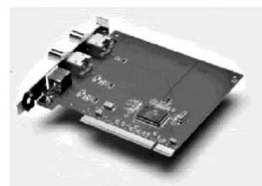


Snímání a digitalizace obrazu

Ing. Jiří Hozman

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze

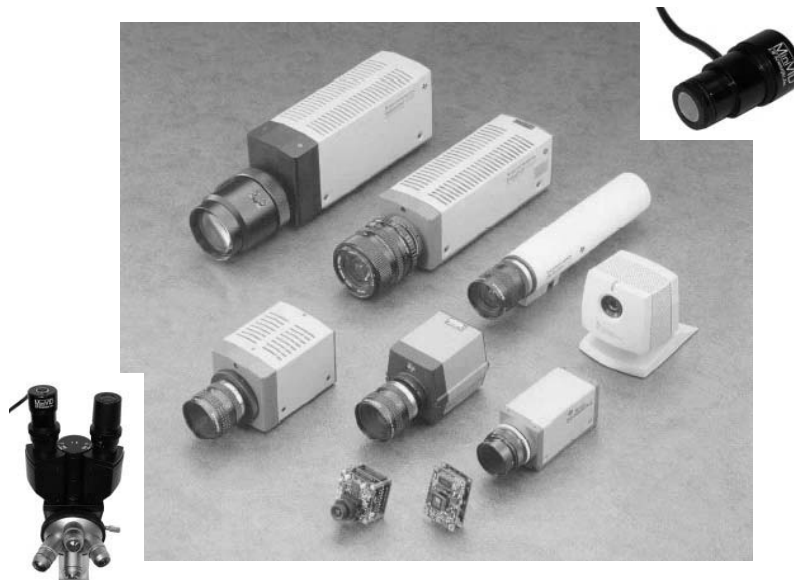
<http://www.fbmi.cvut.cz>



Prostředky pro snímání obrazu



Prostředky pro snímání obrazu

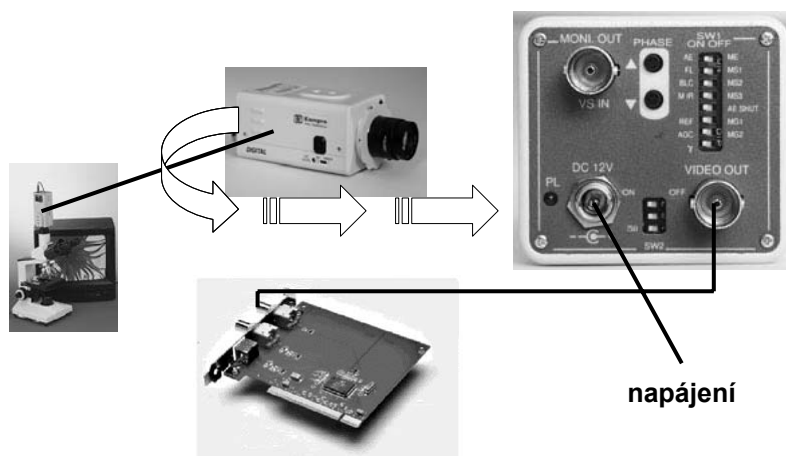


Prostředky pro snímání obrazu



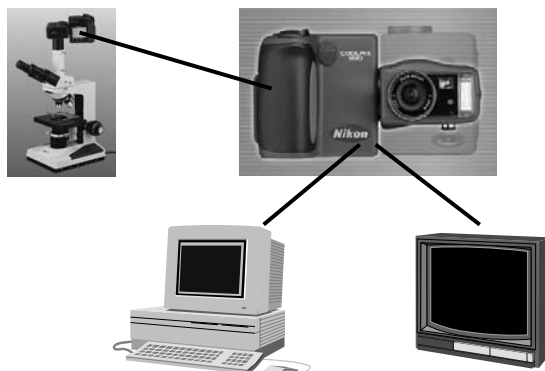
Možnosti, jak snímat obraz (1)

- analogová TV videokamera + FG



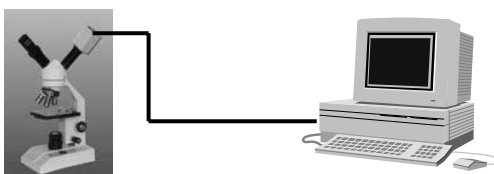
Možnosti, jak snímat obraz (2)

- 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>, <http://www.sws.cz>

Možnosti, jak snímat obraz (5)

- specializované komplexní systémy



High-resolution digital camera systems for microscopy.

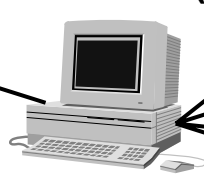
- 1.2 to 5.8 million pixels
- Outstanding image quality
- Color or monochrome
- High sensitivity
- COOLED CCD
- Long integration exposure
- Very easy to learn & operate



Možnosti počítačů

- standardní PC s FG (PCI zásuvná karta)

digitální kamery
připojené
prostřednictvím
IEEE 1394



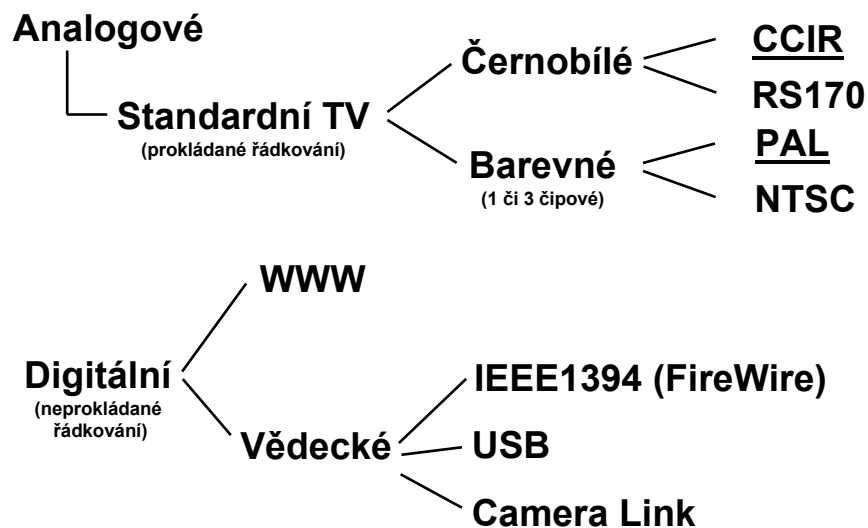
- laptopy s FG (PCMCIA + ext. modul)

standardní
TV kamera

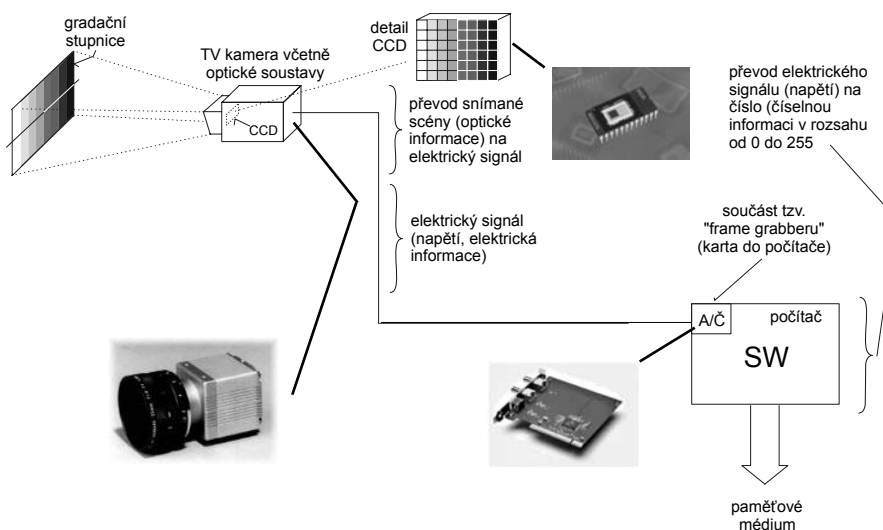


digitální kamery
připojené
prostřednictvím
IEEE 1394

Snímací videokamery

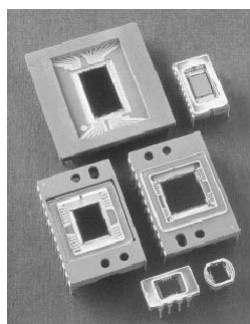
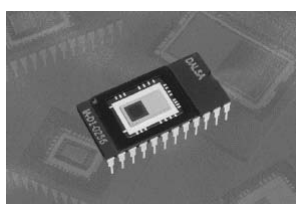


Principiální schéma systému

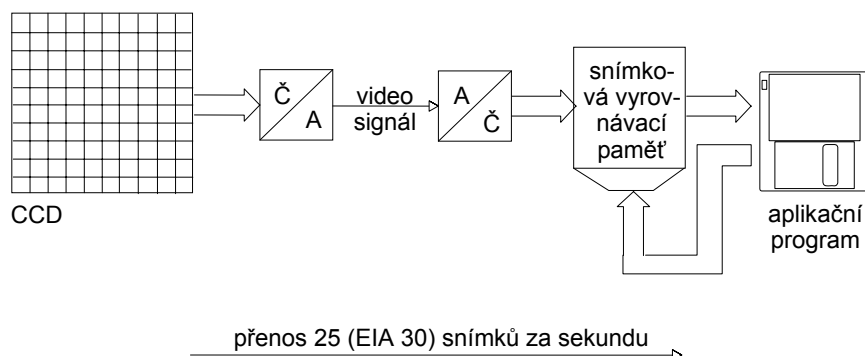


Snímací obrazové prvky

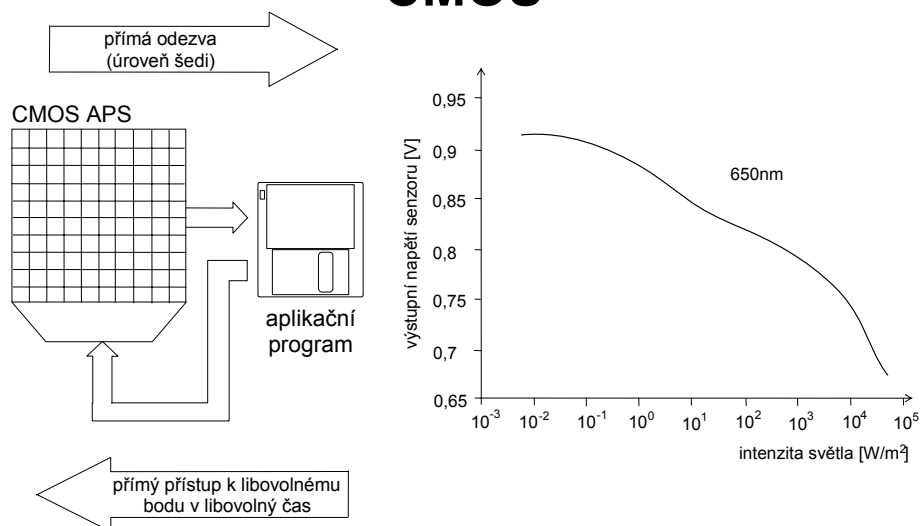
- vakuové
- polovodičové
 - CCD
 - CID
 - CMOS
 - CIS



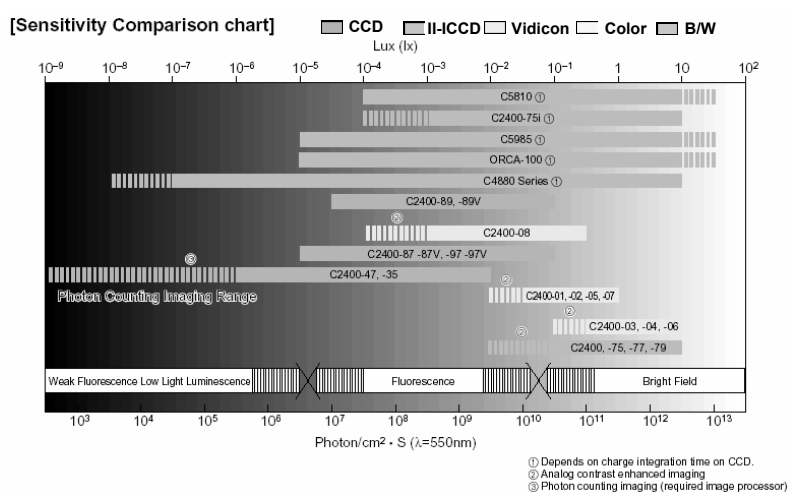
Ideové schéma systémů s prvky CCD



Ideové schéma systémů s prvky CMOS

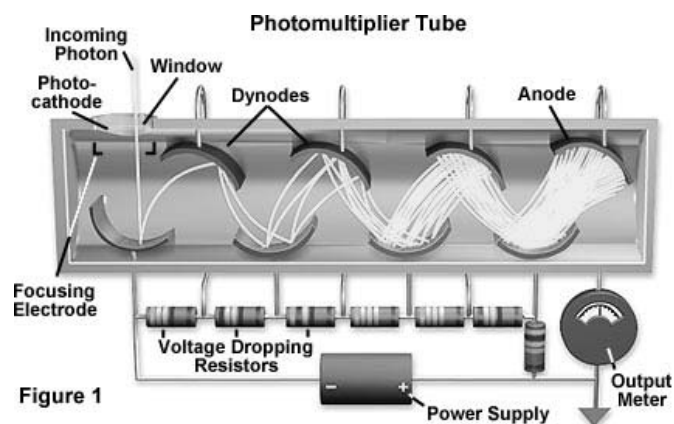


Specializované systémy



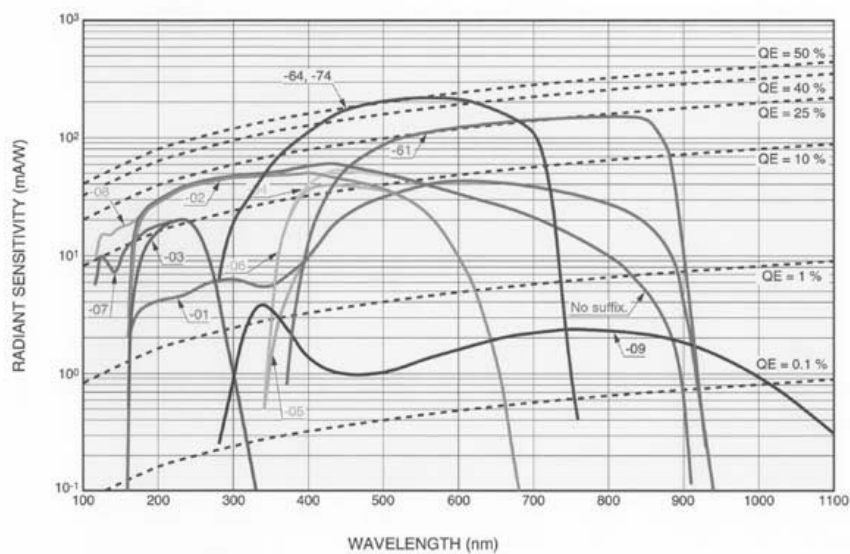
PMT („photomultiplier tube“)

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



Fotonásobiče jsou využívány v konfokálních mikroskopech

II („image intensifiers“)

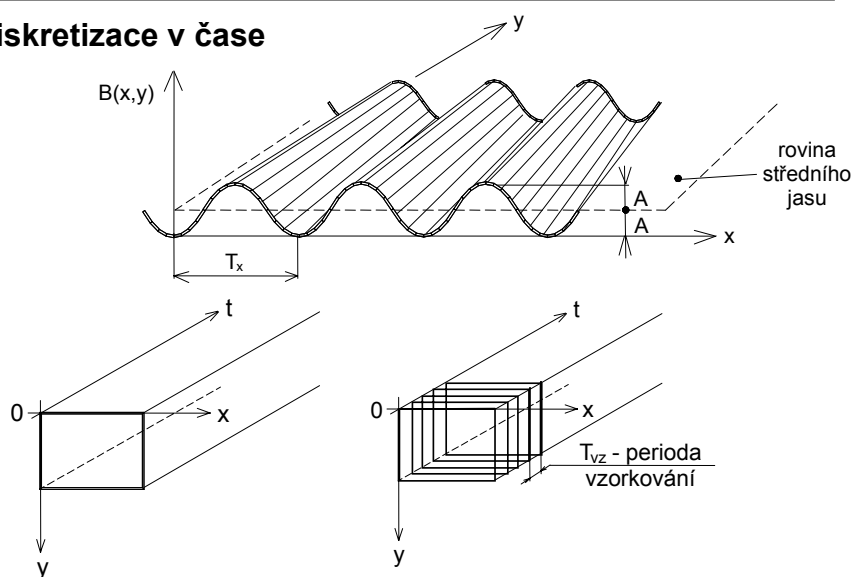


II („image intensifiers“) - ICCD



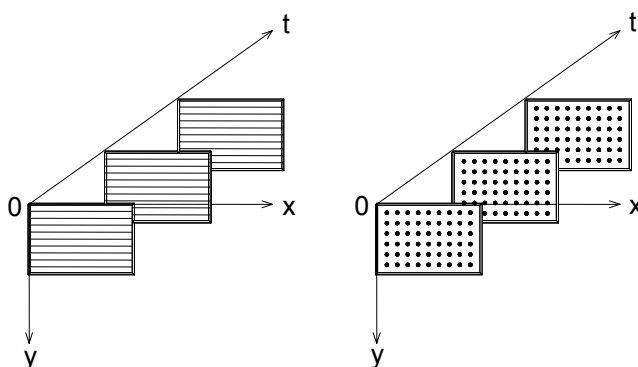
Digitalizace obrazu

- diskretizace v čase



Digitalizace obrazu

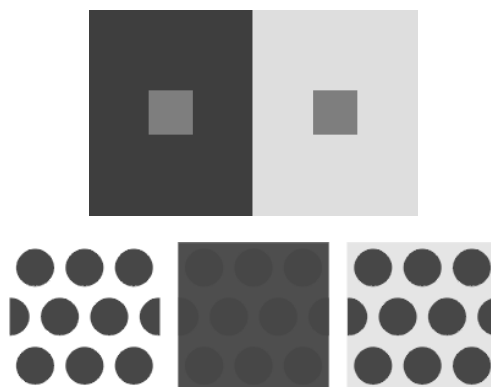
- diskretizace v x,y



Digitalizace obrazu

- diskretizace v amplitudě (kvantování)

- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)

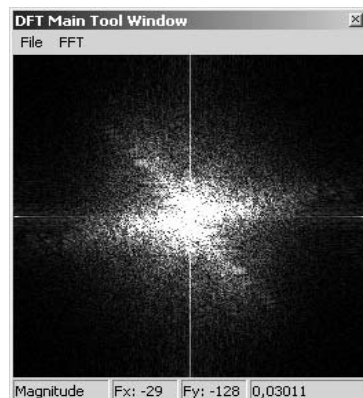


Základní metody zpracování obrazu

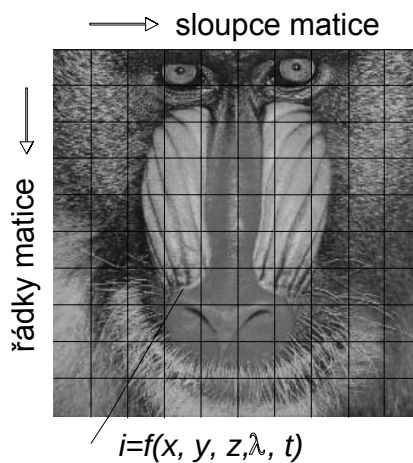
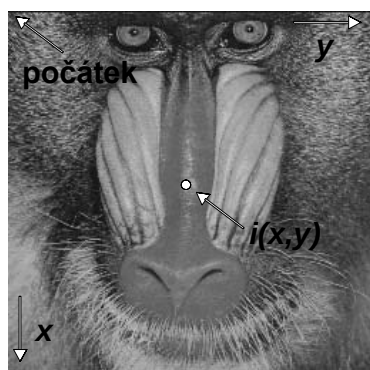
Ing. Jiří Hozman

Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze

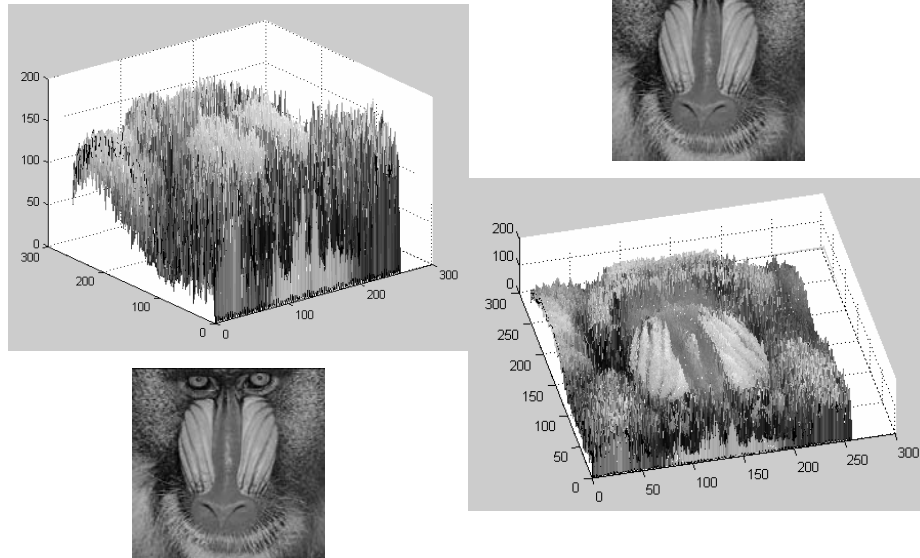
<http://www.fbmi.cvut.cz>



Obraz jako dvourozměrná matice



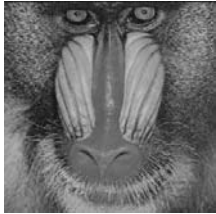
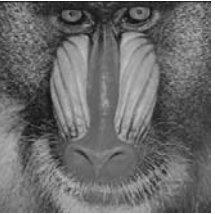
Obraz jako 3D reliéf



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 ↕	

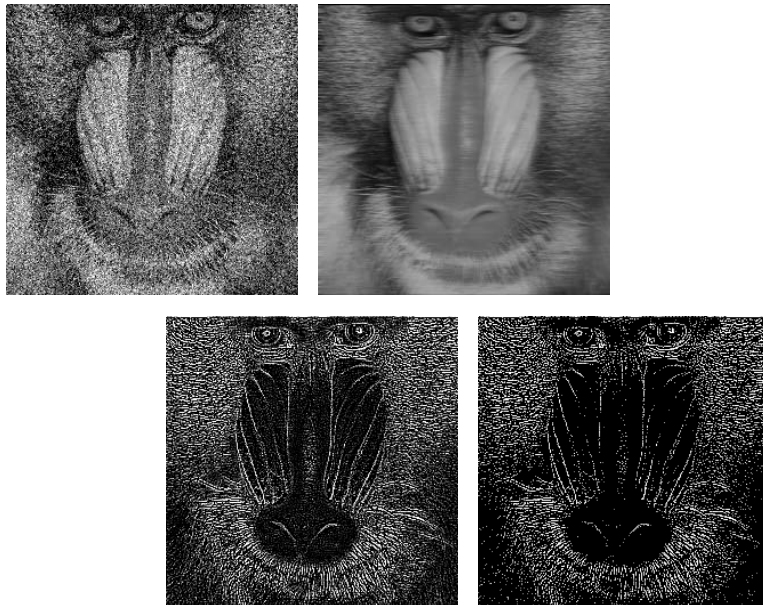
Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

↕ 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 ↕
		

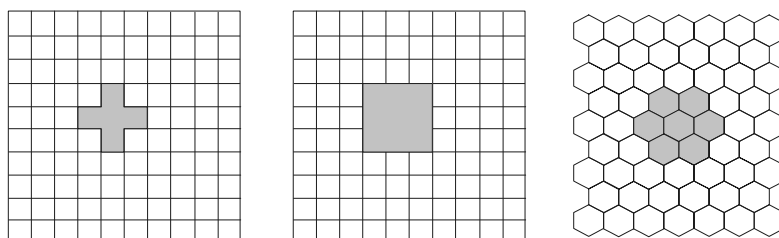
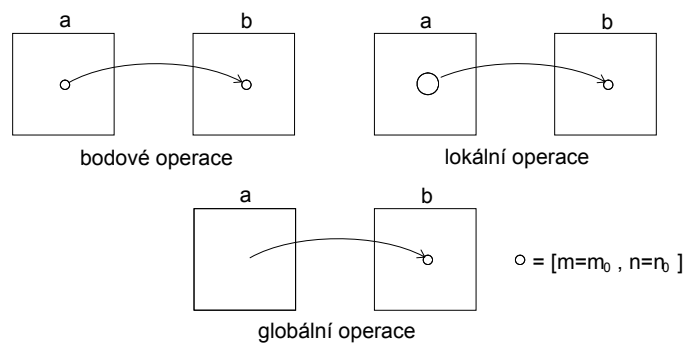
Etapy zpracování obrazu

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

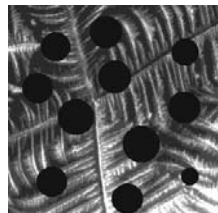
Příklady vybraných operací nad obrazem



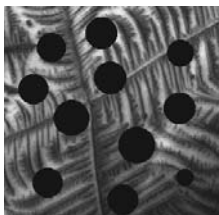
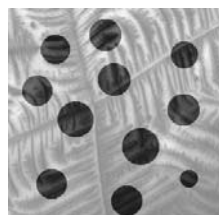
Typy operací a typy sousedství pixelů



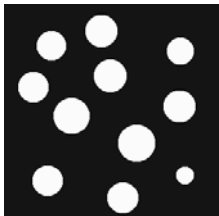
Aritmetické operace nad obrazem

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" ↕	↕ $ADD(a,b) = a + b$ ↕
		
↕ $SUB(a,b) = a - b$ ↕	↕ $MULT(a,b) = a \cdot b$ ↕	↕ $DIV(a,b) = a / b$ ↕
		

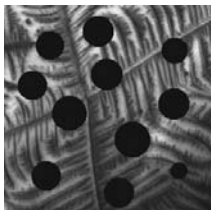
Aritmetické operace nad obrazem – pokr.

Aritmetické operace mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy a mezi šedotónovými obrazy (bílé odpovídá hodnota 255 (1), černé odpovídá hodnota 0 (0))		
↕ $MIN(a,b)$ ↕	↕ $MAX(a,b)$ ↕	↕ $AVE(a,b) = \text{arit. průměr}$ ↕
		
↕ $OVERLAY(a,b)$ ↕	↕ $WEIGHT(25\% a, 75\% b) = 25\% a + 75\% b$ ↕	↕ $WEIGHT(50\% a, 50\% b) = 50\% a + 50\% b$ ↕
		

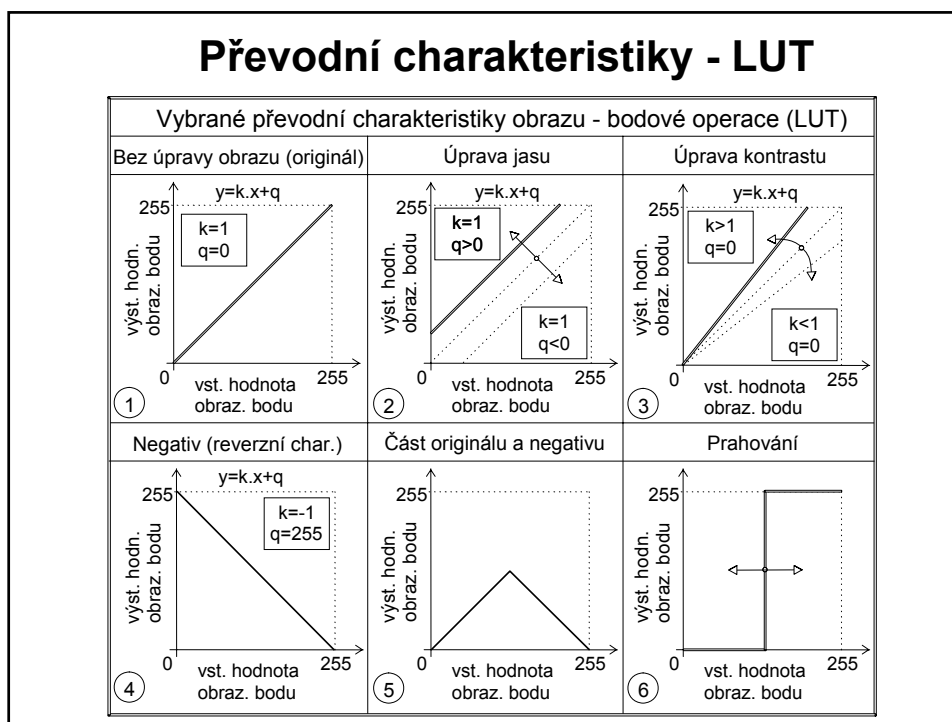
Logické (binární) operace nad obrazem

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" ↕	↕ NOT(a) = $\bar{a}$ ↕
		
↕ NOT(b) = $\bar{b}$ ↕	↕ OR(a,b) = $a + b$ ↕	↕ AND(a,b) = $a \cdot b$ ↕
		

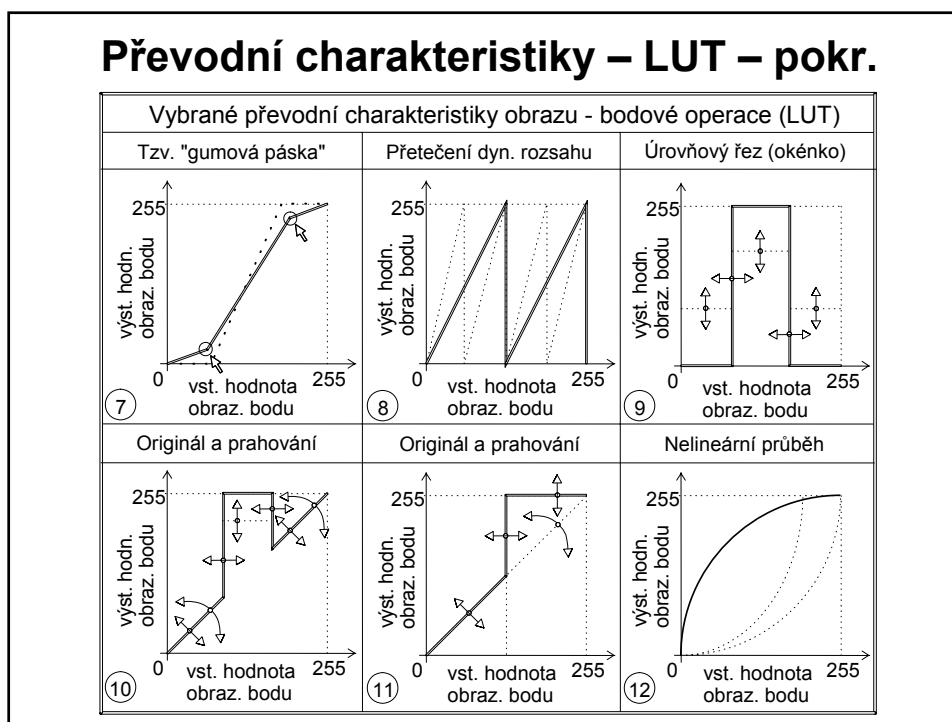
Logické (binární) operace nad obrazem – pokr.

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)		
↕ XOR(a,b) = $a \oplus b = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b$ ↕	↕ SUB(a,b) = $a \setminus b = a - b = a \cdot \bar{b}$ ↕	↕ OR(a,b) = $a + b$ ↕
		
↕ AND(a,b) = $a \cdot b$ ↕	↕ XOR(a,b) = $a \oplus b = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b$ ↕	↕ SUB(a,b) = $a \setminus b = a - b = a \cdot \bar{b}$ ↕
		

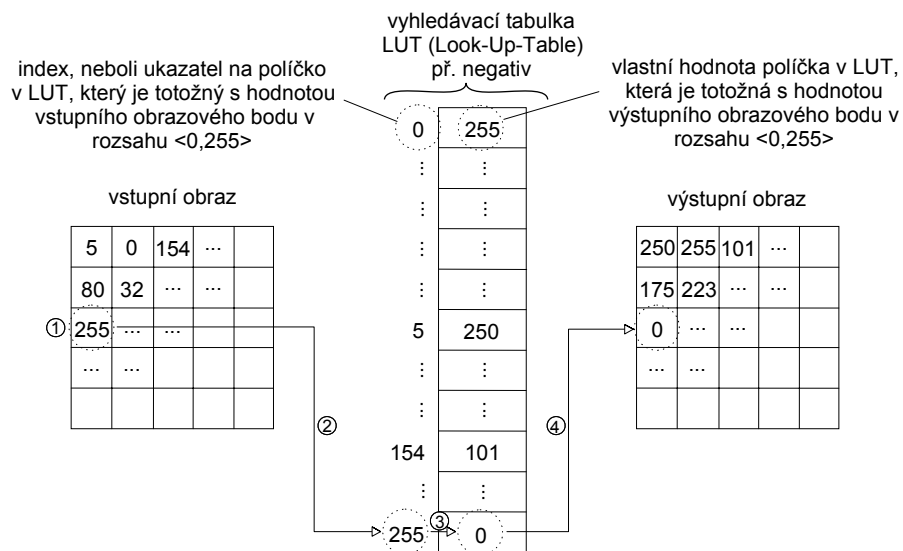
Převodní charakteristiky - LUT



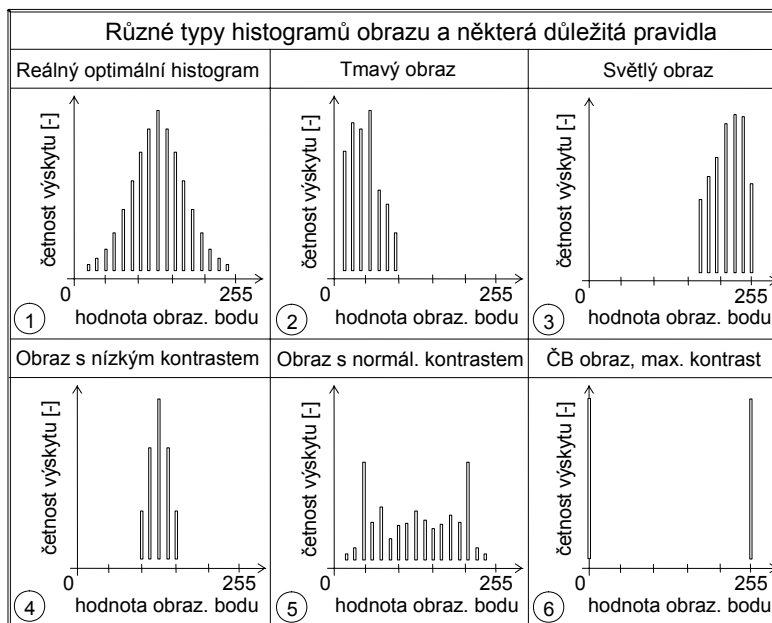
Převodní charakteristiky – LUT – pokr.



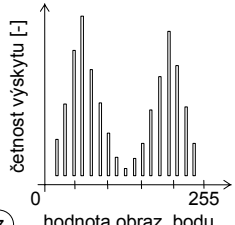
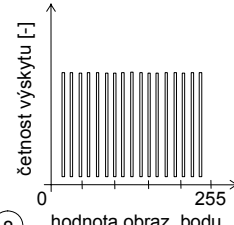
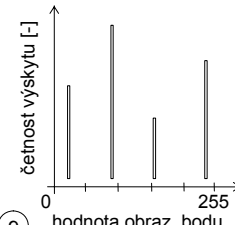
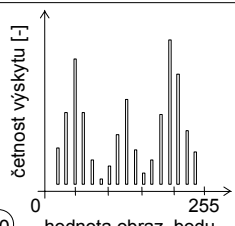
Způsob aplikace a implementace LUT



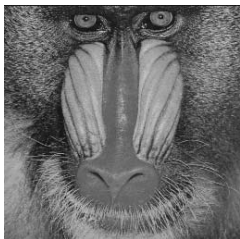
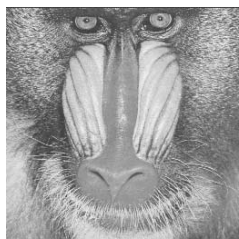
Typy histogramů obrazu



Typy histogramů obrazu – pokr.

Různé typy histogramů obrazu a některá důležitá pravidla		
Bimodální histogram	Ideální nereálný histogram	4(x) odstíny(ů) šedi v obr.
 č. 7	 č. 8	 č. 9
Trimodální histogram	Pravidlo č. 1 a 2	Pravidlo č. 3 a 4
 č. 10	č. 11 1. Histogram nemá souvislost s polohou obrazového bodu v obrazu. 2. Z histogramu lze určit plochu v obrazu, která je určena daným odstínem šedi.	č. 12 3. Součet všech četností v histogramu je roven počtu obrazových bodů v obrazu. 4. Při výpočtu histogramu je vždy nutné na začátku vynulovat pole, kam se jednotlivé četnosti ukládají.

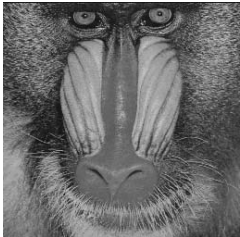
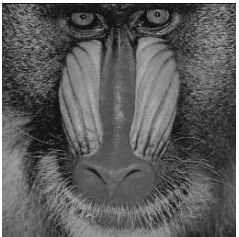
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

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><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><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																																																

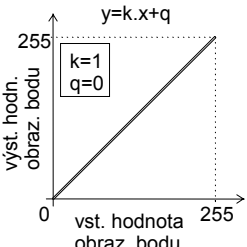
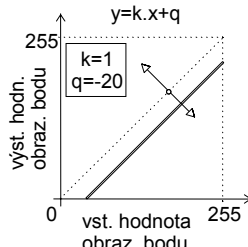
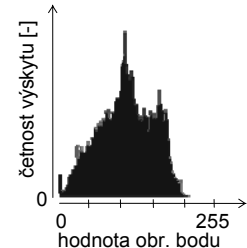
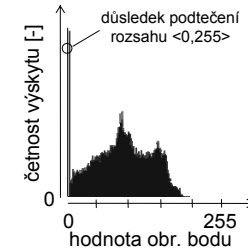
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇨	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$	$y=k.x+q$ $k=1$ $q=50$
Histogram		

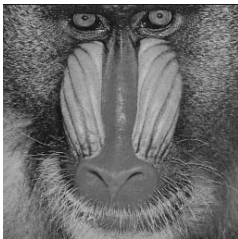
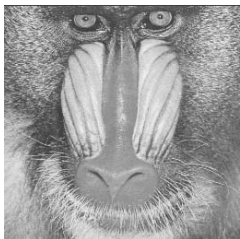
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

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><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><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		

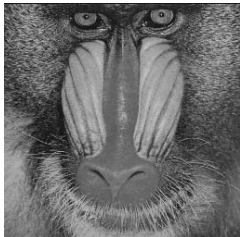
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇒	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table><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><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																																																

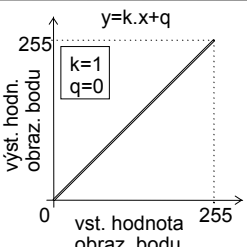
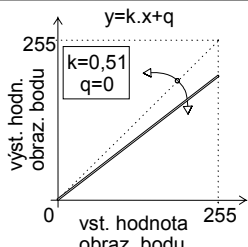
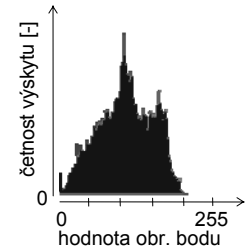
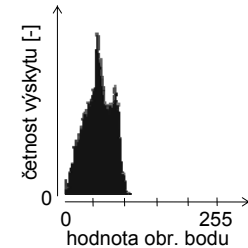
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇨	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika		
Histogram		

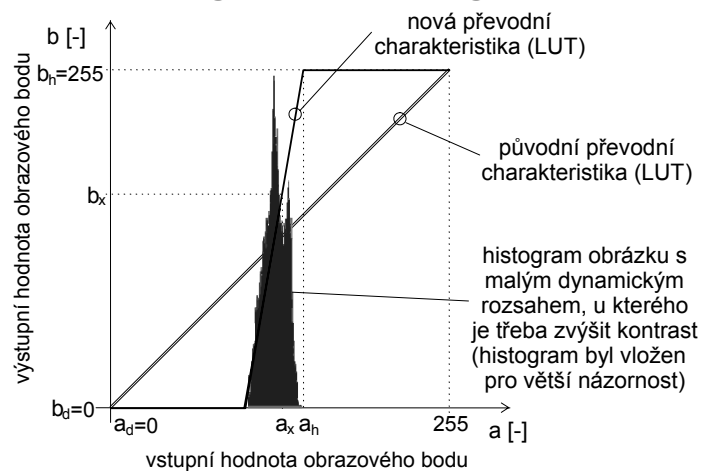
Aspekty dělení obrazu konstantou

Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table><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><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

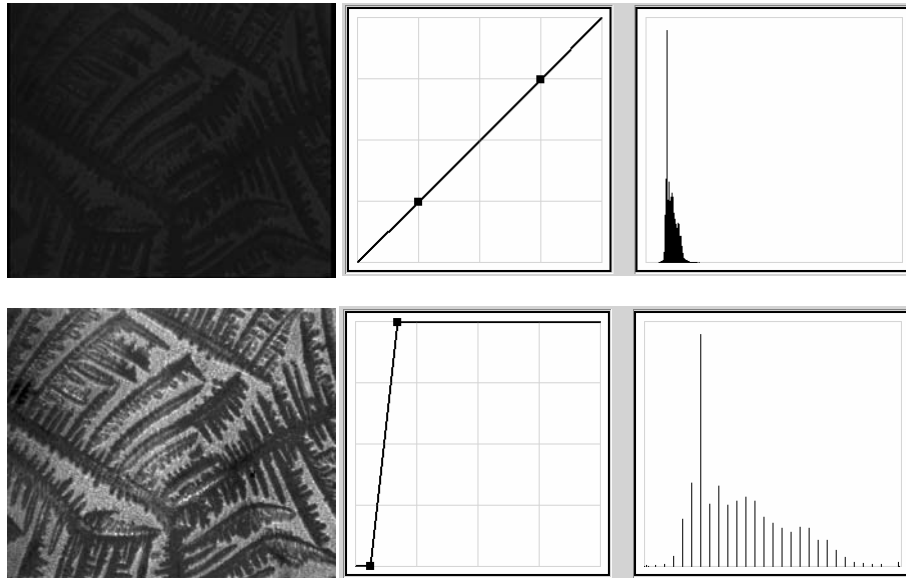
Operace $\Rightarrow$	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
$\downarrow$ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika		
Histogram		

Roztažení histogramu (histogram stretching)

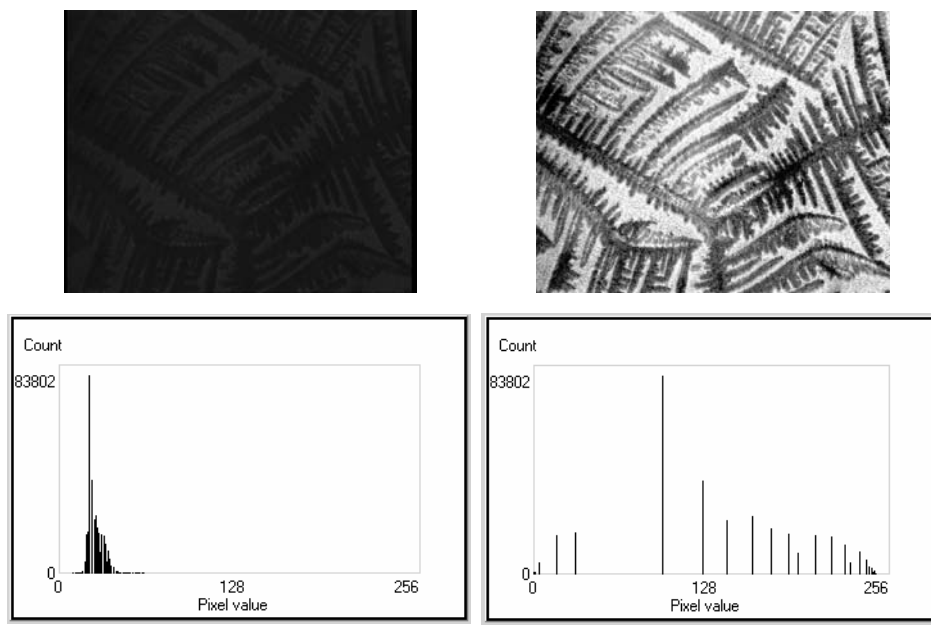


$$b_x = (a_x - a_d) * \left[\frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

Roztažení histogramu (histogram stretching)



Vyrovnání histogramu (equalization)



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



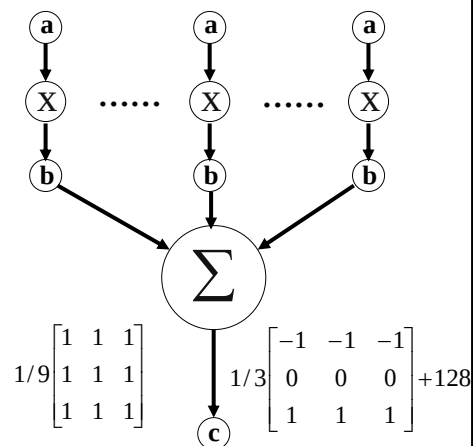
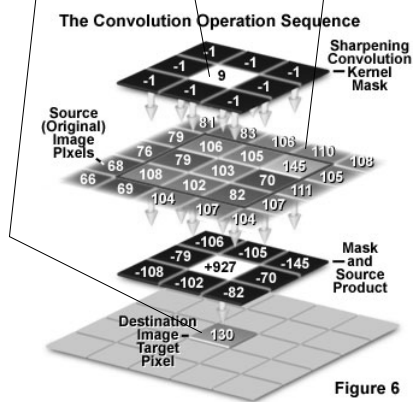
hodnota
pixelu



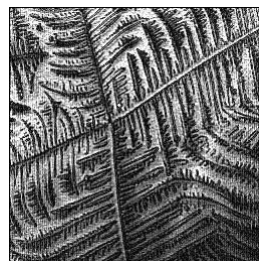
obrazový bod ve vyznačeném řádku (pixel)

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



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

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

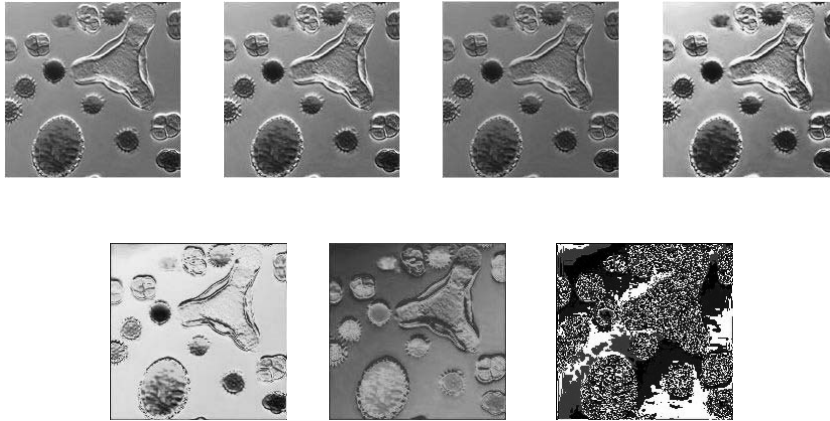
Mediánová filtrace



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

$\uparrow$
 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

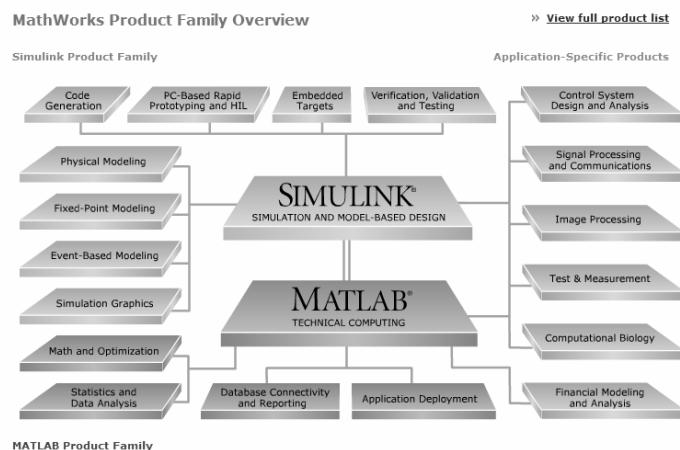
SW komerčně dostupný

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