

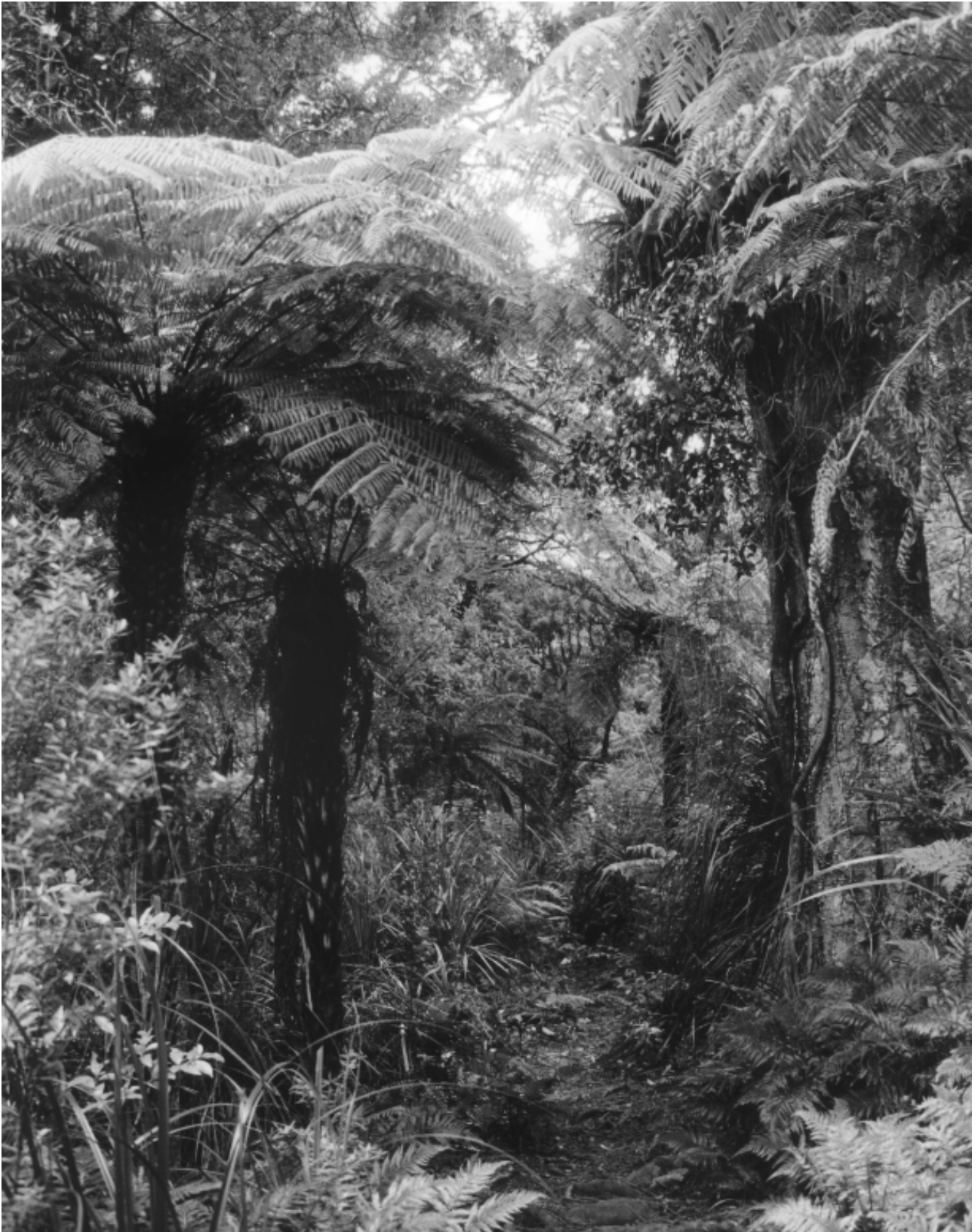
Analýza textury

Radim Šára

Centrum strojového vnímání
FEL ČVUT



1999



Osnova přednášky

1. Co je to textura?
2. Motivační příklady.
3. Jak lze měřit vlastnosti textury?
4. Analytický popis textury.
5. Hlavní problémy v počítačovém vidění související s texturou

Doporučená literatura

Reference

- [1] Mihran Tuceryan and Anil K. Jain. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, chapter Texture Analysis, pages 235–276. World Scientific, 1993.
- [2] R. M. Haralick and L. G. Shapiro. *Computer and Robot Vision*, volume 1, chapter Texture, pages 453–507. Addison-Wesley Publishing Company, 1993.

Textura



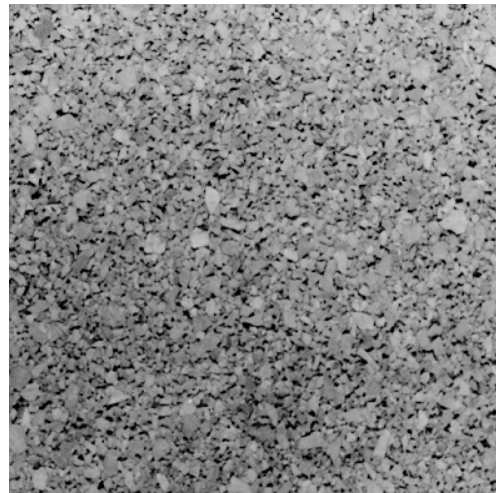
srst



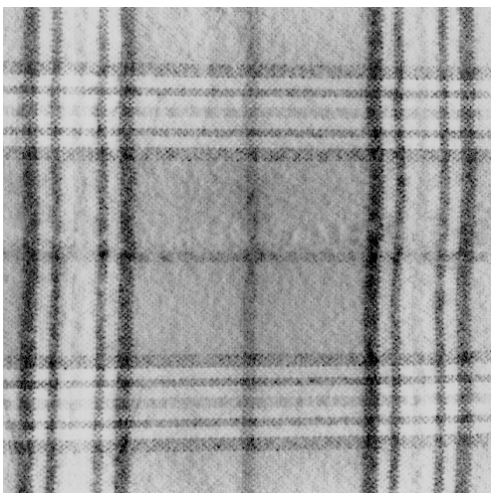
tráva



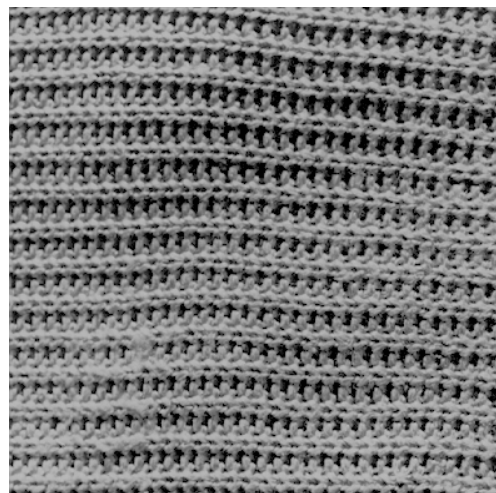
štěrk



korek



textil



pletená tkanina

Co je to textura?

Vlastnost obrazu

- opakující se struktura (tonální variace)
- má vlastní a nevlastní složku
- nefigurativní
- druh organizace oblasti
- počet primitiv je mnohem větší než jejich variabilita
⇒ má výrazné statistické vlastnosti
- může se projevit na více úrovních rozlišení
⇒ má charakteristické měřítko (i více než jedno)

Neexistuje jednotná definice textury.

Motivační příklad 1: zpracování družicových dat

klasifikace stavu porostu



Miami, FLA, Landsat 5 TM

Motivační příklad 2: automatická vizuální inspekce kvality

povrchové vady dřevěných dých



kvalita ovoce

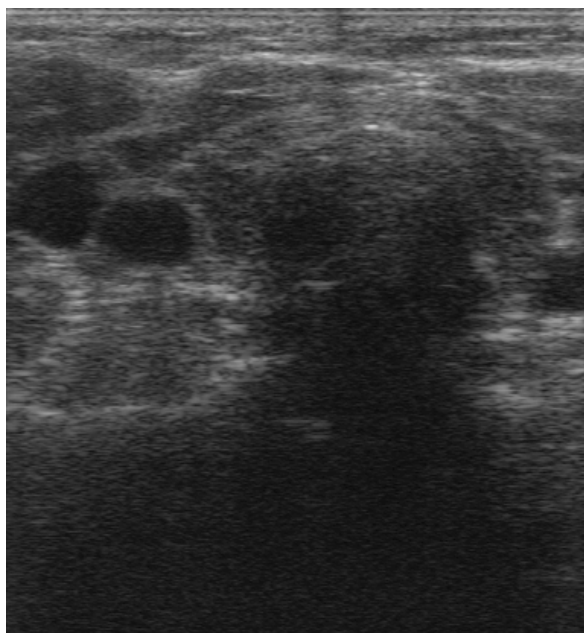


- kvalita papíru
- kvalita textilu
- kvalita nátěru

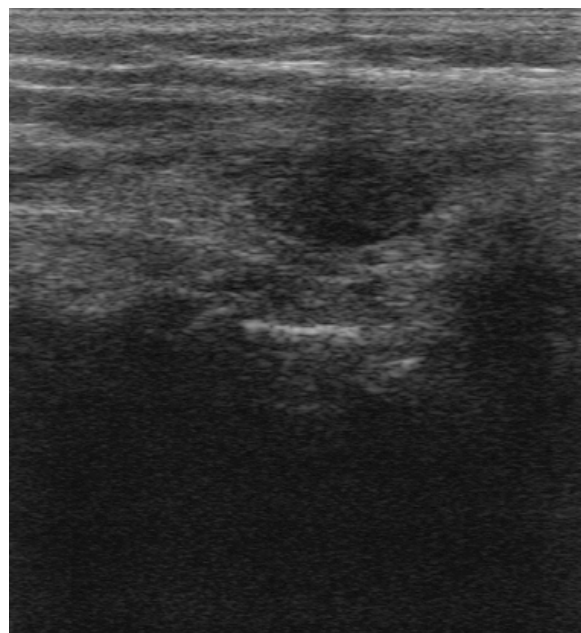
Motivační příklad 3: zpracování sonografických obrazů

Podpora diagnózy štítné žlázy

atrofická thyroitida



příčný řez



podélný řez

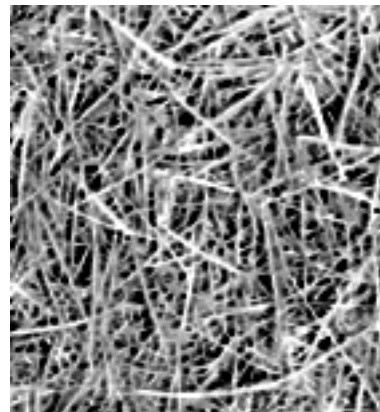
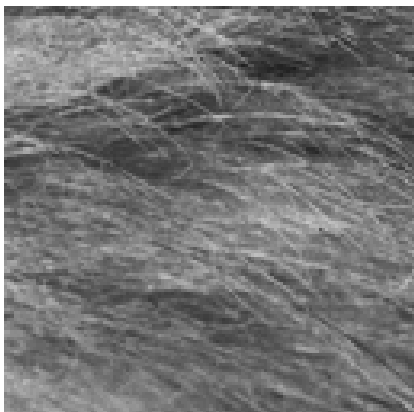
- diagnóza srdce
- diagnóza ledvin

Dekomponovatelnost textury

Textura:

- tonální primitiva (texely)
⇒ měřítko
- prostorová struktura
⇒ statistické vlastnosti

Příklad:



samotná primitiva nepopisují úplně

```
* * * * * * * * * * *
 * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * *
 * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * *
 * * * * * * * * * * *
* * * * * * * * * * *
```

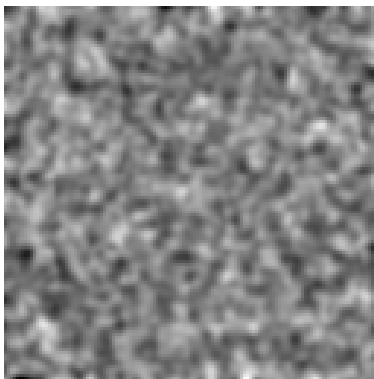
```
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
# # # # # # # # # # #
```

samotná struktura nepopisuje úplně

Síla textury

- Slabé textury jsou nedekomponovatelné nebo mají nepravidelnou strukturu
- Silné textury jsou dekomponovatelné a mají výraznou strukturu

Příklad:



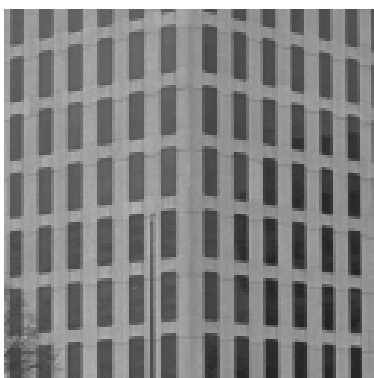
korelovaný šum



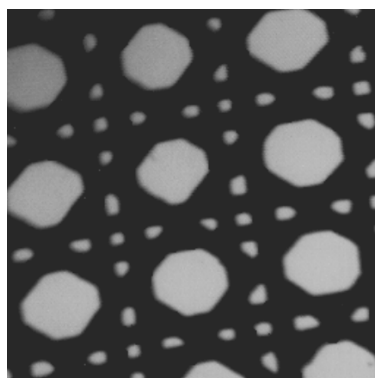
borka



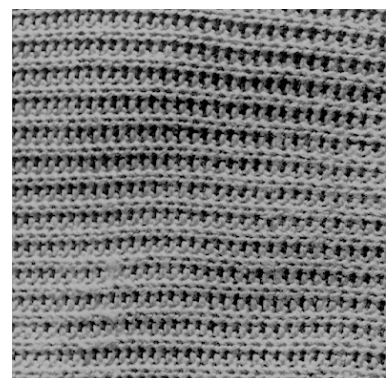
tráva



fasáda



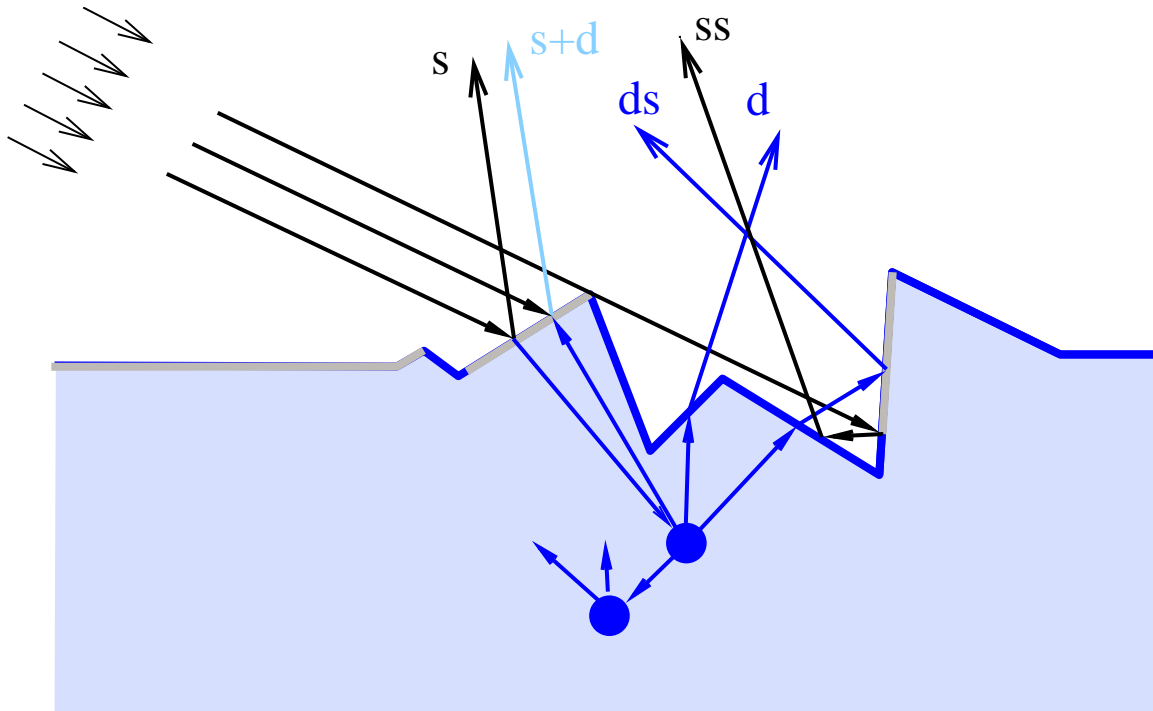
vzor



pletená tkanina

Vznik textury

Fyzika odrazu světla na povrchu objektu

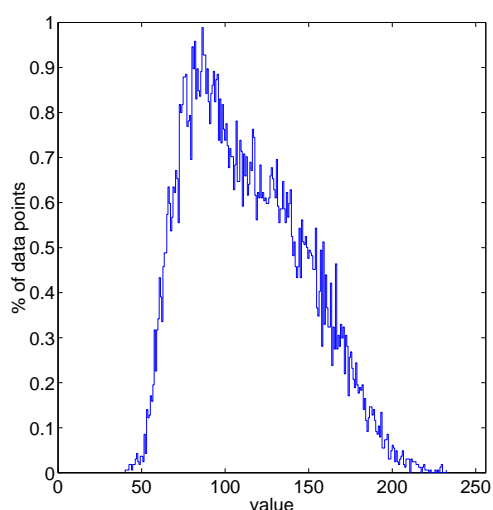
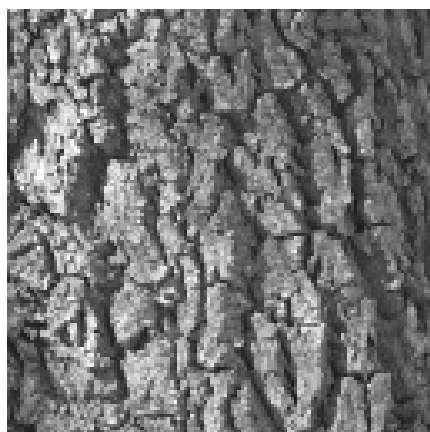


Složky vizuální textury

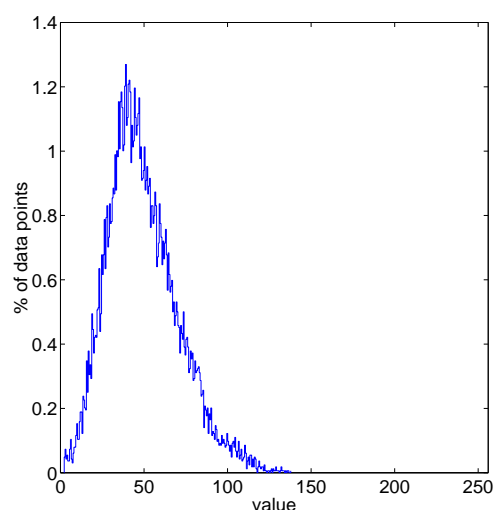
1. nerovnost povrchu \Rightarrow nevlastní textura, závislá na osvětlení
2. pigmentace \Rightarrow vlastní textura, nezávislá na osvětlení

Jak lze měřit vlastnosti textury?

1. Tón a kontrast textury: histogram



$$E(I) = 113.2$$
$$\text{std}(I) = 46.3$$



$$E(I) = 49.4$$
$$\text{std}(I) = 25.0$$

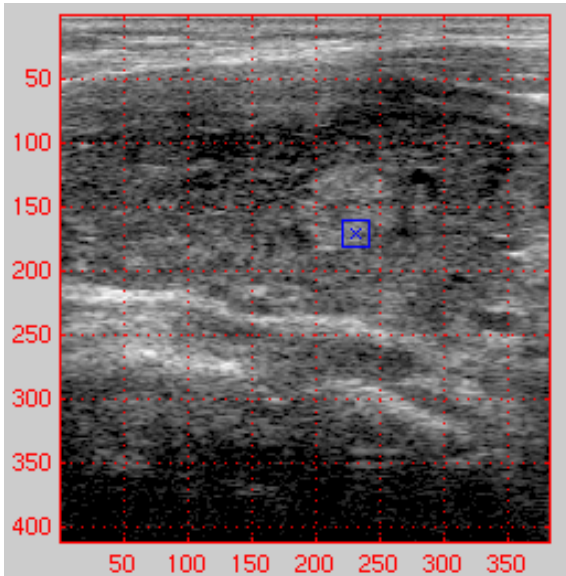
- statistika 1. řádu
- nepostihuje prostorovou strukturu
- Scottovo pravidlo pro volbu šířky intervalu h v histogramu

$$h \approx \sqrt{5} \sigma n^{-\frac{1}{4+q}}$$

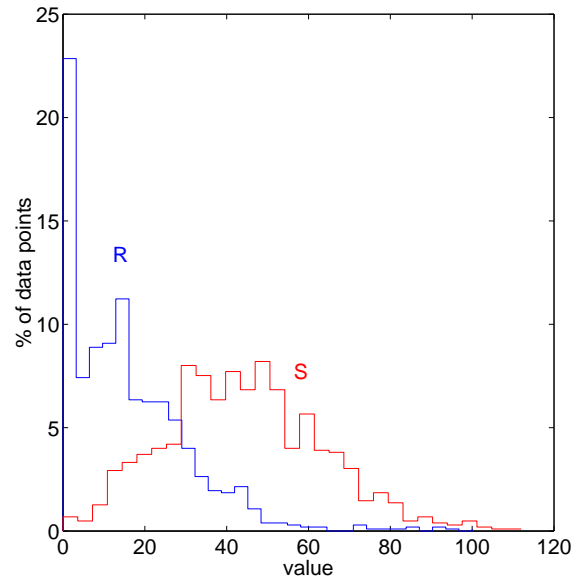
n počet měření, q dimenze histogramu, σ rozptyl měření

Podobnost textury na základě histogramu

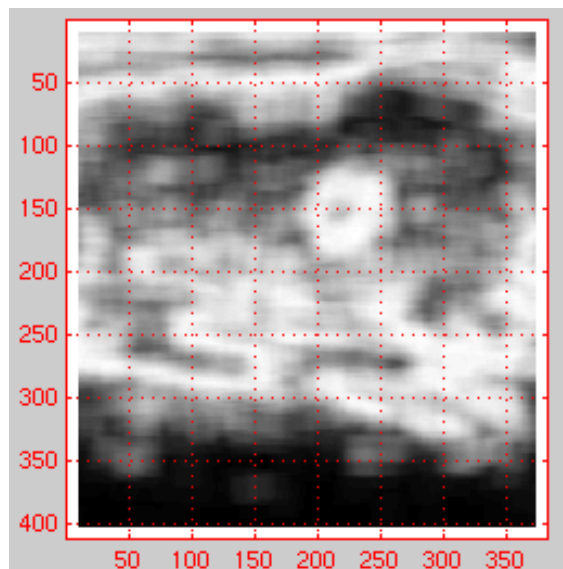
Analýza sonogramu štítné žlázy χ^2 statistikou



sonografický snímek



histogramy dvou okének



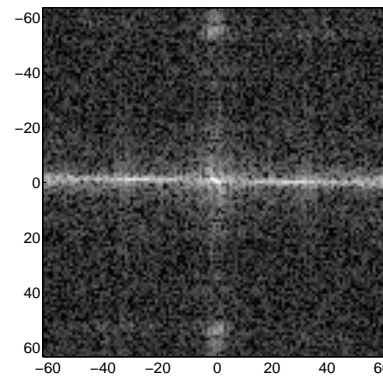
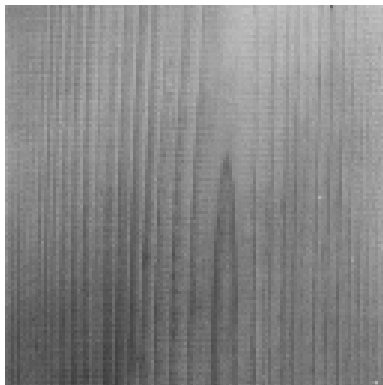
mapa podobnosti s obsahem modrého okénka

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(R_i - S_i)^2}{R_i + S_i}$$

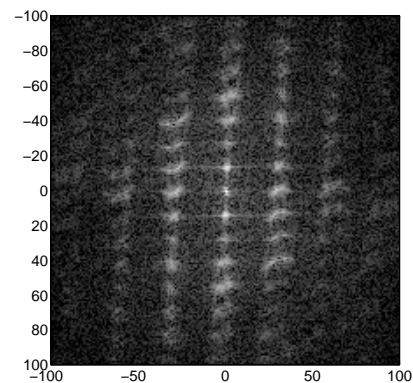
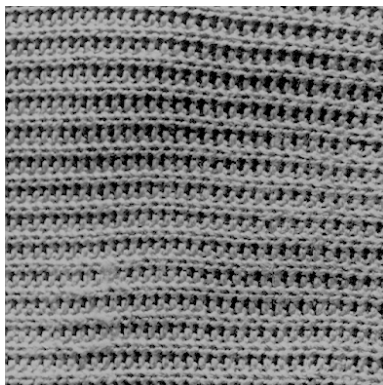
Jak lze měřit vlastnosti textury?

2. Spektrum energie

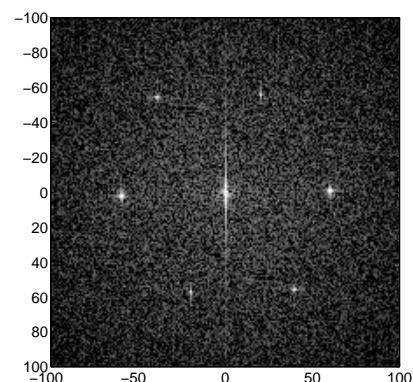
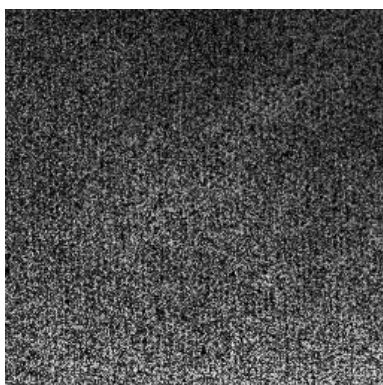
$$P(I) = |\mathcal{F}(I)|^2$$



fládr dřeva



pletená tkanina

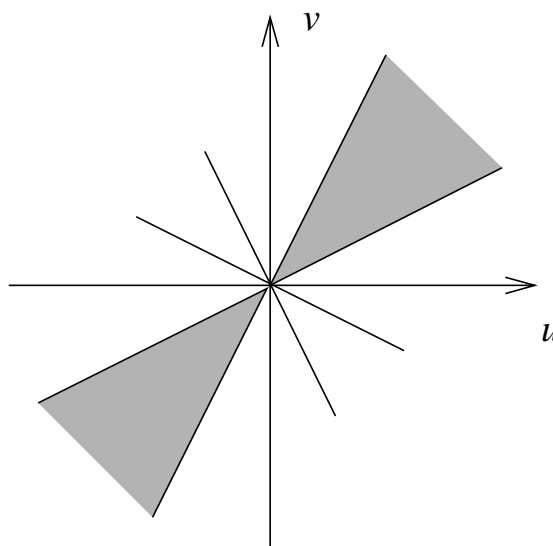
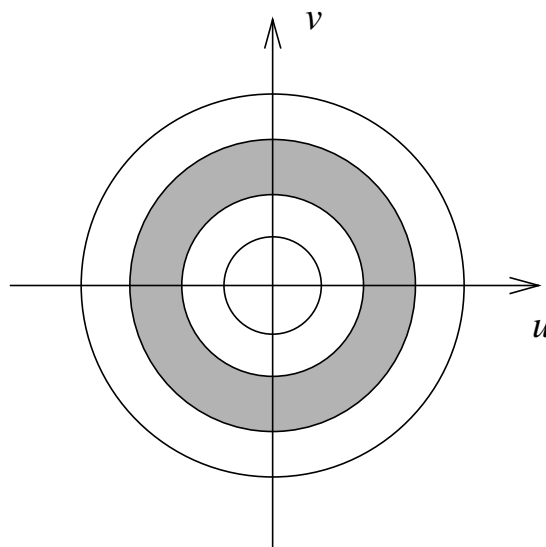


elektronový obraz polyetylénu

Jak lze měřit vlastnosti textury?

2a. Charakteristické frekvence a směrovost ze spektra energie

Ve fourierovské rovině

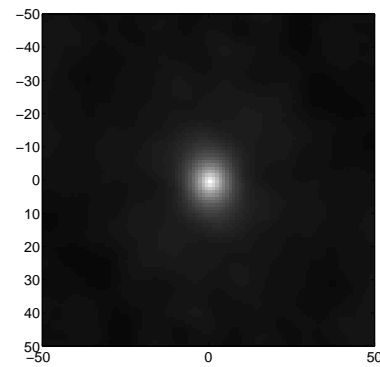


texturní příznaky průměrováním přes určité oblasti spektra
v praxi málokdy užitečné

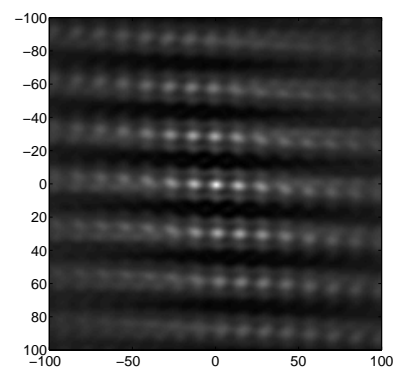
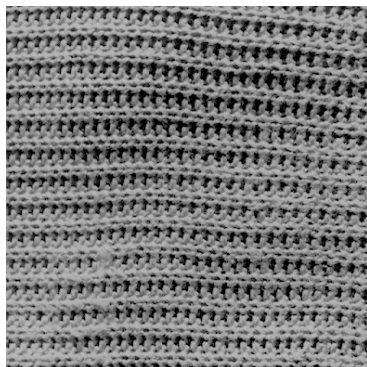
Jak lze měřit vlastnosti textury?

3. Velikost primitiva a periodičita: autokorelační funkce

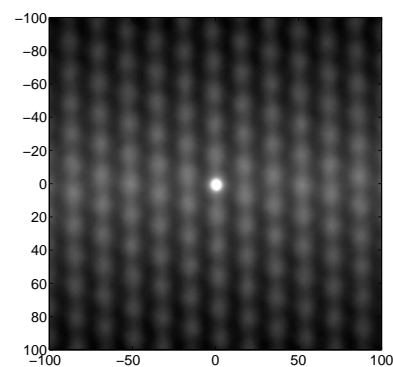
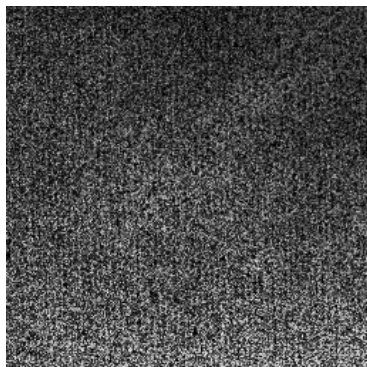
$$P = \mathcal{F}^{-1}(|\mathcal{F}(I)|^2)$$



štěrk



pletená tkanina



elektronový obraz polyetylénu

Jak lze měřit vlastnosti textury?

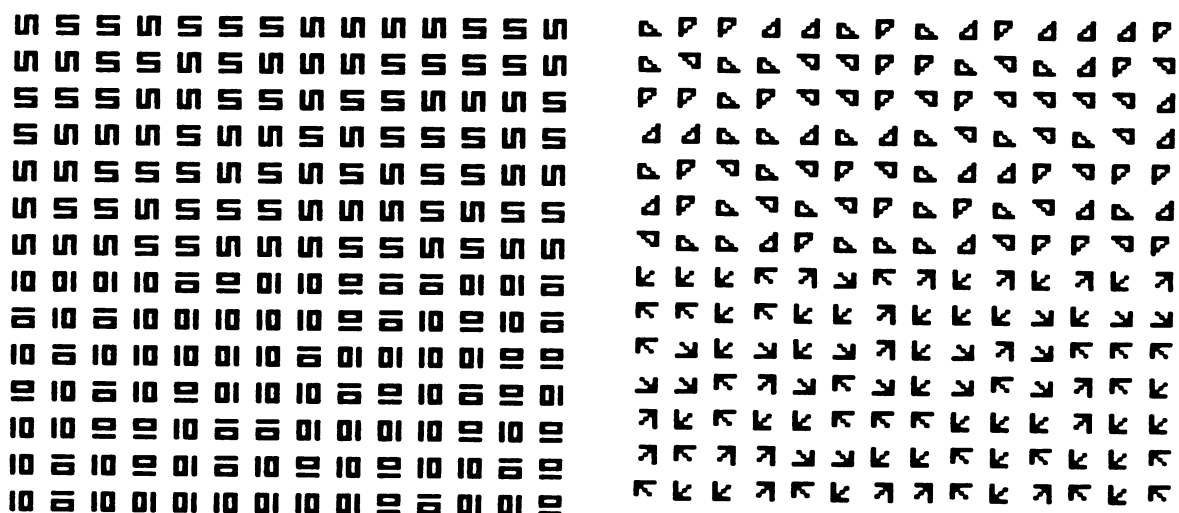
4. Globální statistické vlastnosti struktury

- Statistická struktura 2. řádu: histogram kookurence
- Markovská náhodná pole

5. Lokální vlastnosti texelů

- Lokální momenty řádu (p, q)
- Waveletová analýza

[B. Julesz 1973]: Textury nejsou preatentivně rozlišitelné jsou-li jejich charakteristiky 2. řádu identické.



Mimikry



bělokur
Lagopus leucurus



platýs
Bothus pantherhinus

Histogram kookurence (kookurenční matice)

Jak často se vyskytuje stejná konfigurace pixelů vzdálených o vektor (p, q) .

$$C_{(p,q)}(i, j) = \left| \{ (k, l) \mid I(k, l) = i, I(k + p, l + q) = j \} \right|$$

1	1	0	0
1	1	0	0
0	0	2	2
0	0	2	2

obraz I

$$C_{(0,1)}(I) = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 2 \\ 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \quad C_{(1,0)}(I) = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

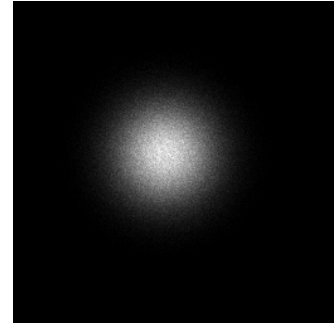
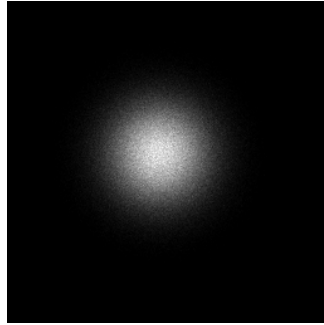
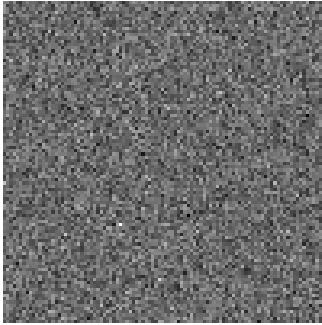
- lze zobecnit na silné textury

Příklady histogramu kookurence

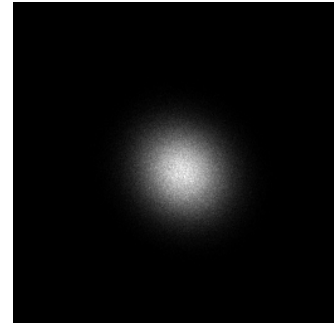
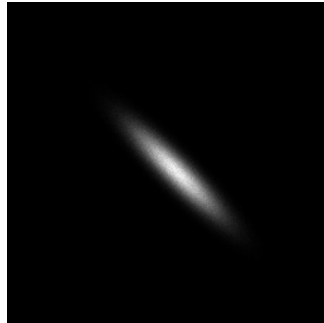
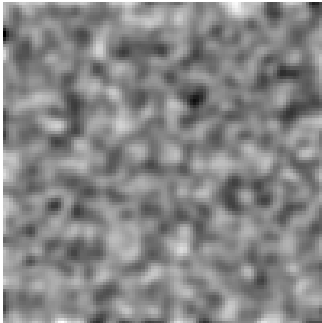
obraz

$C_{(1,0)}$

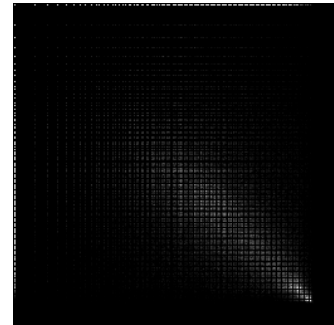
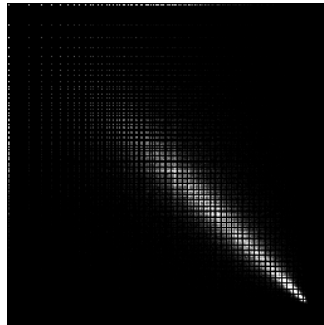
$C_{(5,0)}$



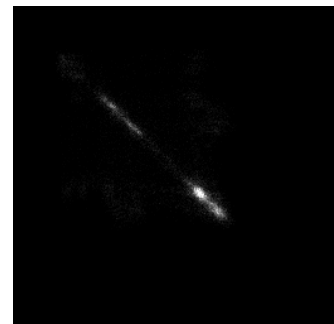
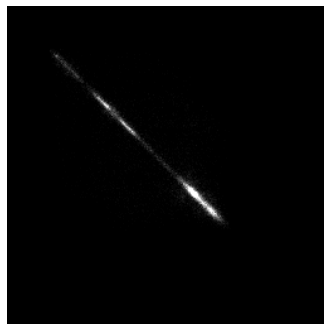
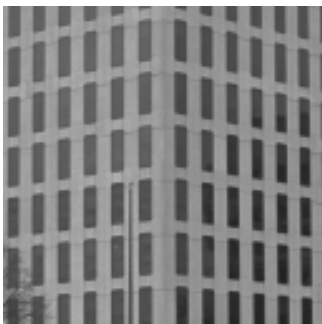
1: nekorelovaný gausovský šum



2: silně korelovaný gausovský šum



3: štěrč



4: fasáda

Haralickovy texturní příznaky (výběr)

H_1	energie	$\sum_{i,j} C^2(i, j)$
H_2	entropie	$-\sum_{i,j} C(i, j) \log_2 C(i, j)$
H_3	kontrast	$\sum_{i,j} i - j C(i, j)$
H_4	homogenita	$\sum_{i,j} \frac{C(i, j)}{1 + i - j }$
H_5	korelace	$\frac{\text{cov}(i, j C)}{\text{std}(i C) \text{std}(j C)}$

obraz	spočteno pro $C_{(1,0)}$				
	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
1	0.0001	13.3820	0.1116	0.9045	0.0004
2	0.0005	11.5175	0.0269	0.9742	0.9121
3	0.0515	10.0823	0.0673	0.9452	0.9082
4	0.0013	10.5117	0.0223	0.9800	0.9334

- Jedna sada pro každou konfiguraci pixelů!
- [Zucker 1980]: vybrat ten, který maximalizuje $\chi^2(C)$.
- Lze zobecnit na silné textury.

Lokální momenty obrazové funkce

$$M_{pq} = \sum_{i=-r}^r \sum_{j=-r}^r i^p j^q I(i, j)$$

Realizace konvolučními maskami

$$M_{0,0} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{1,0} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

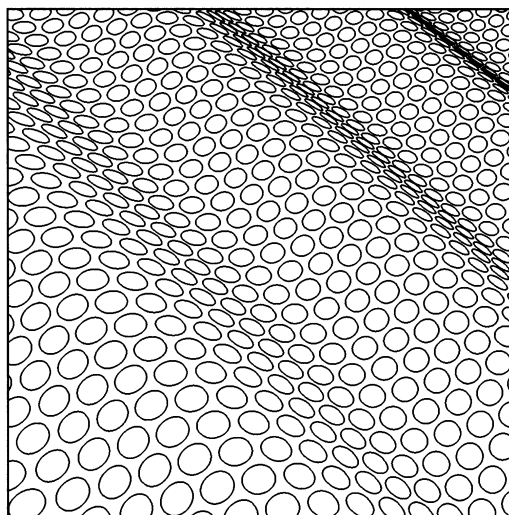
$$M_{0,1} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{2,0} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{1,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_{0,2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Alternativa: gáborovská analýza

Hlavní problémy v počítačovém vidění související s texturou

- klasifikace (viz diagnóza štítné žlázy)
- segmentace (viz segmentace suků ve dřevě)
- (syntéza – generativní model odpovídá na otázku co je to textura)
- tvar z textury



ze zdánlivé anizotropie textury lze zjistit orientaci povrchu