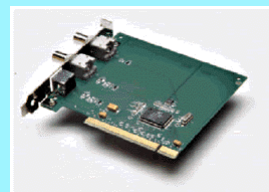
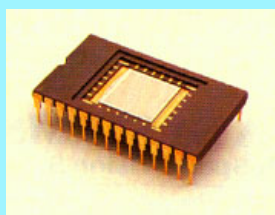


Snímání a digitalizace obrazu

doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze

<http://www.fbmi.cvut.cz>



Prostředky pro snímání obrazu



Prostředky pro snímání obrazu

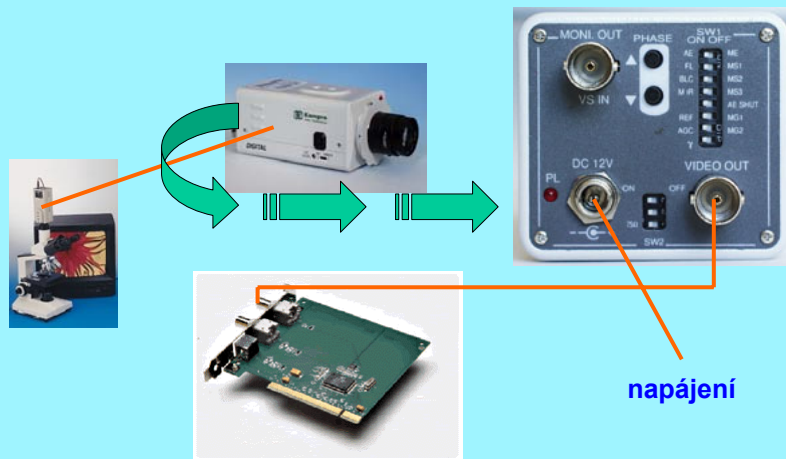


Prostředky pro snímání obrazu



Možnosti, jak snímat obraz (1)

- analogová TV videokamera + FG



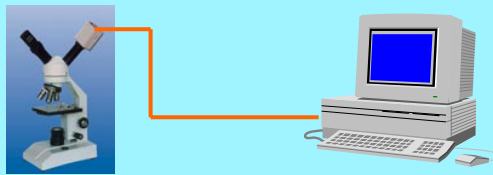
Možnosti, jak snímat obraz (2)

- digitální fotoaparát (DSC)



Možnosti, jak snímat obraz (3)

- digitální videokamery pro mikroskopii s různým rozhraním



Možnosti, jak snímat obraz (4)

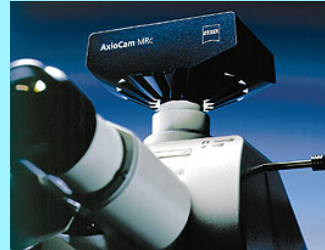
-specializované provedení mikroskopu, USB digitální mikroskop



<http://www.theproscope.com>

Možnosti, jak snímat obraz (5)

- specializované komplexní systémy



High-resolution digital camera systems for microscopy.

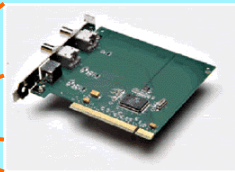
- 1.2 to 5.8 million pixels
- Outstanding image quality
- Color or monochrome
- High sensitivity
- COOLED CCD
- Long integration exposure
- Very easy to learn & operate



Možnosti počítačů

- standardní PC s FG (PCI zásuvná karta)

digitální kamery
připojené
prostřednictvím
IEEE 1394



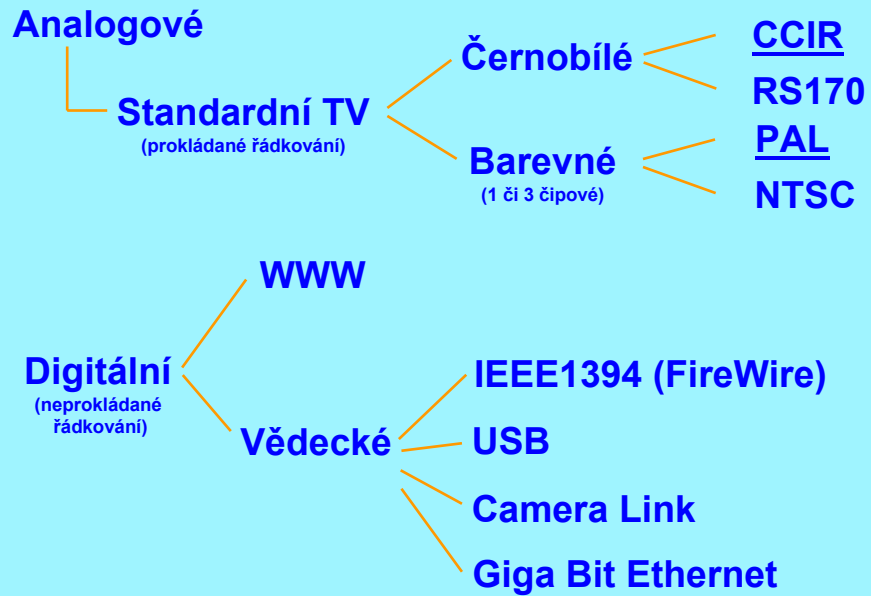
- laptopy s FG (PCMCIA + ext. modul)

standardní
TV kamera

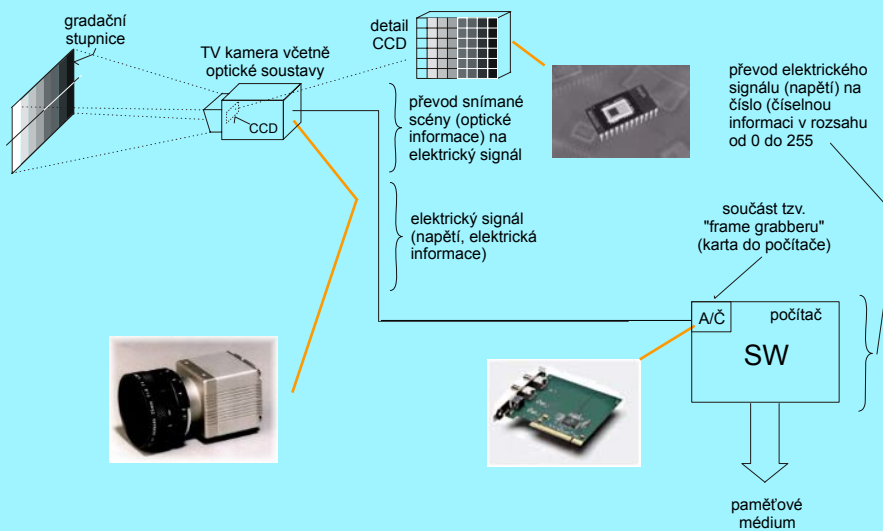


digitální kamery
připojené
prostřednictvím
IEEE 1394

Snímací videokamery

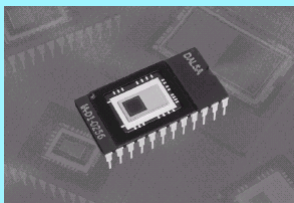


Principiální schéma systému

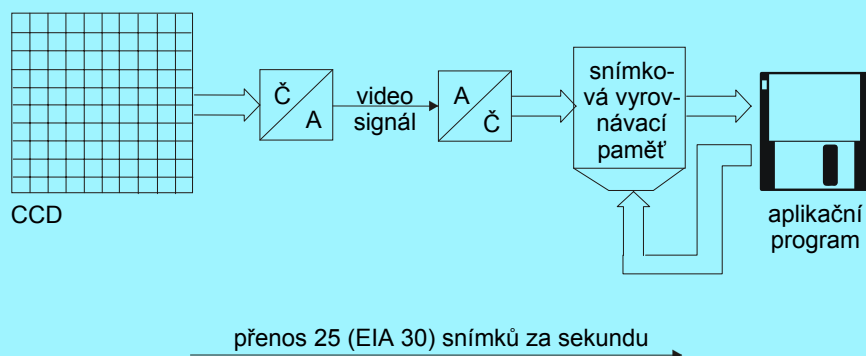


Snímací obrazové prvky

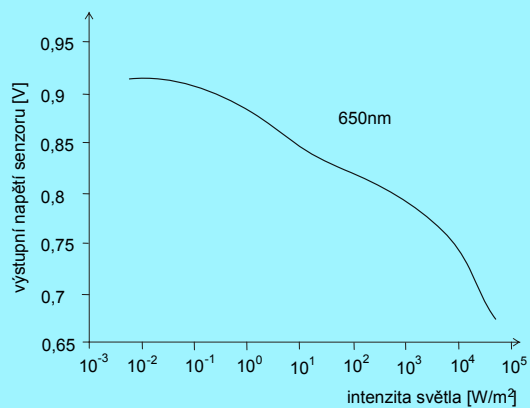
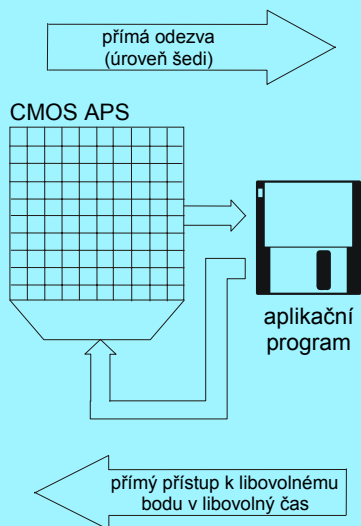
- vakuové
- polovodičové
 - CCD
 - CID
 - CMOS
 - CIS



Ideové schéma systémů s prvky CCD

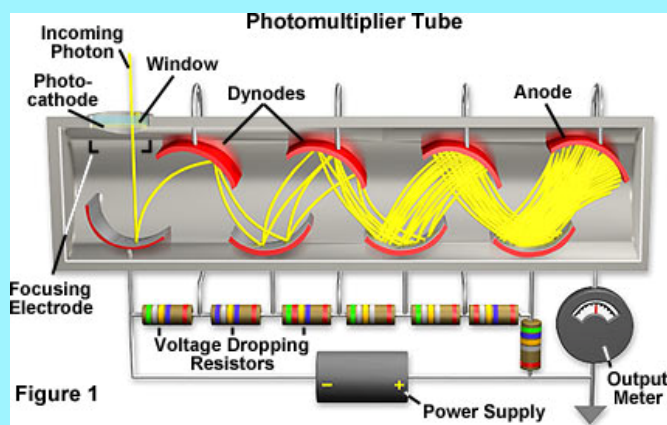


Ideové schéma systémů s prvky CMOS



PMT („photomultiplier tube“)

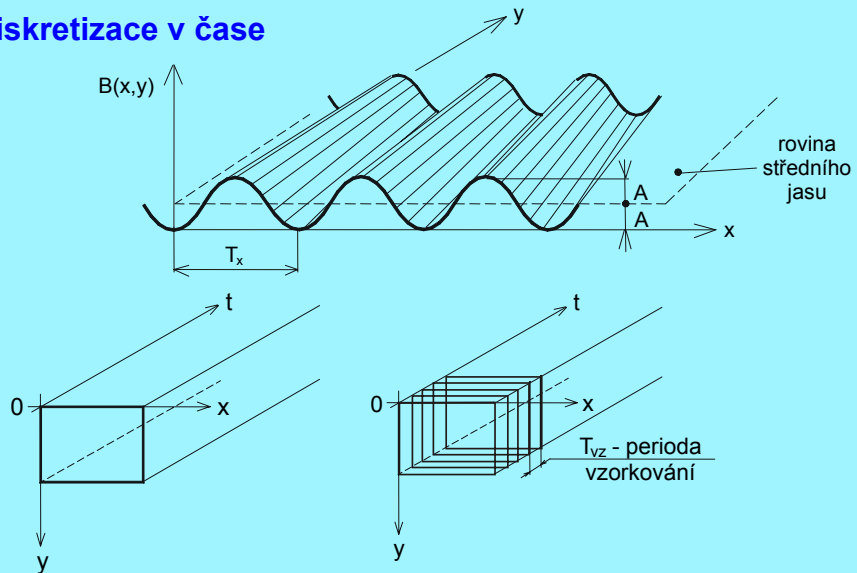
(obrázek převzat se souhlasem z <http://micro.magnet.fsu.edu>)



Fotonásobiče jsou využívány v konfokálních mikroskopech

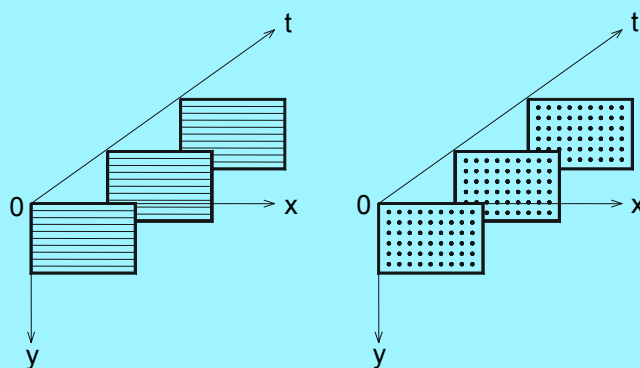
Digitalizace obrazu

- diskretizace v čase



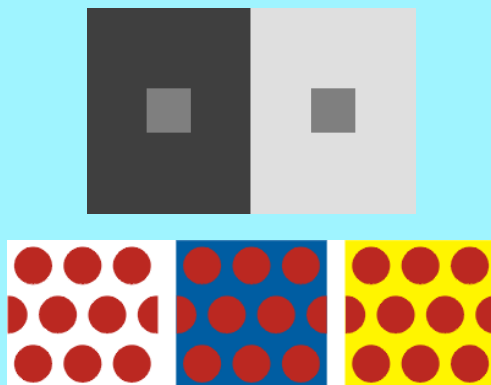
Digitalizace obrazu

- diskretizace v x,y



Digitalizace obrazu

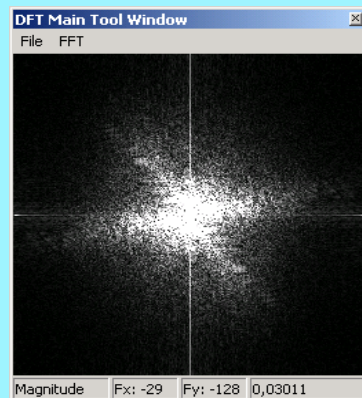
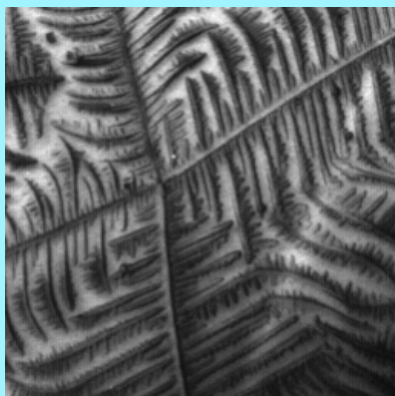
- diskretizace v amplitudě (kvantování)
- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)



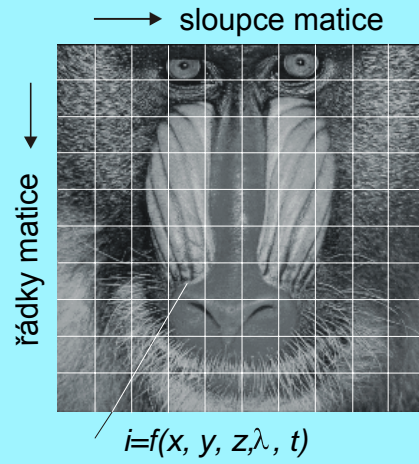
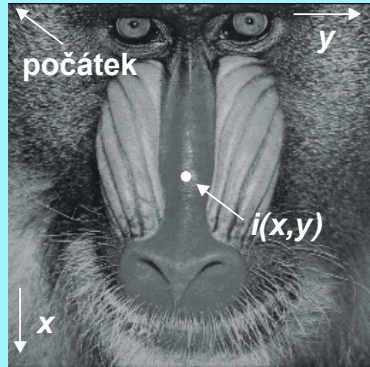
Základní metody zpracování obrazu

doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

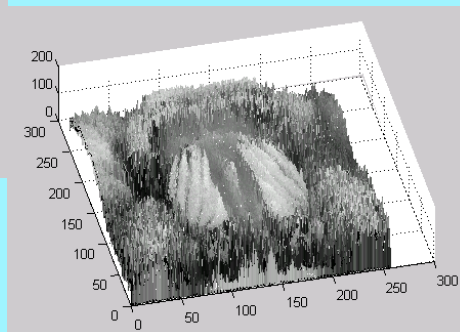
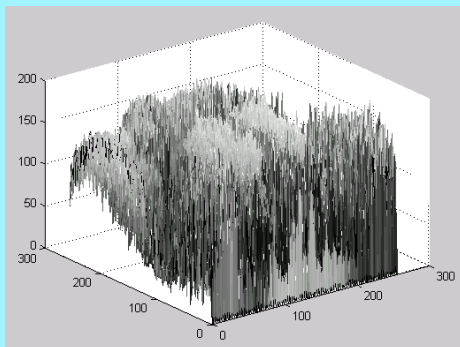
Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze
<http://www.fbmi.cvut.cz>




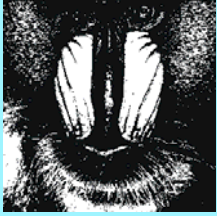




Obraz jako dvourozměrná matice




Obraz jako 3D reliéf



Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

Vliv rozlišení obrazu	Vliv různých počtů odstínů šedé v obrazu	
256 x 256 pixelů	2 odstíny šedé	4 odstíny šedé
		
128 x 128 pixelů	8 odstínů šedé	16 odstínů šedé
		

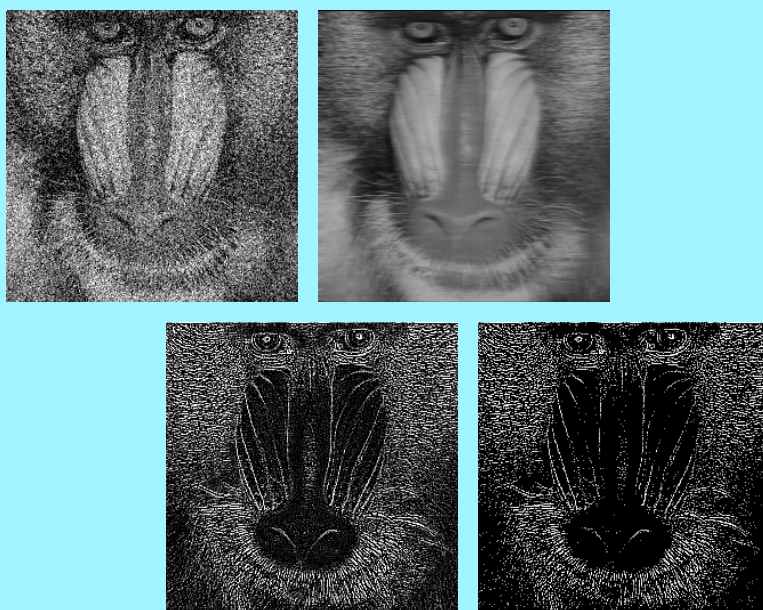
Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

Vliv rozlišení obrazu	Vliv různých počtů odstínů šedé v obrazu	
64 x 64 pixelů	32 odstínů šedé	64 odstínů šedé
		
32 x 32 pixelů	128 odstínů šedé	256 odstínů šedé
		

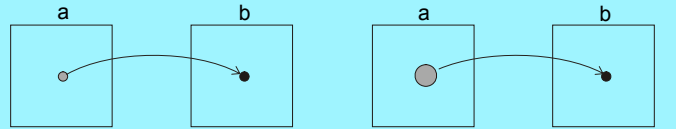
Etapy zpracování obrazu

- předzpracování obrazu
- vyčlenění objektů zájmu (segmentace)
- popis objektů (analýza)
- interpretace výsledků (porozumění obrazu)

Příklady vybraných operací nad obrazem

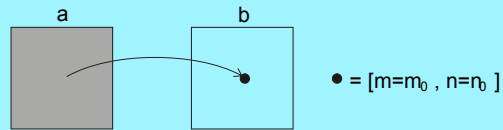


Typy operací a typy sousedství pixelů

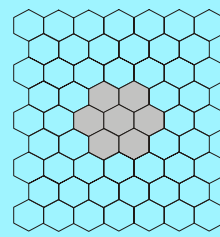
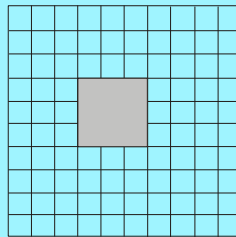
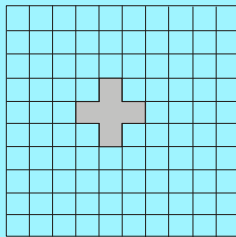


bodové operace

lokální operace



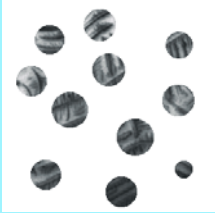
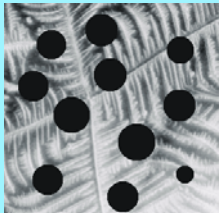



globální operace



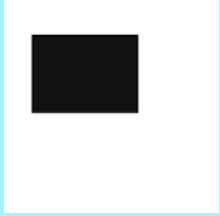
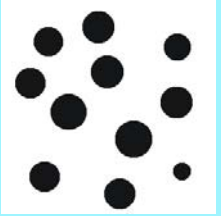
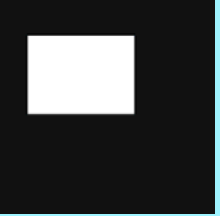
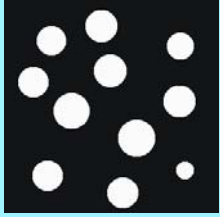
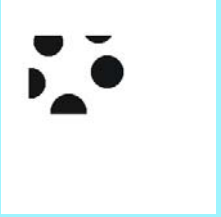

Aritmetické operace nad obrazem

Aritmetické operace mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy a mezi šedotónovými obrazy (bílé odpovídá hodnota 255 (1), černé odpovídá hodnota 0 (0))

↕ šedotónový obraz "a" ↕	↕ binární (ČB) obraz "b" ↕	↕ $ADD(a,b) = a + b$ ↕
		
↕ $SUB(a,b) = b - a$ ↕	↕ $MULT(a,b) = a \cdot b$ ↕	↕ atd. ↕
		

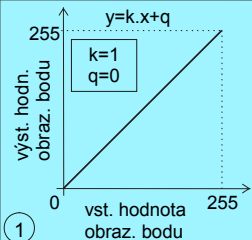
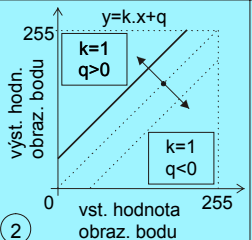
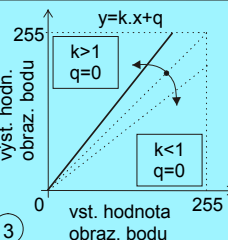
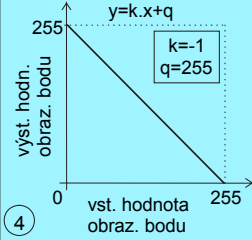
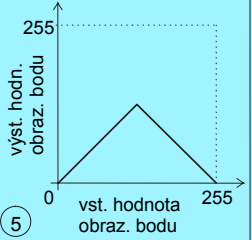
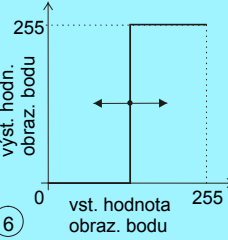
Logické (binární) operace nad obrazem

Logické operace mezi binárními (ČB) obrazy (též binární bodové operace) a mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy (binární hodnota 1 - bílá, binární hodnota 0 - černá)

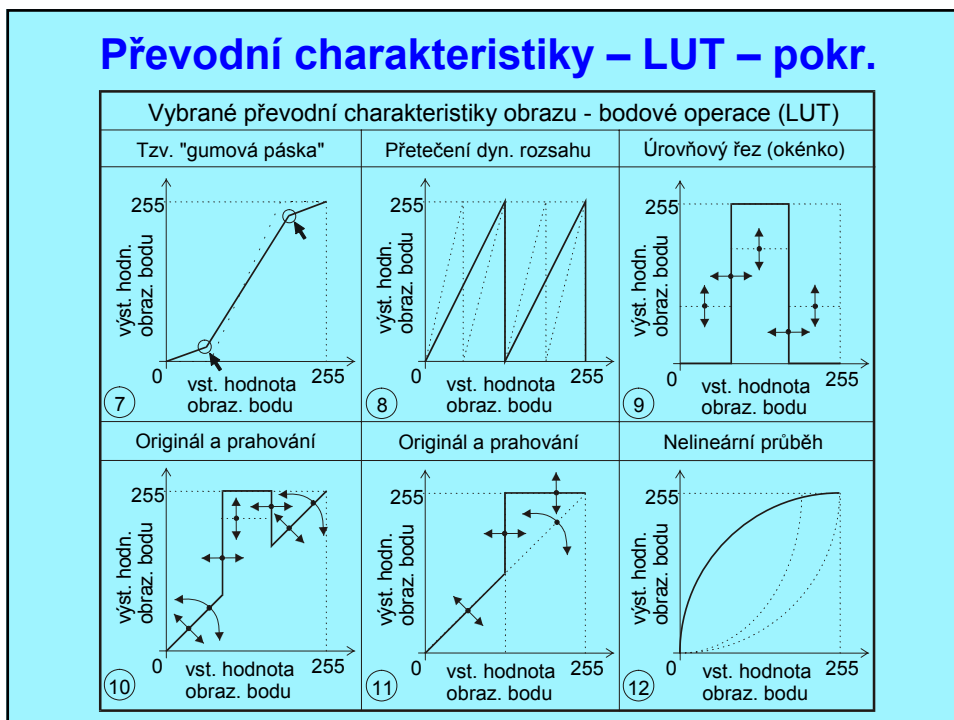
binární (ČB) obraz "a"	binární (ČB) obraz "b"	$\text{NOT}(a) = \bar{a}$
		
$\text{NOT}(b) = \bar{b}$	$\text{OR}(a,b) = a + b$	$\text{AND}(a,b) = a \cdot b$
		

Převodní charakteristiky - LUT

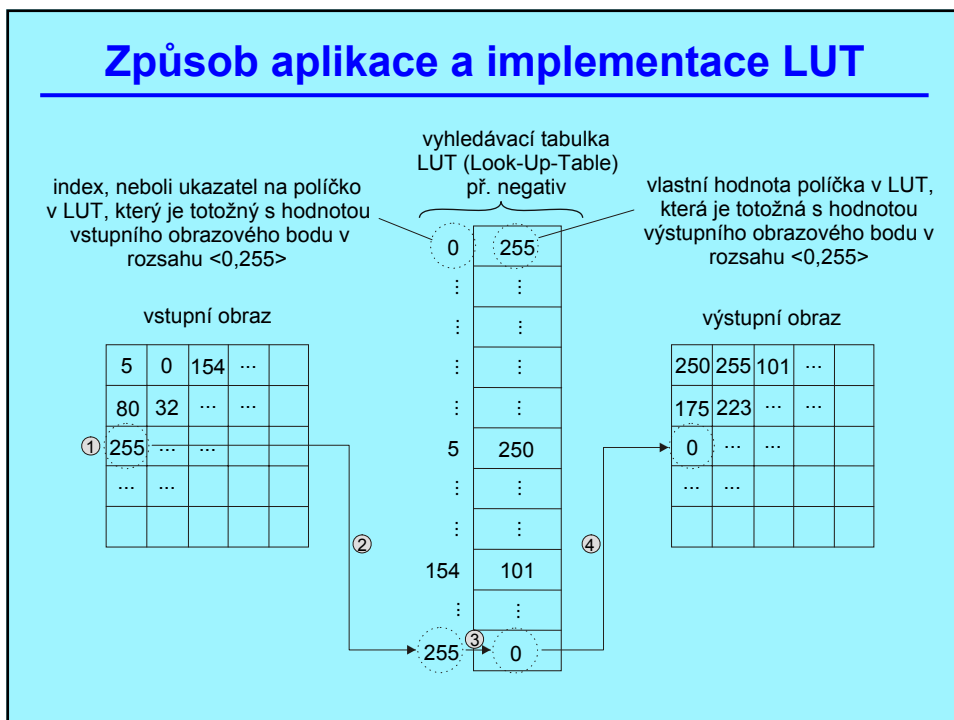
Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)

Bez úpravy obrazu (originál)	Úprava jasu	Úprava kontrastu
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
Negativ (reverzní char.)	Část originálu a negativ	Prahování
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 

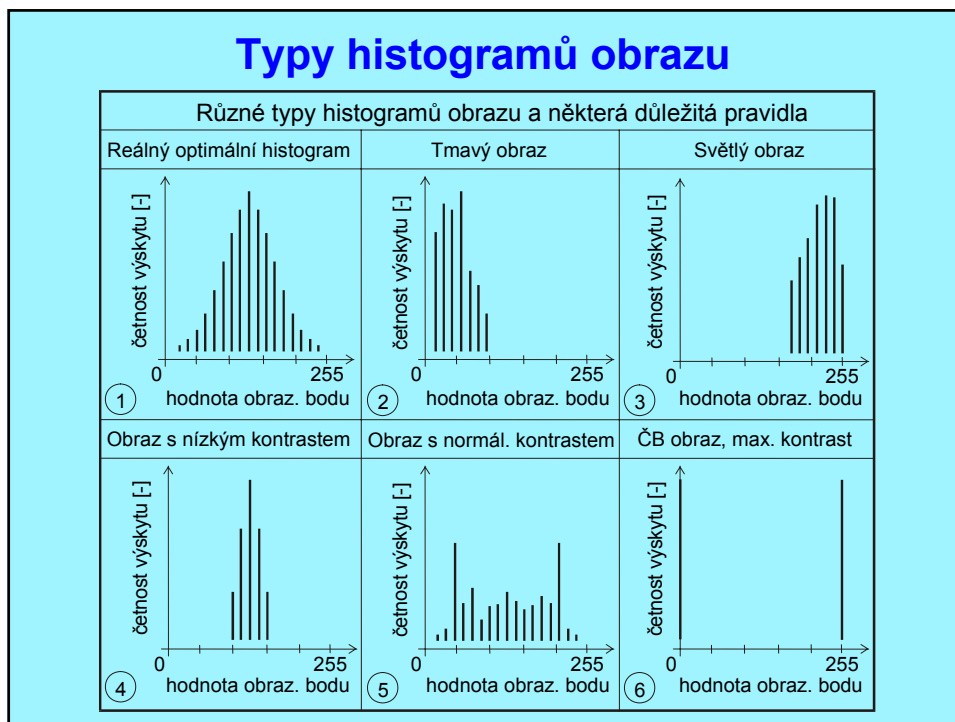
Převodní charakteristiky – LUT – pokr.



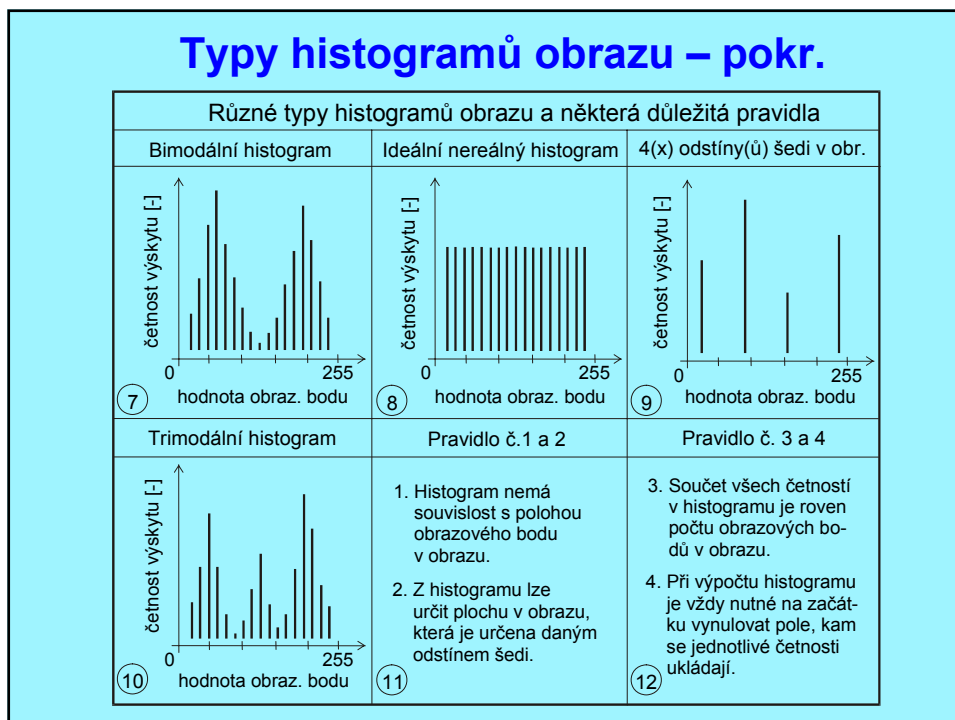
Způsob aplikace a implementace LUT





Typy histogramů obrazu



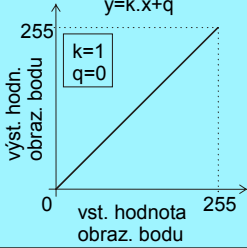
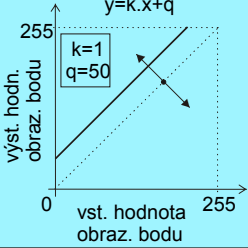
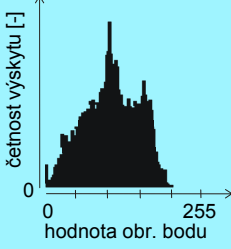
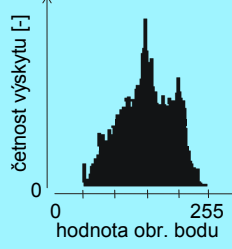
Typy histogramů obrazu – pokr.





Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇨	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)																																																			
⇩ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"> <tr><td>106</td><td>103</td><td>98</td><td>99</td><td>151</td></tr> <tr><td>88</td><td>72</td><td>119</td><td>66</td><td>86</td></tr> <tr><td>126</td><td>134</td><td>246</td><td>77</td><td>71</td></tr> <tr><td>72</td><td>68</td><td>159</td><td>64</td><td>66</td></tr> <tr><td>124</td><td>77</td><td>64</td><td>58</td><td>72</td></tr> </table>	106	103	98	99	151	88	72	119	66	86	126	134	246	77	71	72	68	159	64	66	124	77	64	58	72
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
106	103	98	99	151																																																
88	72	119	66	86																																																
126	134	246	77	71																																																
72	68	159	64	66																																																
124	77	64	58	72																																																

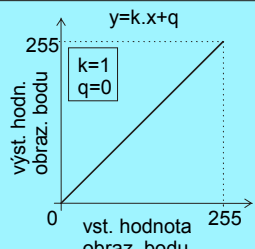
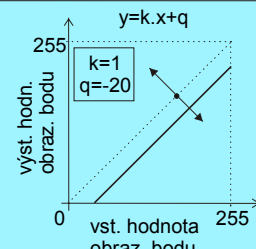
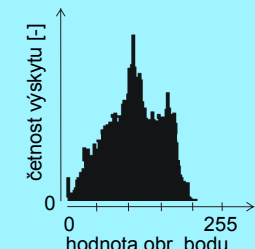
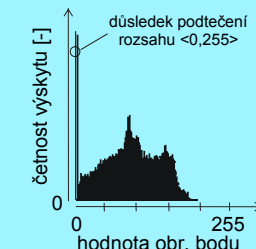
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇨	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)	
⇩ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p>$y=k \cdot x+q$</p>  <p>$k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k \cdot x+q$</p>  <p>$k=1$ $q=50$</p>
Histogram	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255 hodnota obr. bodu</p>	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255 hodnota obr. bodu</p>



Aspekty odečtení konstanty od obrazu

Operace ⇒	Odečtení konstanty od původního obrazu (snížení jasu)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"> <tr><td>36</td><td>33</td><td>28</td><td>29</td><td>81</td></tr> <tr><td>18</td><td>2</td><td>49</td><td>0</td><td>16</td></tr> <tr><td>56</td><td>64</td><td>176</td><td>7</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>89</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>54</td><td>7</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr> </table>	36	33	28	29	81	18	2	49	0	16	56	64	176	7	1	2	0	89	0	0	54	7	0	0	2
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
36	33	28	29	81																																																
18	2	49	0	16																																																
56	64	176	7	1																																																
2	0	89	0	0																																																
54	7	0	0	2																																																

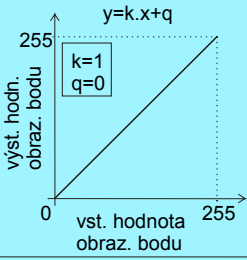
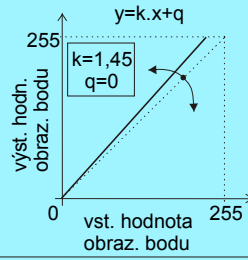
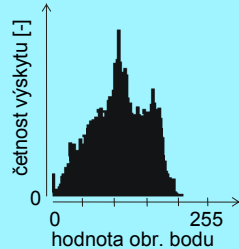
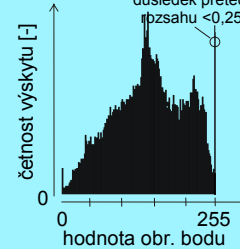
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

Operace ⇒	Odečtení konstanty od původního obrazu (snížení jasu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika		
Histogram		



Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇨	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"> <tr><td>80</td><td>76</td><td>69</td><td>70</td><td>145</td></tr> <tr><td>54</td><td>31</td><td>99</td><td>23</td><td>51</td></tr> <tr><td>109</td><td>120</td><td>255</td><td>39</td><td>30</td></tr> <tr><td>31</td><td>26</td><td>156</td><td>20</td><td>23</td></tr> <tr><td>106</td><td>39</td><td>20</td><td>11</td><td>31</td></tr> </table>	80	76	69	70	145	54	31	99	23	51	109	120	255	39	30	31	26	156	20	23	106	39	20	11	31
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
80	76	69	70	145																																																
54	31	99	23	51																																																
109	120	255	39	30																																																
31	26	156	20	23																																																
106	39	20	11	31																																																

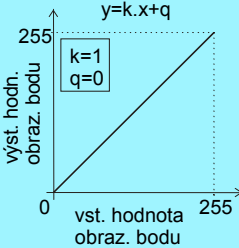
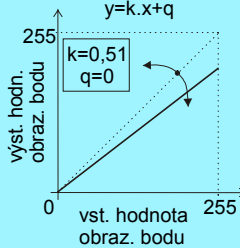
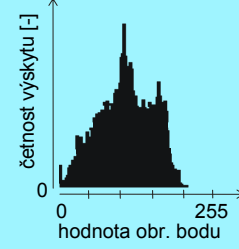
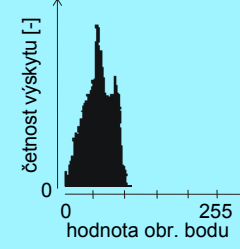
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇨	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p>$y=k.x+q$</p>  <p>$k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k.x+q$</p>  <p>$k=1,45$ $q=0$</p>
Histogram	 <p>četnost výskytu [-] hodnota obr. bodu</p>	 <p>četnost výskytu [-] hodnota obr. bodu</p> <p>důsledek přetečení rozsahu $\langle 0,255 \rangle$</p>

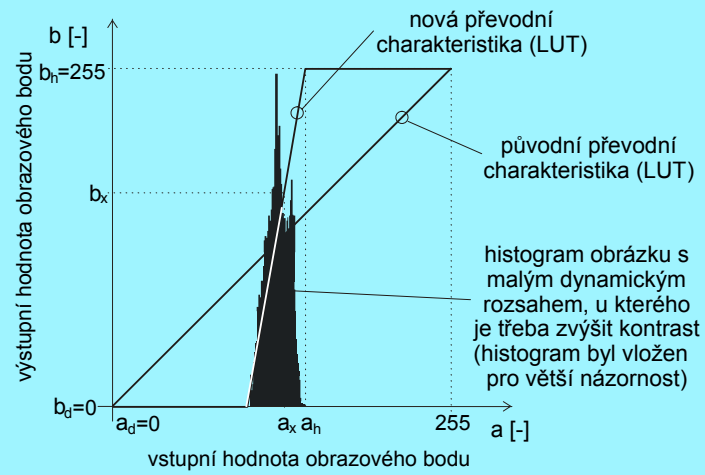
Aspekty dělení obrazu konstantou

Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1" style="background-color: black; color: white; text-align: center;"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1" style="background-color: black; color: white; text-align: center;"> <tr><td>29</td><td>27</td><td>25</td><td>25</td><td>52</td></tr> <tr><td>19</td><td>11</td><td>35</td><td>8</td><td>18</td></tr> <tr><td>39</td><td>43</td><td>101</td><td>14</td><td>11</td></tr> <tr><td>11</td><td>9</td><td>56</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>38</td><td>14</td><td>7</td><td>4</td><td>11</td></tr> </table>	29	27	25	25	52	19	11	35	8	18	39	43	101	14	11	11	9	56	7	8	38	14	7	4	11
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
29	27	25	25	52																																																
19	11	35	8	18																																																
39	43	101	14	11																																																
11	9	56	7	8																																																
38	14	7	4	11																																																

Aspekty dělení obrazu konstantou

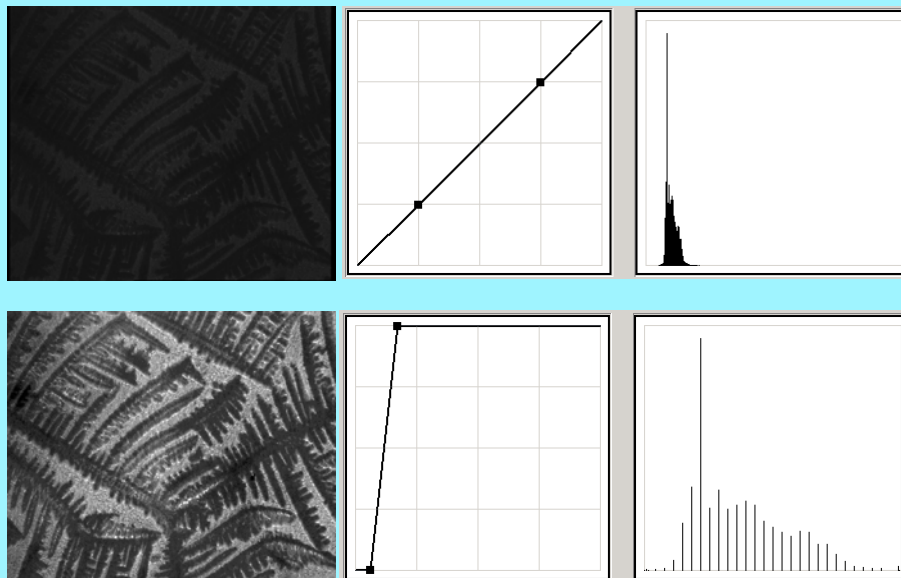
Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p style="text-align: center;">$y=k \cdot x+q$</p>  <p style="text-align: center;">vst. hodnota obraz. bodu 255</p>	<p style="text-align: center;">$y=k \cdot x+q$</p>  <p style="text-align: center;">vst. hodnota obraz. bodu 255</p>
Histogram	 <p style="text-align: center;">četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>	 <p style="text-align: center;">četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>

Roztažení histogramu (histogram stretching)



$$b_x = (a_x - a_d) * \left[\frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

Roztažení histogramu (histogram stretching)



Princip „flat-field“ korekce

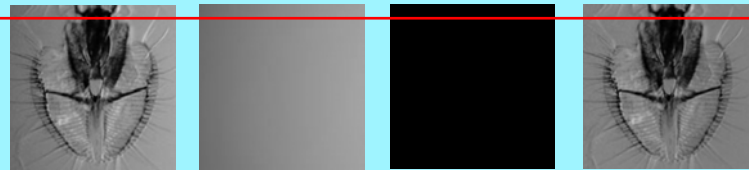
$$I_{kor}(x, y) = \frac{I_{orig}(x, y) - I_{tma}(x, y)}{I_{bezvz}(x, y) - I_{tma}(x, y)} K$$

Původní
obraz
(originál)

"flat-field"
snímek

snímek za
tmy

korigovaný
obraz



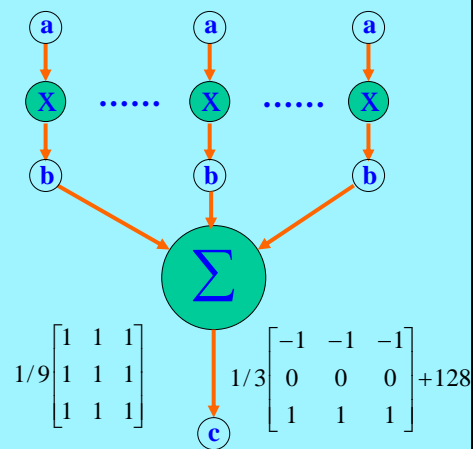
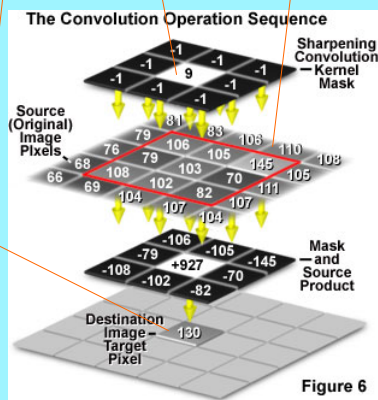
hodnota
pixelu



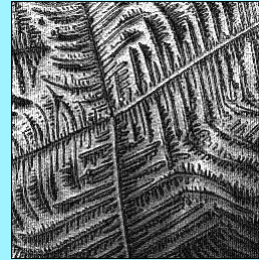
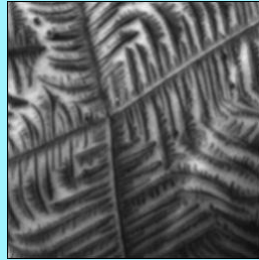
obrazový bod ve vyznačeném řádku (pixel)

2D konvoluční filtrace

$$c(m, n) = a(m, n) \otimes b(m, n) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} a(j, k) b(m-j, n-k)$$



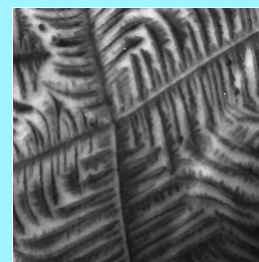
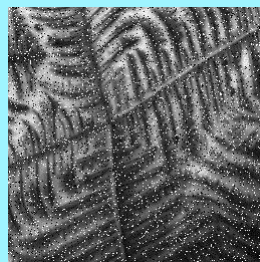
2D konvoluční filtrace - příklady



$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

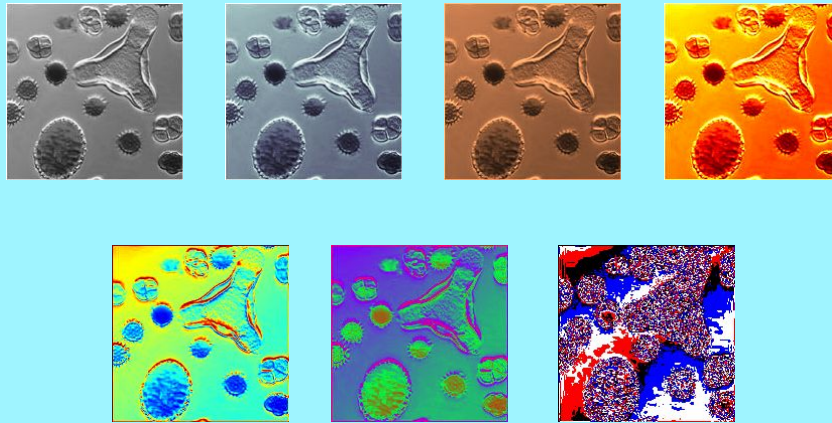
Mediánová filtrace



$$\begin{bmatrix} 10 & 0 & 89 \\ 255 & 56 & 131 \\ 0 & 178 & 255 \end{bmatrix} \rightarrow [0 \ 0 \ 10 \ 56 \ 89 \ 131 \ 178 \ 255 \ 255]$$

↑
MEDIÁN

Pseudobarvy a nepravé barvy



Přehled problematik zpracování obrazu v mikroskopii (viz praktika)

- vyhodnocení šumu, rozmazání, změn intenzity pozadí, jasů, kontrastu a histogramu,
- roztažení či vyrovnaní histogramu, aplikace LUT (bodové operace, vyhledávací tabulky),
- „flat-field“ korekce a odečtení pozadí,
- aplikace konvolučních jader (masek), mediánové filtry,
- pseudobarvy a nepravé barvy

Přehled SW pro zpracování obrazu v mikroskopii

- SW dodávaný se systémem (podp. HW, účelově zaměřený)
- SW mimo systém, ale specializovaný (bez podpory HW),
- SW komerčně dostupný (CorelDraw, Photoshop, Matlab, ...),
- SW volně šiřitelný (specializovaný, univerzální, výukový)
- platforma MS Windows, Linux, Unix, OS, Mac

SW dodávaný se systémem

LUCIA (český produkt)

- SW určený pro snímání, archivaci a analýzu obrazu,
- aplikace v oblasti: cytogenetiky, důkazních řízeních u soudu biologie a medicíny, materiálů, spektrální analýzy,
- moduly – image acquisition (Nikon), time lapse acquisition, component acquisition (fluorescence microscopy, live cell imaging), Z stack acquisition (deconvolution), stitching images, image archiving and management, image annotation, segmentation and measurement, scripting, mathematical morphology, reports, six languages, ...
- <http://www.lim.cz>

SW dodávaný se systémem

QuickPHOTO MICRO

- SW určený pro záznam digitálního obrazu zejména z mikroskopů vybavených digitálními fotoaparáty OLYMPUS CAMEDIA,
- moduly – image acquisition (Olympus Camedia), živý obraz na monitoru PC, měření délek, obvodů, ploch, úhlů, počítání objektů, analýza fází, vkládání kalibrovaného měřítka, tab. naměřených hodnot – exp. Excel, práce s více snímky, aut. fotografování snímků v časovém sledu s možností vytvoření videosekvence, přídatné moduly, ...
- MISTIC Tele-Image Consulting – dálkový přenos a konz. RT,
- OCS Cytotel (gynekologie a gyn. cytologie),
- modul Deep Focus (stereomikroskopy),
- <http://www.quickphoto.cz>, <http://www.olympus.cz>

SW dodávaný mimo systém

DIPS (český produkt)

- SW určený pro analýzu obrazu zejména prostřednictvím vybraných typů digitalizačních zařízení (FG) nezávislých na typu mikroskopu,
- program umožňuje aplikaci pokročilých funkcí, možnost používat jako interpret, možnost dávkového zpracování a editace těchto dávek příkazů, jednotlivé funkce pro zprac. obrazu vychází důsledně z matematické definice,
- pro aplikaci vybraných funkcí je třeba již znát jisté základy,

SW dodávaný mimo systém

UCSF, Jain Lab (free)

- **SW určený pro:**
 - **výpočetní a statistické metody (aplikace na data získaná měřicími systémy pro biologii),**
 - **analýzu genomu,**
 - **přesnou a reprodukovatelnou kvantifikaci a normalizaci DNA microarray data**
- **<http://www.jainlab.org>**

SW dodávaný mimo systém

Morphometrics (free)

- **SW určený pro analýzu tvaru z různého hlediska**
- **<http://life.bio.sunysb.edu/morph>**

SW dodávaný mimo systém

The Visualization Toolkit - VTK (free)

- SW určený pro 3D grafiku, zpracování obrazu a vizualizaci,
- <http://www.kitware.com>

SW komerčně dostupný

CorelDraw

- vektorový grafický editor, vhodný i pro vytváření tzv. metasouborů,
- nutnost se seznámit se základní filozofií programu a ovládáním,
- obsahuje několik skupin funkcí na úpravu obrazu,
- není SW pro zpracování, či analýzu obrazu

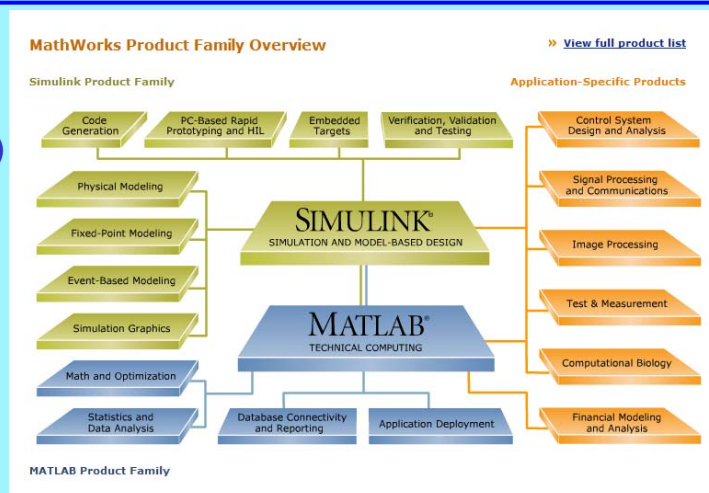
SW komerčně dostupný

Photoshop

- rastrový (bitmapový) profesionální grafický editor,
- nutnost se seznámit se základní filozofií programu a ovládáním (vrstvy),
- obsahuje několik skupin funkcí na úpravu obrazu,
- není SW pro zpracování, či analýzu obrazu, ale obsahuje některé vybrané okruhy této problematiky, zejména se jedná o kvalitní zpracování barevných obrazů

SW komerčně dostupný

Matlab (versus Maple, MathCad)



- Bioinformatics Tbx - read, analyze, and visualize genomic, proteomic, and microarray data
- <http://www.mathworks.com>, <http://www.humusoft.cz>

SW volně šiřitelný

MIPS (MS Windows) - výukový

- <http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman>

Image Magick (MS Windows, Linux, Unix)

- <http://www.imagemagick.org>

XFig (Linux, Unix)

WWW stránka s užitečnými odkazy

<http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman>

- volně ke stažení výukový SW MIPS
- volně ke stažení text přednášky (PDF),
- volně ke stažení prezentace (PDF),
- užitečné odkazy na WWW stránky, týkající se zpracování obrazu

Děkuji za pozornost