talk about it too much! (He signed a non-disclosure.)

After graduation he galloped off to Unalaska, Alaska to work as a radio DJ, and freelance web developer. He produces stunning, high quality websites for all the nice ponies hanging out in the Alaskan Bush.

For a few months he dabbled in domestication, working for a startup in San Francisco called ZeroCater. He spearheaded major projects, infrastructure upgrades and code cleaning frenzies while ensuring that thousands of hardworking ponies got quality, catered lunches of grains, oats, and grasses every day! The daily plough just wasn't for him though, so he threw off the bit and bridle and galloped back to Alaska. He still does contract work for ZeroCater on other companies on occasion, and in the fall he'll be heading off to a computer science Ph.D. program at the University of Washington!

Pony Stats

Education

School: Middlebury College '12
Major: Computer Science
Minor: Mathematics
GPA: 3.74
Major GPA: 3.98

Favorites

Languages: C, Python
Editor: Vim
Subjects: Machine Learning, Computer Vision, Compilers

Awards/Achievements

Timothy T. Huang Award for Academic Achievement
3rd Place at ACM-ICPC BOSP
2 years in a row, 5th at NE North American Regionals in 2010
Top 10% in 4 separate Kaggle competitions, top 3% of active users

The adventure is far from over... What will this little pony do next, who knows??



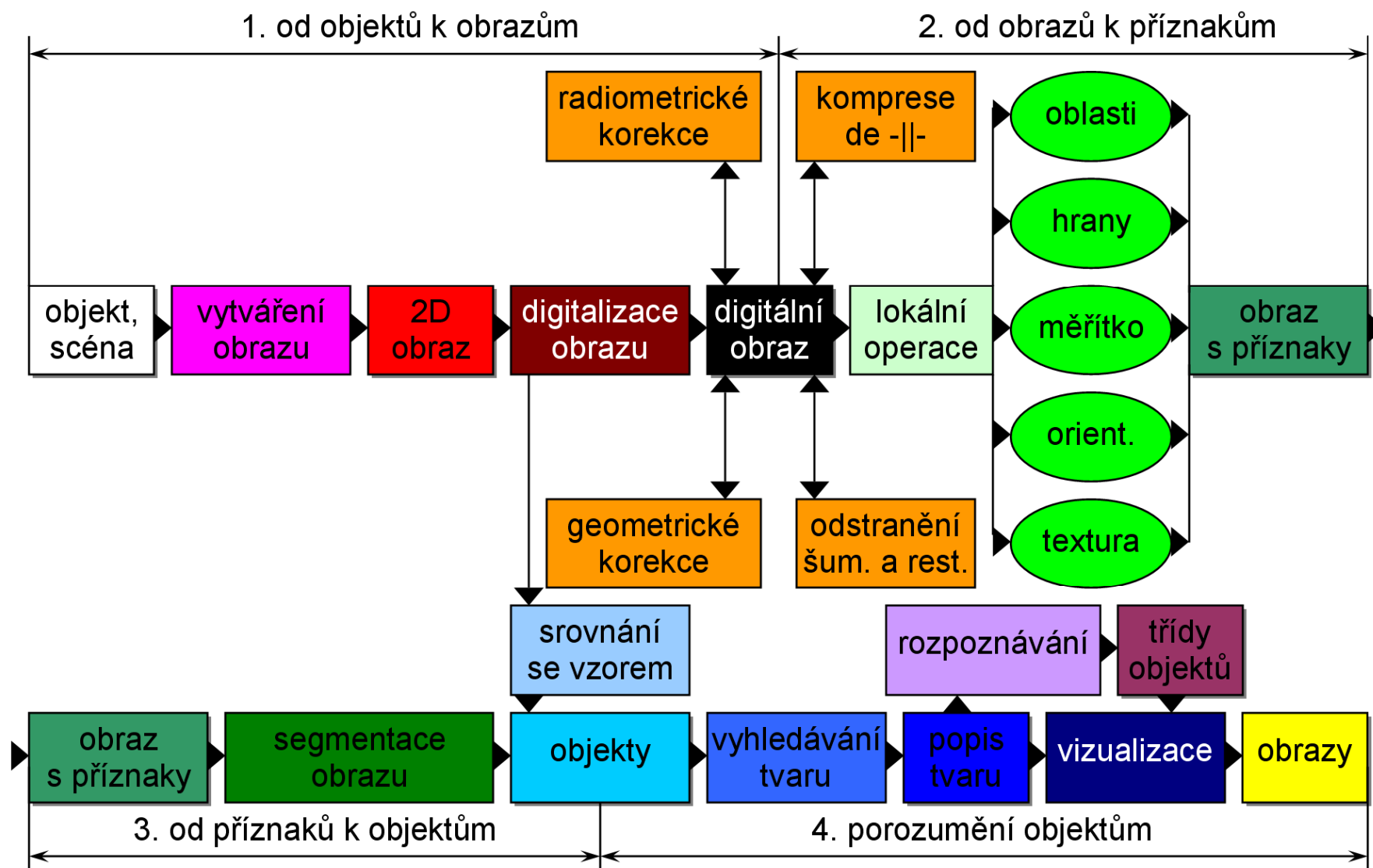
State of the Art?



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



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





Zpracování obrazového signálu



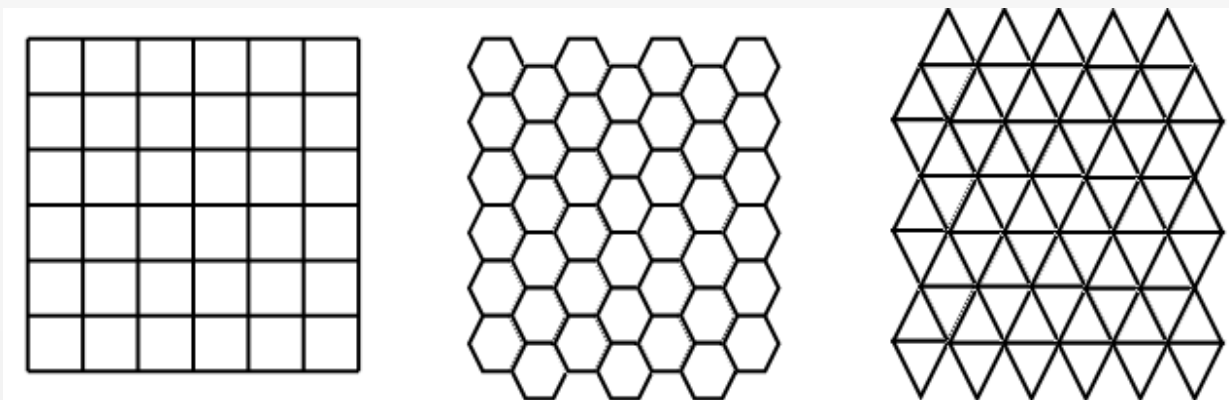
- **Obrazová funkce** (spojitá, diskrétní)
 - $f(x,y)$
 - $f(x,y,t)$ změna v čase
 - $f(x,y,z)$ objemový obraz (tomograf)
- Hodnoty obrazové funkce
 - jas -černobílá kamera
 - R,G,B -barevná kamera
 - teplota -termovizní kamera
 - schopnost pohlcovat záření – rentgenový tomograf
- Diskrétní obrazová 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

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

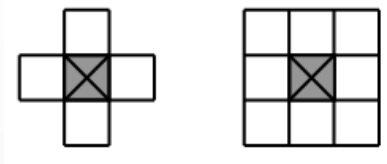




Metrické a topologické vlastnosti digitálního obrazu



- **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 Ri, 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

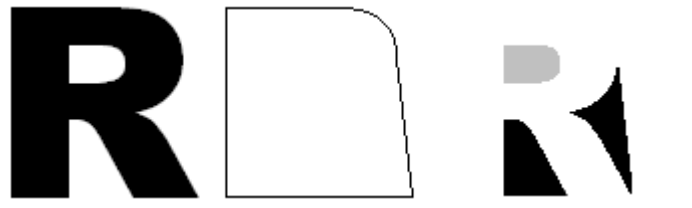




Další vlastnosti digitálního obrazu



- **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



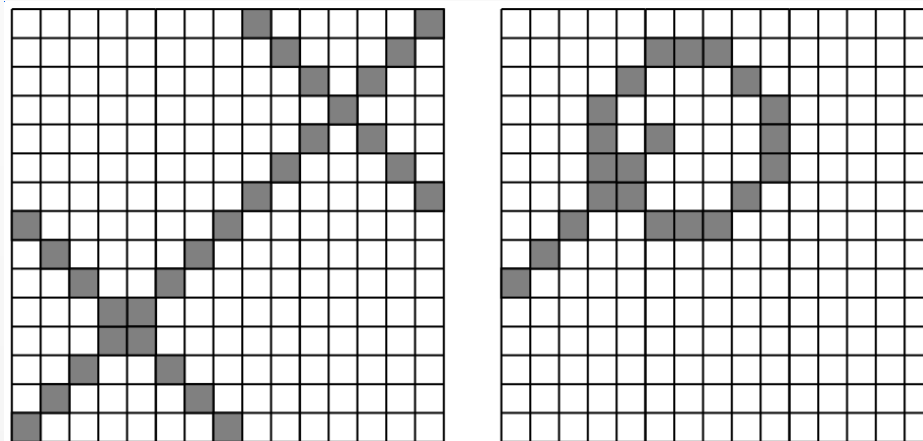
- **Homeomorfní transformace** \ggg nezmění souvislost oblastí, počet děr apod., př. poutový balonek
- **Lokální operace** \ggg na malém okolí pixelu
- **Hrana** \sim gradient obrazové funkce $f(x,y)$





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

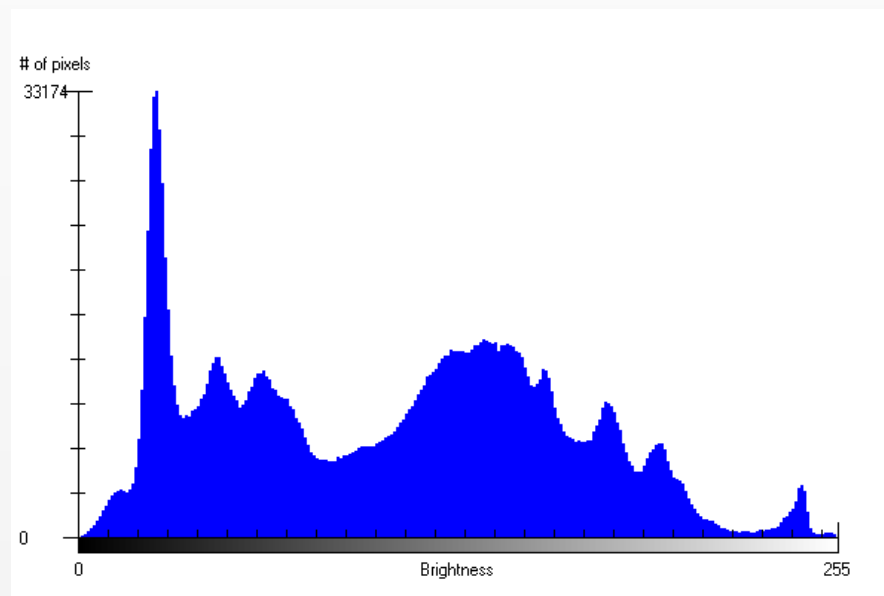


- Paradoxy řeší hexagonální mřížka – nevhodná pro některé operace: 2D DFT atd.
- Riemann >>> bod s dimenzí 0, úsečka s dimenzí 1, plocha s dimenzí 2



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

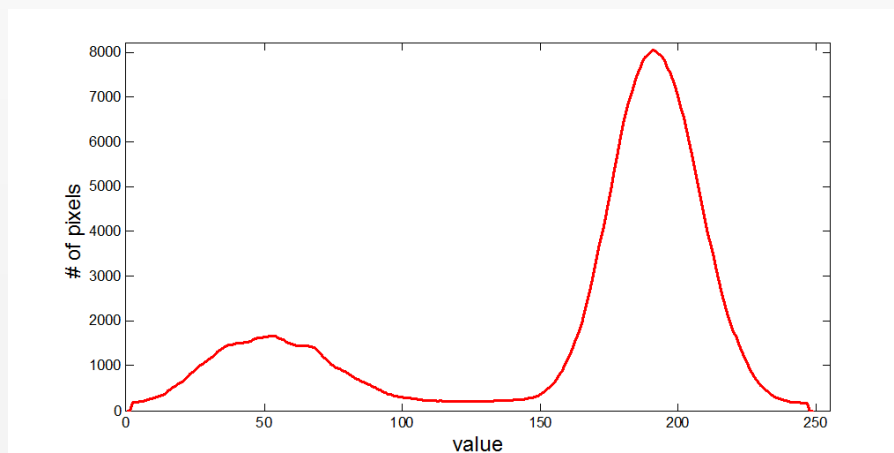
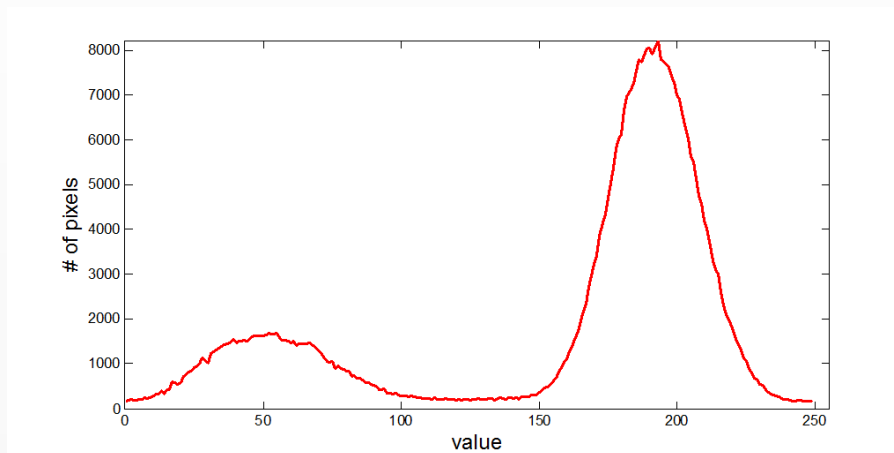


Obrazový histogram

- 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:
$$Y = 0,3.R + 0,59.G + 0,11.B$$

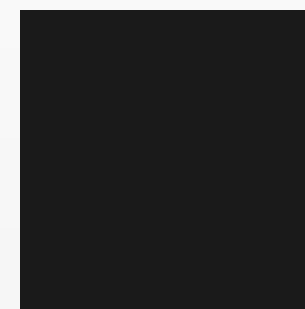
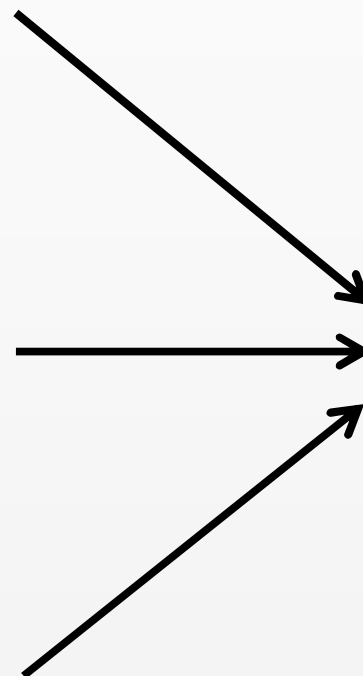
RGB = [93 0 0]



RGB = [0 47 0]



RGB = [0 0 255]



Y = 28



Barevný obraz



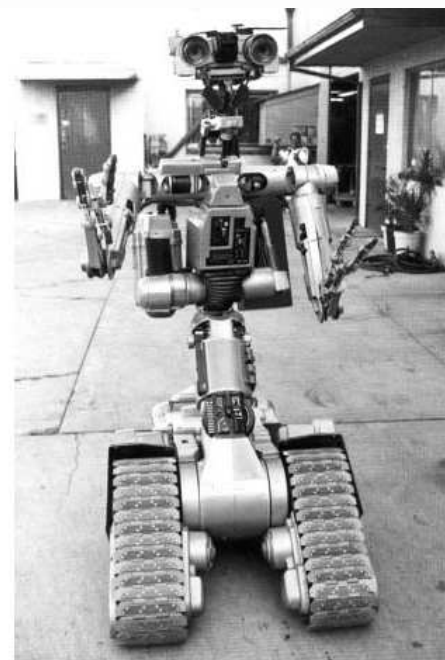
RGB



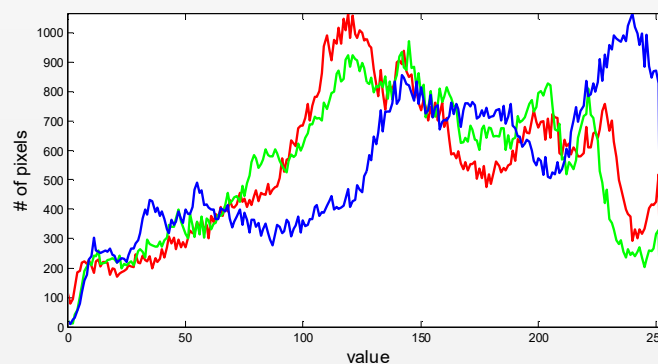
R



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

