Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

Rozvrh přednášky:

1. Úvod.
2. Histogram obrazu.
3. Globální jasová transformace.
4. Lokální jasová transformace.
5. Bodová jasová transformace.

Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

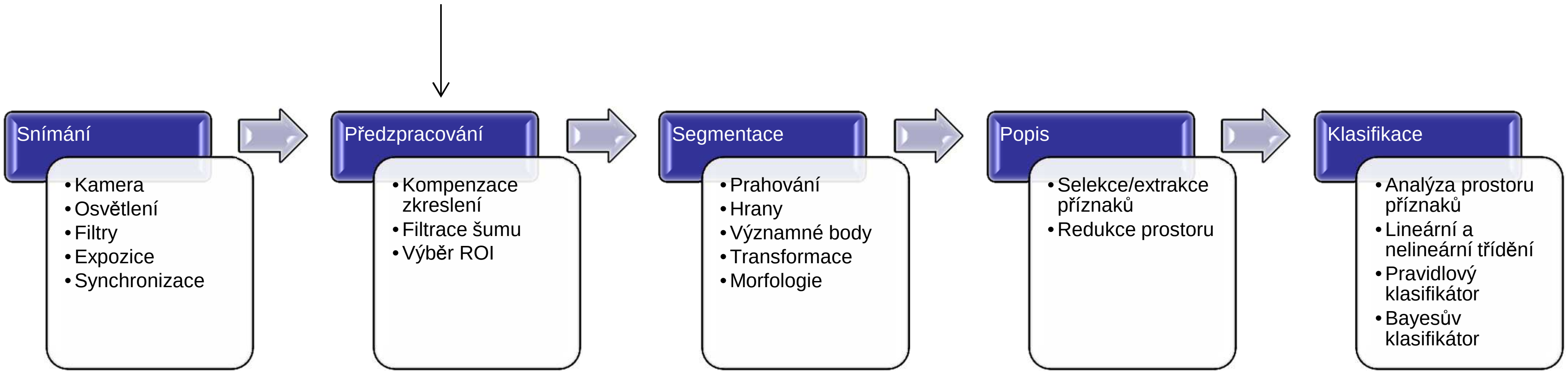
Rozvrh přednášky:

1. **Úvod.**
2. Histogram obrazu.
3. Globální jasová transformace.
4. Lokální jasová transformace.
5. Bodová jasová transformace.

Jasové transformace – úvod

- Jasová transformace:
  - změna hodnot obrazové funkce vstupního obrazu podle daného pravidla T
  - vstupem i výstupem je obraz stejných parametrů (rozlišení, bitová hloubka)
  - při transformaci nedochází k rozpoznávání a interpretaci objektů (anonymita)

- Jasové transformace se provádí zpravidla v rámci předzpracování obrazu:
  - jasové korekce nerovnoměrného osvětlení
  - korekce konstrastu (histogram)



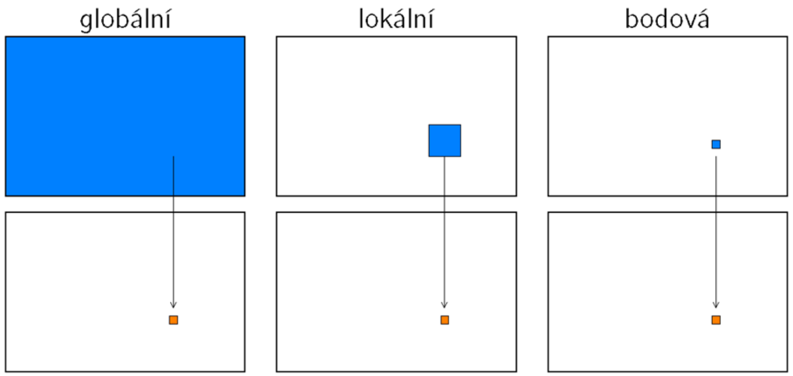
Jasové transformace – úvod

- Rozdělení jasových transformací primárně podle velikosti okolí vyšetřovaného bodu:
  - globální
  - lokální
  - bodové

- Globální jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána z hodnot celého obrazu

- Lokální jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána z hodnot lokálního okolí pixelu

- Bodová jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána jen z hodnoty téhož pixelu



Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

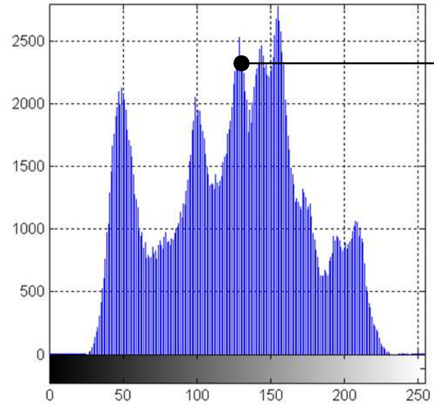
Rozvrh přednášky:

1. Úvod.
2. **Histogram obrazu.**
3. Globální jasová transformace.
4. Lokální jasová transformace.
5. Bodová jasová transformace.

Histogram obrazu – definice

- Histogram obrazu:
  - – grafické znázornění závislosti četností jasových úrovní v obrazu na hodnotách těchto úrovní
  - – vodorovná osa = jasové úrovně např. ⟨0;255⟩ … q
  - – svislá osa = četnost bodů ⟨0;MAX⟩ … h(q)

512x512, ⟨0;255⟩



h(128)=2369 ≈ 0.9 %

- Jiný pohled:
  - – relativní četnost jevu aproximuje jeho pravděpodobnost →

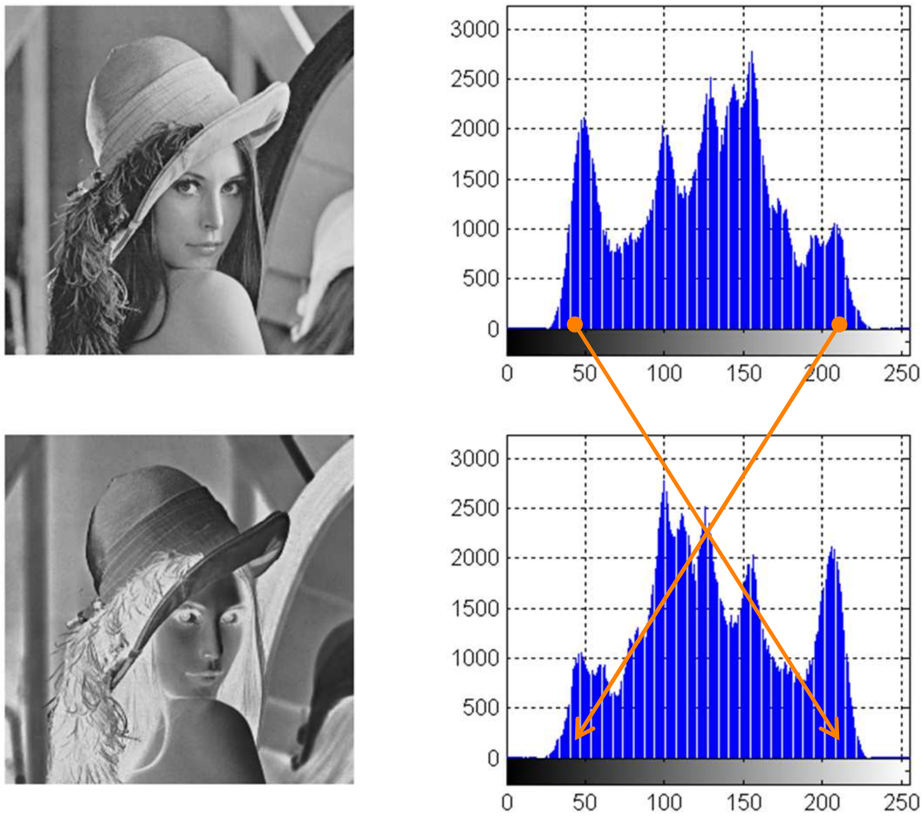
$$\lim_{N\to\infty}\frac{n(A)}{N}=P(A)$$

  - – histogram lze proto chápat jako odhad rozdělení pravděpodobnosti f(q) takového jevu A, že náhodně vybraný pixel má právě jasovou úroveň q

Histogram obrazu – negativ

- Histogram negativu – úvaha:
  - negativ (komplement) obrazu vzniká převrácením smyslu úrovní (světlá→tmavá a obráceně)
  - každý index q∈⟨0;255⟩ je tedy transformován na index (255-q)
  - nedochází k relativním změnám počtu pixelů mezi jednotlivými úrovněmi

- Pokud jsou splněny uvedené podmínky, je histogram negativu stranově převrácenou variantou histogramu originálu podle vertikální osy:

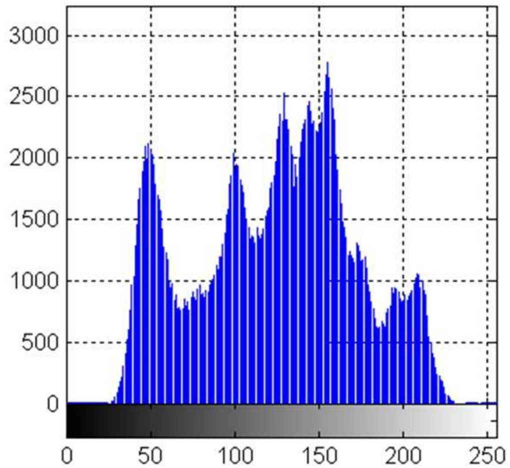


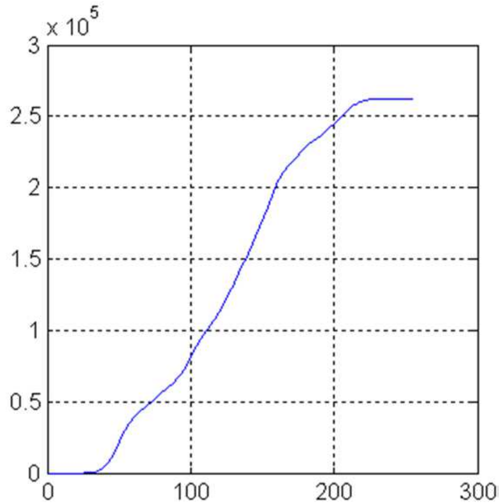
Histogram obrazu – kumulovaný histogram

- Kumulovaný histogram obrazu:
  - – vznikne integrací prostého histogramu obrazu podél proměnné q
  - – výsledkem je monotónní neklesající funkce $h_k(q)$

$$h_k(q) = \sum_{i=0}^{q} h(i) = h_k(q-1) + h(q), \qquad \forall q \epsilon \langle 0; 255 \rangle$$

- Normalizovaná verze kumulovaného histogramu se využívá jako převodní charakteristika při ekvalizaci histogramu.





Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

Rozvrh přednášky:

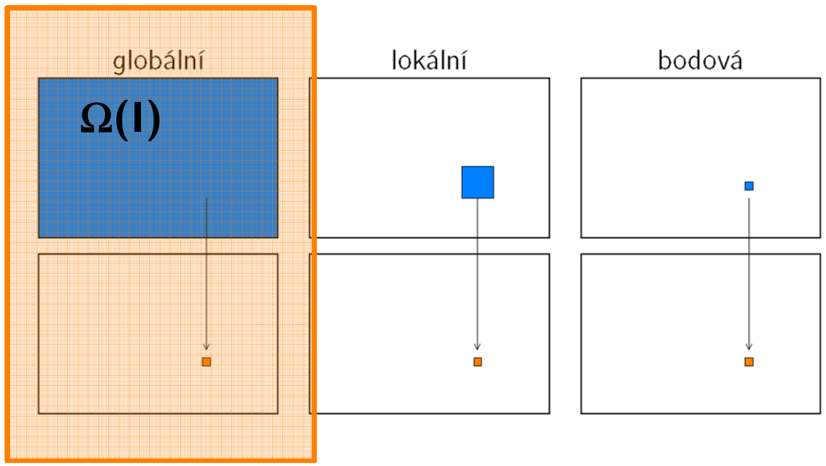
1. Úvod.
2. Histogram obrazu.
3. **Globální jasová transformace.**
4. Lokální jasová transformace.
5. Bodová jasová transformace.

Globální jasová transformace – definice

- Globální jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána z hodnot celého obrazu
  - symbol Ω(I) značí doménu celého obrazu

$$\Omega(I) \xrightarrow{T} f(x, y), \qquad \forall x, y \epsilon \Omega(I)$$

- Příklady globálních jasových transformací:
  - integrální obraz (přesně platí jen pro poslední pixel integrálního obrazu)
  - Fouriérova transformace (nelineární globální transformace)



Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

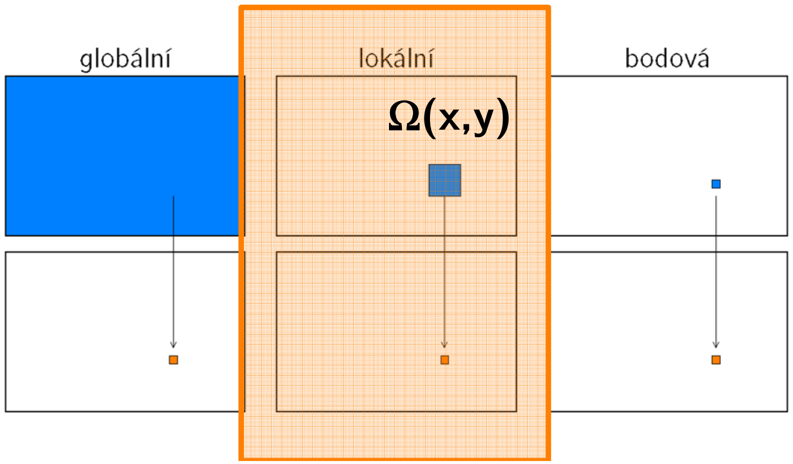
Rozvrh přednášky:

Lokální jasová transformace – definice

- Lokální jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána z hodnot lokálního okolí pixelu
  - symbol **Ω**(x,y) značí blízké okolí uvažovaného bodu

$$\Omega(x,y) \xrightarrow{T} f(x,y), \qquad \forall x,y \epsilon \Omega(I)$$

- Příklady lokálních jasových transformací:
  - lokální filtrace (redukce šumu, vyhlazování obrazu)
  - zvýraznění rysů (hrany)



Lokální jasová transformace – vyhlazování obrazu

- Příklad – vyhlazování obrazu = statistika blízkého okolí vyšetřovaného bodu:
  - – prostý průměr (střední hodnota) / vážený průměr
  - – medián (prostřední hodnota)
  - – modus (nejčastější hodnota)
  - – jiná statistika (max/min atd.)

- Příklad 1 – prostý / vážený průměr:
  - – výpočetně řešeno konvolucí (∗)
  - – výsledek je určen tvarem konvolučního jádra h(x,y)

$$f(x,y) = g(x,y) * h(x,y)$$

$$h_1(x,y) = \frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \qquad h_2(x,y) = \frac{1}{10} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Lokální jasová transformace – vyhlazování obrazu

- Příklad – vyhlazování obrazu = statistika blízkého okolí vyšetřovaného bodu:
  - prostý průměr (střední hodnota) / vážený průměr
  - medián (prostřední hodnota)
  - modus (nejčastější hodnota)
  - jiná statistika (max/min atd.)

- Příklad 2 – medián:
  - medián: nikoli střední ale prostřední hodnota v seřazené posloupnosti dat
  - alternativa = namísto mediánu (kvantil $Q_{0,5}$) použít jiný kvantil (kvartil, decil, percentil)
  - nelze řešit konvolucí (pouze multiplikativní a aditivní operace)

$$f(x,y) = Q_{0,5}[g(x,y)|x,y\epsilon\Omega] \rightarrow f(x,y) = g_{n/2}\colon \{g_1, g_2, \ldots, g_{n/2}, \ldots, g_{n-1}, g_n\}$$

$median\,[3x3]$

$median\,[5x5]$

Jasové transformace

Karel Horák

Computer Vision Group
Department of Control and Instrumentation
Faculty of Electrical Engineering and Communications
Brno University of Technology

Rozvrh přednášky:

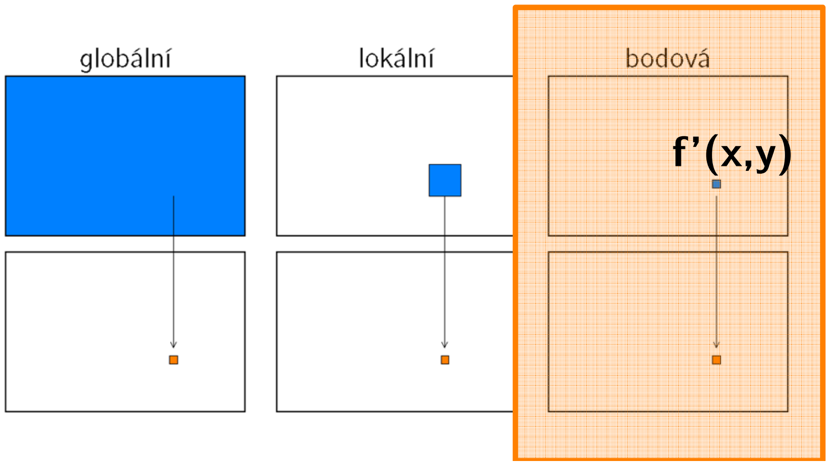
1. Úvod.
2. Histogram obrazu.
3. Globální jasová transformace.
4. Lokální jasová transformace.
5. **Bodová jasová transformace.**

Bodová jasová transformace – definice

- Bodová jasová transformace:
  - nová hodnota pixelu je vypočítána jen z hodnoty téhož pixelu
  - symbol f'(x,y) značí původní hodnotu obrazové funkce

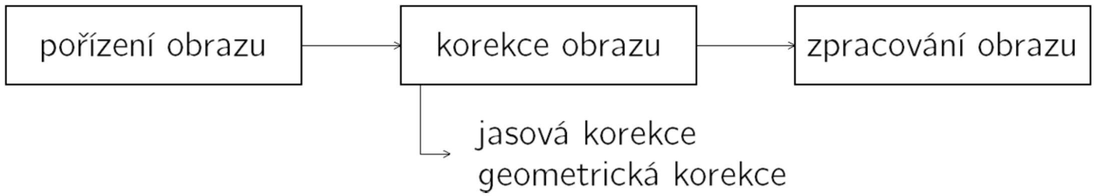
$$f'(x,y) \xrightarrow{T} f(x,y), \qquad \forall x, y \epsilon \Omega(I)$$

- Příklady bodových jasových transformací:
  - jasová korekce (každý pixel korigován jinak)
  - převodní charakteristika (všechny pixely korigovány stejně)
  - roztažení a vyrovnání histogramu



Bodová jasová transformace – jasová korekce

- Jasová korekce = kompenzace systematické chyby při pořízení obrazu vlivem např.:
  - nerovnoměrné osvětlení
  - rozdílná citlivost prvků snímače + vadné buňky
  - nedokonalá přenosová funkce optické soustavy (jasová část)



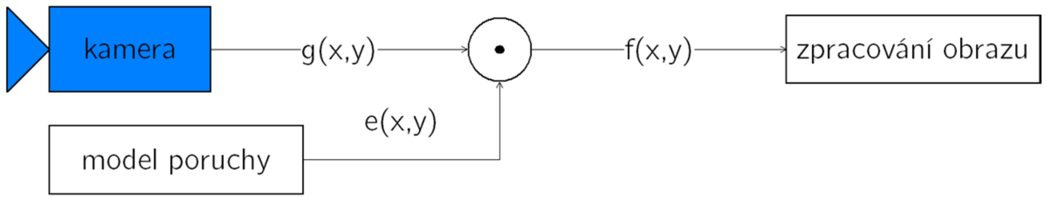
- Pro korekci je třeba určit degradační funkci a předpokládat multiplikativní charakter poruchy:
  - g(x,y) = nekorigovaný obraz
  - e(x,y) = degradační funkce
  - f(x,y) = korigovaný obraz

$$f(x,y) = e(x,y) \cdot g(x,y)$$

- Degradační funkce e(x,y) modeluje poruchu a lze ji stanovit buď analyticky nebo fyzicky:
  - Analytický model = aproximace poruchy analytickou plochou
  - Empirický model = pořízení etalonového snímku

Bodová jasová transformace – jasová korekce

- Jasová korekce: f(x,y)=e(x,y)·g(x,y) [korigovaný obraz=degradační funkce·nekorigovaný obraz]



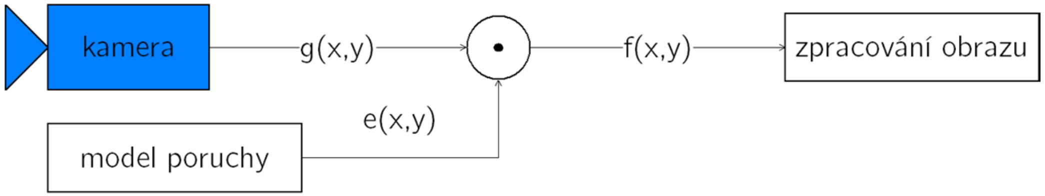
- Analytický model poruchy:
  – je dán obecně nelineární rovnicí určenou z apriorní explicitní informace

- Příklad analytického modelu degradační funkce:
  – korekce nerovnoměrného osvětlení (scéna je osvětlena z levého horního rohu tj. korekce je opačná)
  – multiplikativní degradační funkce je druhého řádu

$$e(x, y) = 0.0005 \cdot (x + y)^2 + 0.4 \cdot x + 16 \longrightarrow$$

Bodová jasová transformace – jasová korekce

- Jasová korekce: f(x,y)=e(x,y)·g(x,y) [korigovaný obraz=degradační funkce·nekorigovaný obraz]



- Empirický model poruchy – definovaná scéna:
  – pořídíme snímek g(x,y) při explicitně určené scéně g'(x,y)
  – degradační funkce je určena podílem obou signálů:

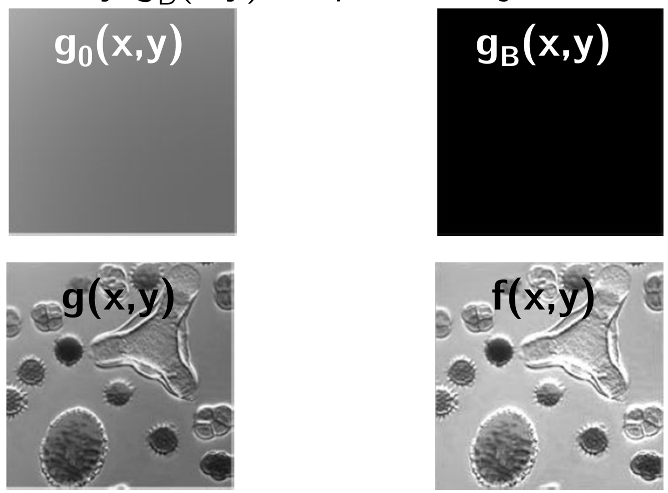
$$e(x,y) = \frac{g(x,y)}{g'(x,y)}$$

- Empirický model poruchy – nedefinovaná scéna:
  – pořídíme prázdný snímek bez objektu $g_0(x,y)$ a snímek za tmy $g_B(x,y)$ → pozor, nejde o nulový snímek
  – degradační funkce je určena zlomkem:

$$e(x,y) = \frac{1}{g_0(x,y) - g_B(x,y)}$$

  – výpočet korigovaného snímku je modifikován:

$$f(x,y) = e(x,y) \cdot g(x,y) - g_B(x,y)$$



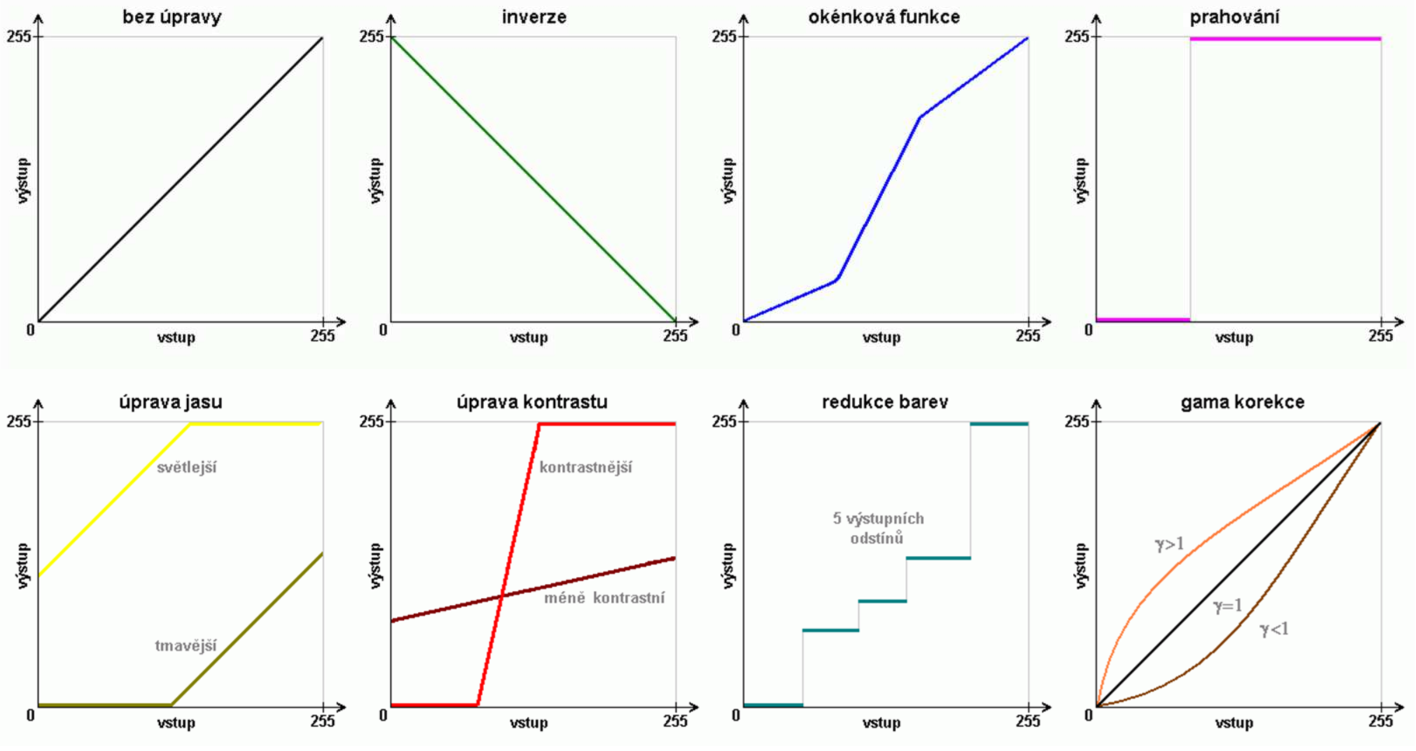
Bodová jasová transformace – převodní charakteristika

- Převodní charakteristika = transformace T jasové stupnice g vstupního obrazu na jasovou stupnici f výstupního obrazu.

$$f = T(g)$$

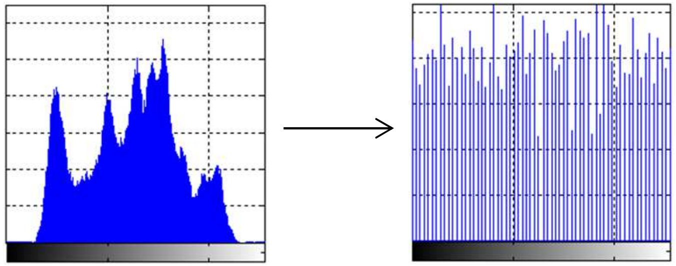
- Implementace:
  - LUT = pro 8 bitové obrazy vektor $T(t_0, t_1, \ldots, t_{255})$, $t_i \in \langle 0;255 \rangle$, $\forall i,j$: $t_i \geq t_j \mid i > j$
  - analytický předpis např. prahování:

$$f = \begin{cases} 0 & g < \varepsilon \\ 255 & g \geq \varepsilon \end{cases}$$



Bodová jasová transformace – ekvalizace histogramu

- Ekvalizace histogramu = transformace jasové stupnice, po níž jsou jasové složky ve výstupním obrazu zastoupeny rovnoměrně:
  - zvýšení kontrastu pro pozorovatele
  - definovaná normalizace obrazu pro jasové porovnávání dvou obrazových segmentů



- Cíl ekvalizace:
  - nalézt neklesající transformační funkci T na základě histogramu h(i) vstupního obrazu takovou, aby histogram g(i) výstupního obrazu byl uniformní na celém intervalu hodnot jasu

- Vstup výpočtu = histogram vstupního obrazu
- Výstup výpočtu = výstupní obraz

$$\sum_{i=p_0}^{p_k} h(i) = \sum_{i=q_0}^{q_k} g(i) \longrightarrow$$

rozlišení snímku MxN se nemění
≈ energie histogramů je stejná

histogram určen vstupním obrazem
≈ libovolné rozložení

ekvalizovaný histogram
≈ uniformní rozložení

Bodová jasová transformace – ekvalizace histogramu

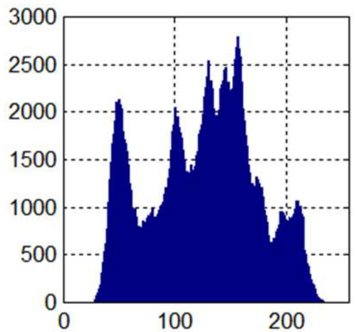
- Ideálně rovnoměrné rozložení čar histogramu je možné jen u spojitého obrazu.

- U diskrétního obrazu je teoretická výška čar:

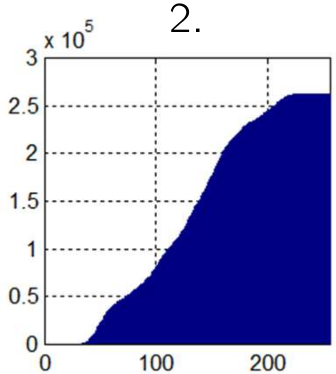
$$n_u = \frac{M \cdot N}{q_k - q_0}, \qquad \text{kde} \begin{cases} \text{M,N=rozměry obrazu} \\ q \in \langle q_0 ; q_k \rangle \text{=definiční obor histogramu} \end{cases}$$

- Postup výpočtu ekvalizovaného obrazu:
    1. histogram obrazu h(i)
    2. kumulovaný histogram $h_k(i)$
    3. normalizace $h_k(i)$ na převodní charakteristiku
    4. transformace jasové stupnice podle T

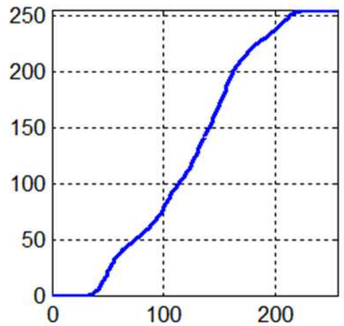
1.



2.



3.



4.

Bodová jasová transformace – ekvalizace histogramu

- Ekvalizace histogramu – formulace:

$$q = \frac{q_k - q_0}{M \cdot N} \cdot h_k(p) + q_0 = k_1 \cdot h_k(p) + k_2$$

- Ekvalizace histogramu – výsledek: