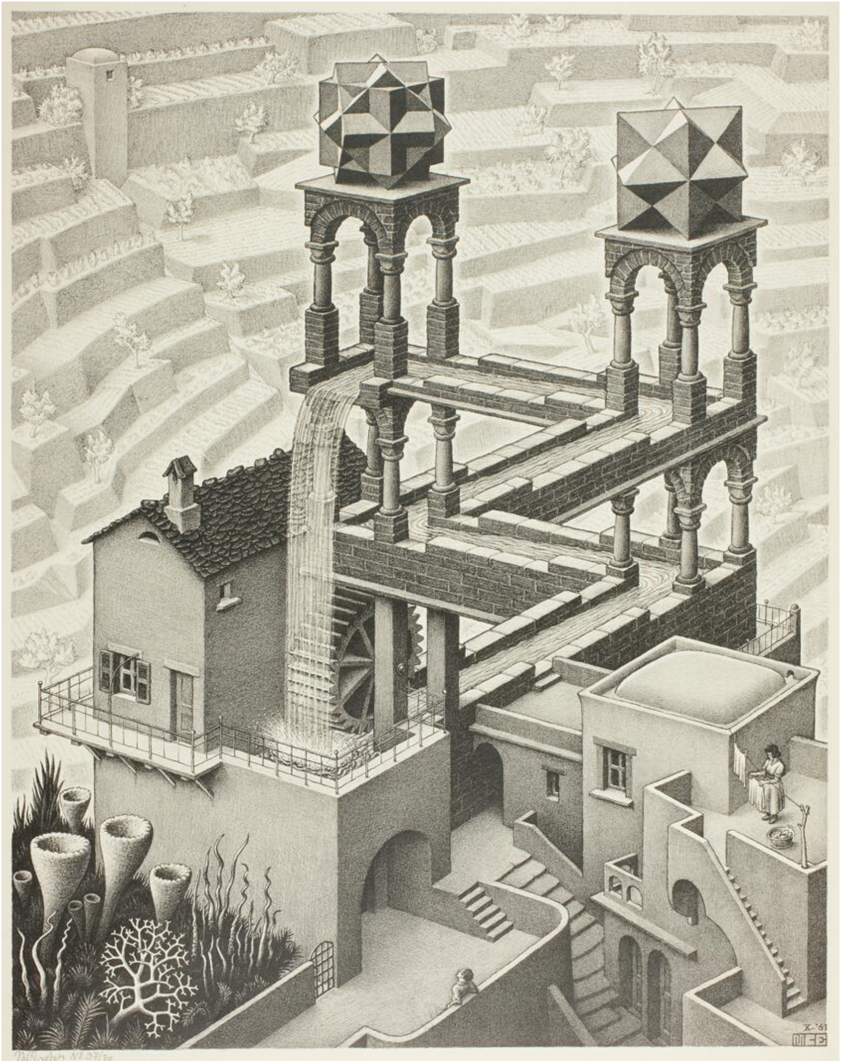
Metody předzpracování obrazu – barevné, jasové a geometrické

Strojové vidění a zpracování obrazu

BI-SVZ

Obsah dnešní přednášky

- Opakování
  - Homogenní souřadnice
- Barevné a jasové transformace
  - Ekvalizace histogramu
  - Úprava jasu
  - Úprava kontrastu
  - Gamma korekce
- Geometrické transformace
  - Posunutí
  - Euklidovské
  - Podobnostní
  - Afinní
  - Projektivní



Opakování 5. přednášky

- Co to jsou homogenní souřadnice?
- K čemu jsou homogenní souřadnice užitečné?
- Jak zjistíme zda bod leží na přímce
  (v homogenních souřadnicích)?
- Jak zjistíme průsečík dvou přímek
  (v homogenních souřadnicích)?
- Jak zjistíme přímku procházející dvěma body
  (v homogenních souřadnicích)?

Typy předzpracování obrazu

Barevné a jasové transformace

- Úprava jasu, kontrastu, …
- Ekvalizace histogramu
- Zvýraznění určitých charakteristik obrazu
- Prahování
- Hranové detekce
- Filtrace a vyhlazování
- …

Geometrické transformace

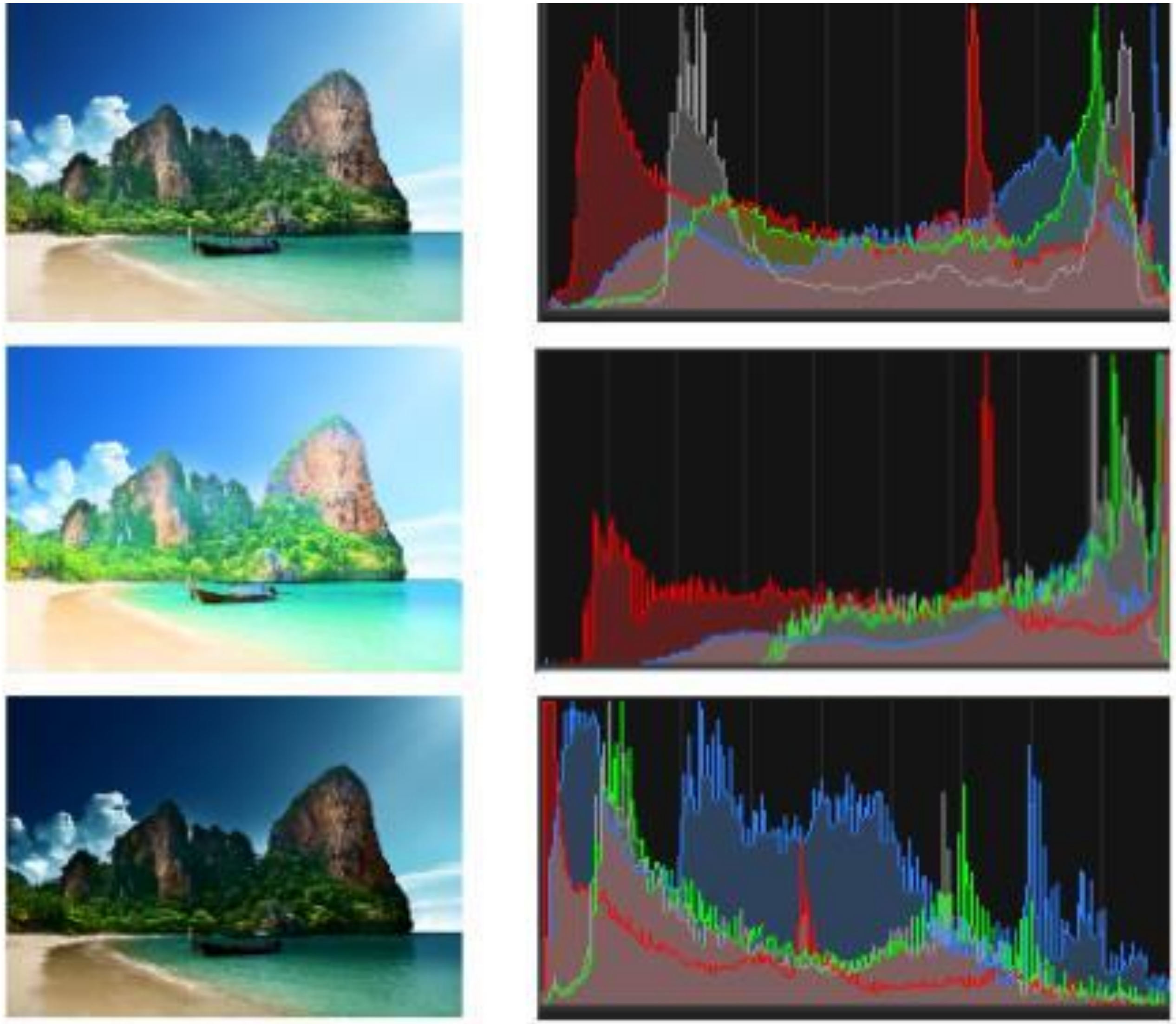
- Odstranění soudkovistosti
- Euklidovské, afinní, projektivní, …

Frekvenční transformace

Motivace předzpracování obrazu

- Nevhodná volba vyvážení bílé
- Chybné nastavení expozice
- Požadavky na jiný barevný prostor
- Odstranění šumu, zaostření snímku
- Zisk relevantních regionů
- Geometrické zkreslení znemožňující aplikaci některých algoritmů (OCR)
- Komprese dat

Barevné a jasové transformace



Převod barevného RGB snímku na černobílý

- Průměrovací metoda
  - $I = \frac{R+G+B}{3}$
- Metoda váhování
  - $I = 0{,}3R + 0{,}59G + 0{,}11B$
- V průměrovací metodě bereme 33 % hodnotu z každého RGB kanálu, ve skutečnosti však všechny barvy nepřispívají stejným dílem (fyzíkální vlastnsti, snímač, apod.)

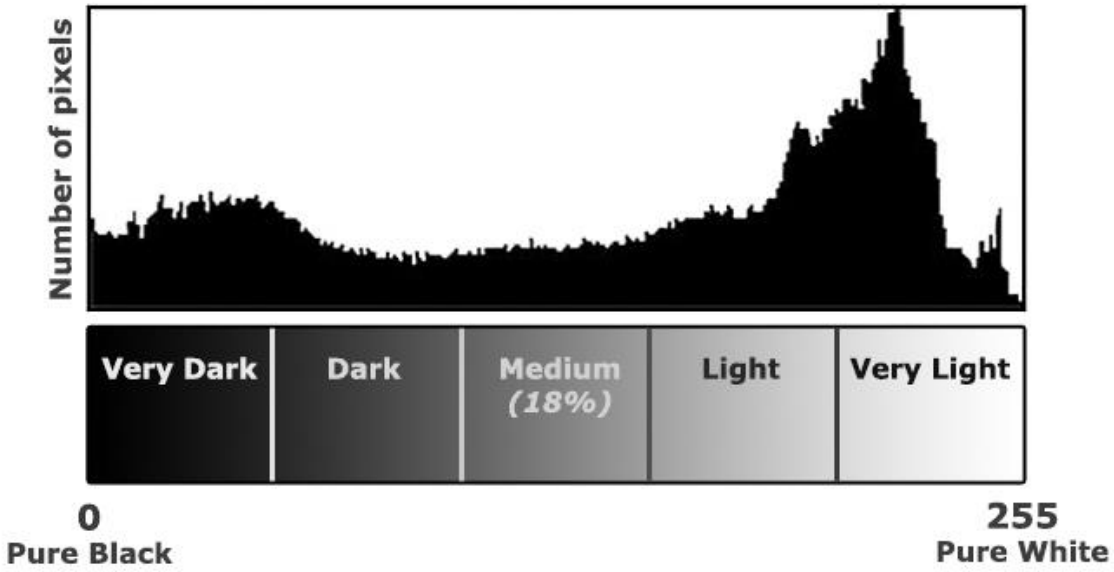
Originál

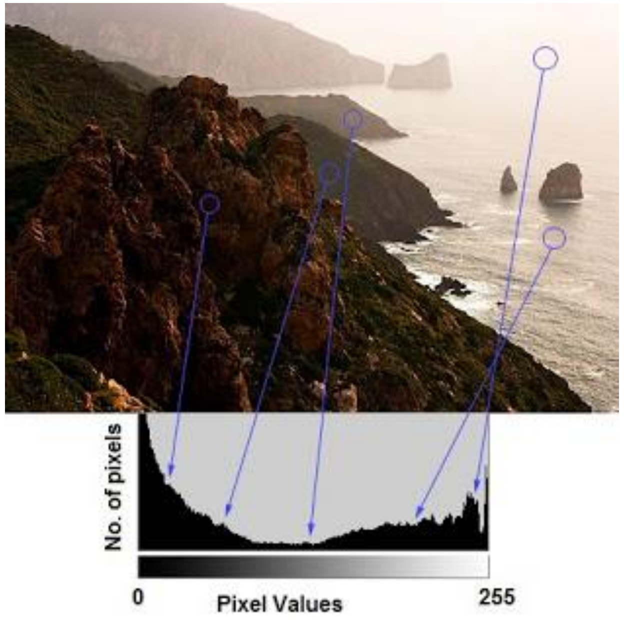
Převod průměrováním

Převod váhováním

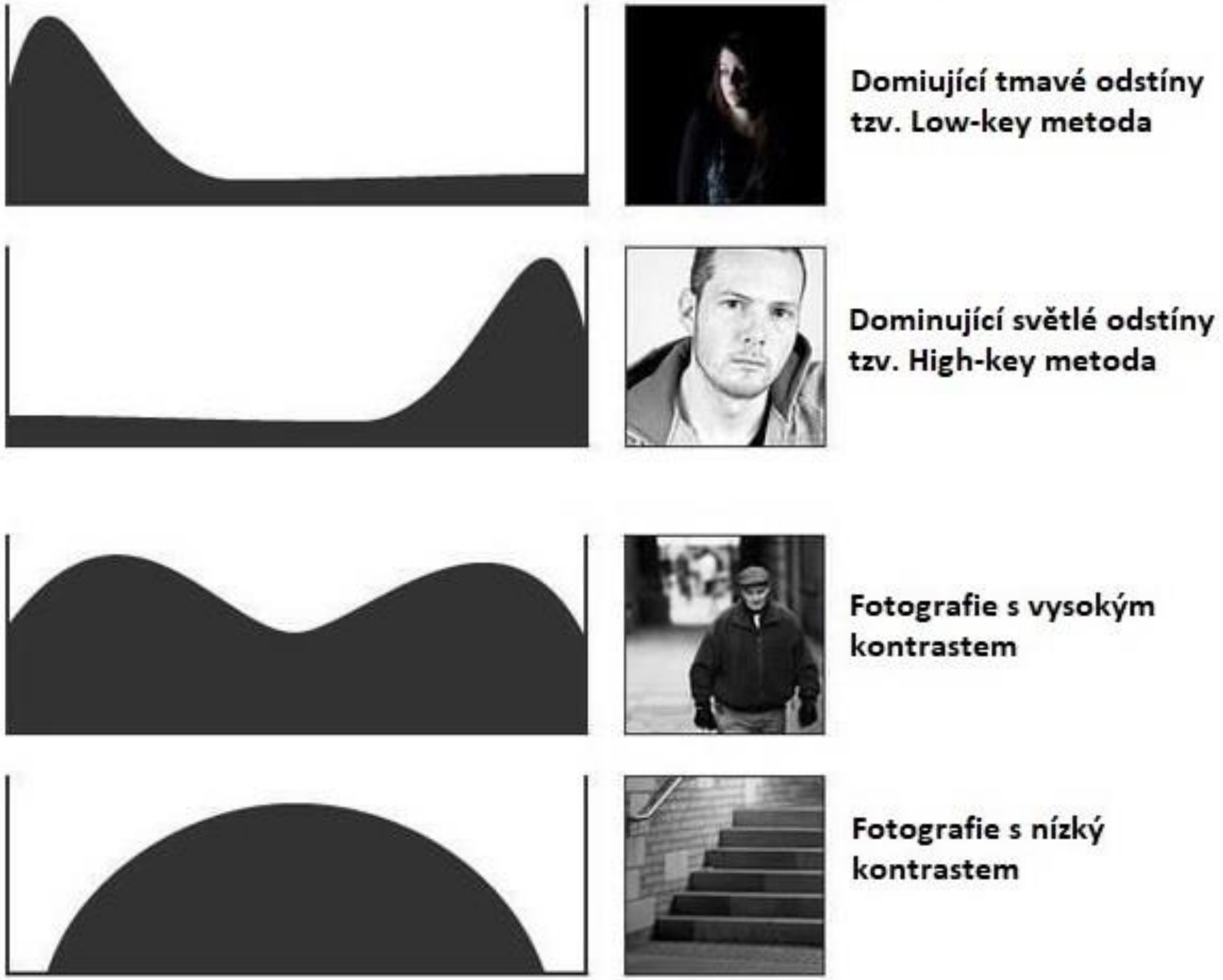
Histogram

- Grafové znázornění distribuce jasových hodnot pixelů
- Dokáže prozradit, zda je snímek vhodně exponován, zda není světlo příliš mdlé nebo ostré, případně jaké úpravy na snímek aplikovat
- Osa Y vyjadřuje četnost v daném intervalu.
- Kromě jasů existuje i pro jednotlivé RGB kanály.
- Výpočet v OpenCV - [cv2.calcHist(images, channels, mask, histSize, ranges[, hist[, accumulate]])]()





Ukázky histogramů



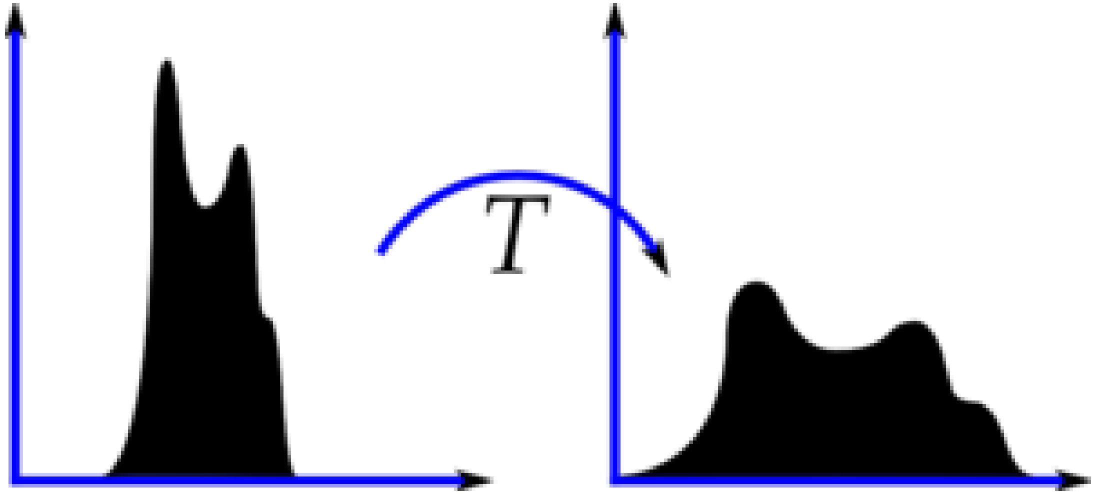
Ekvalizace histogramu

- Zajišťuje snazší interpretaci vizualizovaného obrazu pomocí zvýšení lokálního kontrastu
- Užitečné pro obrazy, které jsou příliš tmavé, příliš světlé, nebo nekontrastní
- V ekvalizovaném histogramu jsou jasové úrovně zastoupeny zhruba stejně četně
- Jednoduchá transformace na výpočet, a zároveň **invertibilní**
- Nevýhodou je **zvýrazněný šum** v obraze

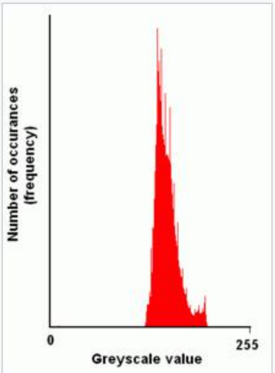
- Implementace v OpenCV - *cv2.equalizehist(hist)*

Ekvalizace histogramu

- Využití:
  - Data u kterých usilujeme o co nejpodobnější jasové podmínky pro celý dataset (např. Face recognition, ...)
  - Rentgenové snímky
  - Snímky zaznamenané termokamerou
  - Chybně exponované snímky

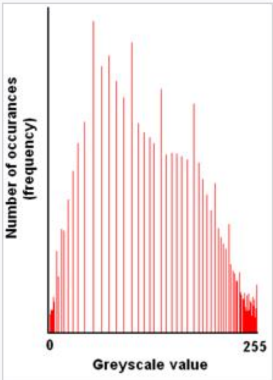


An unequalized image



Corresponding histogram

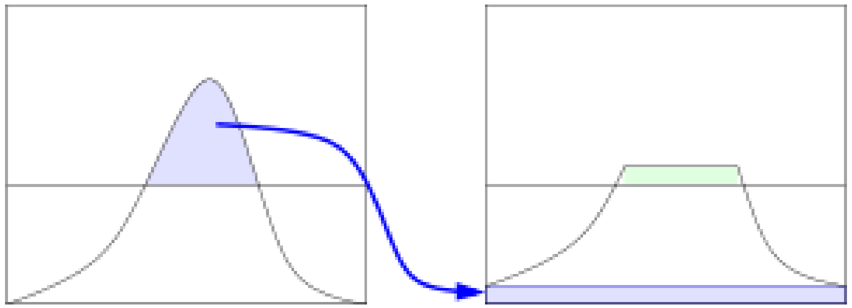
The same image after histogram equalization

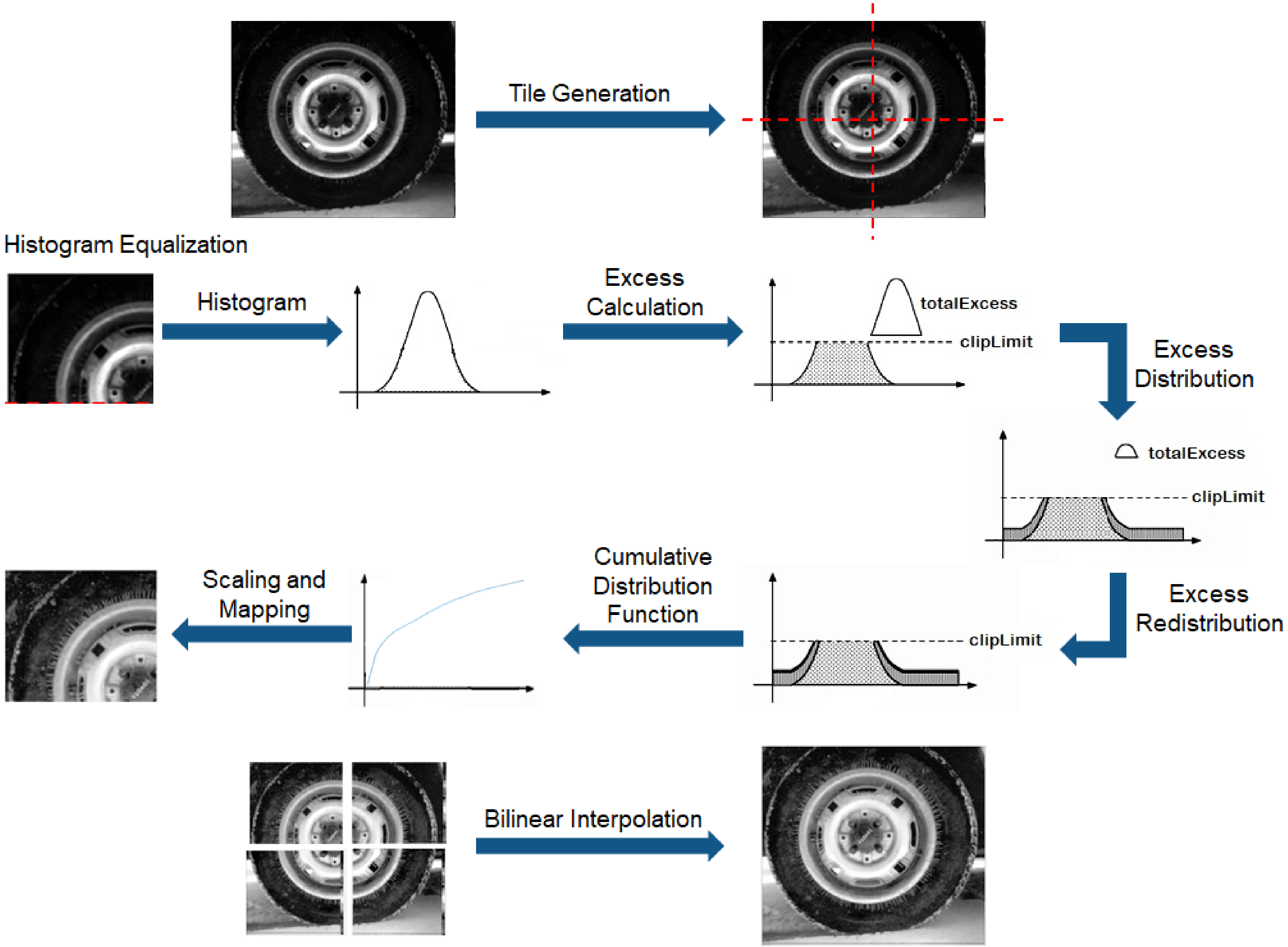


Corresponding histogram

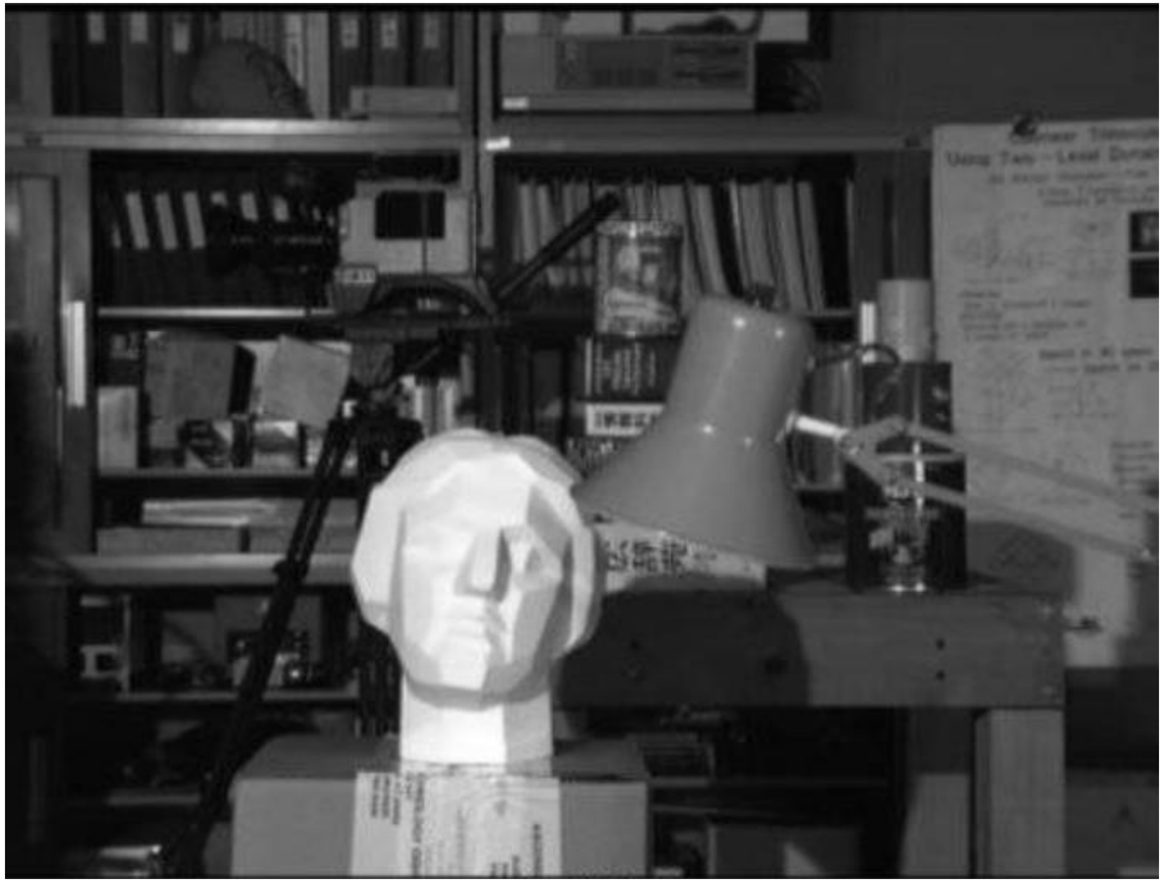
CLAHE - Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

- Klasická verze ekvalizace uvažuje pouze globální transformaci
- CLAHE využívá k výpočtu klouzavé okénko, kde pro každý region vypočte lokální histogram
- Následně se provede ekvalizace nad tímto regionem
- K tomu, aby nedošlo k přílišnému zvýraznění šumu, v případě nekontrastního regionu, se využívá "chytrý" clipping
- Implementace v OpenCV pomocí [*cv2.createCLAHE()*]

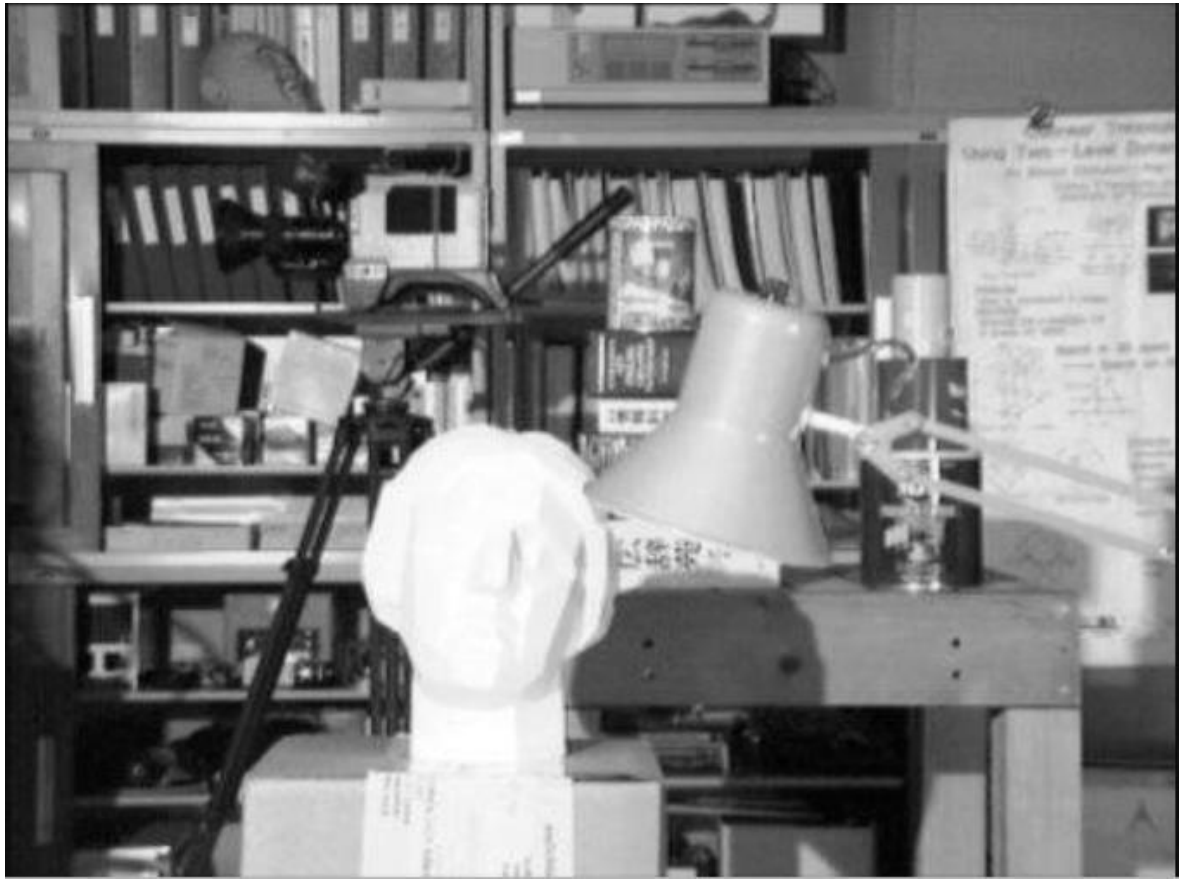



Tile Generation
Histogram Equalization
Histogram
Excess Calculation
totalExcess
clipLimit
Excess Distribution
totalExcess
clipLimit
Excess Redistribution
clipLimit
Cumulative Distribution Function
Scaling and Mapping
Bilinear Interpolation

CLAHE - Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

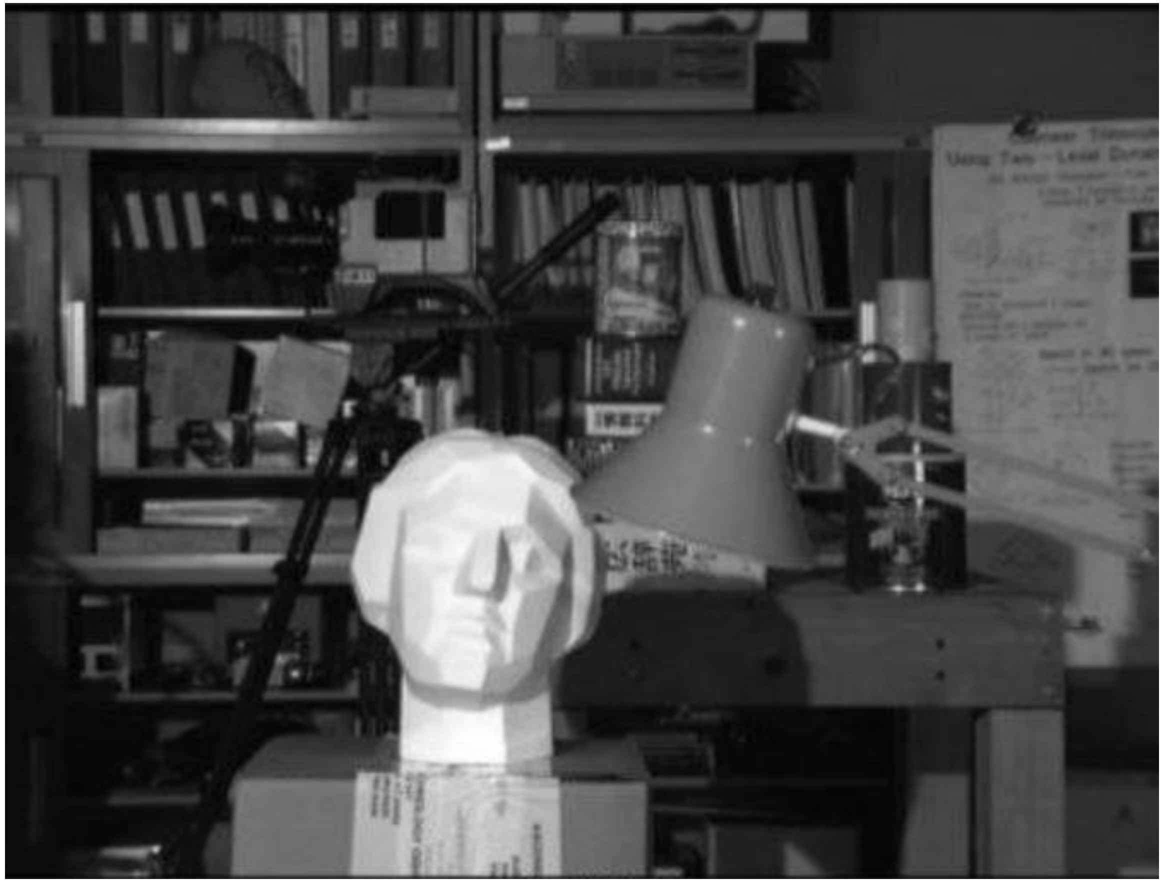


Original

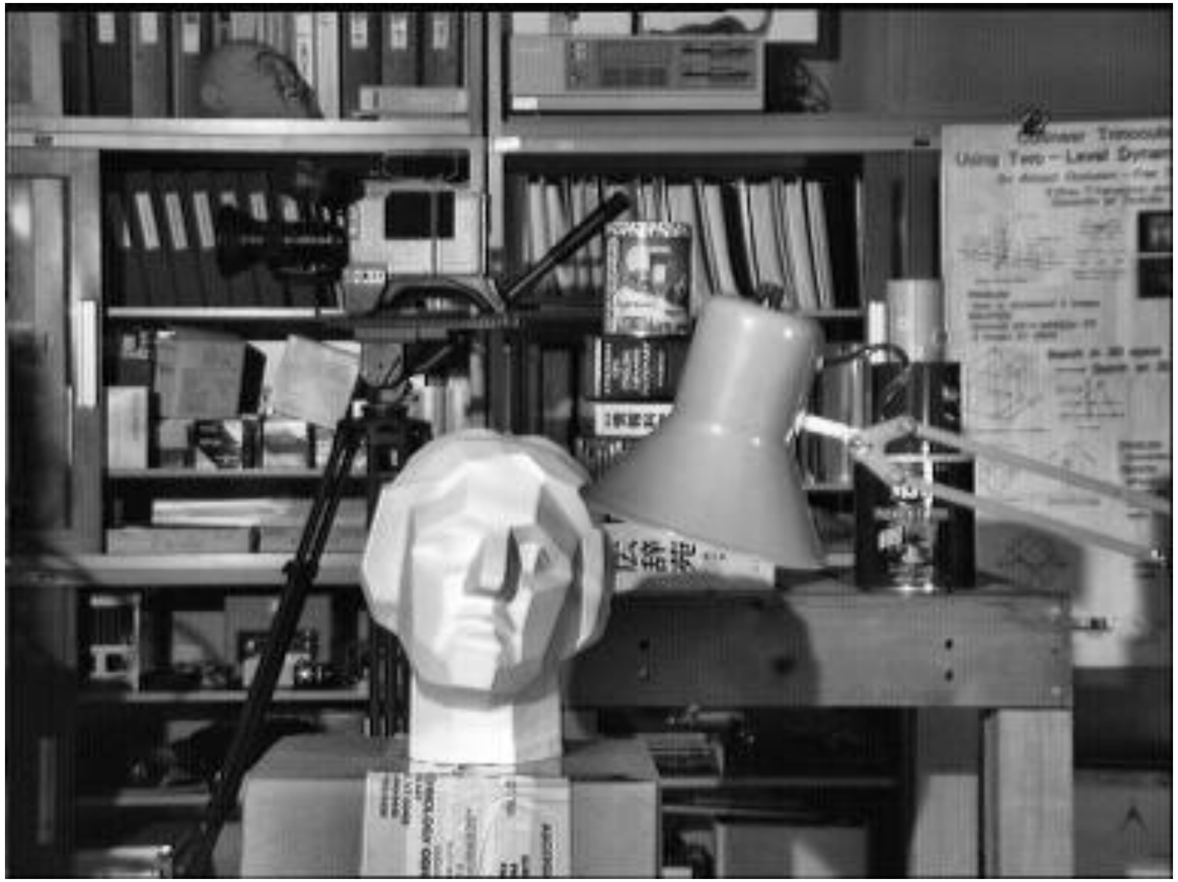


Snímek po ekvalizaci histogramu

CLAHE - Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization



Original



Snímek po aplikaci CLAHE

Úprava jasu

- Dále předpokládáme 2D obrazový snímek reprezentovaný pomocí matice, funkci $f(i,\ j)$, která vrátí hodnotu/vektor pixelu v řádku i a sloupci j a taktéž funkci $g(i, j)$, která vrací hodnotu/vektor pixelu po transformaci

- Triviální příklad zvýšení jasu můžeme provést přičtením konstanty $\beta > 0$ ke každému pixelu (naopak snížení jasu přičtením $\beta < 0$)
  - $g(i,j) = f(i,\ j) + \beta$
  - Jak se tato transformace projeví v RGB snímku? Jak v černobílém?

Jak chytřeji změnit jas snímku? *(Nápověda: jiný barevný prostor)*

Úprava jasu - příklad

- Originální obrázek:

12	23	84	122
123	34	92	200
23	45	29	73

- Zvýšení jasu o 60:

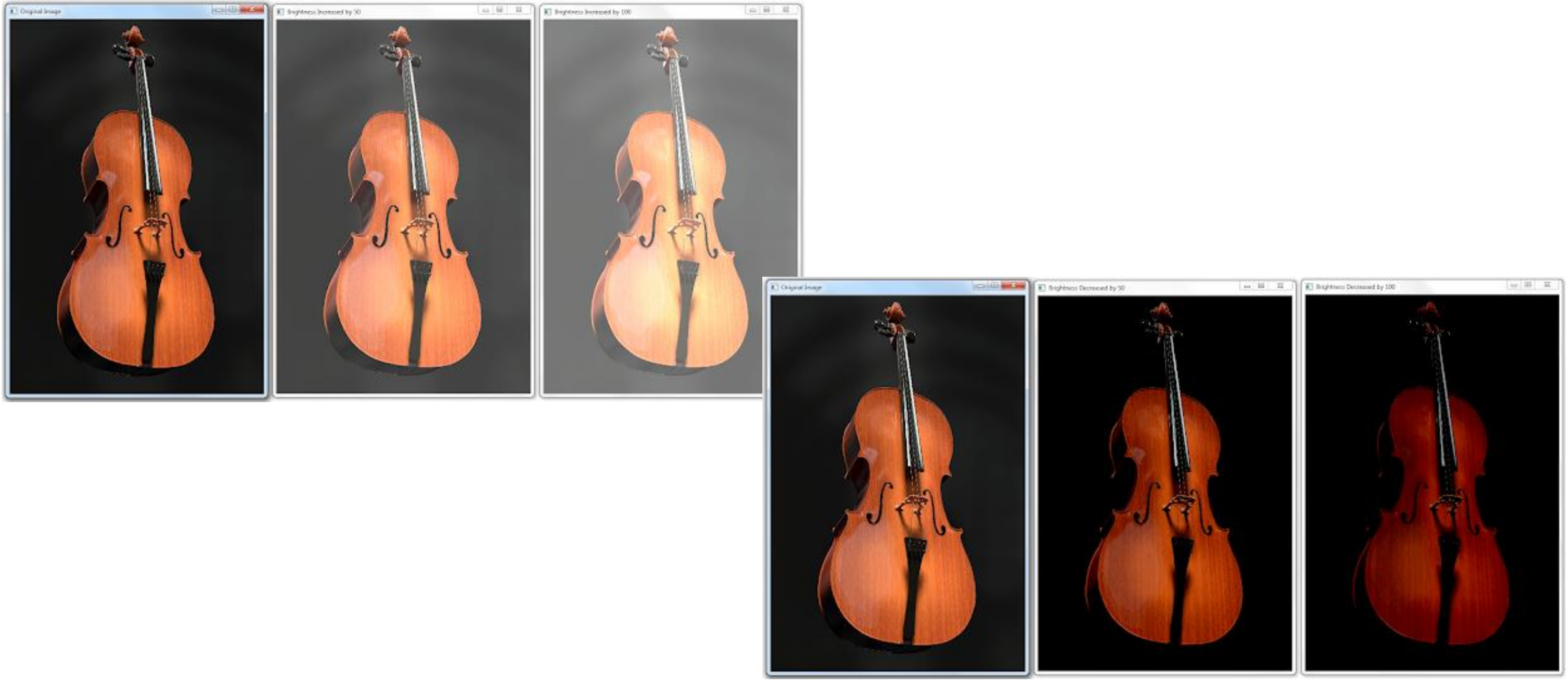
12 + 60	23 + 60	84 + 60	122 + 60
123 + 60	34 + 60	92 + 60	200 + 60
23 + 60	45 + 60	29 + 60	73 + 60

=

72	83	144	182
183	94	152	255
83	105	89	133

- Při přesažení hodnoty 255 ztrácíme v 8 bitovém obraze informace

Úprava jasu - příklad



Úprava kontrastu

- Změna kontrastu $g(i, j) = \alpha * f(i,\ j)$
  - Snížení pro $0\ < \alpha\ <\ 1$
  - Zvýšení pro $\alpha >\ 1$
- Originální obrázek:

144	245	132	54
10	62	81	84
99	106	29	7

- Zvýšení kontrastu o faktor 2

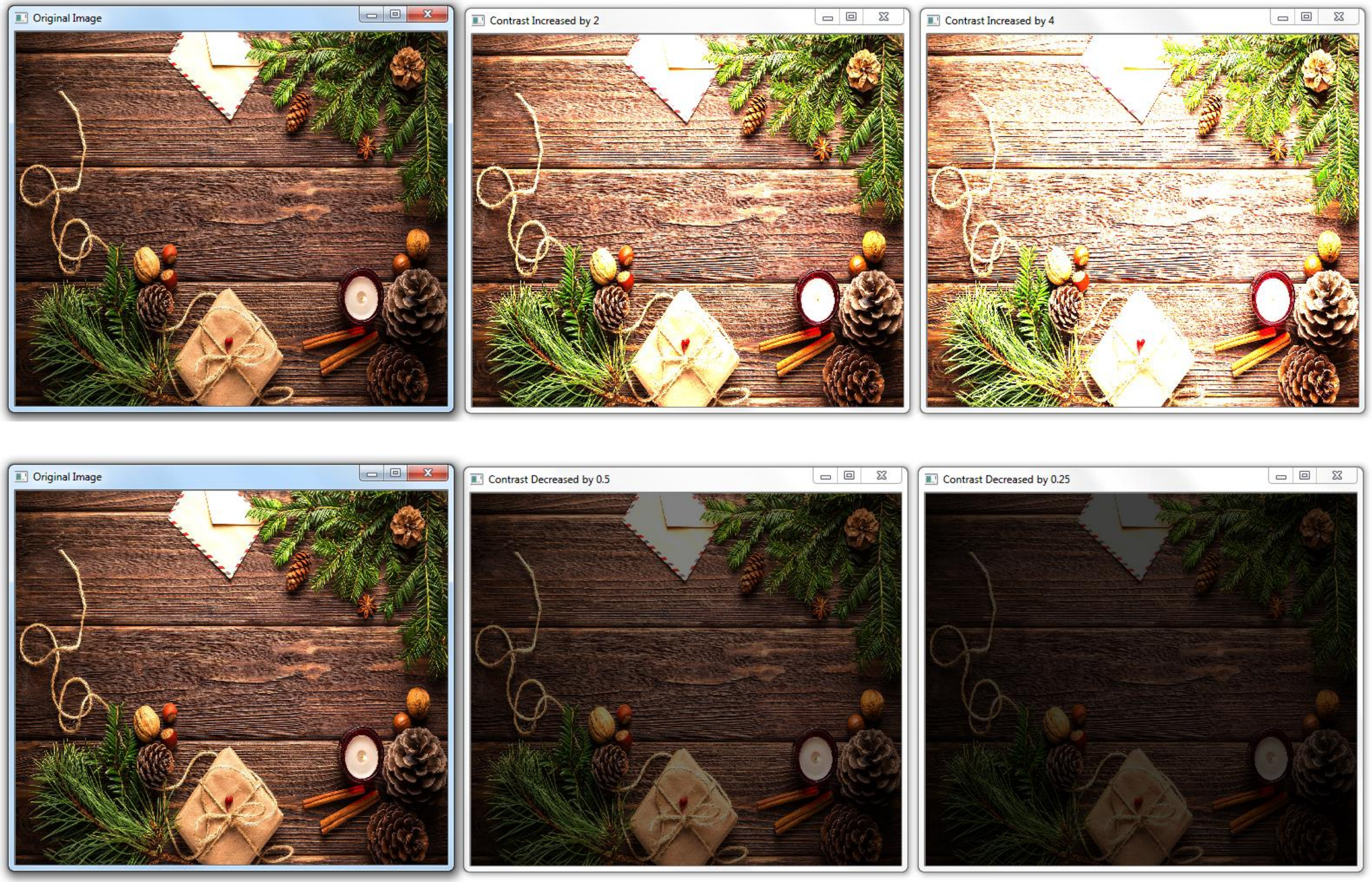
144 * 2	245 * 2	132 * 2	54 * 2
10 * 2	62 * 2	81 * 2	84 * 2
99 * 2	106 * 2	29 * 2	7 * 2

=

255	255	255	108
20	124	162	168
198	212	58	14

- Při přesažení hodnoty 255 ztrácíme v 8 bitovém obraze informace

Úprava kontrastu - příklad



Změna jasu a kontrastu dohromady

- Nejčastěji se však setkáme s formulací
  - $g(i,\ j) = \ \alpha * f(i,\ j) + \beta$
  - viz dokumentace v [OpenCV]

Je jasová a kontrastní transformace invertibilní?

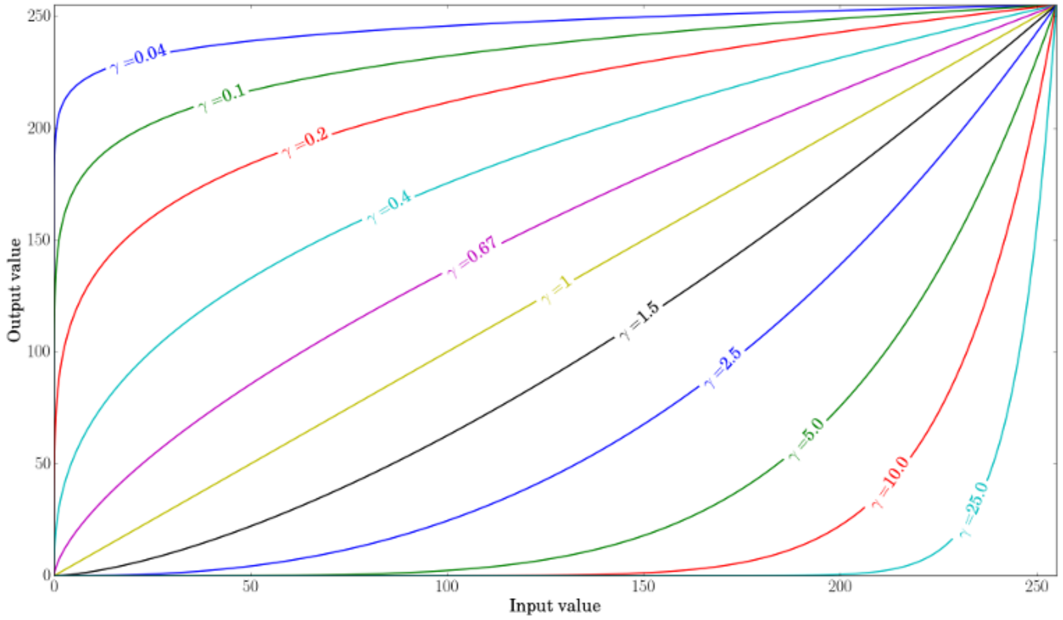
Změna jasu a kontrastu dohromady

Není, neboť při clippingu přicházíme o datové informace

Ukázka přidáni jasu a zvýšení kontrastu - $\alpha = 1.3 \wedge \beta = 40$

Gamma korekce

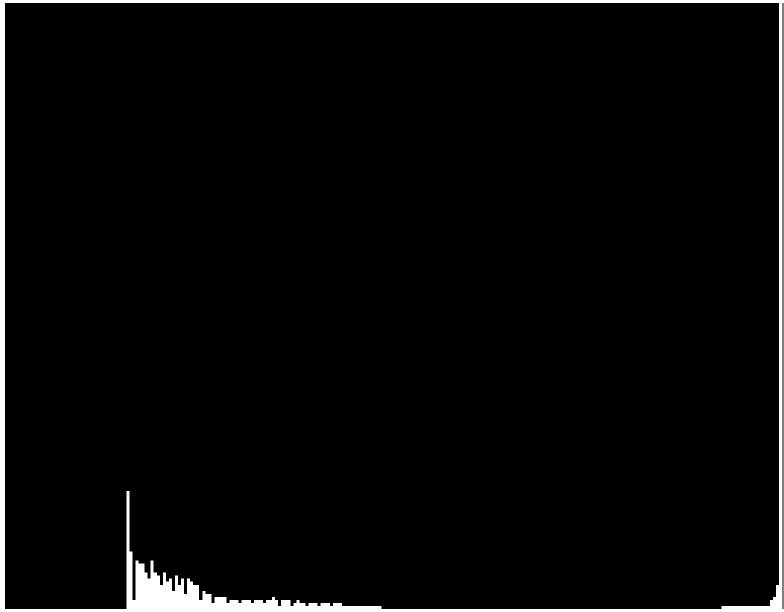
- Je nelineární transformace všech pixelů, která se snaží dát stínům a světlům více prostoru
  - $g(i,\ j) = \left(\frac{f(i,j)}{255}\right)^{\gamma} * 255$
  - Pro $\gamma < 1$ zesvětlení stínů - posun histogramu doprava
  - Pro $\gamma > 1$ ztmavení světel - posun histogramu doleva



Gamma korekce

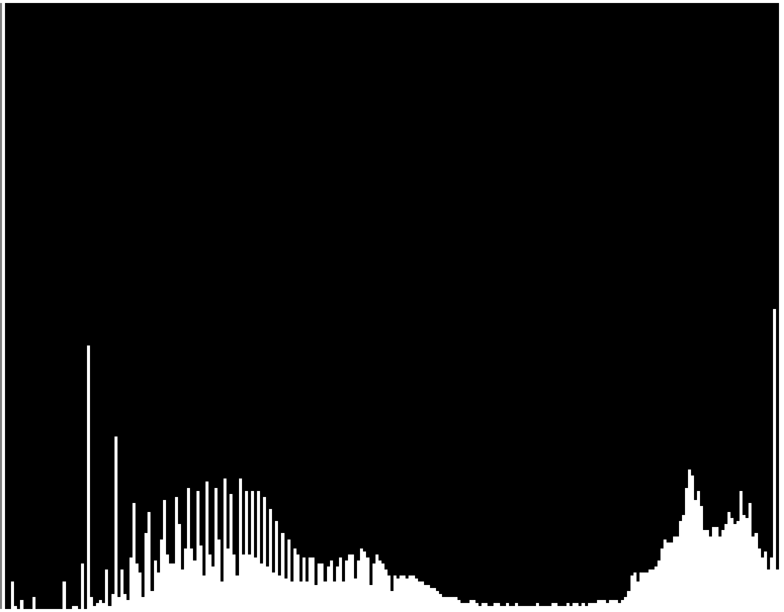
Ukázka gamma korekce pro $\gamma = 0.4$

Úprava jasu vs gamma korekce – příklad histogramu



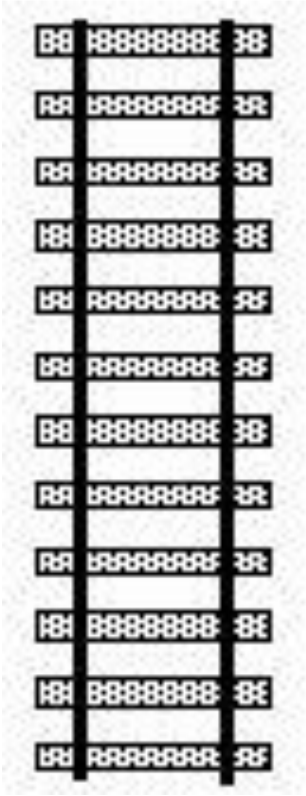
Zesvětlení pomocí zvýšení jasu (přičtení β)

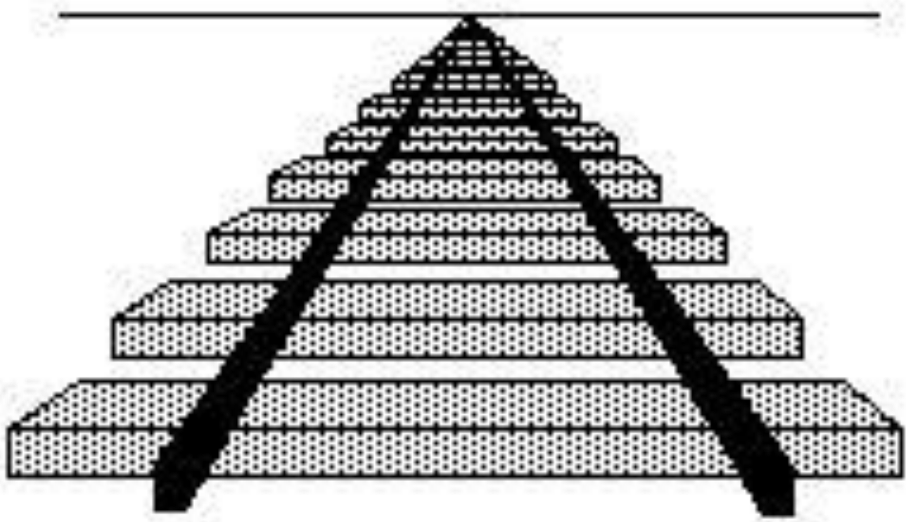
Histogram originálního snímku



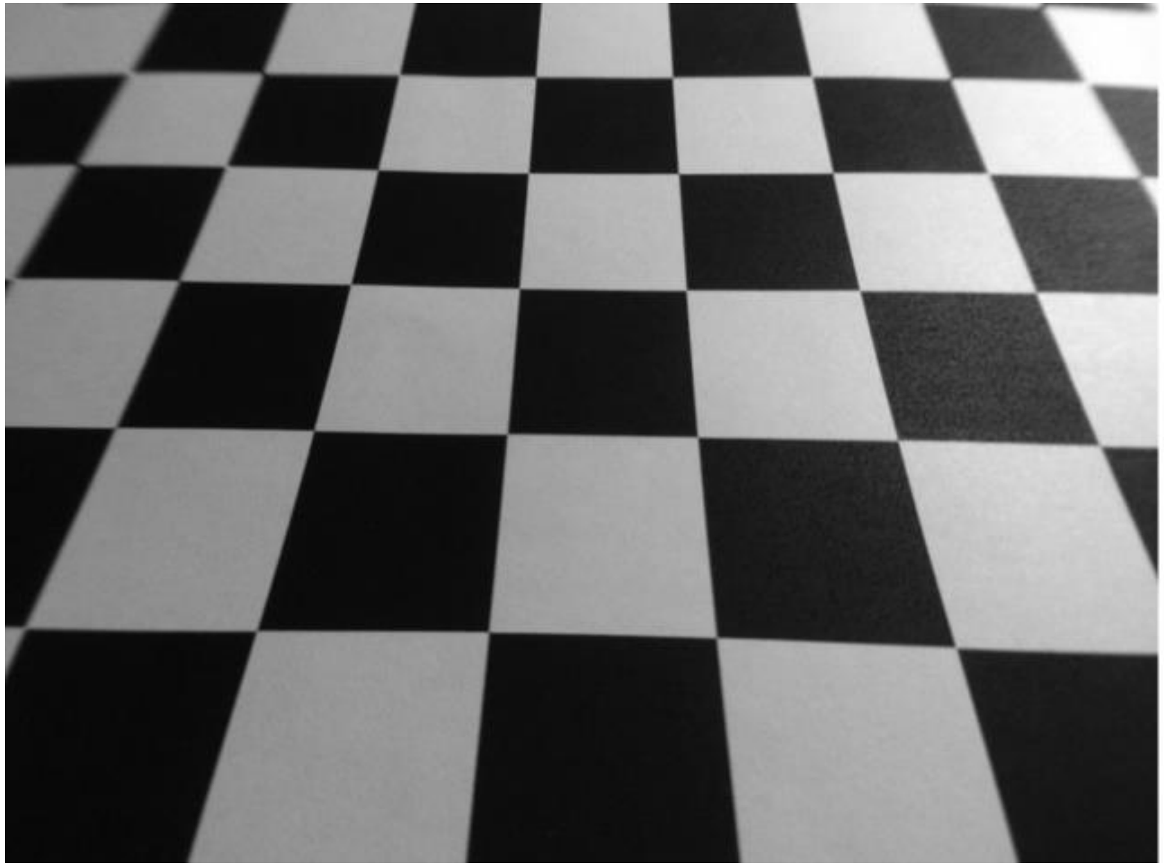
Zesvětlení pomocí gamma korekce

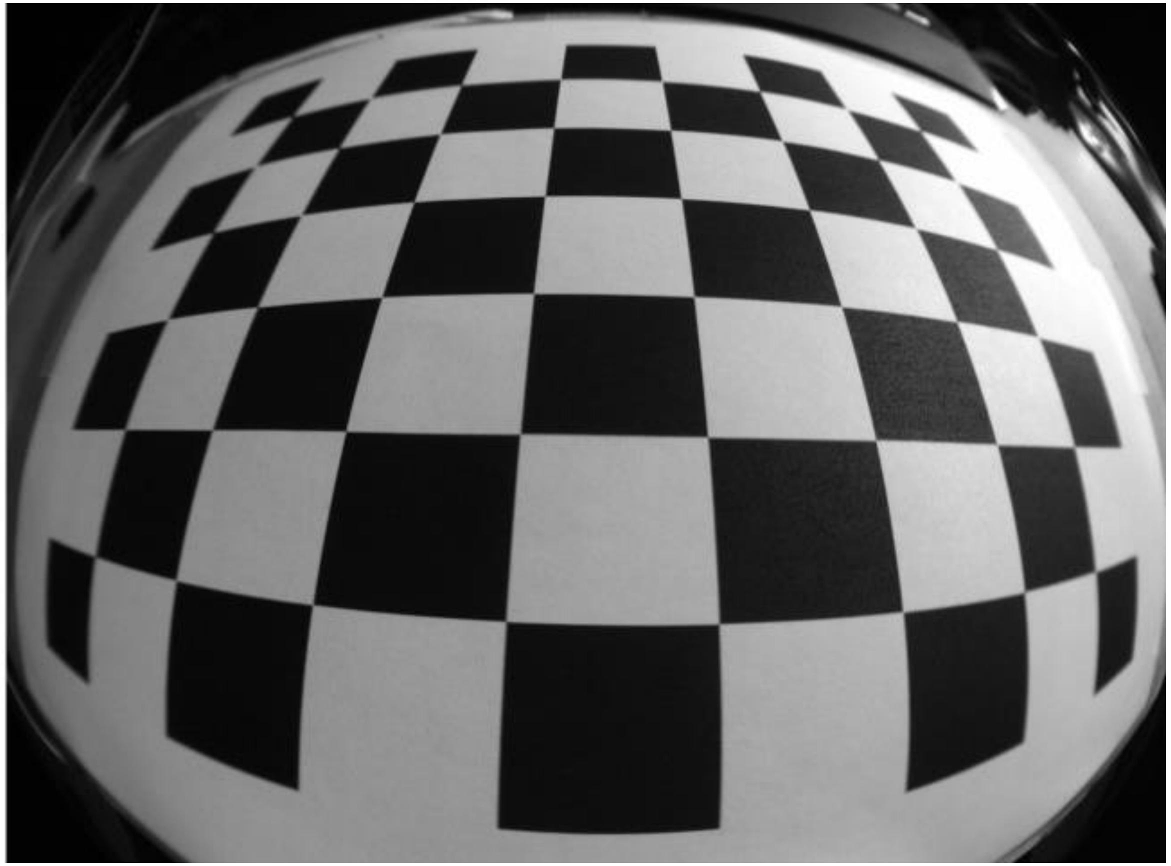
Geometrické transformace



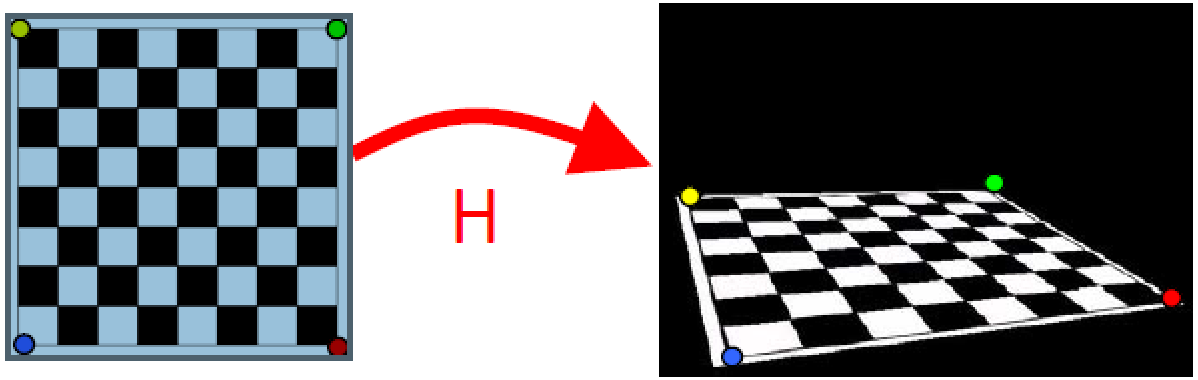


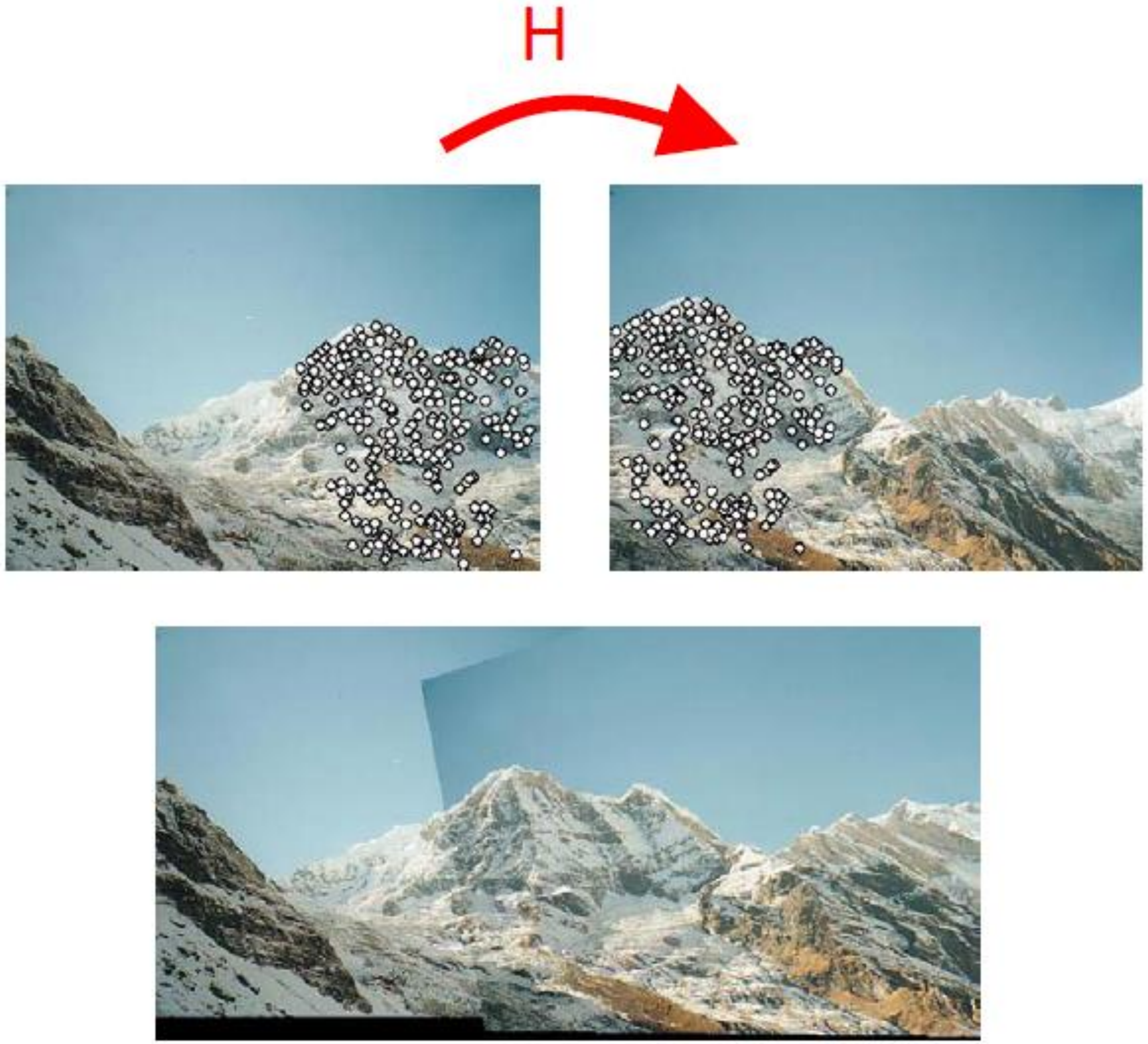
Kalibrace kamery





2D projektivní transformace (homography)

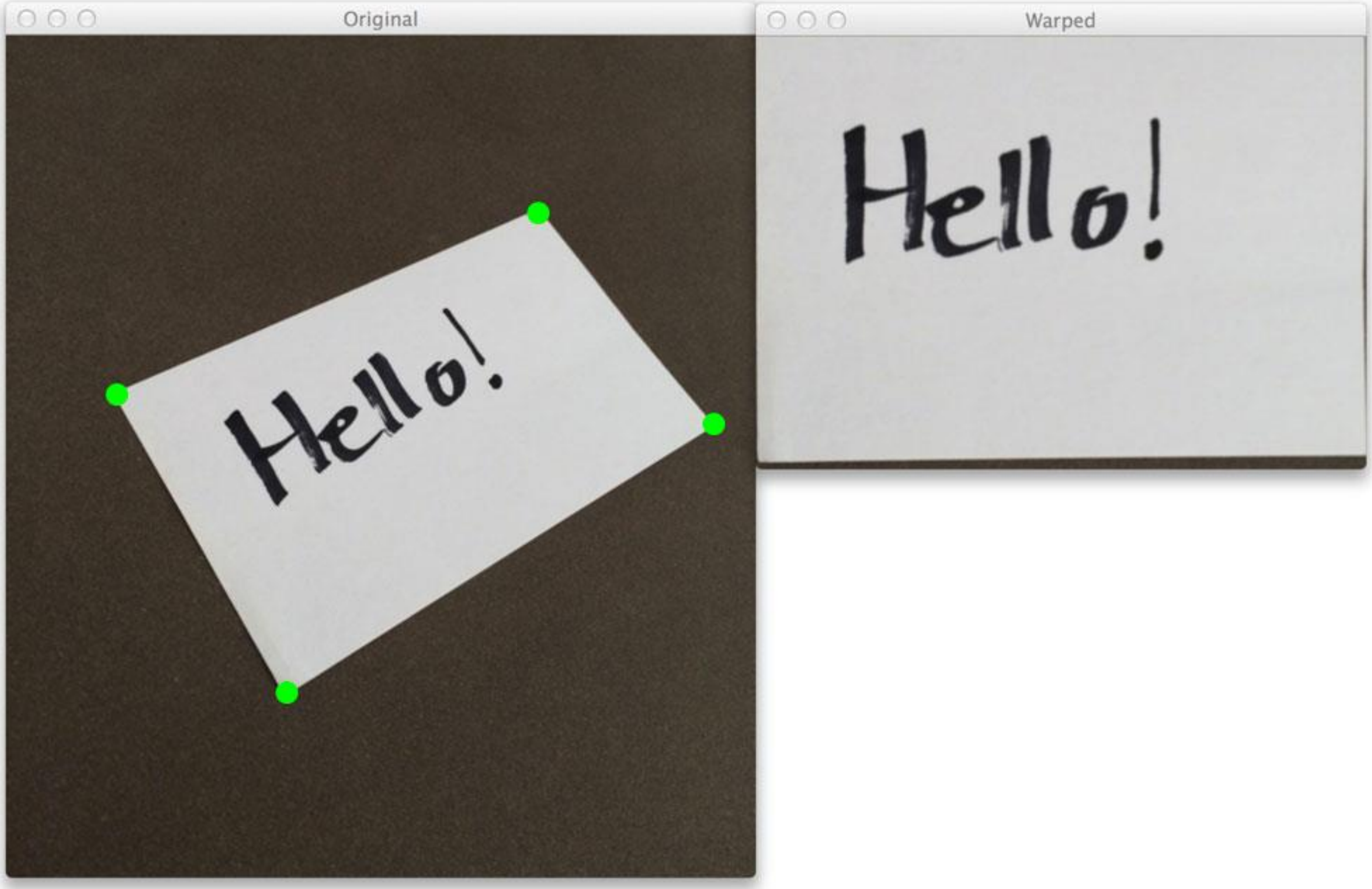




2D projektivní transformace (homography)

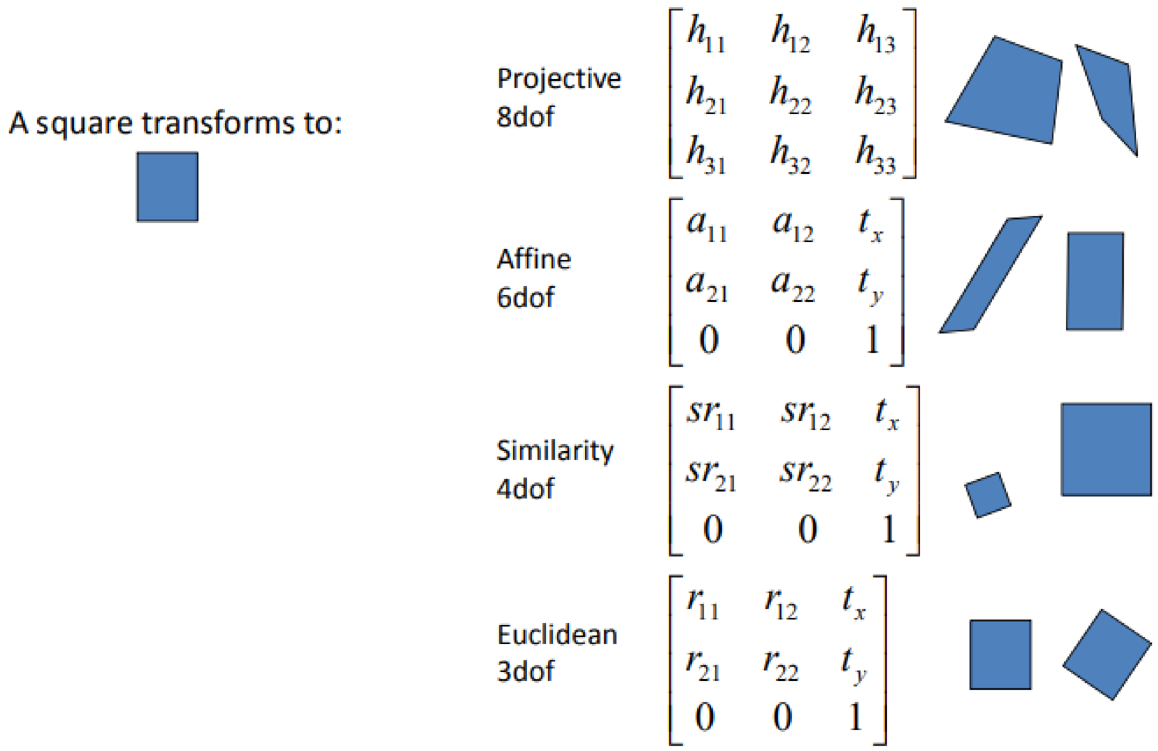
2D projektivní transformace (homography)

- Příklad



Typy geometrických transformací

- Nejpoužívanější transformace v 2D rovině:
  - Posunutí
  - Euklidovská (lineární)
  - Podobnostní
  - Afinní
  - Projektivní



- 3D transformace jsou obdobné
  - využívají matice 4x4

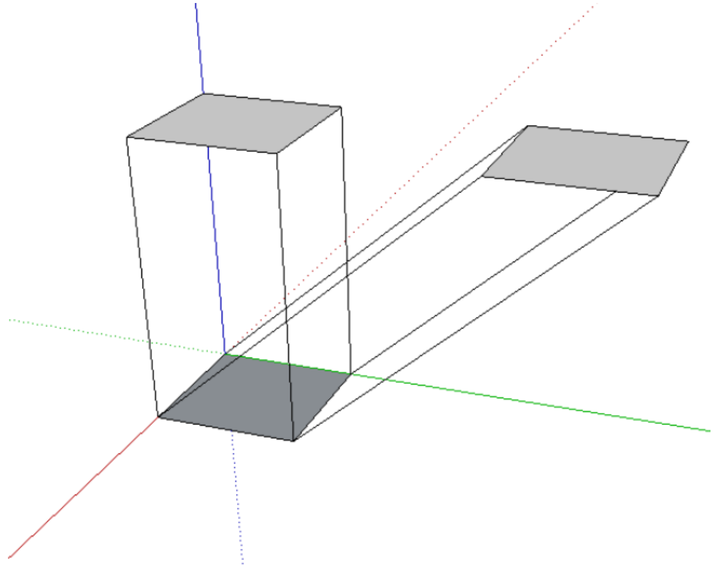
- Hierarchie:
  - Euklidovské $\subset$ Podobnostní $\subset$ $Afinní$ $\subset$ Projektivní

Geometrické transformace – posunutí

- Příklad ve 2D
  - $(u_x, u_y) = (v_x, v_y) + (t_x, t_y) \rightarrow u = v + t$

  - Maticově
    - Výhodné, neboť v homogenních souřadnicích se jedná o lineární operaci
    - Díky tomu se 2D posun vyjádří pomocí operace 3D zkosení

- $\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$



Geometrické transformace – Euklidovská

- Rotace a posunutí
- Zachovává velikosti úhlu, poměry ploch a vzdálenosti mezi body (izometrické zobrazení) – proto ten název

- Příklad ve 2D
  - $(u_{x,} u_y) = \left(v_x \cos\theta - v_y \sin\theta + t_x, v_x \sin\theta + v_y \cos\theta + t_y\right)$
  - Kde θ je úhel otočení ve stupních od počátku souřadnicového systému

  - Maticově
    - $u = T\,R\,v$
    - $\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & t_x \\ \sin\theta & \cos\theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$

  - Jak by operace rotace mohla maticově vypadat ve 3D? *Vysvětlení*

Geometrické transformace – podobnostní

- Škálování, rotace a posunutí
- Zachovává velikosti úhlů a poměr vzdálenosti bodů na přímce

- Příklad ve 2D
  - $(u_x, u_y) = \left(sv_x \cos\theta - sv_y \sin\theta + t_x, sv_x \sin\theta + sv_y \cos\theta + t_y\right)$
  - Maticově
    - $u = T\,R\,S\,v$
    - $\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{s} \cos\theta & s - \sin\theta & t_x \\ s \sin\theta & s \cos\theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$

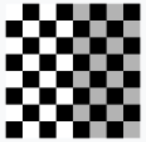
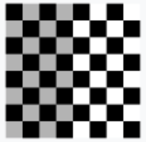
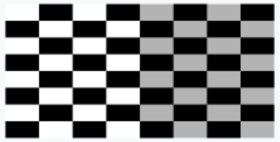
Geometrické transformace – afinní

- Skládá se z kombinace lineárních transformací (škálování, rotace a zkosení) a posunu
- Zachovává kolinearitu, vlastnost rovnoběžnosti, poměr vzdálenosti bodů na přímce a poměry ploch
- Zobrazení mezi afinními prostory - všechny Euklidovské prostory jsou afinní, ale ne všechny afinní jsou Euklidovské.
- Transformace nemusí nutně zachovávat úhly, vzdálenosti a souřadnice počátku (nulový bod)
- Každá lineární transformace je afinní, ale ne každá afinní transformace je lineární (díky nezachovávání souřadnic počátku)
- Pokud vám výše uvedené informace nedávají smysl, zopakujte si homogenní souřadnice. Jednoduché vysvětlené homogenních souřadnic.

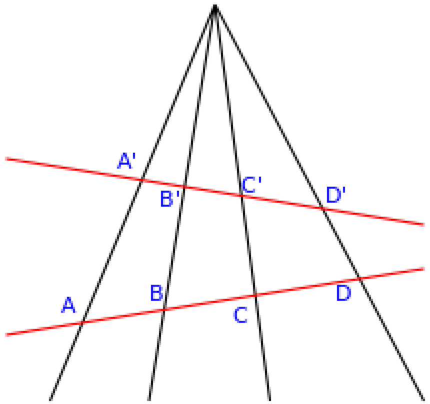
Geometrické transformace – afinní

- Není natolik silný nástroj, aby transformoval čtverec na libovolný čtyřúhelník – k tomu se využívá projektivní
- Nejčastěji využití je v počítačové grafice
- Záleží na pořadí prováděných operací?

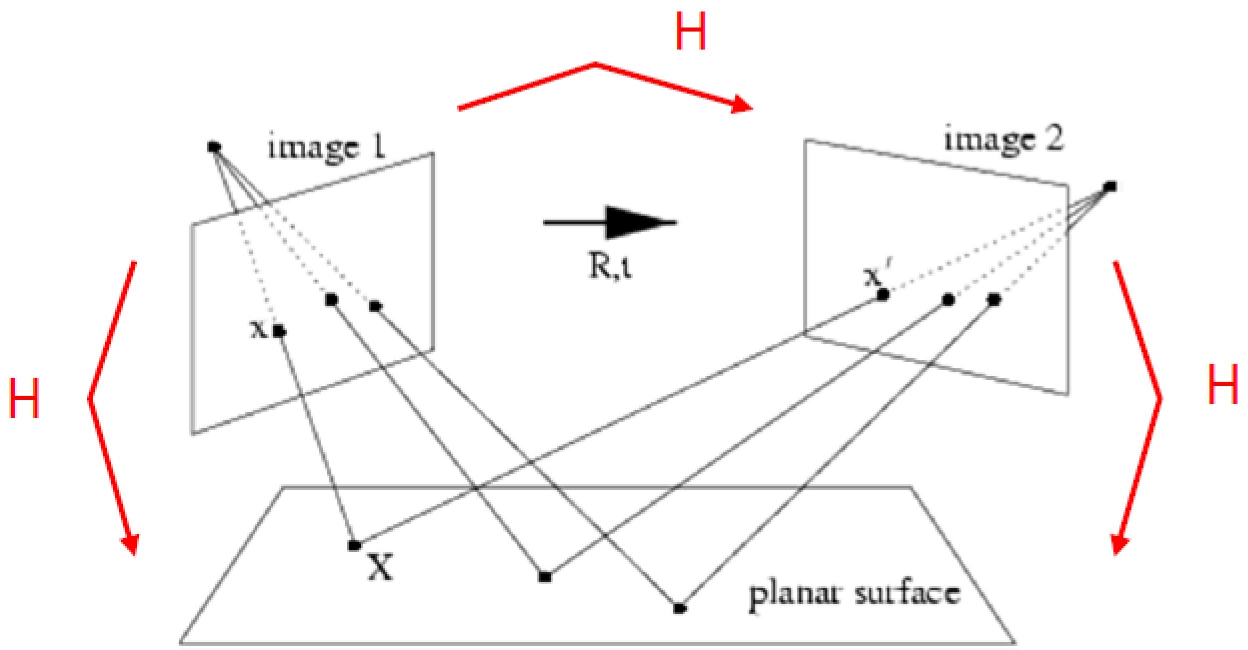
- Maticově ve 2D
  - $u = A\,v$
  - $\begin{pmatrix} u_x \\ u_y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & a_{0,2} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & a_{1,2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ 1 \end{pmatrix}$

Transformation name	Affine matrix	Example
Identity (transform to original image)	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Reflection	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Scale	$\begin{bmatrix} c_x = 2 & 0 & 0 \\ 0 & c_y = 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Rotate	$\begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	 where $\theta = \frac{\pi}{6}$ =30°
Shear	$\begin{bmatrix} 1 & c_x = 0.5 & 0 \\ c_y = 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	

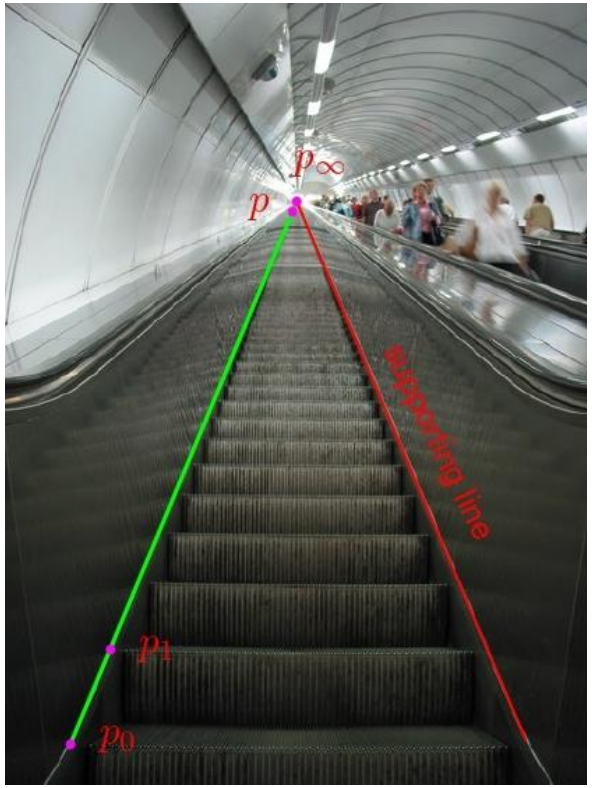
Geometrické transformace – projektivní

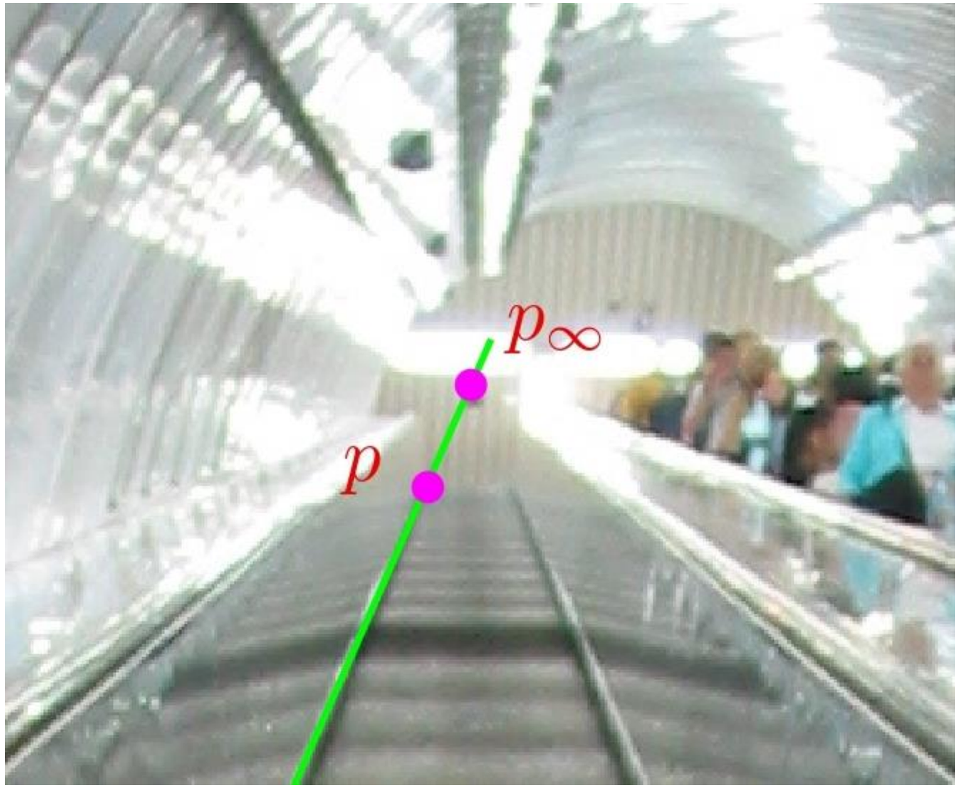


- Zachovává [dvojpoměr]() a [kolinearitu]()
- Vyžaduje homogenní souřadnice, neboť je mění
- Body se souřadnicemi v nekonečnu dokáže převést na konečné a naopak
- Co má společného afinní a projektivní transformace?
- [Příklad dvojpoměru - R. Carlos]()



Dvojpoměr v praxi

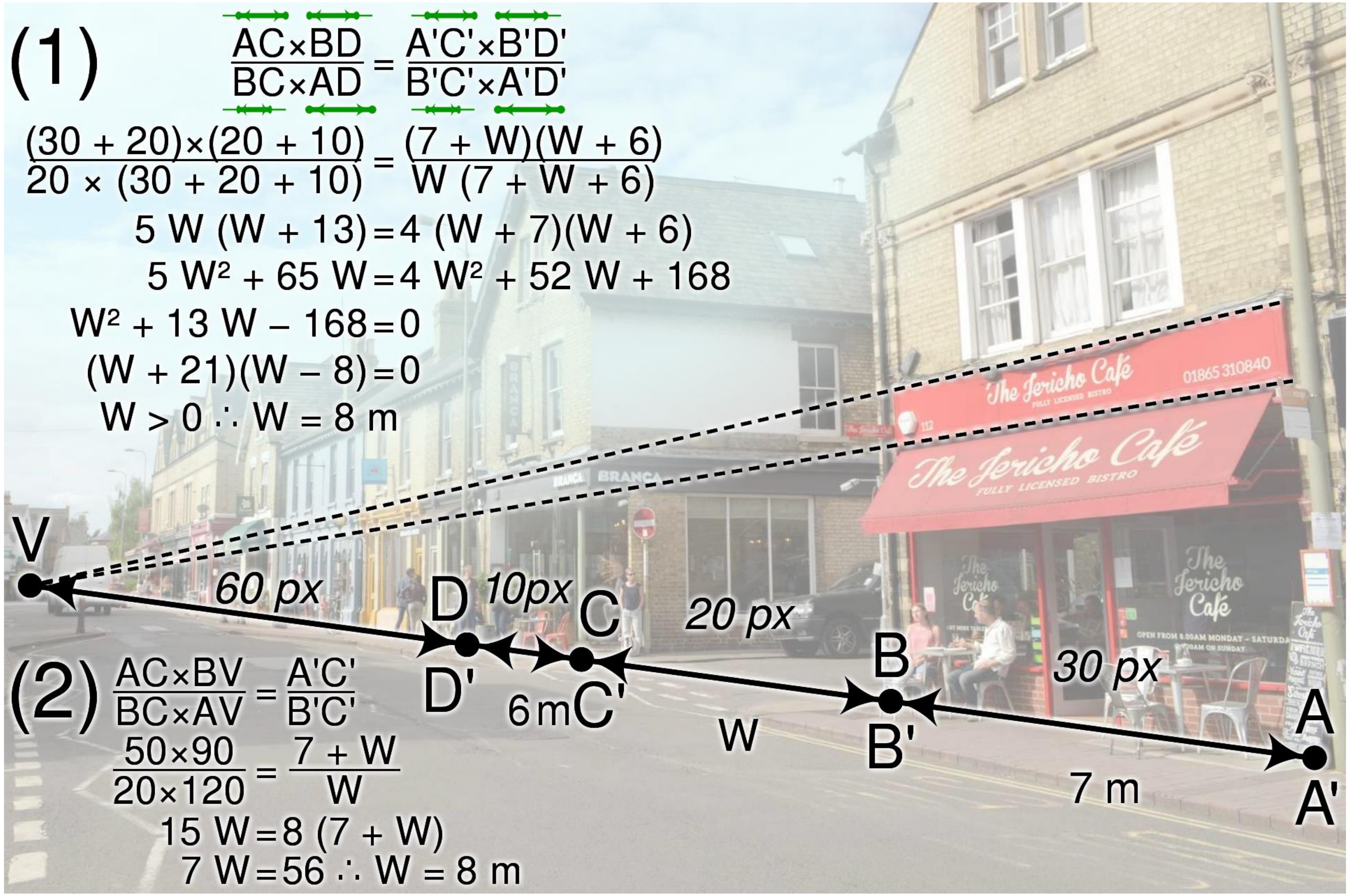




- Reálný počest schodů 216, vypočtený počet schodů 214
- Více viz. [TDV na FEL ČVUT]

Dvojpoměr v praxi

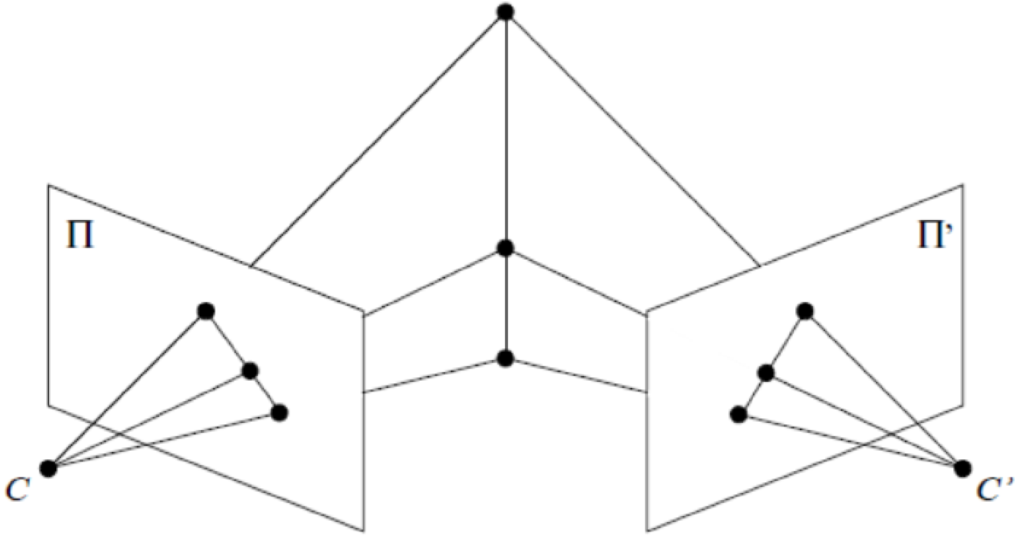
- [Příklad](#)



2D projektivní transformace (homography)

- Transformace mezi projektivními rovinami
- K výpočtu se je nutné znát minimálně 4 bodové korespondence
- Následně se aplikuje algoritmus DLT, tím získáme matici H
- Při přítomnosti odlehlých bodu (outliers) – použijeme RANSAC
- V OpeCV – *cv2.findHomography()* a *cv2.warpPerspective()*

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \rho_i' x_i' \\ \rho_i' y_i' \\ \rho_i' \end{bmatrix}}_{\text{image point}} = \tilde{\mathbf{x}}_i' = \mathbf{H}\tilde{\mathbf{x}}_i = \underbrace{\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix}}_{\text{homography}} \underbrace{\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix}}_{\text{image point}}$$



- Afinní transformace je speciálním případem když: $h_{31} = h_{32} = 0,\ h_{33} = 1$