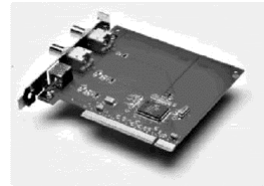
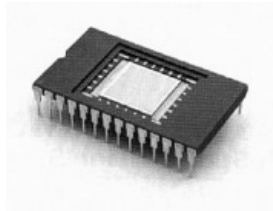


Snímání a digitalizace obrazu

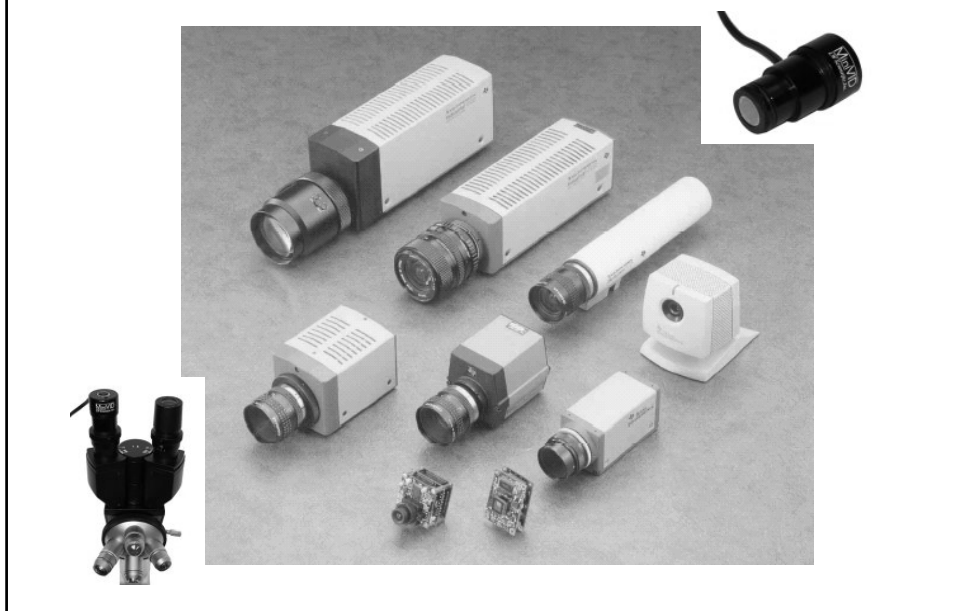
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



Prostředky pro snímání obrazu

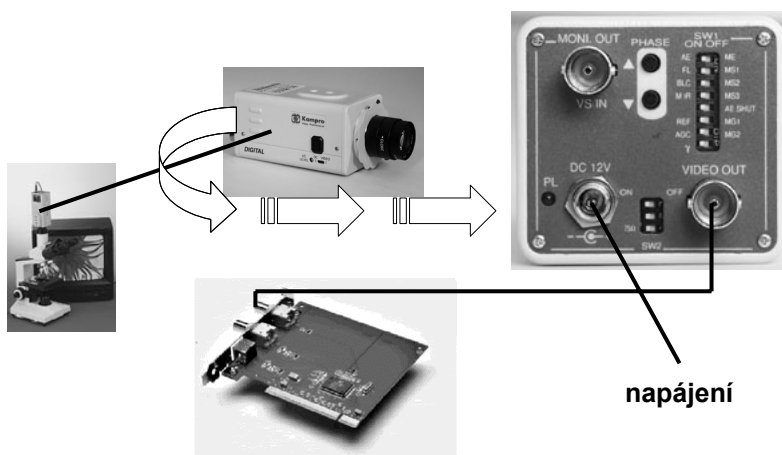


Prostředky pro snímání obrazu



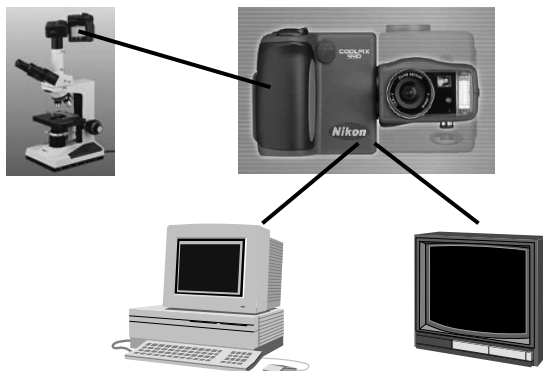
Možnosti, jak snímat obraz (1)

- analogová TV videokamera + FG



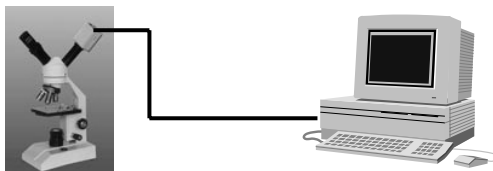
Možnosti, jak snímat obraz (2)

- digitální fotoaparát (DSC)



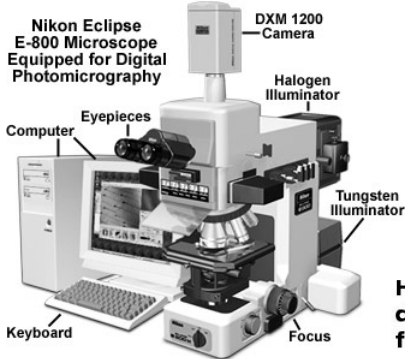
Možnosti, jak snímat obraz (3)

- digitální videokamery pro mikroskopii s
různým rozhraním



Možnosti, jak snímat obraz (4)

- specializované komplexní systémy



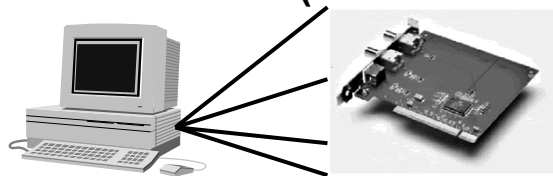
High-resolution digital camera systems for microscopy.

- 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)

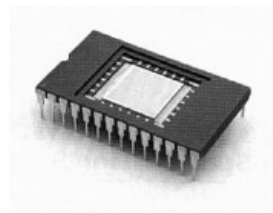
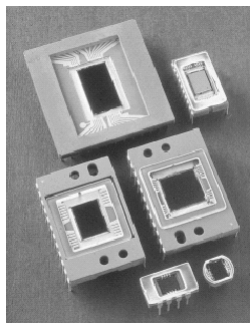
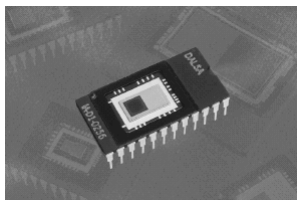


- laptopy s FG (PCMCIA + ext. modul)

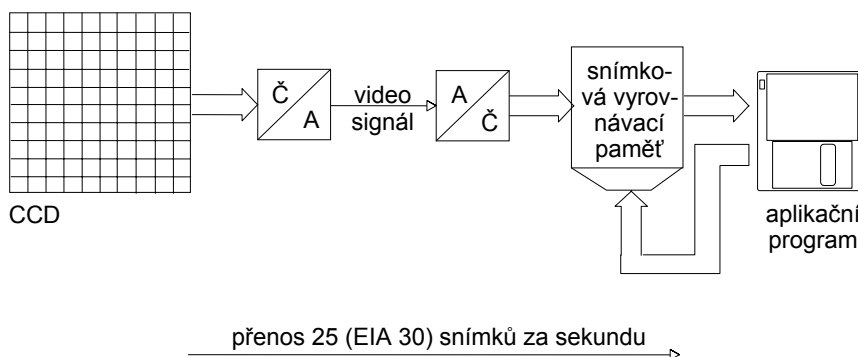


Snímací obrazové prvky

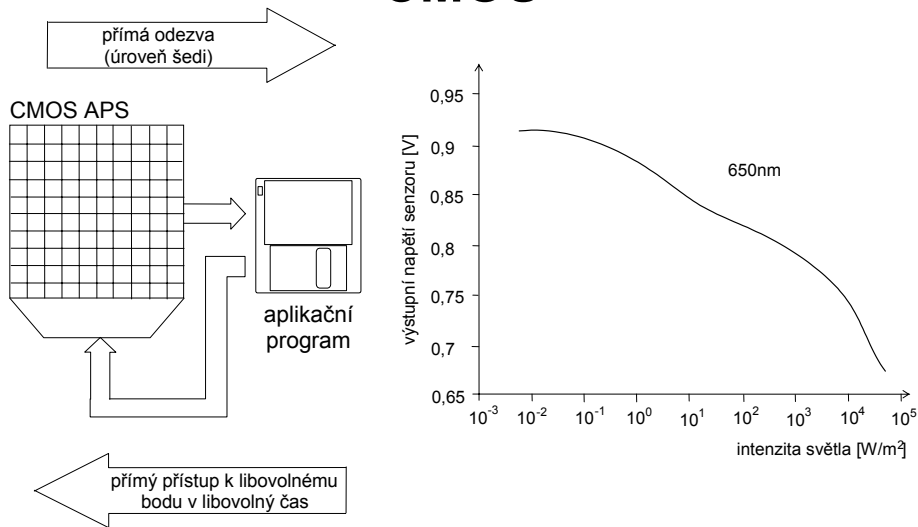
- vakuové
- polovodičové
 - CCD
 - CID
 - CMOS
 - CIS



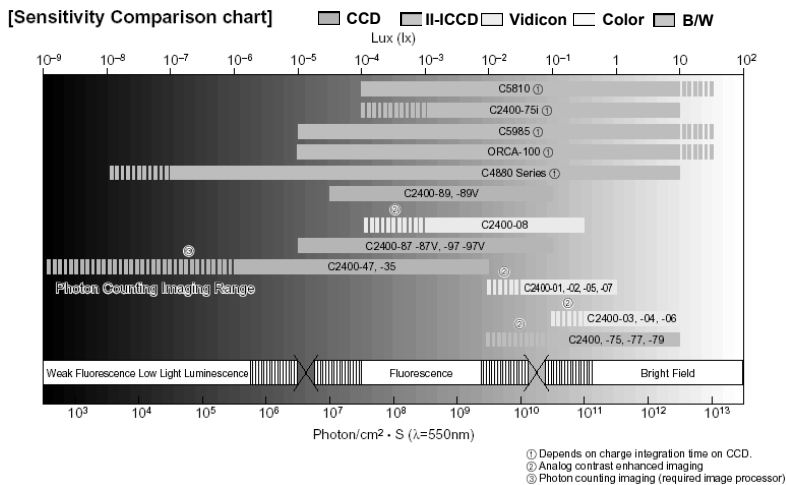
Ideové schéma systémů s prvky CCD



Ideové schéma systémů s prvky CMOS

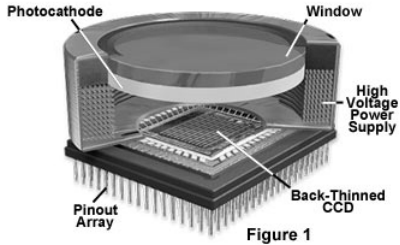


Specializované systémy

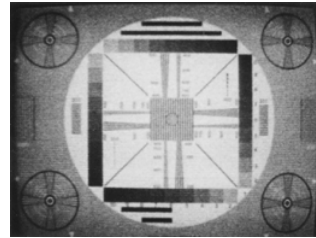
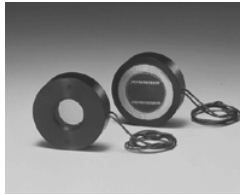
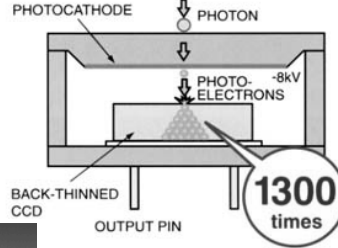


EB-CCD („electron bombardment“)

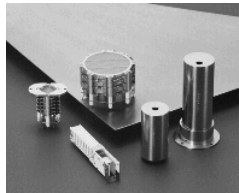
Electron-Bombarded Back-Thinned CCD



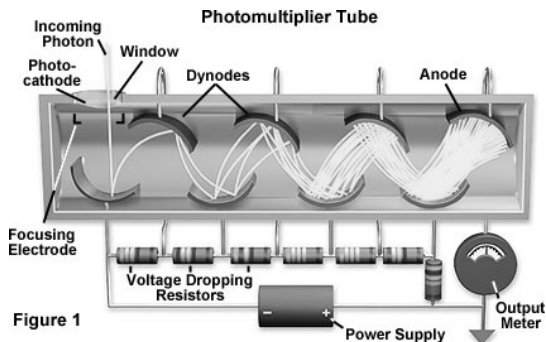
EB-CCD Operating Principle



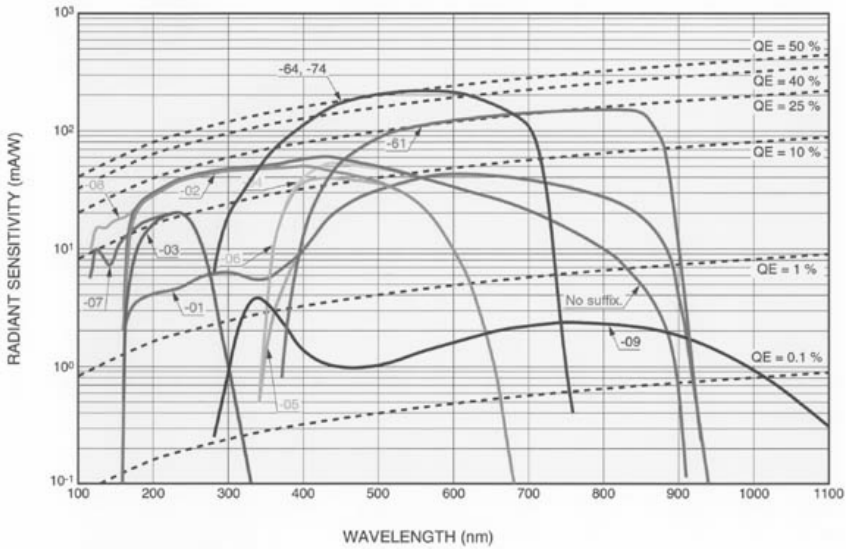
EM („electron multipliers“)



PMT („photomultiplier tube“)



II („image intensifiers“)



II („image intensifiers“) - ICCD

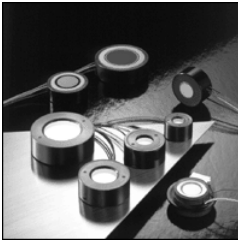


Figure 1: Structure of Image Intensifier

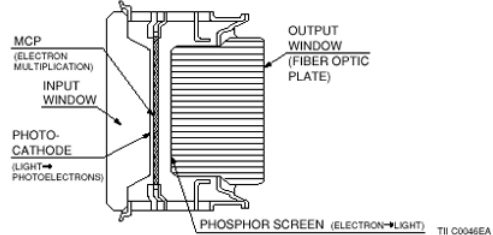
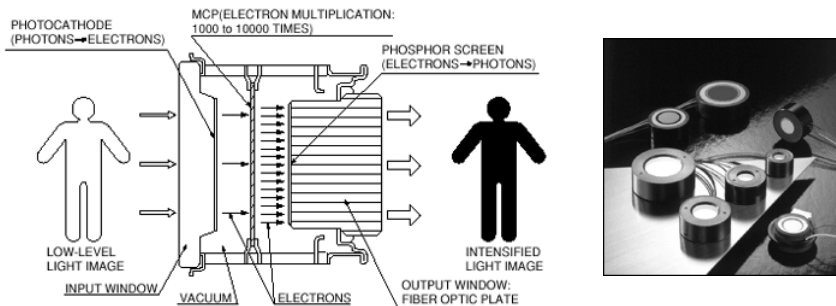
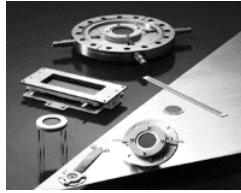


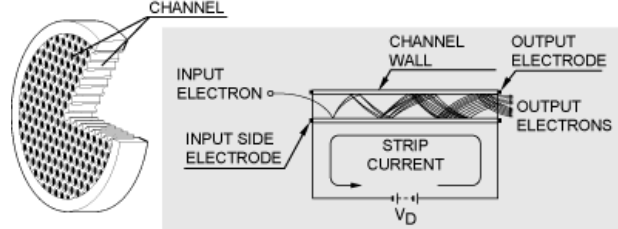
Figure 2: Operating Principle



MCP („micro channel plate“)

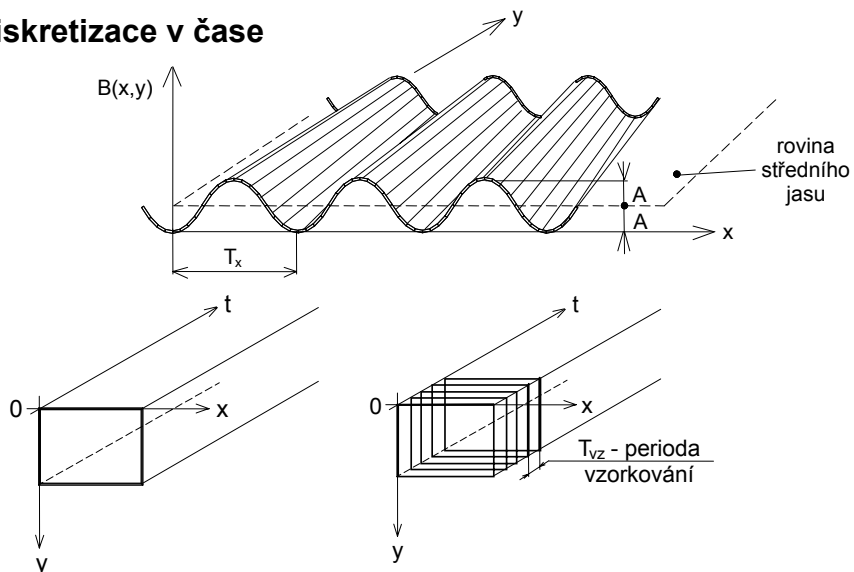


Schematic Construction and Operating Principle of MCP



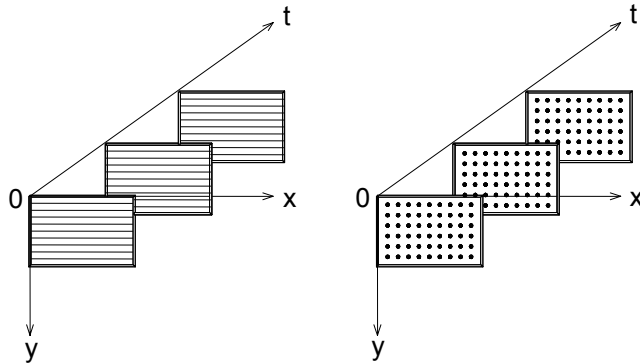
Digitalizace obrazu

- diskretizace v čase



Digitalizace obrazu

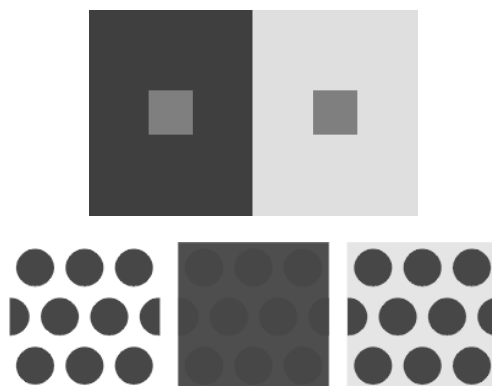
- diskretizace v x,y



Digitalizace obrazu

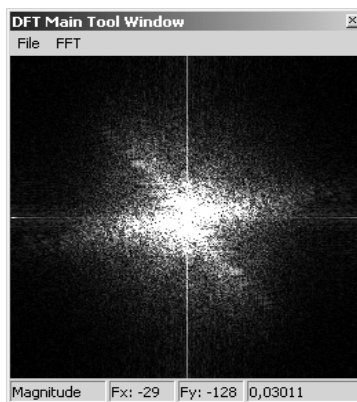
- diskretizace v amplitudě (kvantování)

- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)

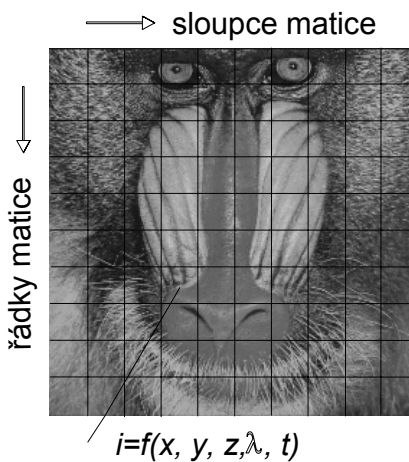
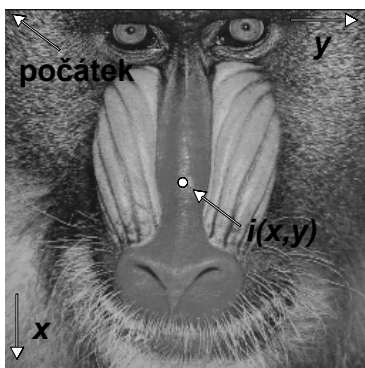


Základní metody zpracování obrazu

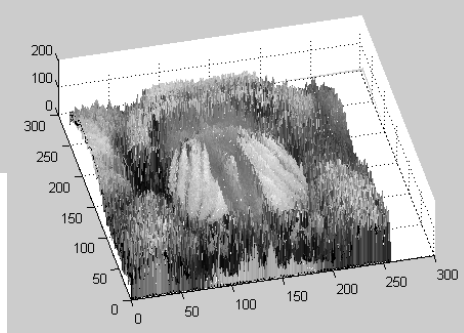
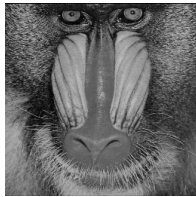
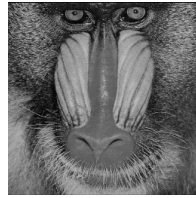
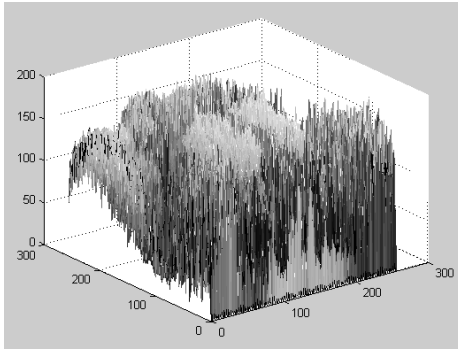
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



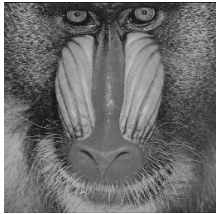

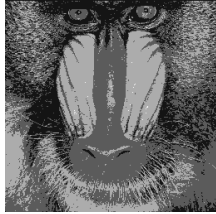
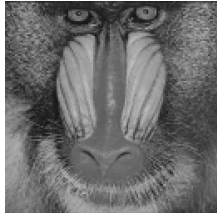
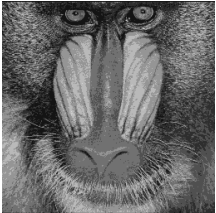
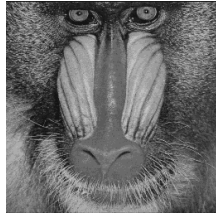
Obraz jako dvourozměrná matice




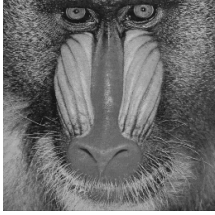
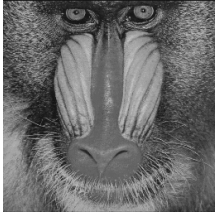

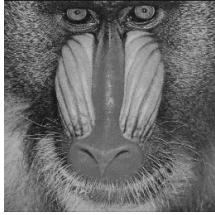
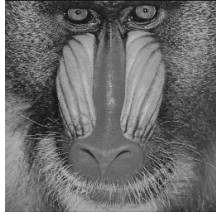
Obráz jako 3D reliéf



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 ↕	↕
			

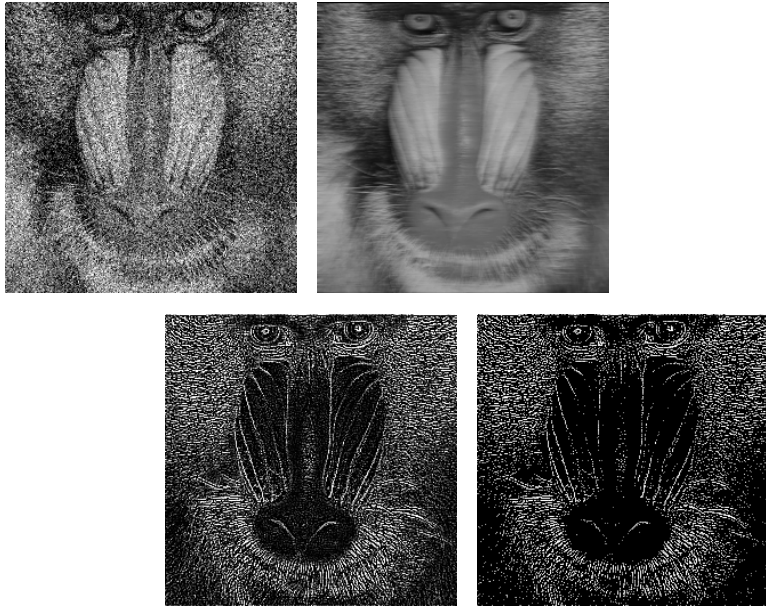
Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

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

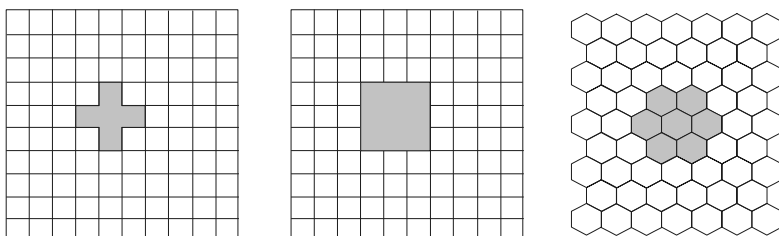
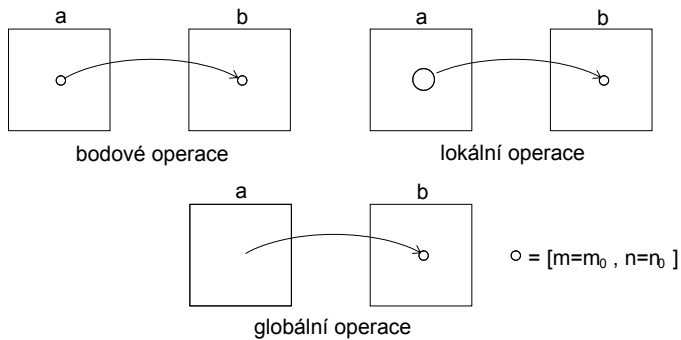
Etapy zpracování obrazu

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


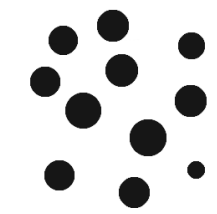
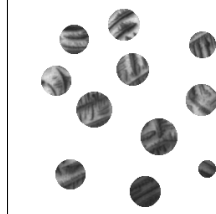
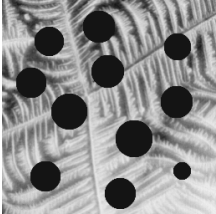
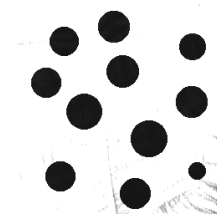
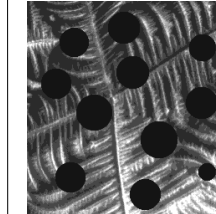
Příklady vybraných operací nad obrazem



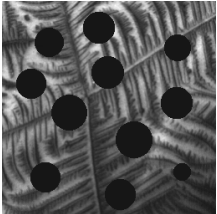
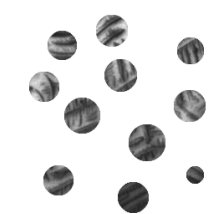
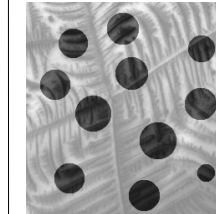

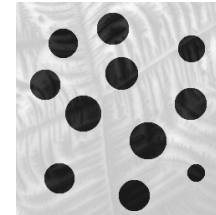

Typy operací a typy sousedství pixelů



Aritmetické operace nad obrazem


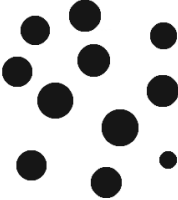
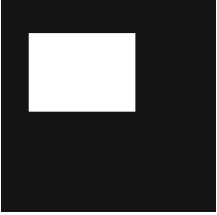
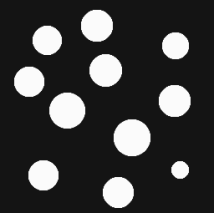

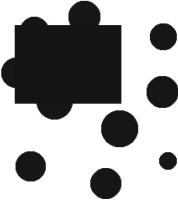
Aritmetické operace mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy a mezi šedotónovými obrazy (bílé odpovídá hodnota 255 (1), černé odpovídá hodnota 0 (0))		
↕ šedotónový obraz "a" ↕	↕ binární (ČB) obraz "b" ↕	↕ $ADD(a,b) = a + b$ ↕
		
↕ $SUB(a,b) = a - b$ ↕	↕ $MULT(a,b) = a \cdot b$ ↕	↕ $DIV(a,b) = a / b$ ↕
		

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))		
↕ $MIN(a,b)$ ↕	↕ $MAX(a,b)$ ↕	↕ $AVE(a,b) = \text{arit. průměr}$ ↕
		
↕ $OVERLAY(a,b)$ ↕	↕ $WEIGHT(25\% a, 75\% b) = 25\% a + 75\% b$ ↕	↕ $WEIGHT(50\% a, 50\% b) = 50\% a + 50\% b$ ↕
		

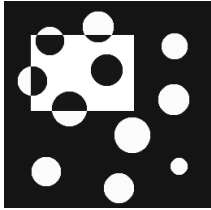
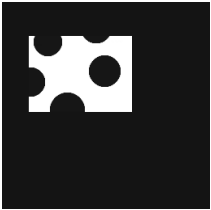
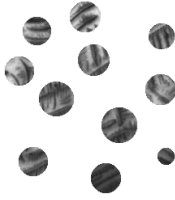
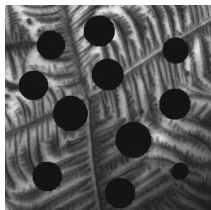

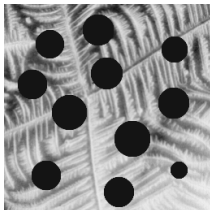
Logické (binární) operace nad obrazem

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)

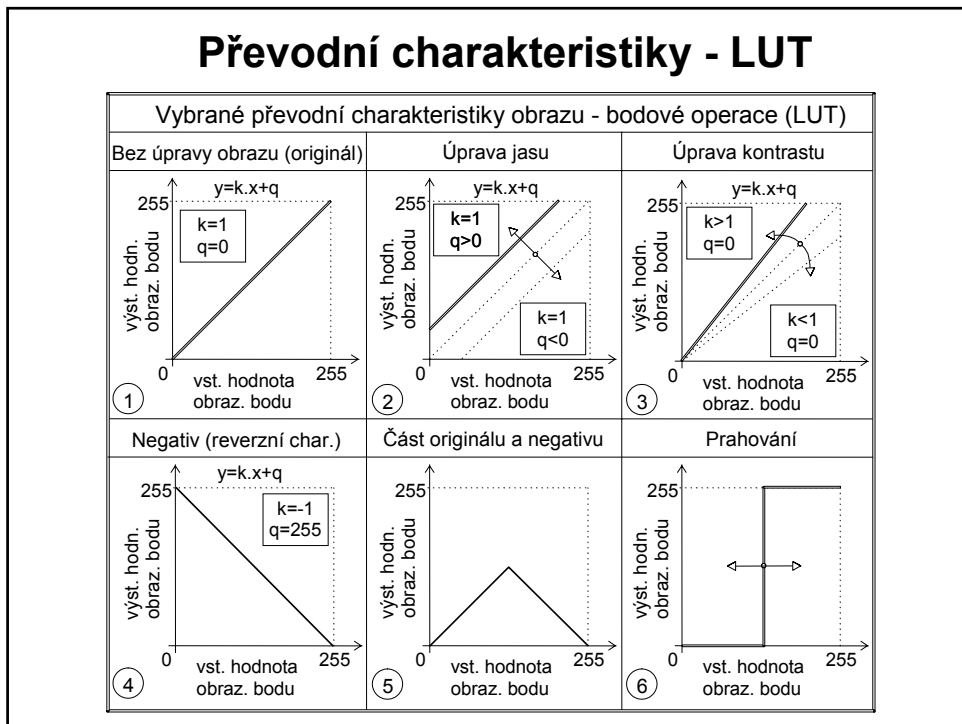
↕ binární (ČB) obraz "a" ↕	↕ binární (ČB) obraz "b" ↕	↕ NOT(a) = \bar{a} ↕
		
↕ NOT(b) = \bar{b} ↕	↕ OR(a,b) = a + b ↕	↕ AND(a,b) = a * b ↕
		

Logické (binární) operace nad obrazem – pokr.

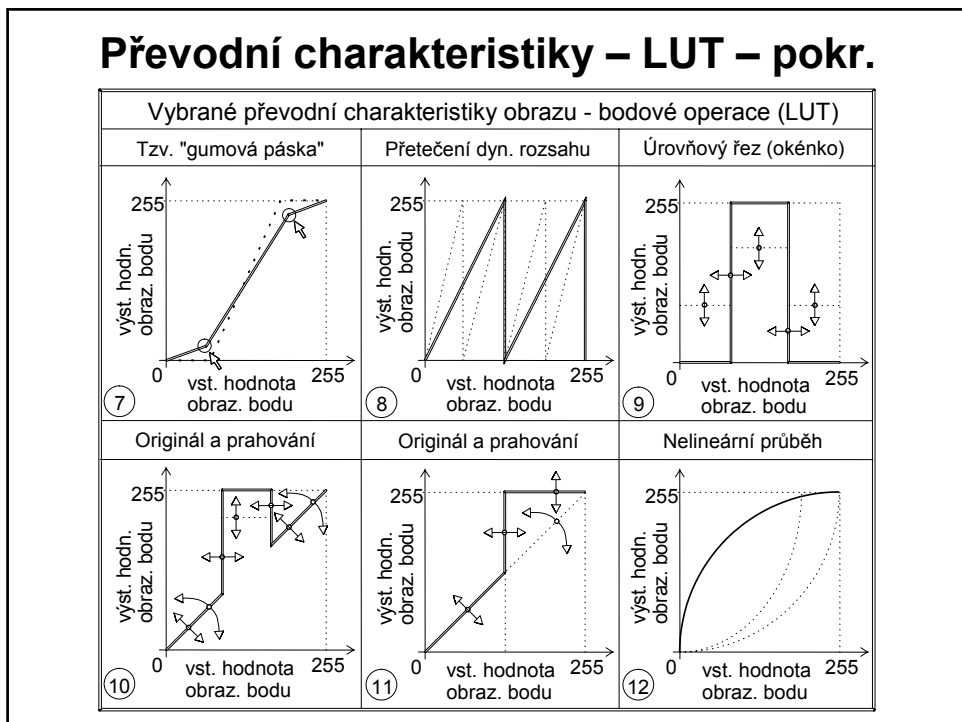
Logické operace mezi binárními (ČB) obrazy (též binární bodové operace) a mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy (binární hodnota 1 - bílá, binární hodnota 0 - černá)

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

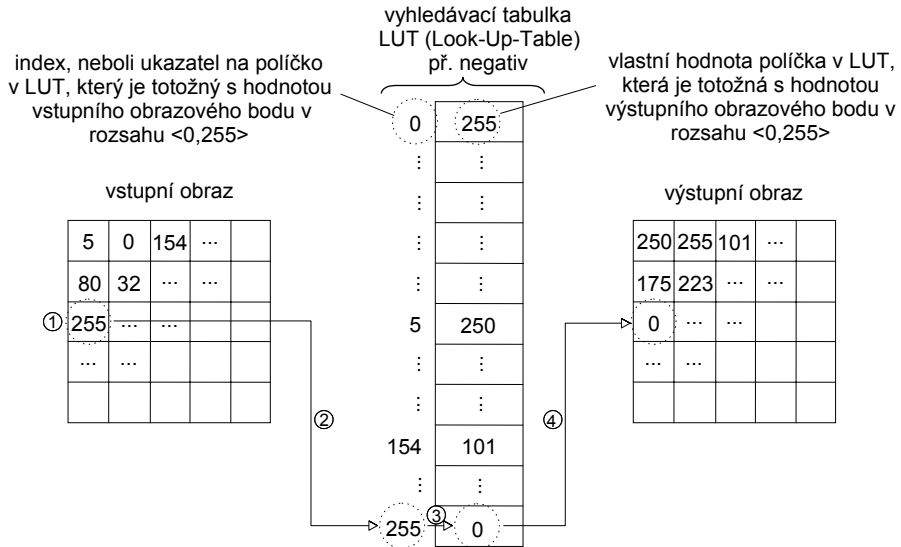
Převodní charakteristiky - LUT



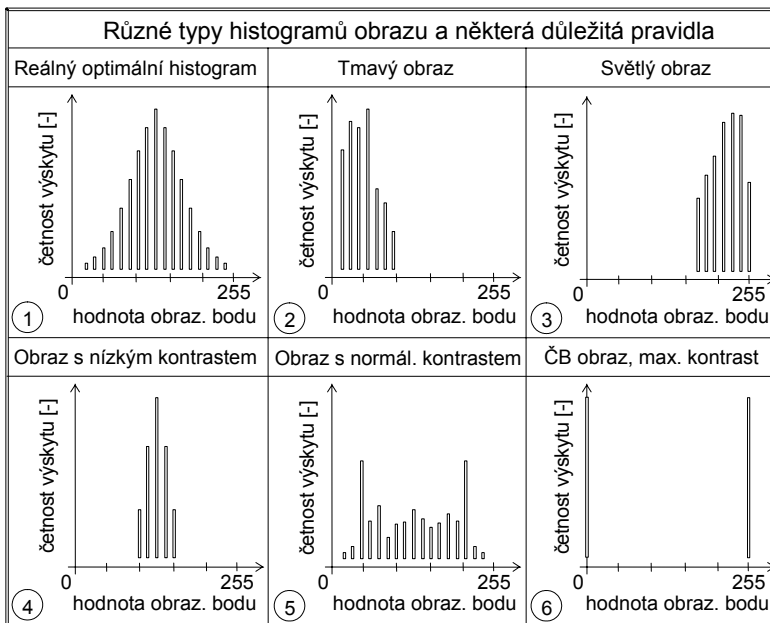
Převodní charakteristiky - LUT - pokr.



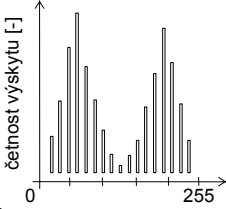
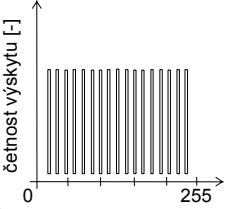
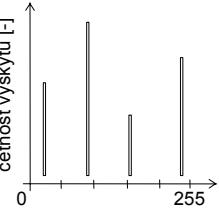
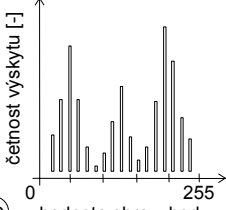
Způsob aplikace a implementace LUT



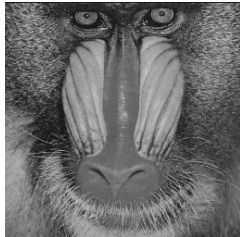
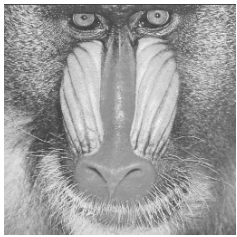
Typy histogramů obrazu



Typy histogramů obrazu – pokr.

Různé typy histogramů obrazu a některá důležitá pravidla		
<p>Bimodální histogram</p>  <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>7</p>	<p>Ideální nereálný histogram</p>  <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>8</p>	<p>4(x) odstíny(ů) šedi v obr.</p>  <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>9</p>
<p>Trimodální histogram</p>  <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>10</p>	<p>Pravidlo č.1 a 2</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Histogram nemá souvislost s polohou obrazového bodu v obrazu. 2. Z histogramu lze určit plochu v obrazu, která je určena daným odstínem šedi. <p>11</p>	<p>Pravidlo č. 3 a 4</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. <p>12</p>

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>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=50$</p>
Histogram	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>	<p>četnost výskytu [-] 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	<p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=-20$</p>
Histogram	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu důsledek podtečení rozsahu <0,255></p>

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>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k.x+q$ $k=1,45$ $q=0$</p> <p>důsledek přetečení rozsahu <0,255></p>
Histogram		

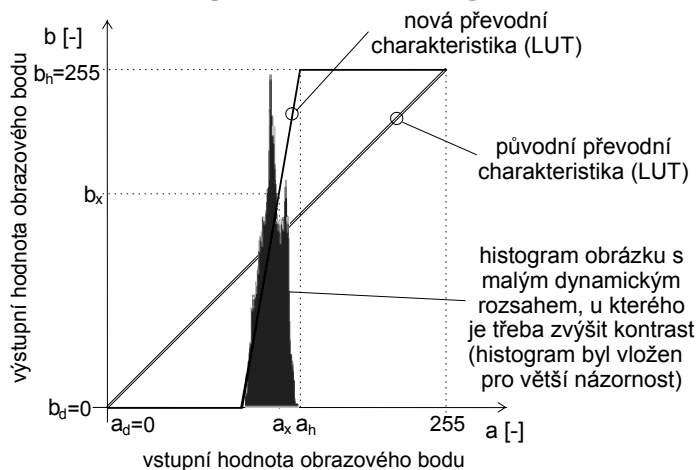
Aspekty dělení obrazu konstantou

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

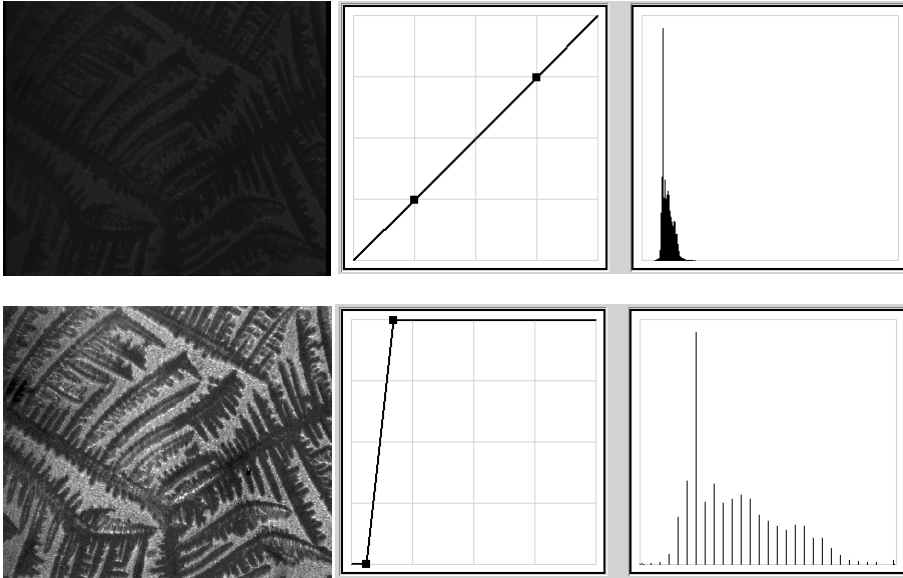
Operace ⇨	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$</p>	<p>$y=k.x+q$ $k=0,51$ $q=0$</p>
Histogram	<p>četnost výskytu [-] 0 hodnota obr. bodu</p>	<p>četnost výskytu [-] 0 hodnota obr. bodu</p>

Roztažení histogramu (histogram stretching)

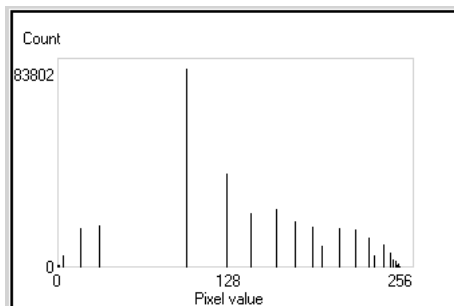
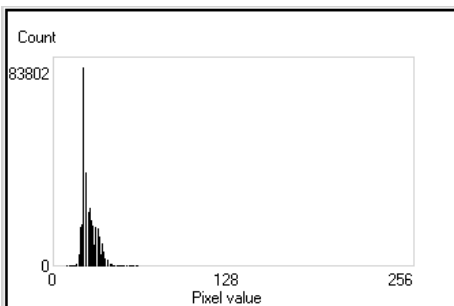
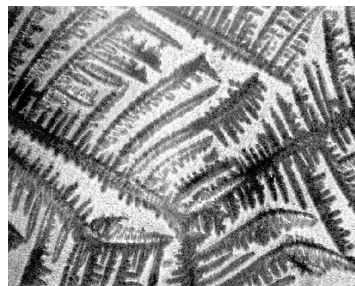
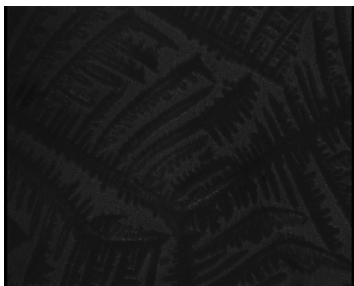


$$b_x = (a_x - a_d) * \left[\frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

Roztažení histogramu (histogram stretching)



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)

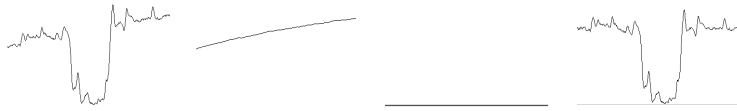
"flat-field"
snímek

snímek za
tmy

korigovaný
obraz



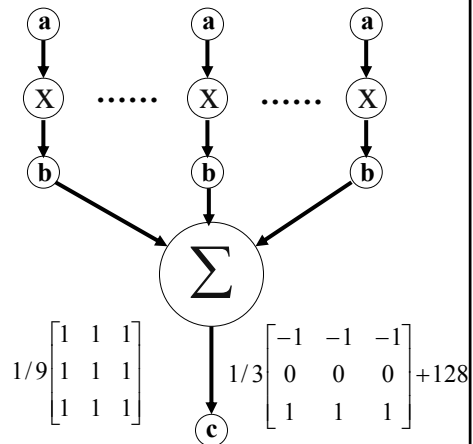
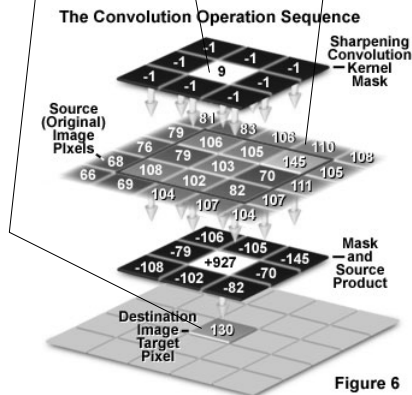
hodnota
pixelu



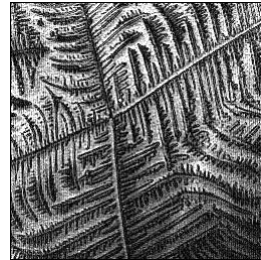
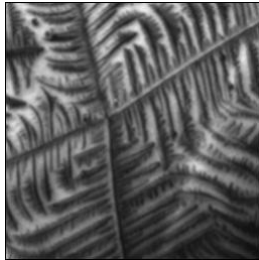
obrazový bod ve vyznačeném řádku (pixel)

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



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

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

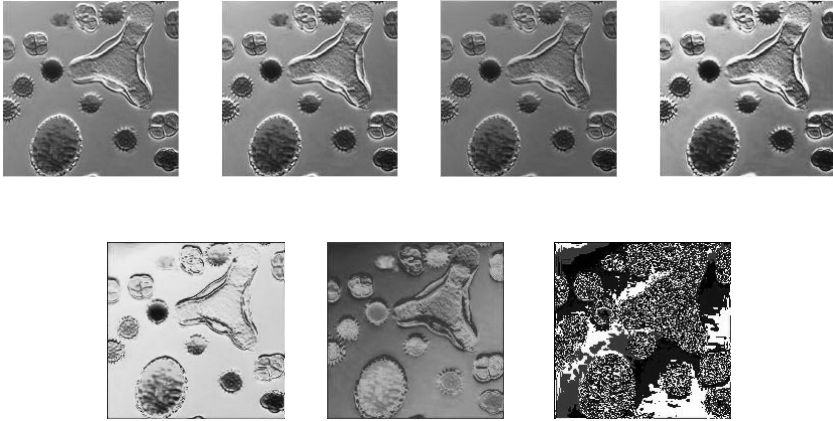
Mediánová filtrace



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

↑
MEDIÁN

Pseudobarvy a nepravé barvy



Přehled problematik zpracování obrazu v mikroskopii (viz praktika)

- vyhodnocení šumu, rozmazání, změn intenzity pozadí, jasů, kontrastu a histogramu,
- roztážení 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

WWW stránka s užitečnými odkazy

<http://radio.feld.cvut.cz/courses/ZOF/Mikroskopie2004.html>

- 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

