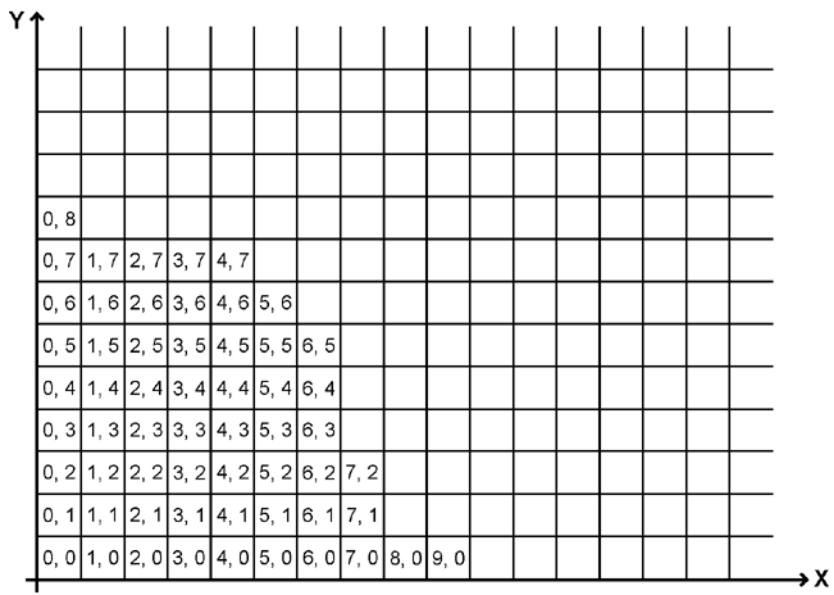


Analýza a zpracování digitálního obrazu

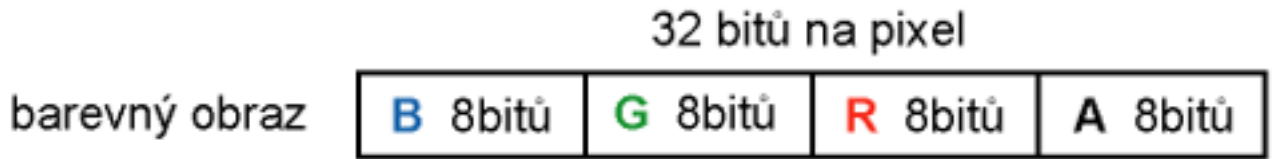
Úlohy strojového vidění lze přibližně rozdělit do sekvence čtyř funkčních bloků:

- Předzpracování veškerých obrazových dat pomocí filtrací (tj. transformací obrazové funkce).
- Nalezení segmentů obrazu s charakteristickými příznaky hledaných objektů, např. hrany, barvy atd.
- Nalezení objektů.
- Nalezení relací mezi objekty.

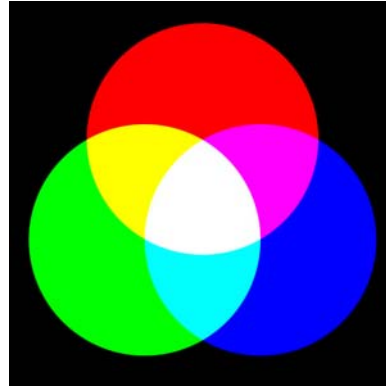
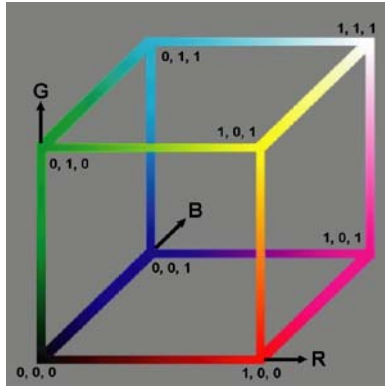
Digitální obraz – dvourozměrná diskretní obrazová funkce



Reprezentace obrazu v paměti

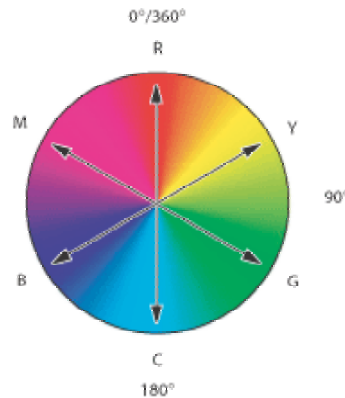
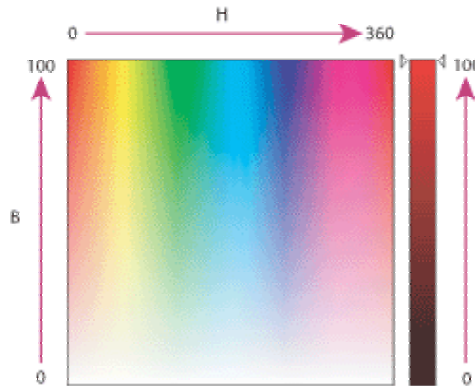


Barvy v digitálním obrazu – barevné prostory

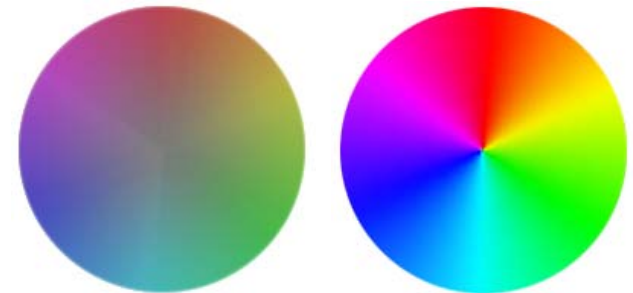


RGB prostor
změna jasu = změna barvy

HSV prostor (Hue, Saturation, Value), někdy také HSB (Hue, Saturation, Balance) je barevný model odpovídající lidskému intuitivnímu popisu barev. Má tři základní parametry: tón (odstín), sytost (saturace) a jas.



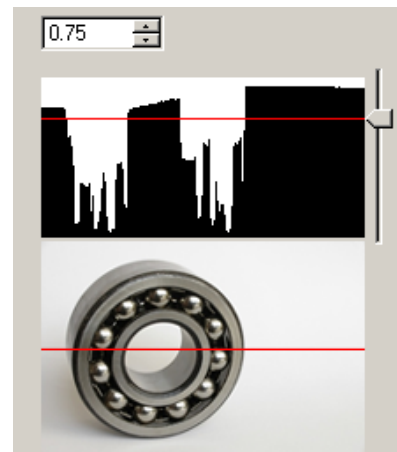
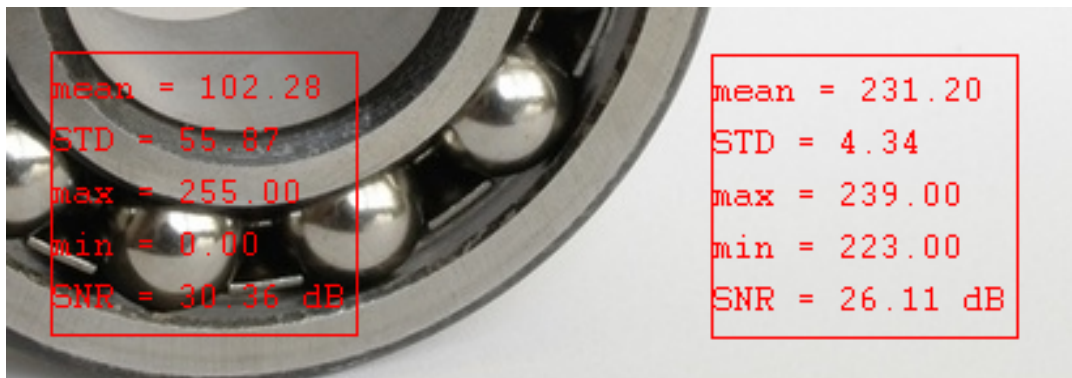
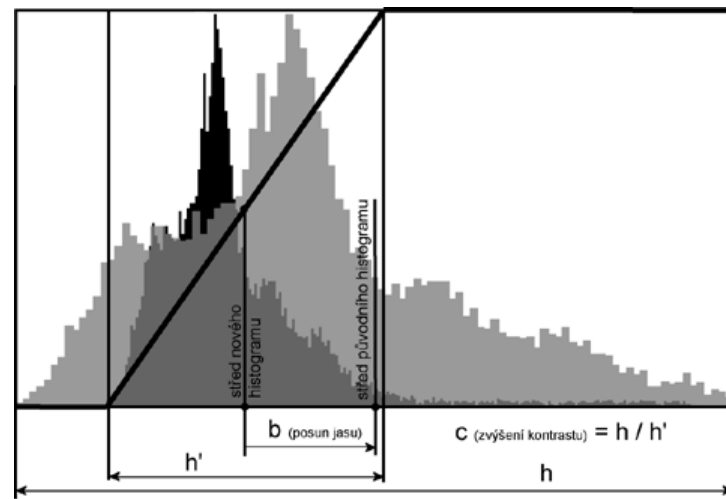
Detekce a filtrace barev



Filtrace a úpravy obrazu

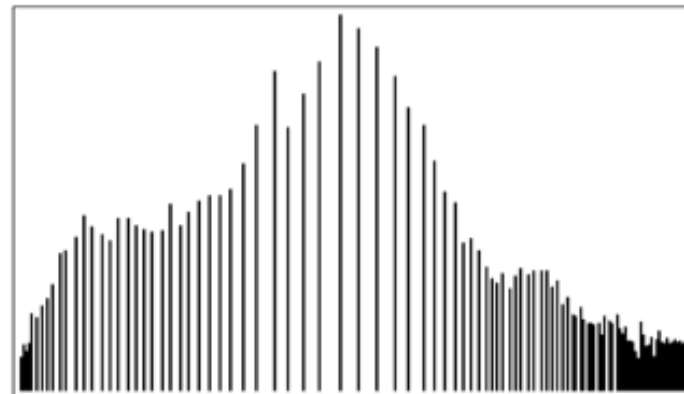
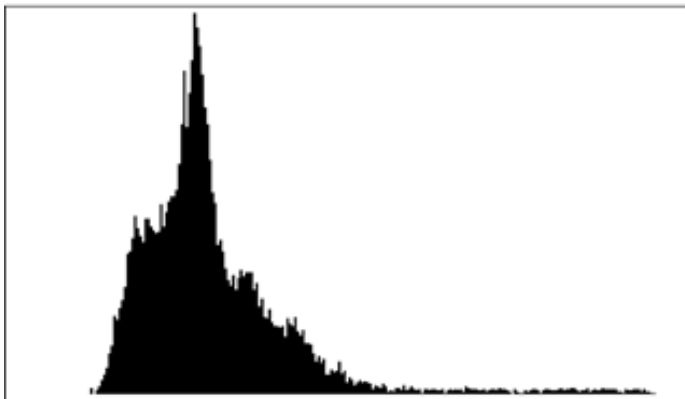
Potlačení nežádoucích informací v obraze a zdůraznění informací potřebných pro porozumění obrazu

Jas, kontrast, histogram, jasový profil



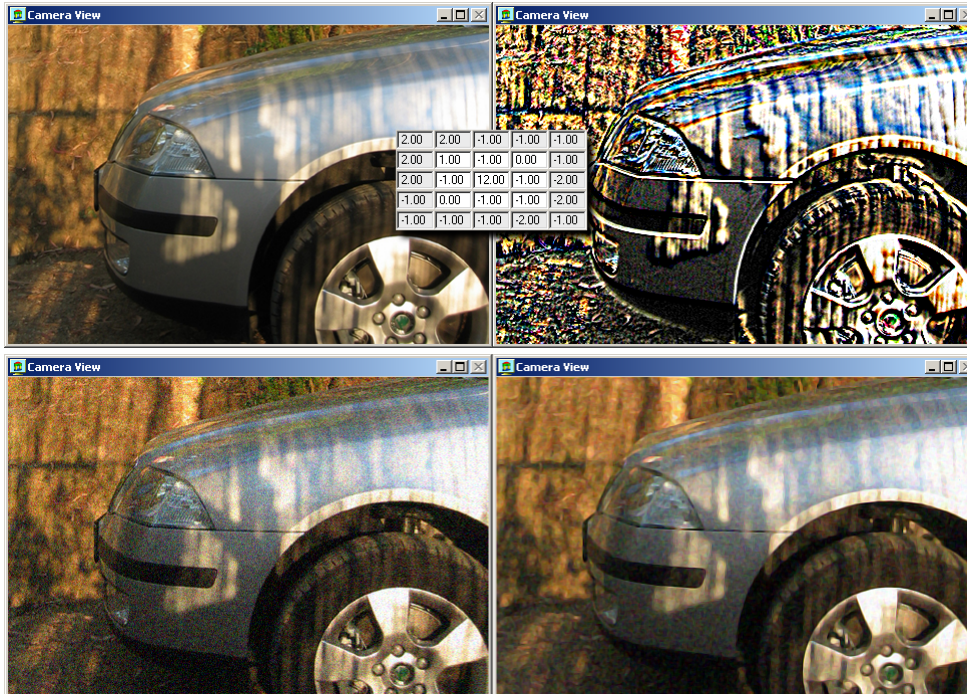
Úpravy histogramu

Jas, kontrast, ekvalizace histogramu, vyvážení barev



Konvoluce

Konvoluční filtrace



-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
-1.00	-1.00	28.00	-1.00	-1.00
-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00

zdrojový obraz

	6	10	2	
	4	12	14	
	7	9	11	

konvoluční jádro

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

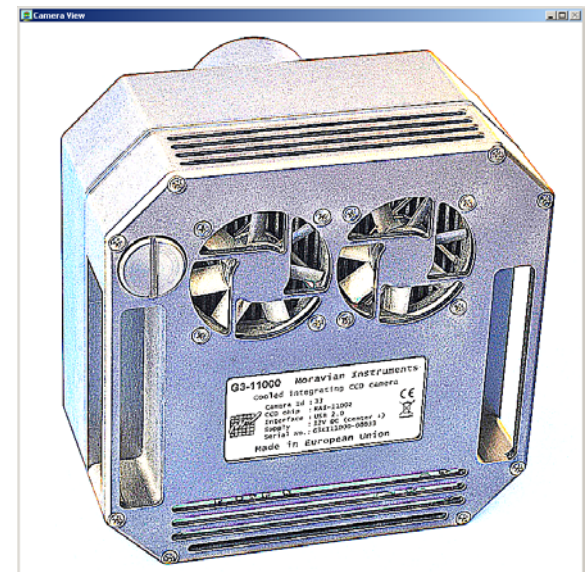
konvoluce

výsledný obraz

		33		

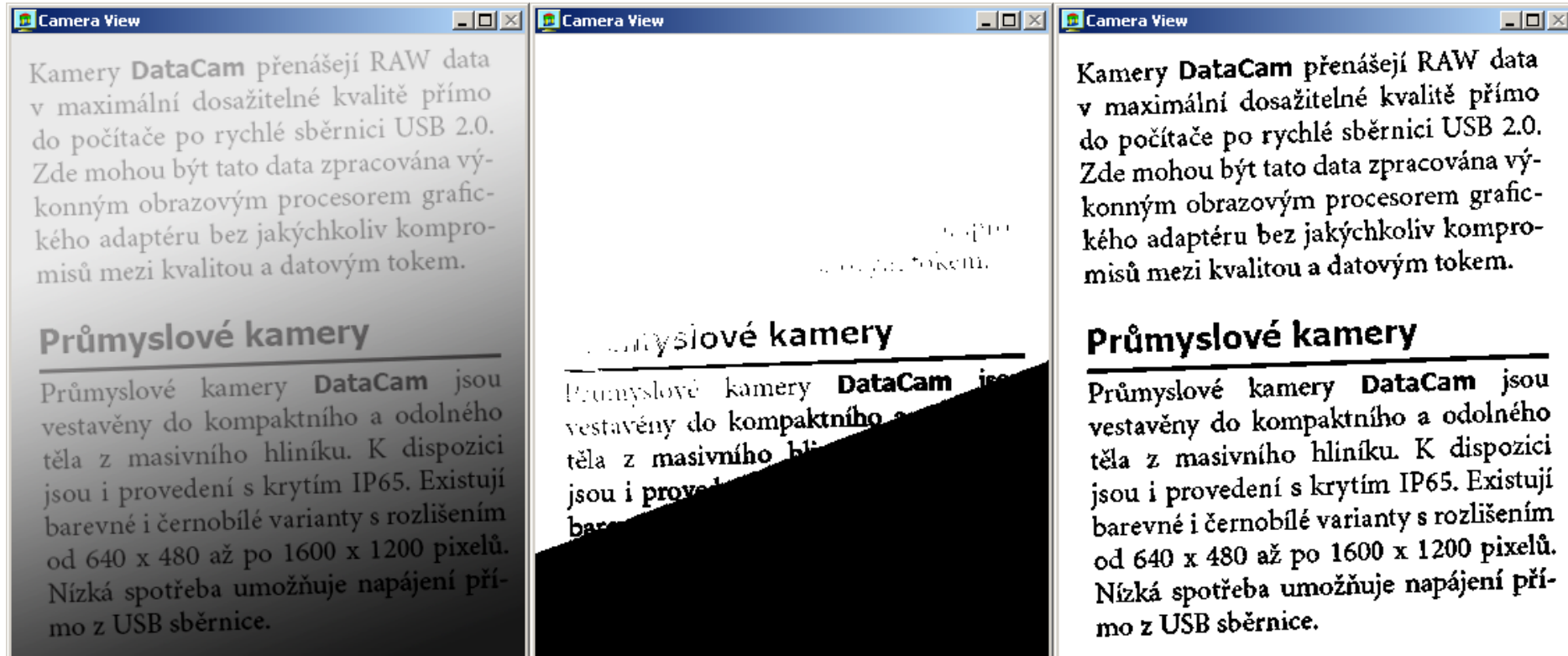
$$-6-10-2-4+96-14-7-9-11=33$$

-6	-10	-2
-4	96	-14
-7	-9	-11



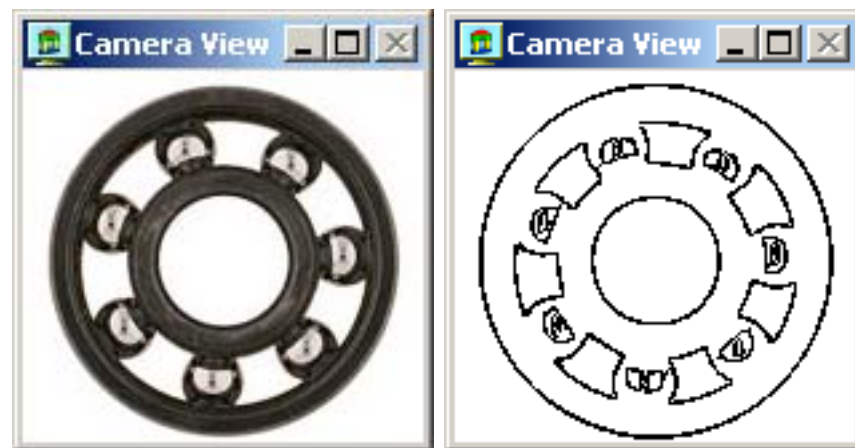
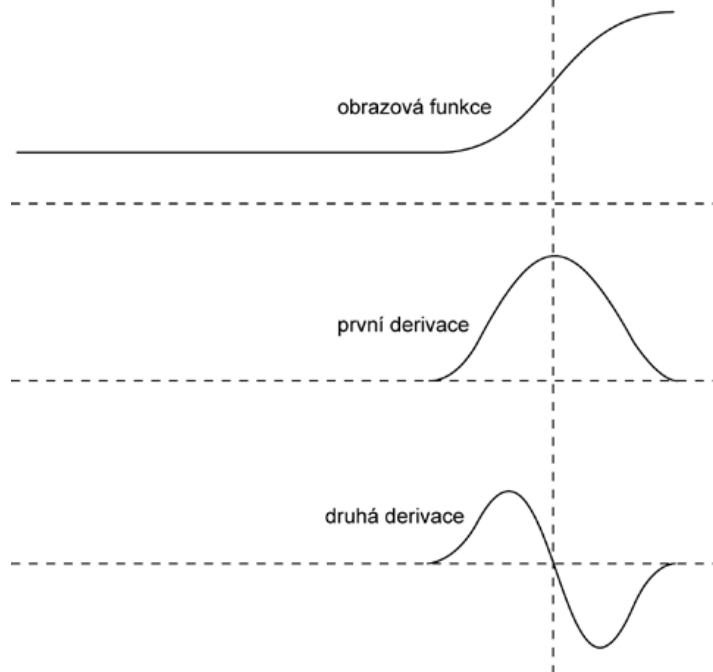
Prahování

Globální a lokální prahování



Prahování je složitější operací, než je zpočátku zdá

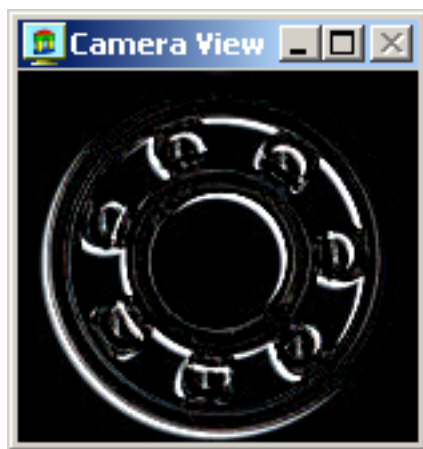
Detekce hran



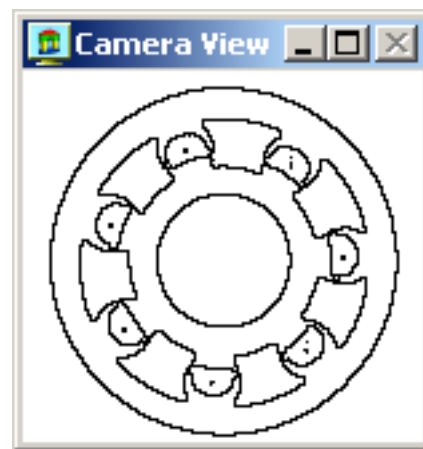
Detektor Marr- Hildrethové – průchod druhé derivace nulou



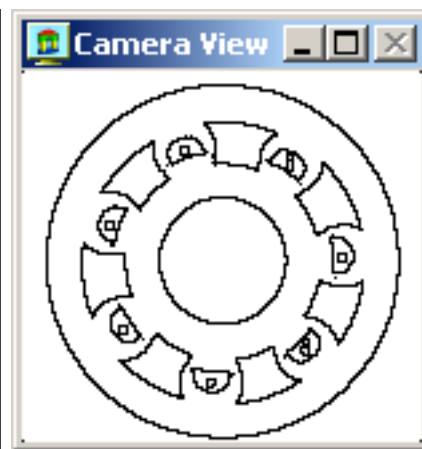
Čtyřsměrový Laplacián –
aproximace druhé
derivace



Jednosměrový Laplacián –
emboss



Morfologický vnitřní a vnější obrys



Detekce hran – aproximace derivace konvolucí

Konvoluční jádra aproximující derivace obrazové funkce

Derivace obrazové funkce můžeme výhodně aproximovat prostřednictvím konvoluce s vhodně zvolenými jádry — tedy můžeme aproximovat derivace pomocí diferencí. Operátory aproximující derivace pomocí diferencí mohou být všesměrové (tedy invariantní vůči rotaci) nebo směrové. V případě všesměrových (např. Laplaceův aproximující druhou derivaci) mohou být hrany detekovány konvolucí s jediným jádrem. Jednosměrné operátory, aproximující první derivaci, využívají několik konvolučních jader, odpovídajících příslušné orientaci hrany.

Podstatným problémem detektorů hran je jejich měřítko — velikost konvolučního jádra by měla odpovídat velikosti detailů v obrázku. S měřítkem, a tedy velikostí konvolučního jádra, souvisí i citlivost na šum. V případě malých jader se jejich odezva na šum zvětšuje.

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & -1 & 2 \\ -1 & -4 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -8 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

Laplace

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Roberts

$$\begin{pmatrix} -5 & -5 & -5 \\ 3 & 0 & 3 \\ 3 & 3 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Kirsch

Sobel

Robinson

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Previtt

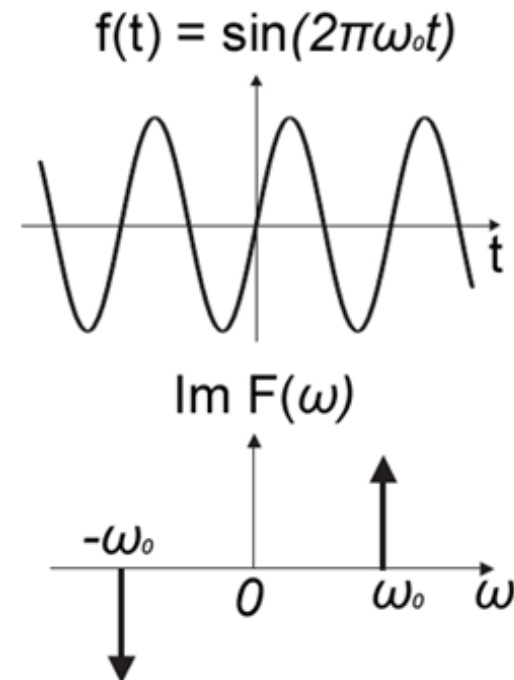
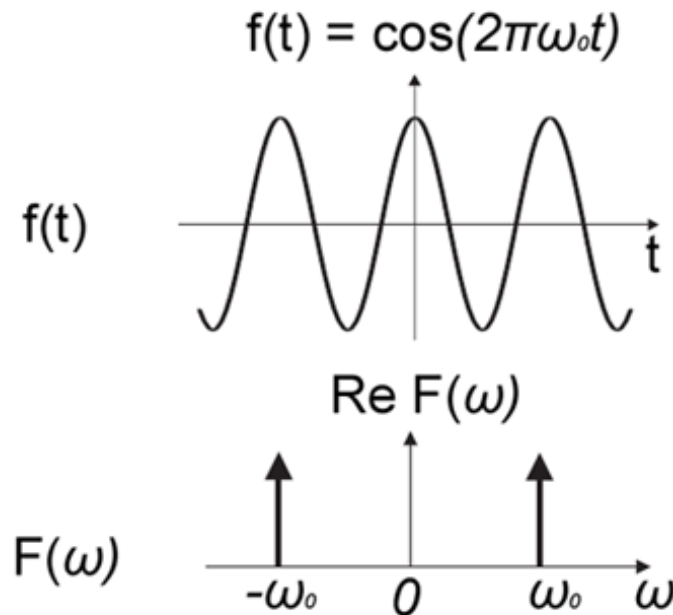
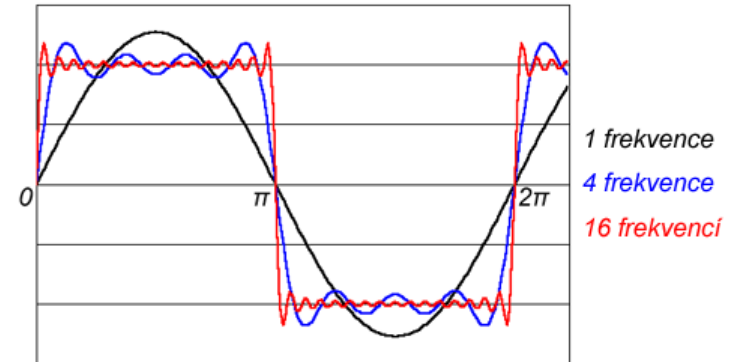
Transformační kódování - princip

Filtrace převádějí obraz z prostorové do frekvenční doményv prostorové doméně (dvourozměrnou maticí hodnot jasů) - klíčovým nástrojem je konvoluce

Převod obrazové funkce z prostorové do frekvenční domény

Aproximace obdélníkové funkce prostřednictvím různého počtu harmonických funkcí

Frekvenčně omezená funkce má konečné spektrum.



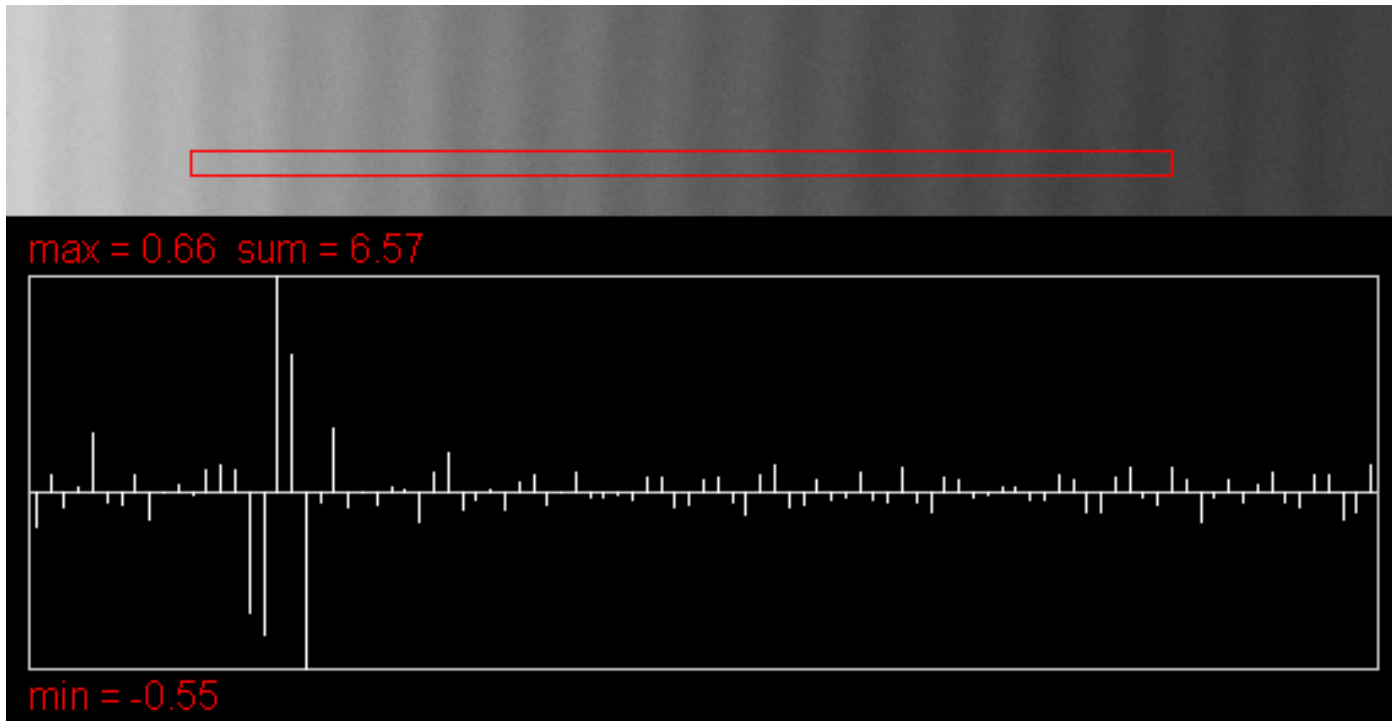
Obrazy funkcí sinus a kosinus ve frekvenční doméně

Transformační kódování - DCT

V diskrétní kosinové transformaci je obrazová funkce v prostorové doméně rozložena do součtu mnoha kosinových funkcí.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos \left[\frac{\pi}{N} \left(n + \frac{1}{2} \right) k \right]$$

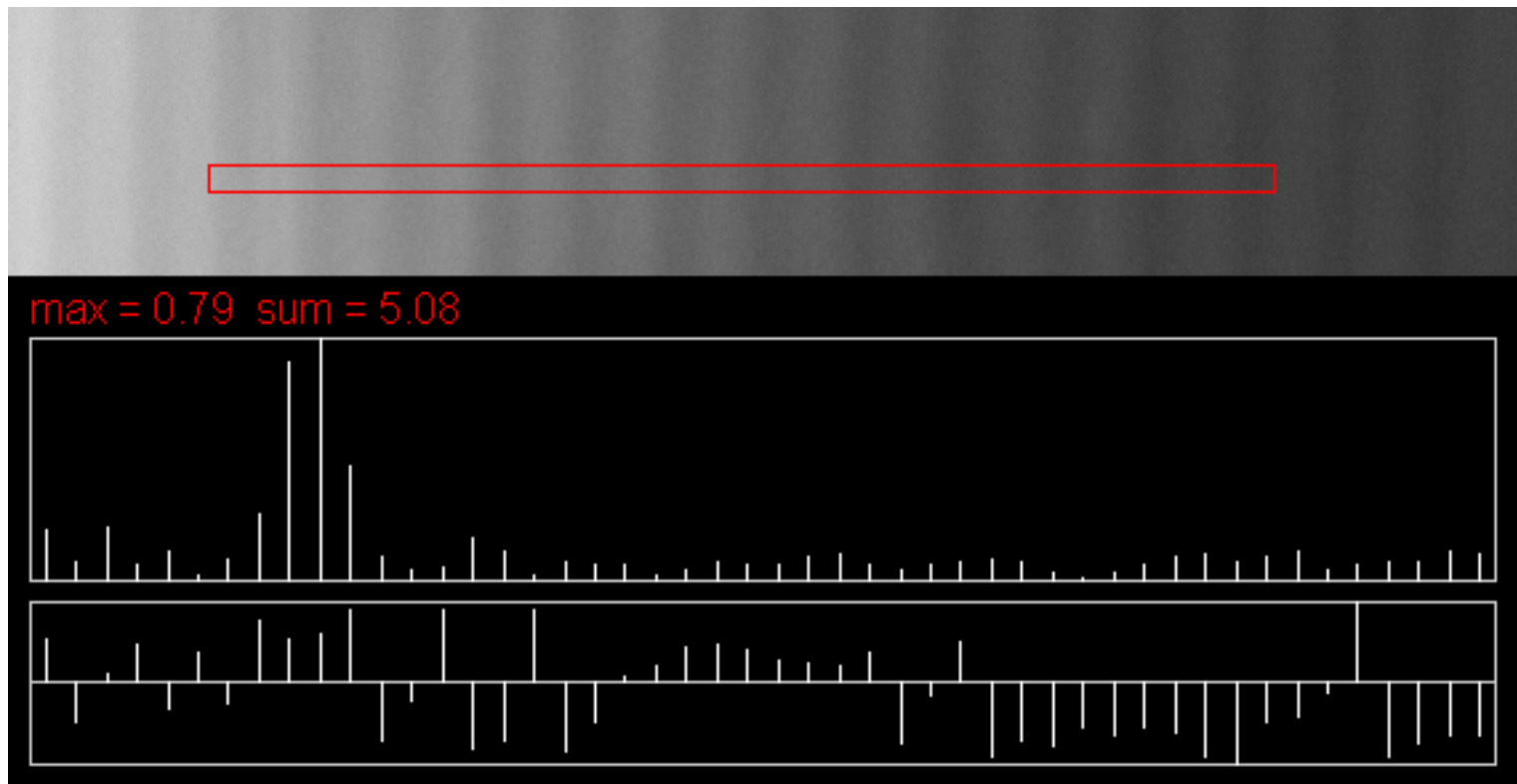
$$X_k = \frac{1}{2} x_0 + \sum_{n=1}^{N-1} x_n \cos \left[\frac{\pi}{N} n \left(k + \frac{1}{2} \right) \right]$$



Transformační kódování – DFT a FFT

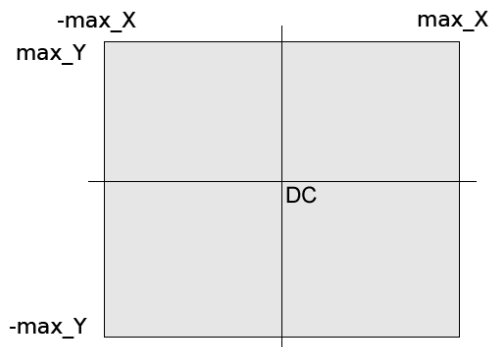
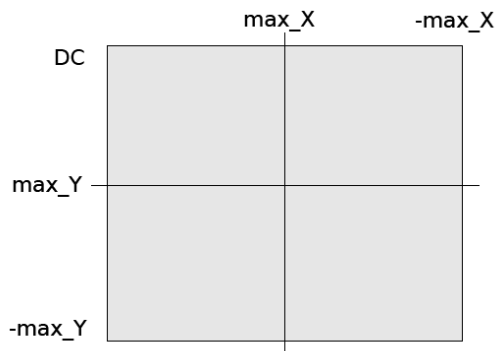
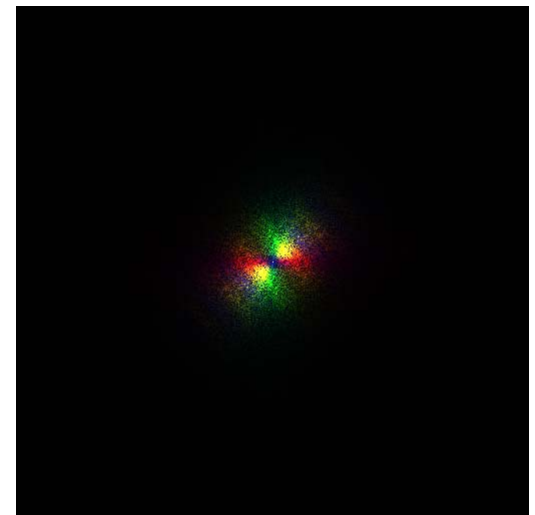
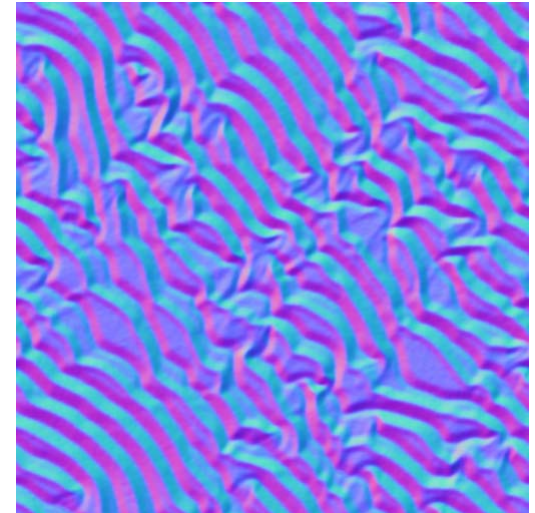
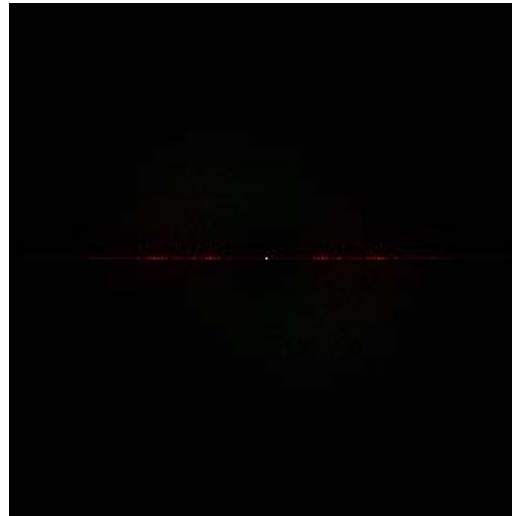
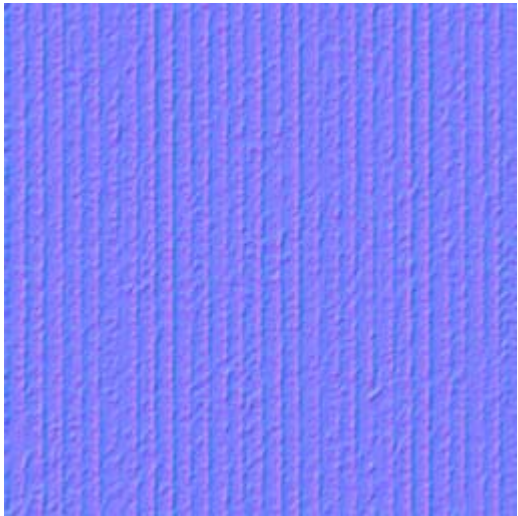
Fourierova transformace je dekompozicí obrazové funkce na jednotlivé sinusové funkce, a kosinus je fázově posunutým sine, s různými frekvencemi, amplitudami a fázemi. Koeficienty, vypočtené podle následujícího vztahu jsou komplexními čísly.

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i k n}{N}}$$



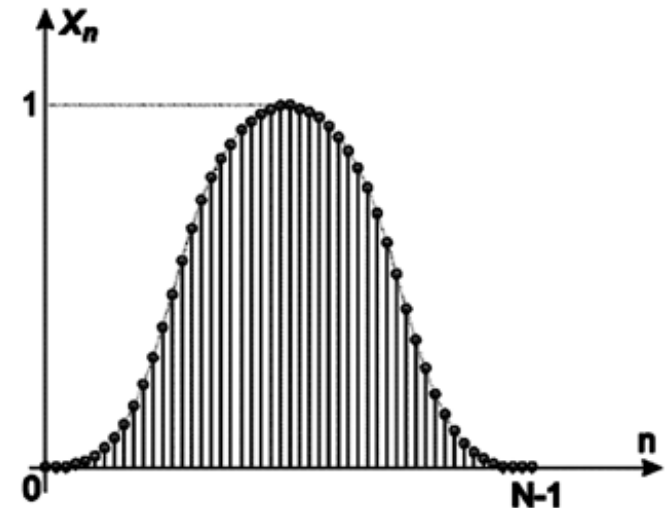
Transformační kódování – dvourozměrná FFT

$$X_{k,l} = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} x_{m,n} e^{-2\pi j \left(\frac{k m}{M} + \frac{l n}{N} \right)}$$



Transformační kódování – okénková funkce

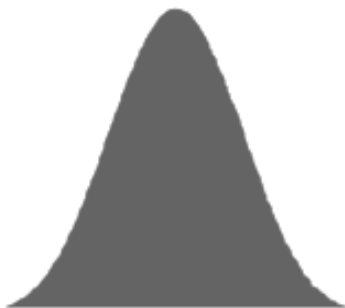
Obrazová funkce je v prostoru omezená, žádný diskretní obraz není neomezeně velký, ale harmonické funkce, do kterých obrazovou funkci rozkládáme jsou v prostorové doméně neomezené. Můžeme předpokládat, že obraz je neomezeně velký a mimo viditelné okno obsahuje samé nuly. Pak ale na okrajích viditelného okna vznikají výrazné skoky obrazové funkce, jejichž zobrazení ve frekvenční doméně přináší tolik intenzivních frekvencí, které mohou překrývat hledané koeficienty charakterizující obsah obrazu. Toto lze do určité míry potlačit snížením hodnot obrazové funkce v okolí okrajů viditelného okna.



Hann



Hamming



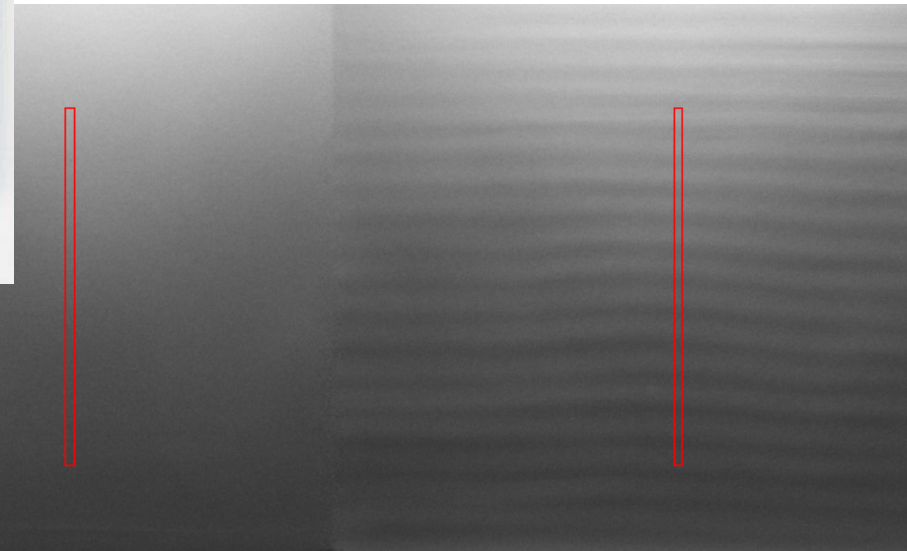
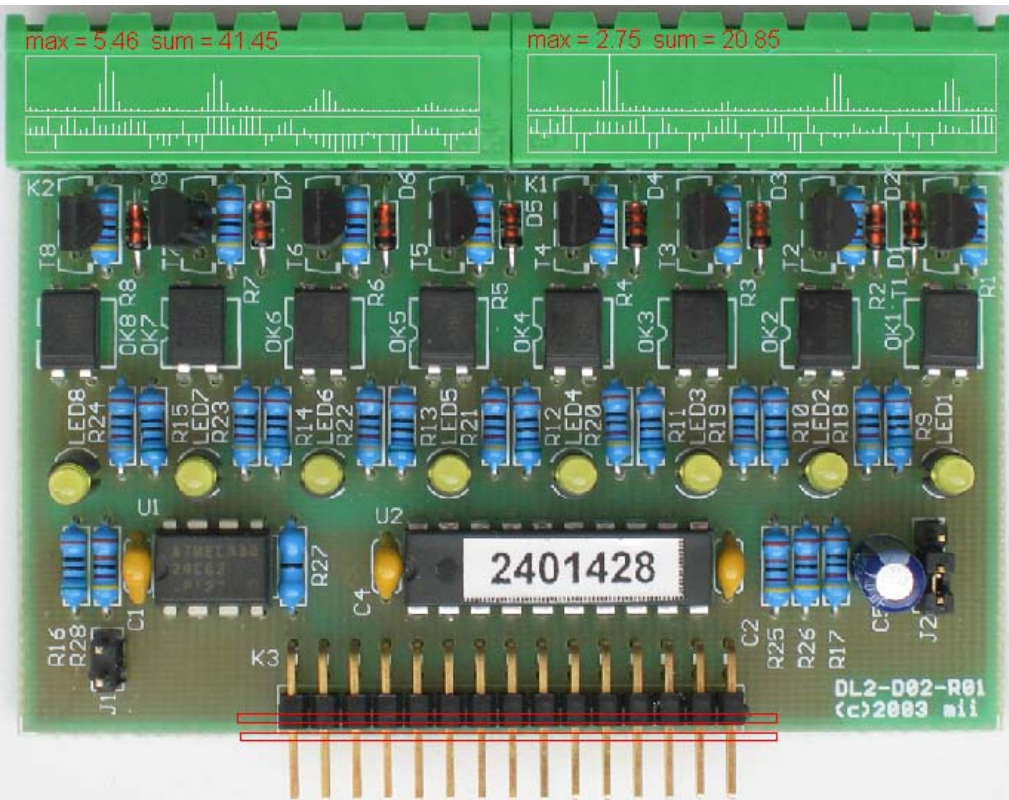
Blackman



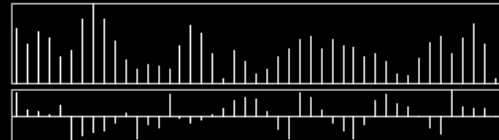
Blackman - Harris

Několik často používaných průběhů okénkových funkcí

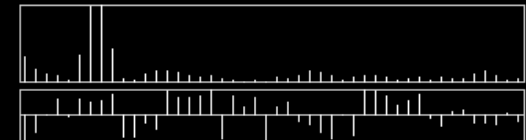
Transformační kódování – použití



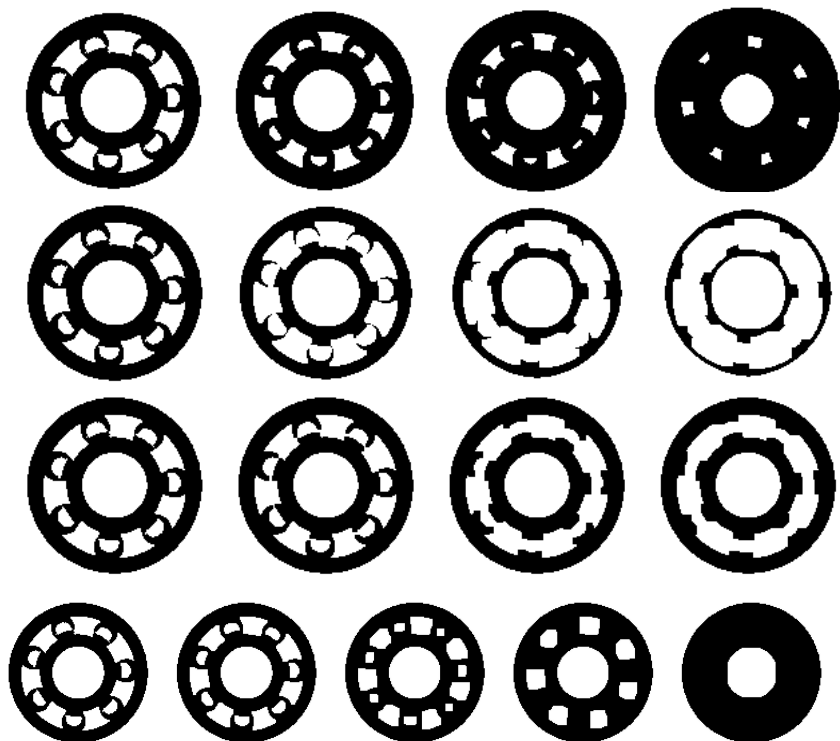
max = 0.16 sum = 3.18



max = 0.85 sum = 5.28



Morfologická filtrace – základní operace

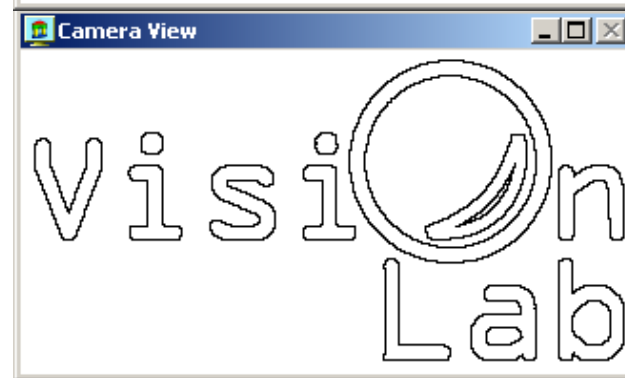
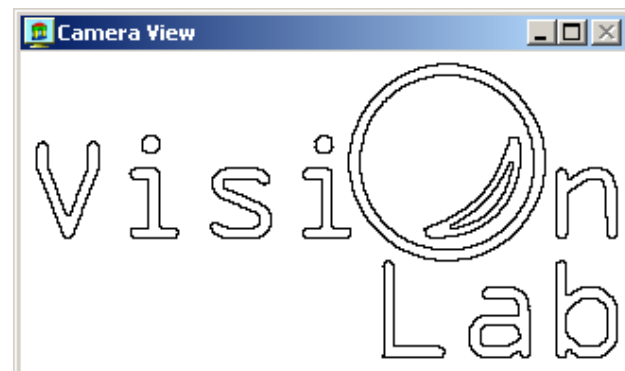


Dilatace

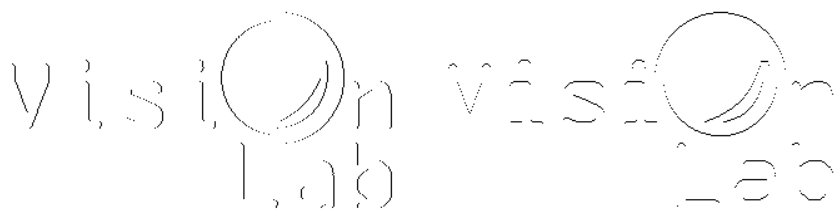
Eroze

Otevření

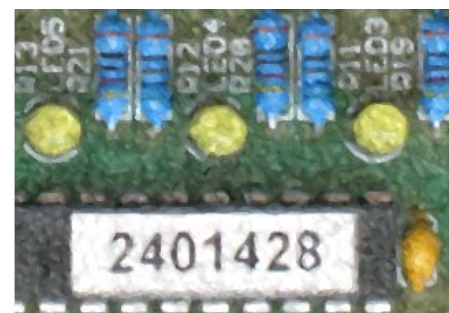
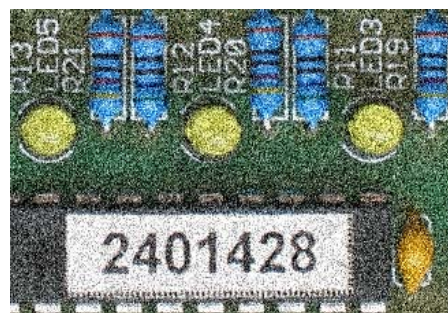
Uzavření



Morfologický obrys

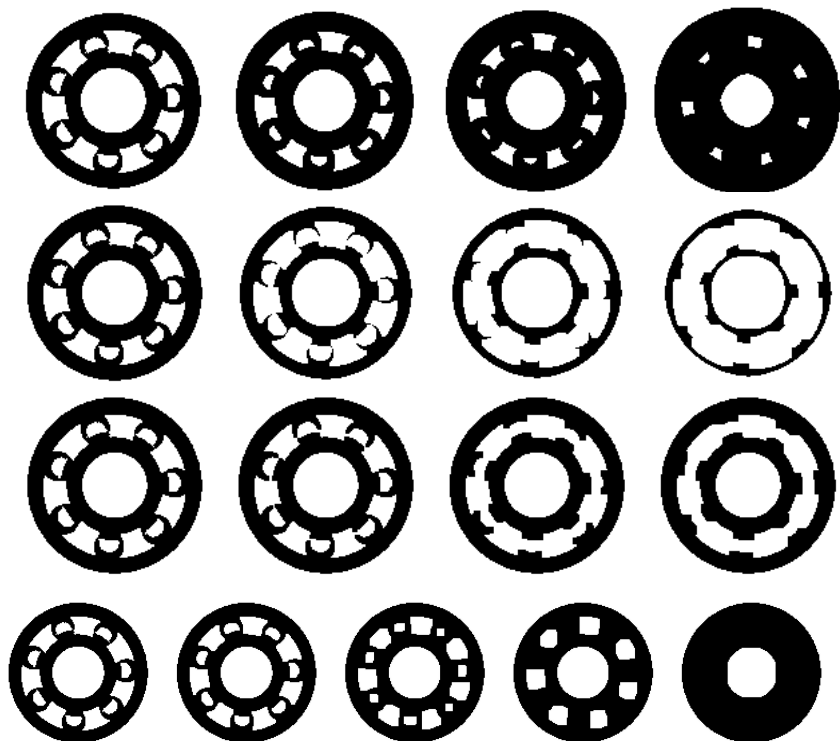


Tref či miň (Hit and Miss)



Barevná morfologie - medián

Morfologická filtrace – základní operace

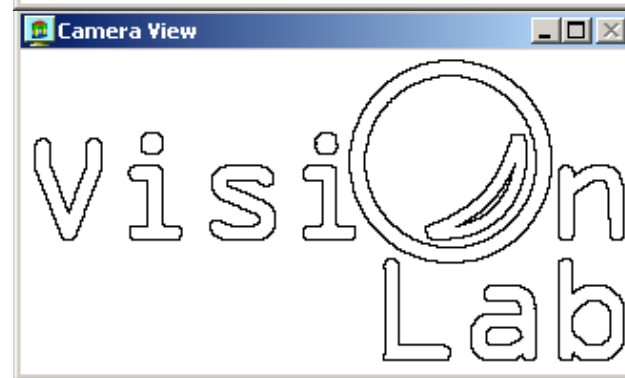
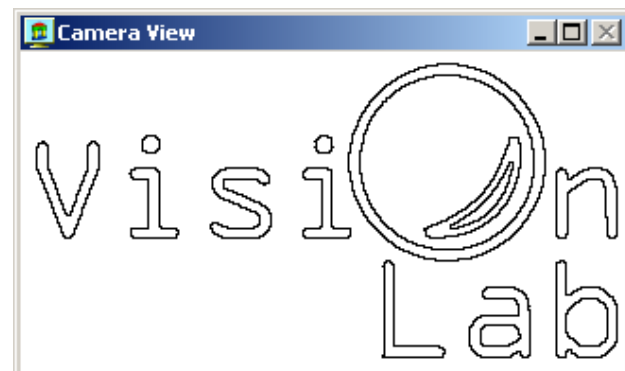


Dilatace

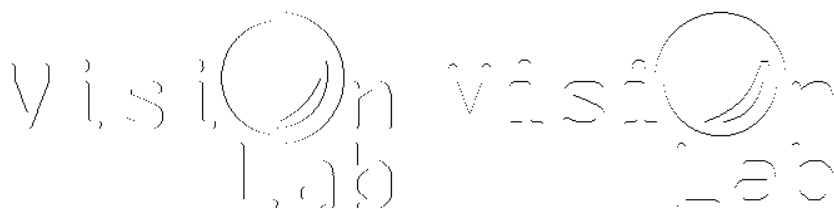
Eroze

Otevření

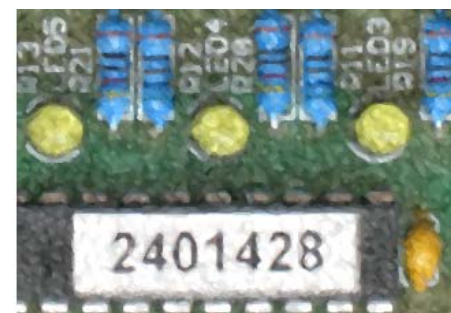
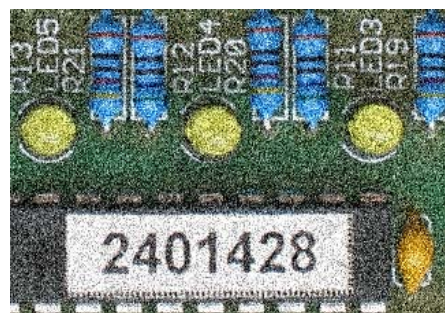
Uzavření



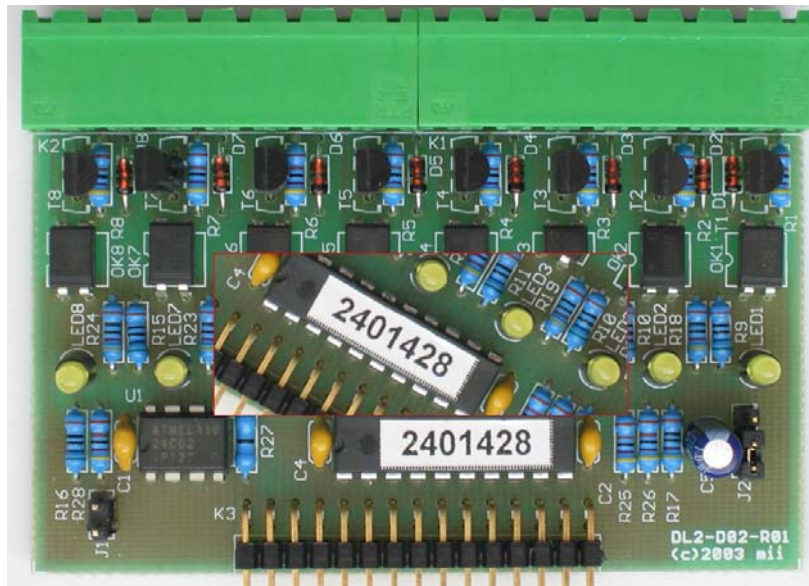
Morfologický obrys



Tref či miň (Hit and Miss)



Barevná morfologie - medián



Modifikace geometrie obrazu – pixel displacement

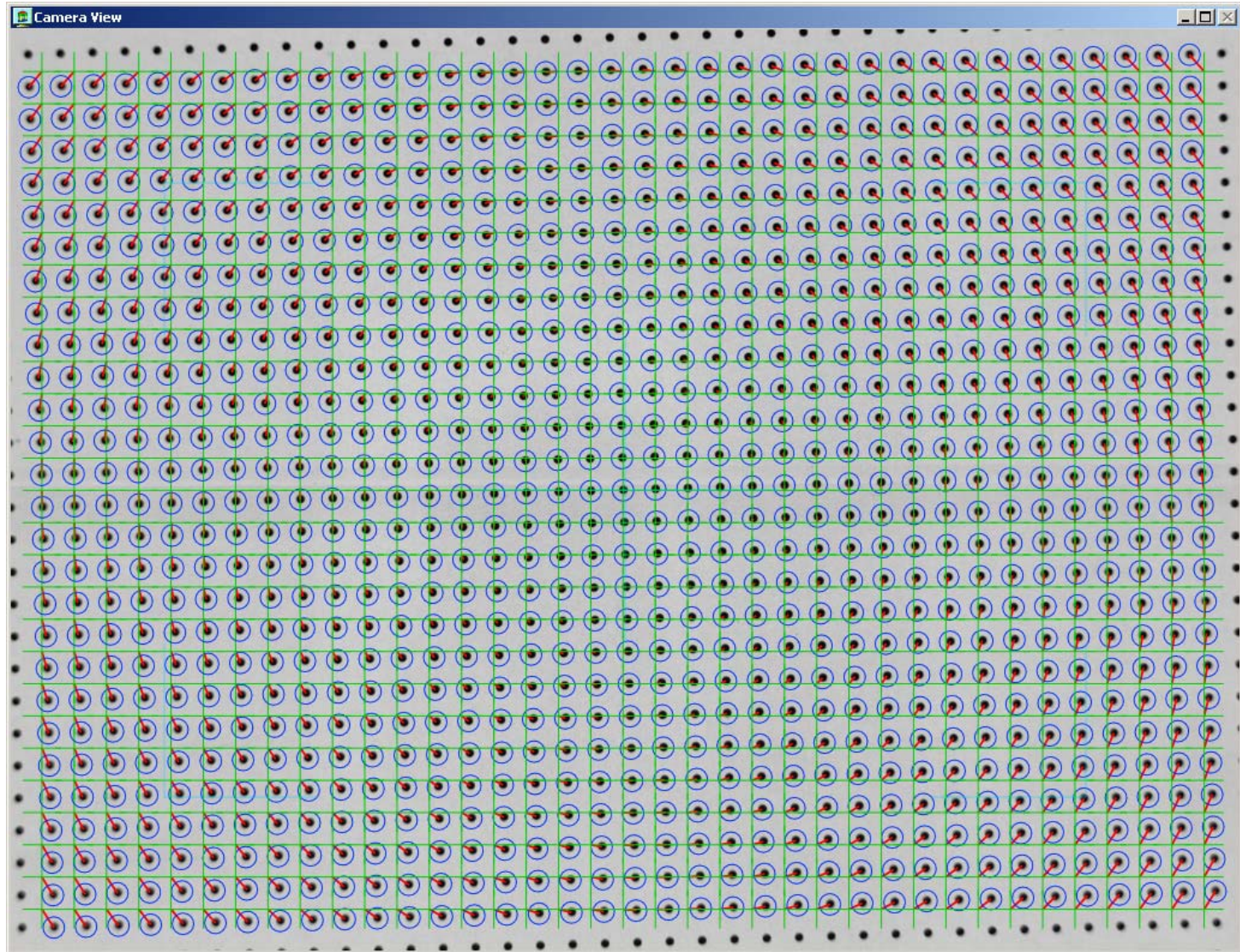
Lineární transformace –
transformační matice,
posunutí, rotace, měřítko

Nelineární transformace –
např. korekce obrazu
rybího oka atd.



Modifikace geometrie obrazu – korekce projektivních chyb optiky

Kalibrační displacement mapa





Software

- snadná integrace digitálních obrazů a vizuální inspekce do aplikací v průmyslové automatizaci
- intuitivní editace kroků řetězce strojového vidění
- podpora plně paralelního zpracování na více jádrech a více procesorech
- podpora masivně paralelního zpracování obrazu grafickým procesorem
- pokročilé úpravy obrazu prováděné grafickým procesorem
- přenos obrazových dat v počítačových sítích
- archivace obrazových dat v podobě snímků i videosouborů
- otevřené rozhraní pro doplňování kroků strojového vidění
- sdílení dat s aplikacemi systému Control Web