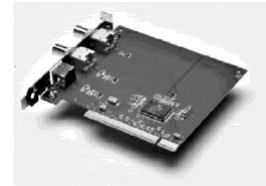
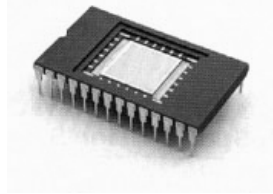


# Snímání a digitalizace obrazu

Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

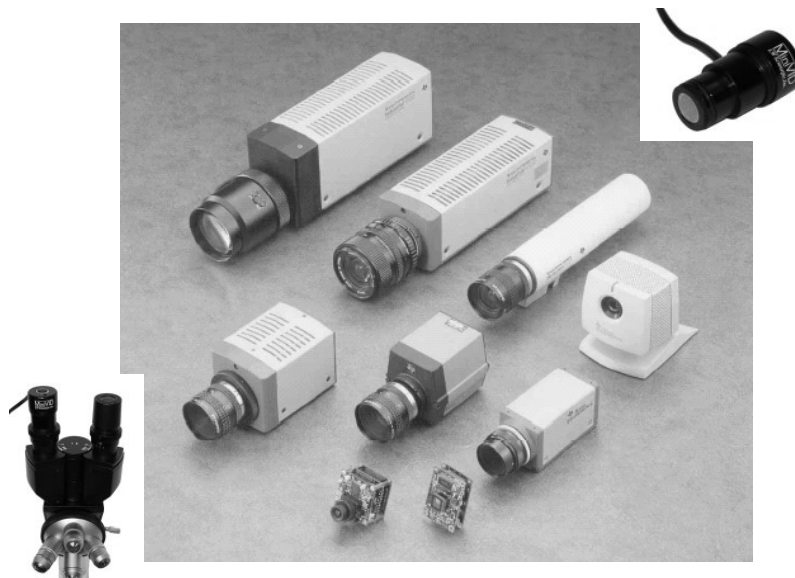
Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze  
<http://www.fbmi.cvut.cz>



# Prostředky pro snímání obrazu



## Prostředky pro snímání obrazu

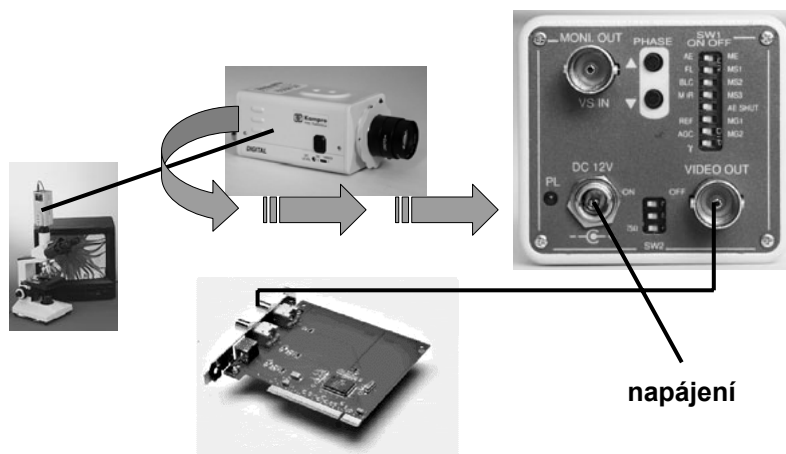


## Prostředky pro snímání obrazu



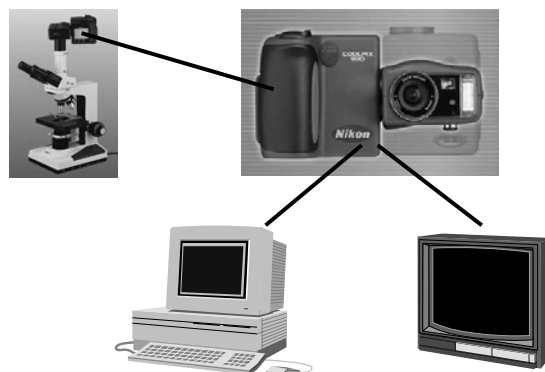
## Možnosti, jak snímat obraz (1)

- analogová TV videokamera + FG



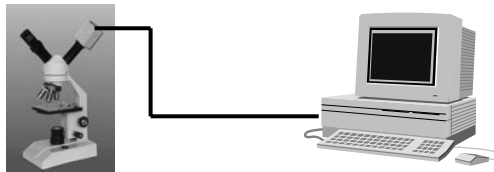
## Možnosti, jak snímat obraz (2)

- 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.

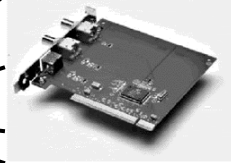
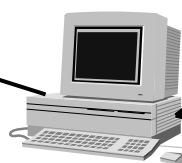
- 1.2 to 5.8 million pixels
- Outstanding image quality
- Color or monochrome
- High sensitivity
- COOLED CCD
- Long integration exposure
- Very easy to learn & operate



## Možnosti počítačů

### - standardní PC s FG (PCI zásuvná karta)

digitální kamery  
připojené  
prostřednictvím  
IEEE 1394



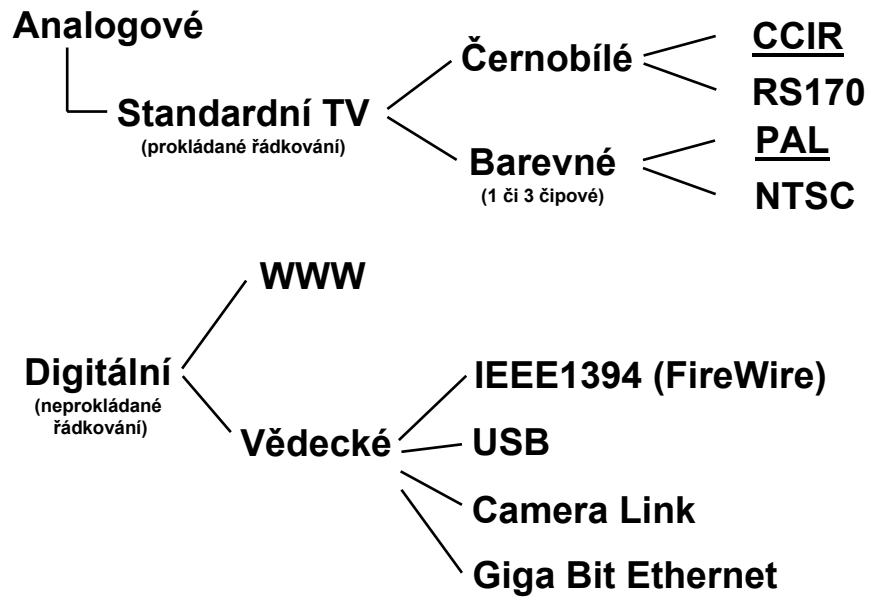
### - laptopy s FG (PCMCIA + ext. modul)

standardní  
TV kamera

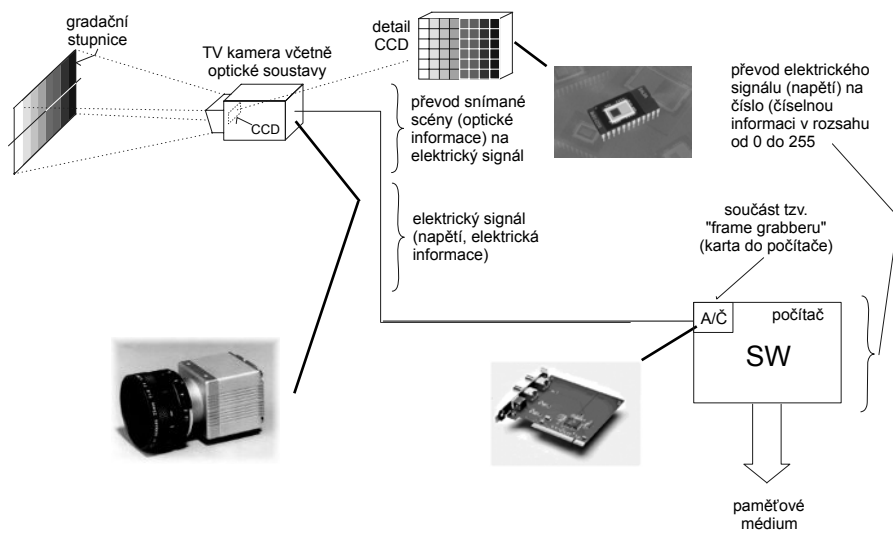


digitální kamery  
připojené  
prostřednictvím  
IEEE 1394

# Snímací videokamery

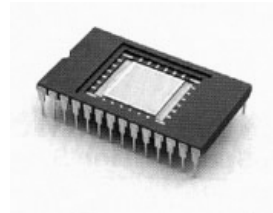
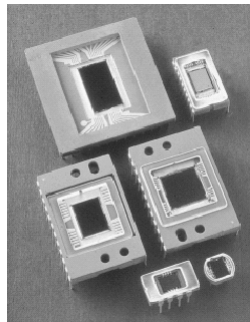
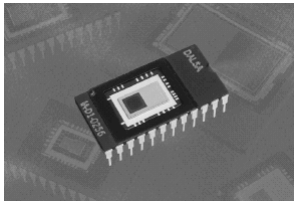


## Principiální schéma systému

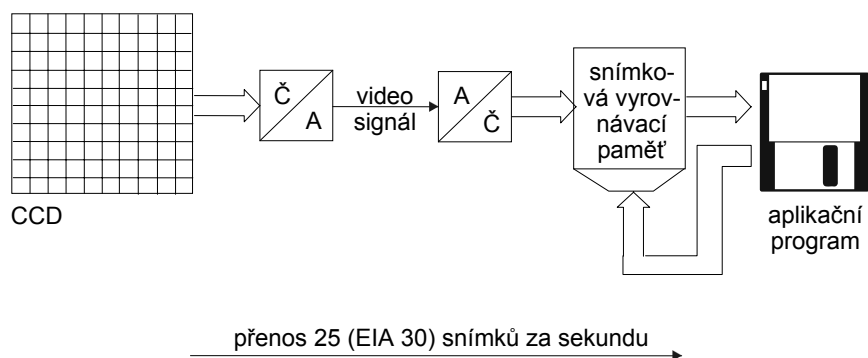


## Snímací obrazové prvky

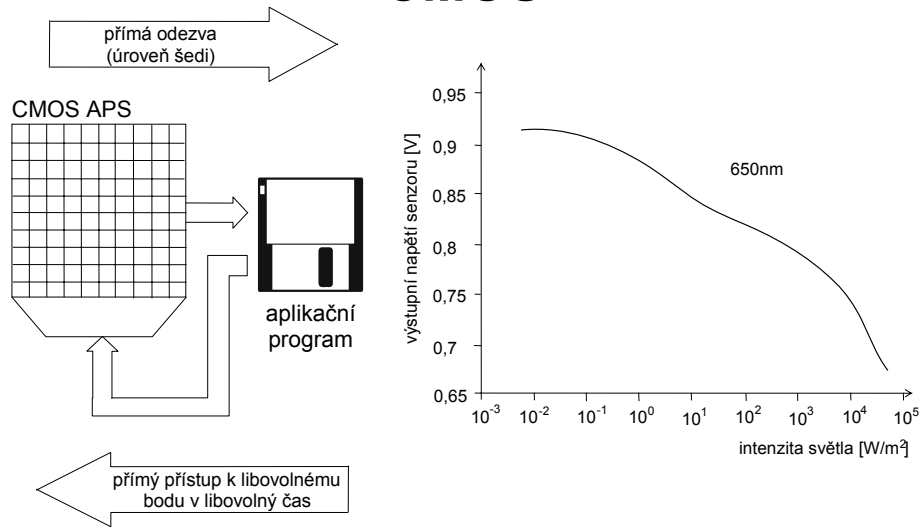
- vakuové
- polovodičové
  - CCD
  - CID
  - CMOS
  - CIS



## Ideové schéma systémů s prvky CCD

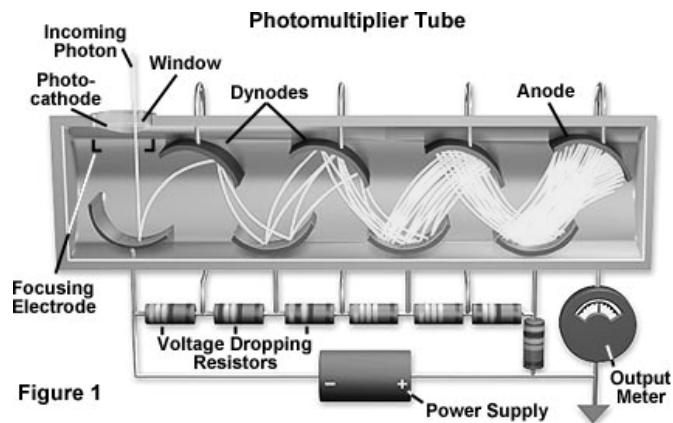


## Ideové schéma systémů s prvky CMOS



## PMT („photomultiplier tube“ )

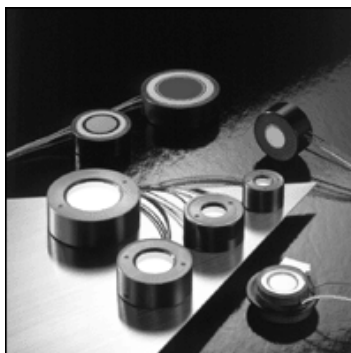
(obrázek převzat se souhlasem z <http://micro.magnet.fsu.edu>)



Fotonásobiče jsou využívány v konfokálních mikroskopech

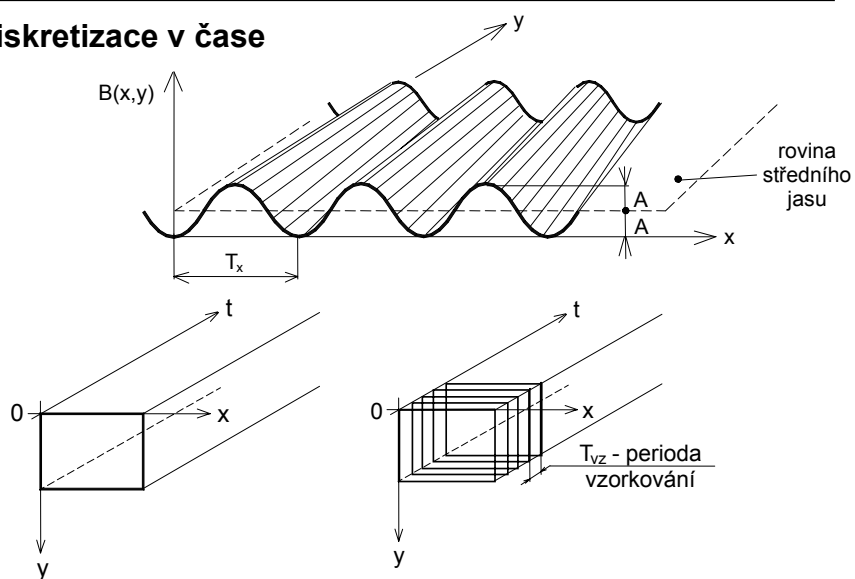


## II („image intensifiers“ ) - ICCD



## Digitalizace obrazu

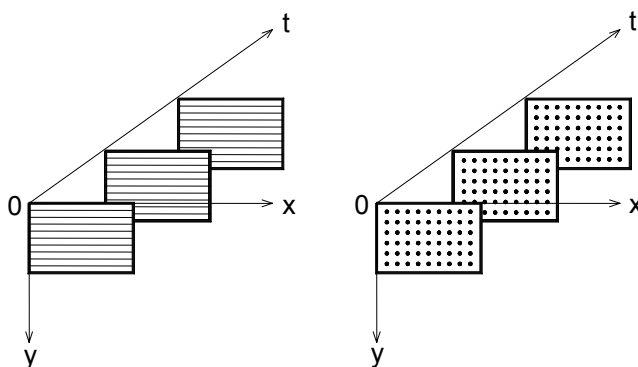
- diskretizace v čase



## Digitalizace obrazu

---

- diskretizace v x,y

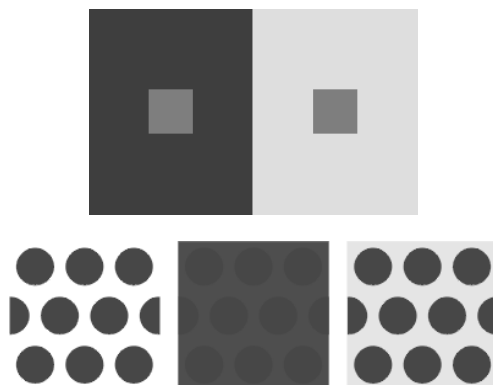


## Digitalizace obrazu

---

- diskretizace v amplitudě (kvantování)

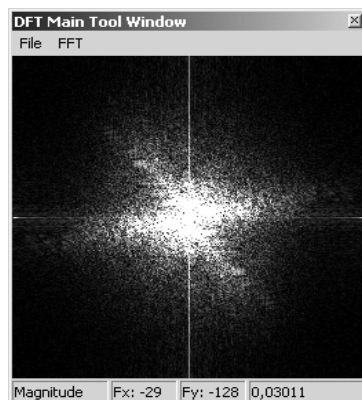
- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)



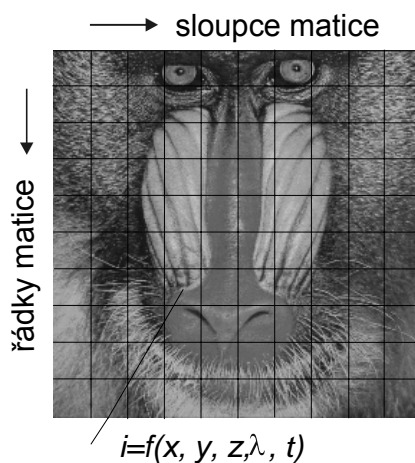
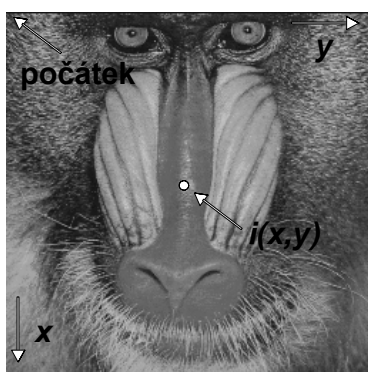
# Základní metody zpracování obrazu

Ing. Jiří Hozman, Ph.D.

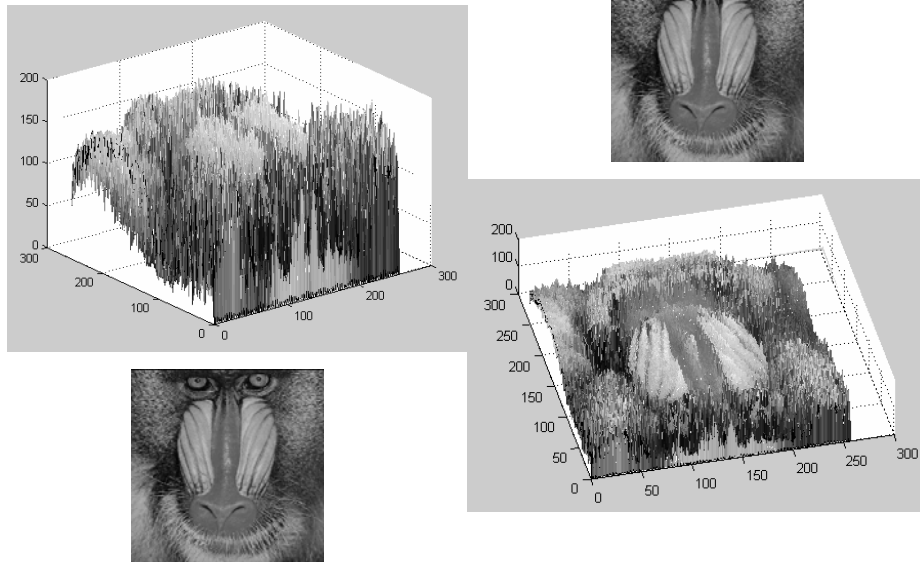
Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze  
<http://www.fbmi.cvut.cz>



## Obraz jako dvourozměrná matice








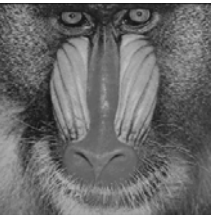
## Obraz jako 3D reliéf



## 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

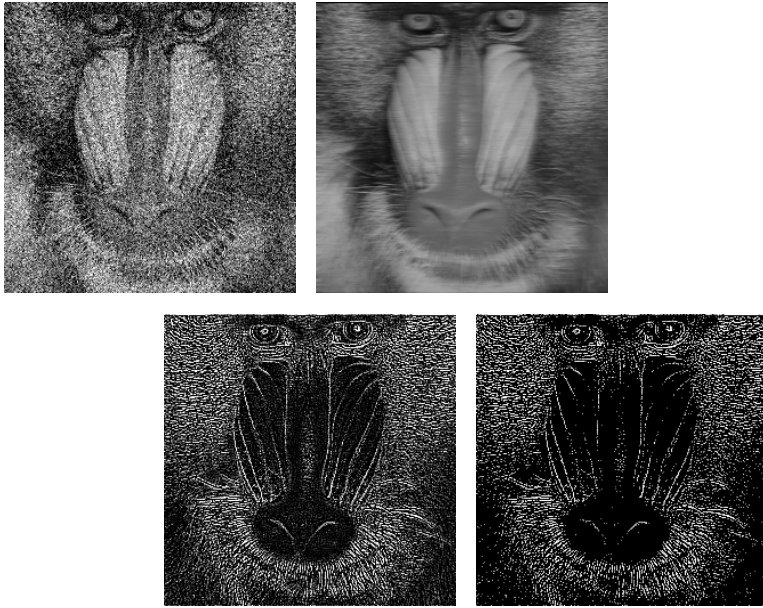
↕ Vliv rozlišení obrazu ↕	↕ Vliv různých počtů odstínů šedé v obrazu ↕	
↕ 64 x 64 pixelů ↕	↕ 32 odstínů šedé ↕	↕ 64 odstínů šedé ↕
		
↕ 32 x 32 pixelů ↕	↕ 128 odstínů šedé ↕	↕ 256 odstínů šedé ↕
		

## Etapy zpracování obrazu

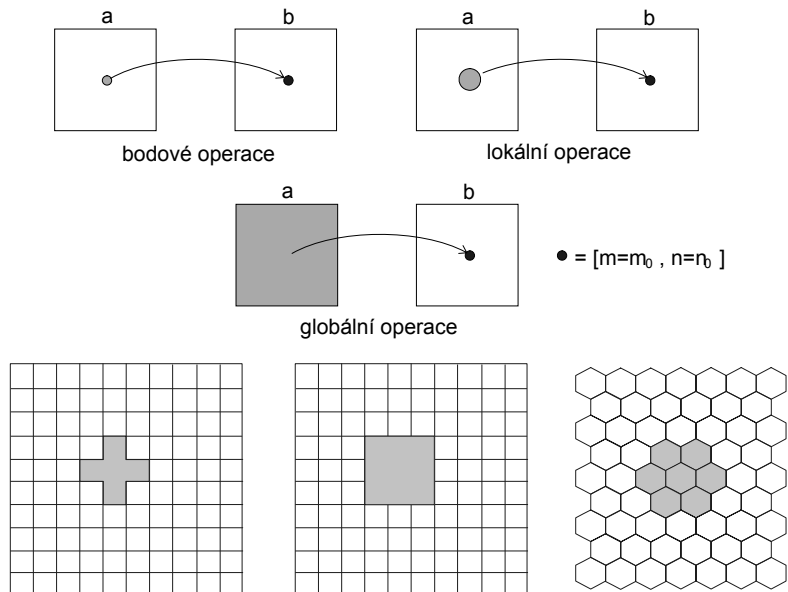
---

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



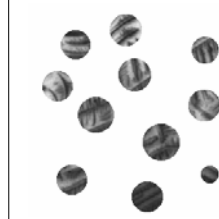
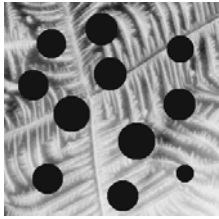

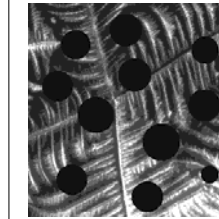
## Příklady vybraných operací nad obrazem



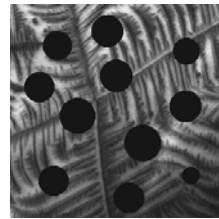
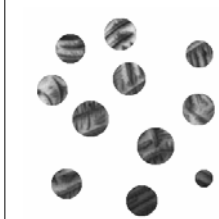
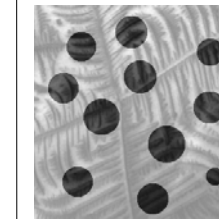

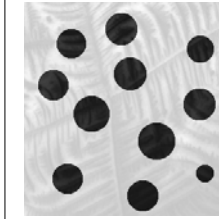
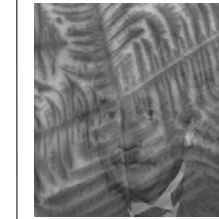
## Typy operací a typy sousedství pixelů





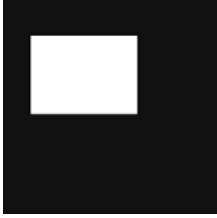
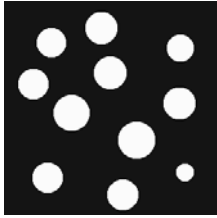


## Aritmetické operace nad obrazem

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



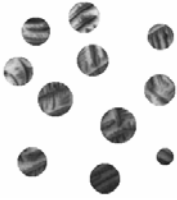
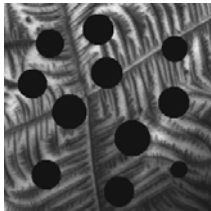
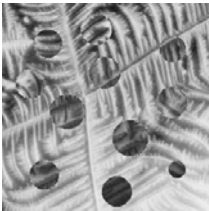
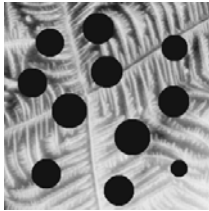
## Aritmetické operace nad obrazem – pokr.

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

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



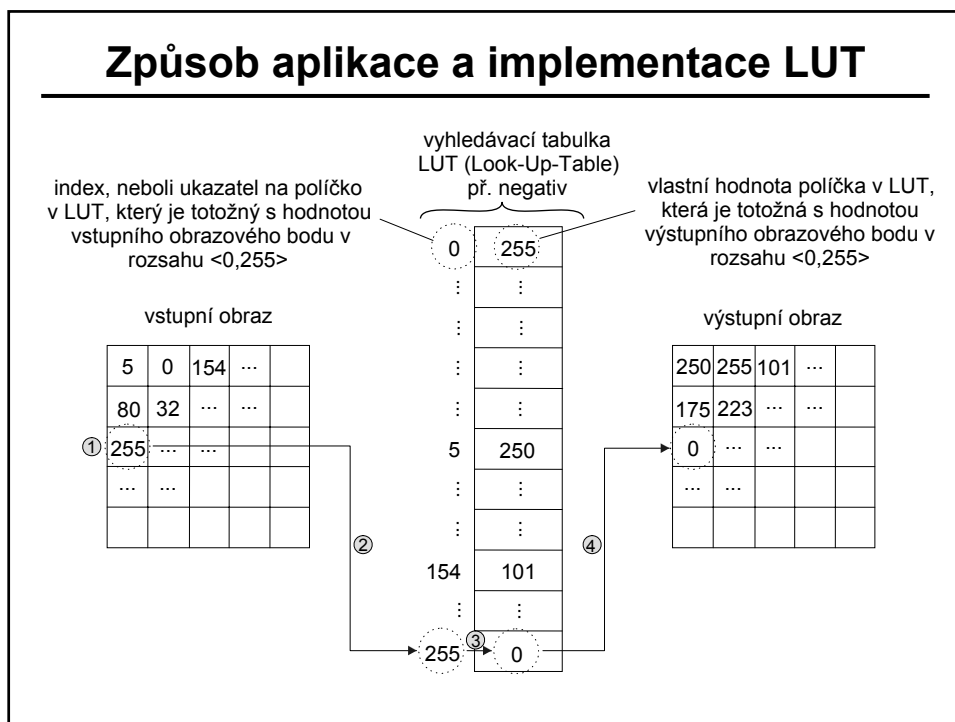
## Převodní charakteristiky - LUT

Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)		
Bez úpravy obrazu (originál)	Úprava jasu	Úprava kontrastu
<p>1</p> <p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=0</math></p>	<p>2</p> <p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=1</math> <math>q&gt;0</math></p> <p><math>k=1</math> <math>q&lt;0</math></p>	<p>3</p> <p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k&gt;1</math> <math>q=0</math></p> <p><math>k&lt;1</math> <math>q=0</math></p>
Negativ (reverzní char.)	Část originálu a negativu	Prahování
<p>4</p> <p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=-1</math> <math>q=255</math></p>	<p>5</p>	<p>6</p>

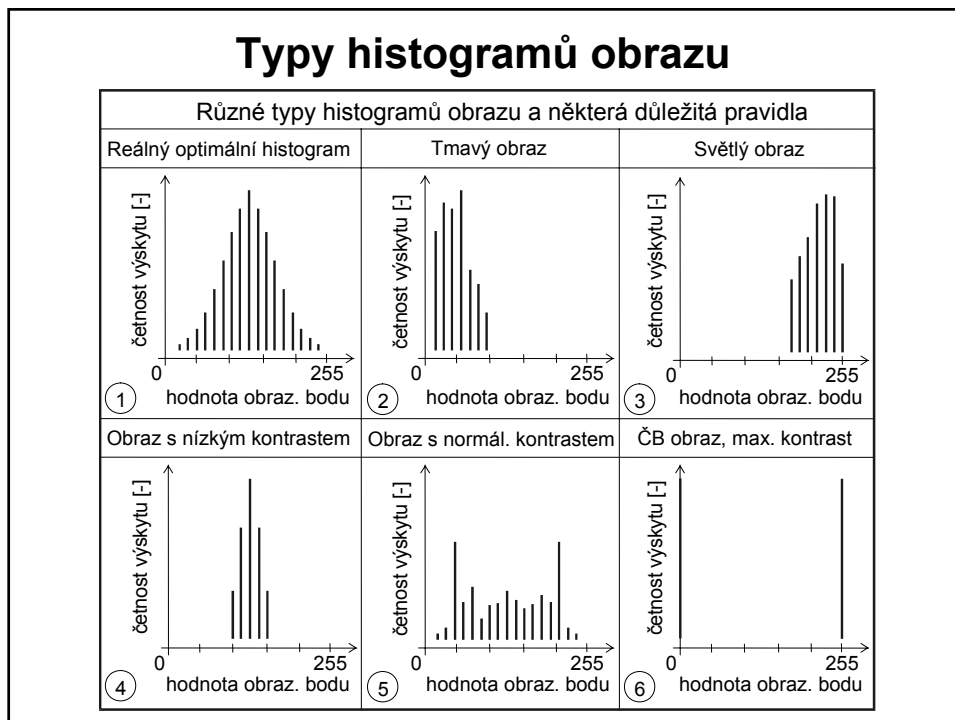
## Převodní charakteristiky – LUT – pokr.

Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)		
Tzv. "gumová páska"	Přetečení dyn. rozsahu	Úrovňový řez (okénko)
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>
Originál a prahování	Originál a prahování	Nelineární průběh
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>

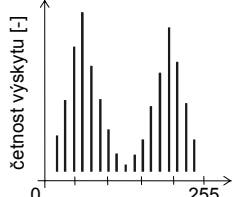
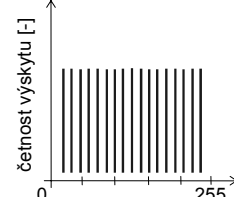
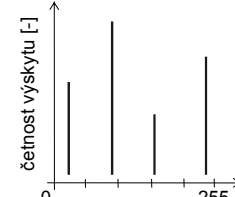
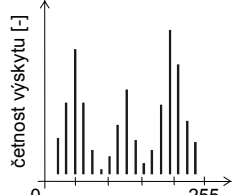
## Způsob aplikace a implementace LUT



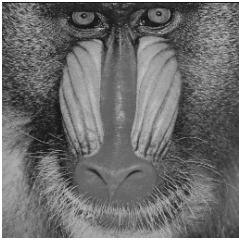
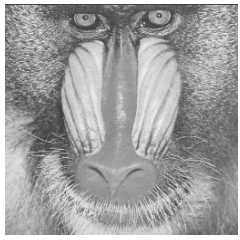
## Typy histogramů obrazu



## Typy histogramů obrazu – pokr.

Různé typy histogramů obrazu a některá důležitá pravidla		
Bimodální histogram	Ideální nereálný histogram	4(x) odstíny(ů) šedi v obr.
 <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>7</p>	 <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>8</p>	 <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>9</p>
Trimodální histogram	Pravidlo č.1 a 2	Pravidlo č. 3 a 4
 <p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>10</p>	<p>11</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Histogram nemá souvislost s polohou obrazového bodu v obrazu.</li> <li>Z histogramu lze určit plochu v obrazu, která je určena daným odstínem šedi.</li> </ol>	<p>12</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Součet všech četností v histogramu je roven počtu obrazových bodů v obrazu.</li> <li>Při výpočtu histogramu je vždy nutné na začátku vynulovat pole, kam se jednotlivé četnosti ukládají.</li> </ol>

## 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><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=0</math></p>	<p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=50</math></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

<b>Operace</b> ⇨	Odečtení konstanty od původního obrazu (snížení jasu)	
↓ <b>Subjekt</b>	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p><math>y=k.x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=0</math></p>	<p><math>y=k.x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=-20</math></p>
Histogram	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>	<p>důsledek podtečení rozsahu &lt;0,255&gt; četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>

## Aspekty násobení obrazu konstantou

<b>Operace</b> ⇨	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)																																																			
↓ <b>Subjekt</b>	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

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

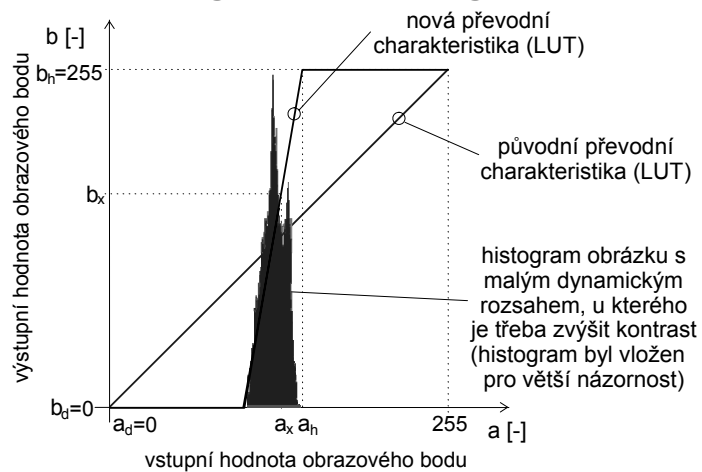
## Aspekty dělení obrazu konstantou

<b>Operace</b> ⇨	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)																																																			
↓ <b>Subjekt</b>	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

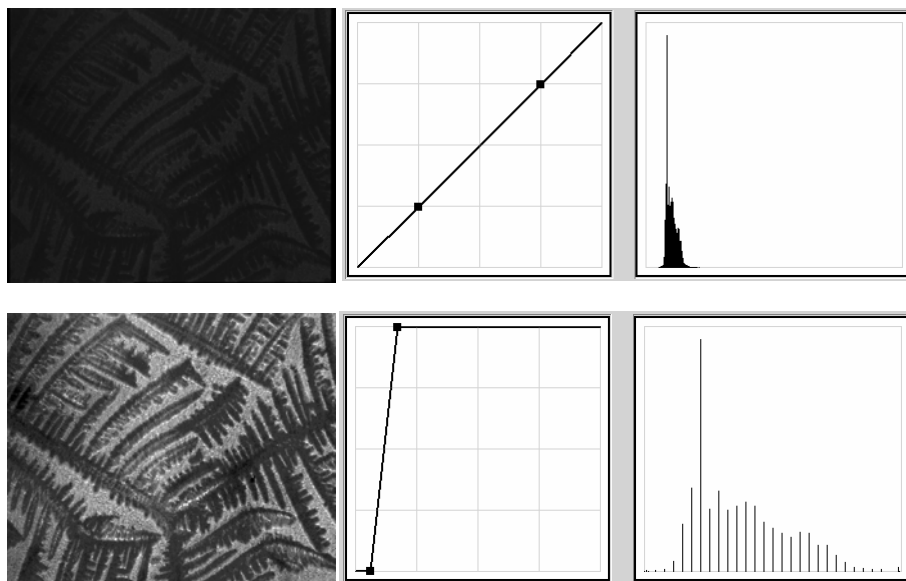
Operace ⇨	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=1</math> <math>q=0</math></p>	<p><math>y=k \cdot x+q</math> <math>k=0,51</math> <math>q=0</math></p>
Histogram	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>	<p>četnost výskytu [-] 0 255 hodnota obr. bodu</p>

## Roztažení histogramu (histogram stretching)

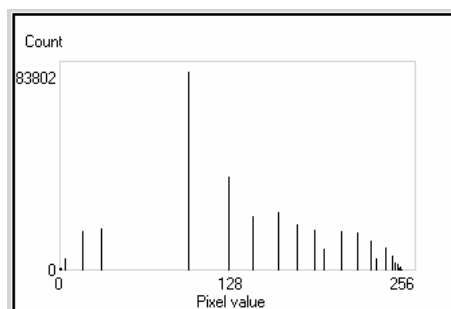
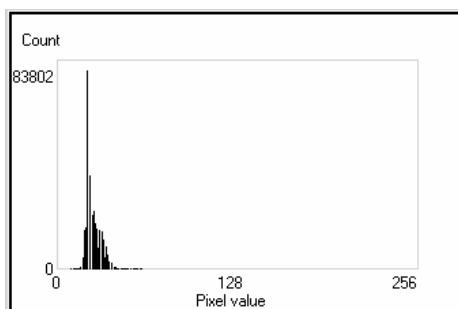
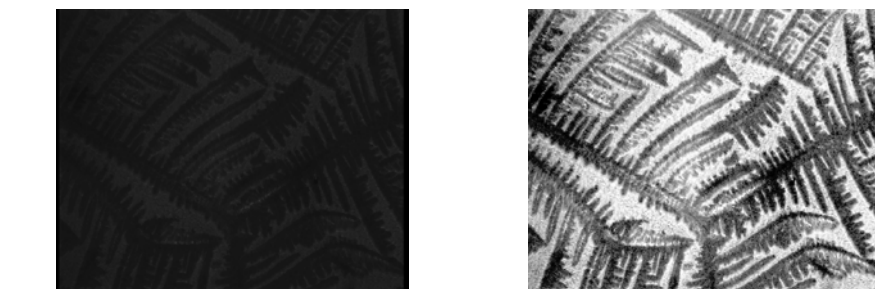


$$b_x = (a_x - a_d) * \left[ \frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

## Roztažení histogramu (histogram stretching)



## Vyrovnění 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



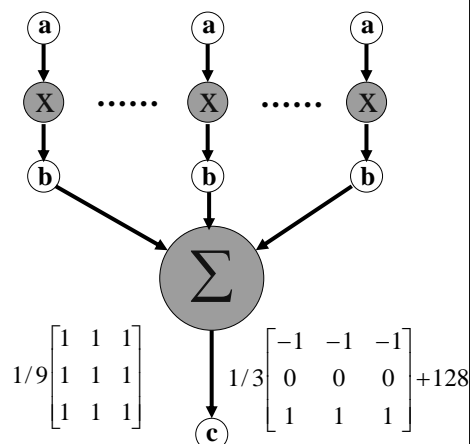
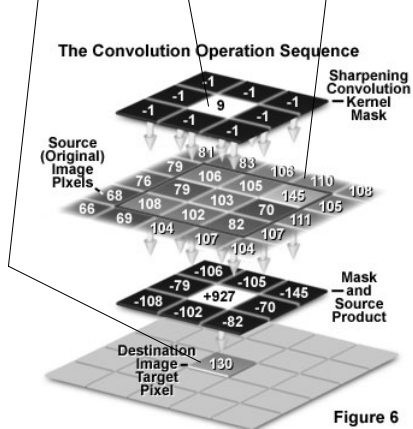
hodnota  
pixelu



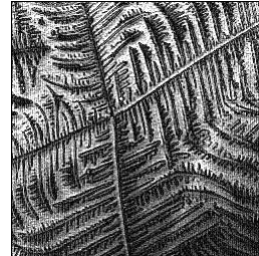
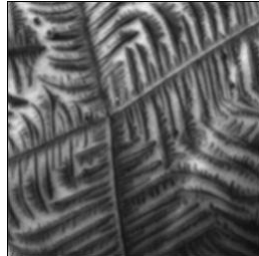
obrazový bod ve vyznačeném řádku (pixel)

## 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



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

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

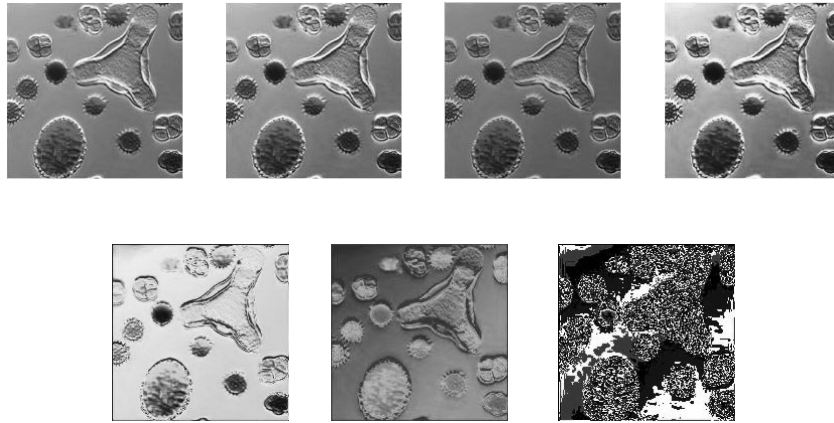
## Mediánová filtrace



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

↑  
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

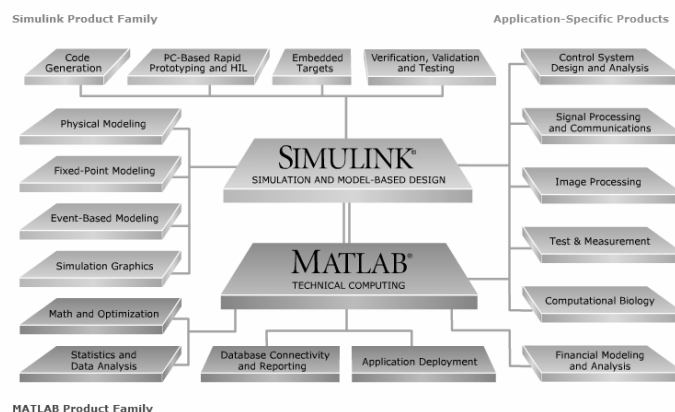
- rastrový (bitmapový) profesionální grafický editor,
- nutnost se seznámit se základní filozofií programu a ovládáním (vrstvy),
- obsahuje několik skupin funkcí na úpravu obrazu,
- není SW pro zpracování, či analýzu obrazu, ale obsahuje některé vybrané okruhy této problematiky, zejména se jedná o kvalitní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

## SW komerčně dostupný

### Matlab (versus Maple, MathCad)

#### MathWorks Product Family Overview

» [View full product list](#)



- **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**