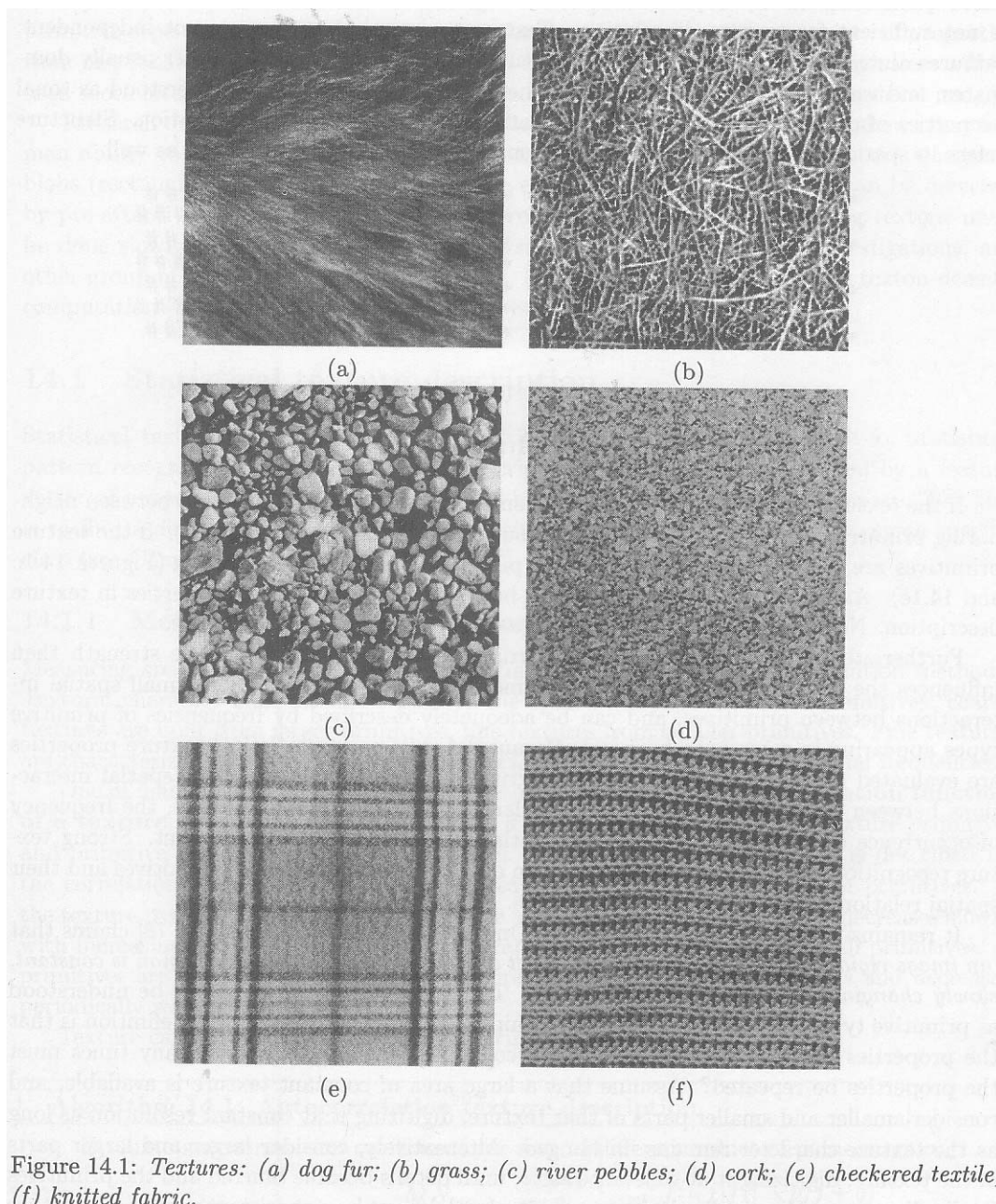


TEXTÚRY



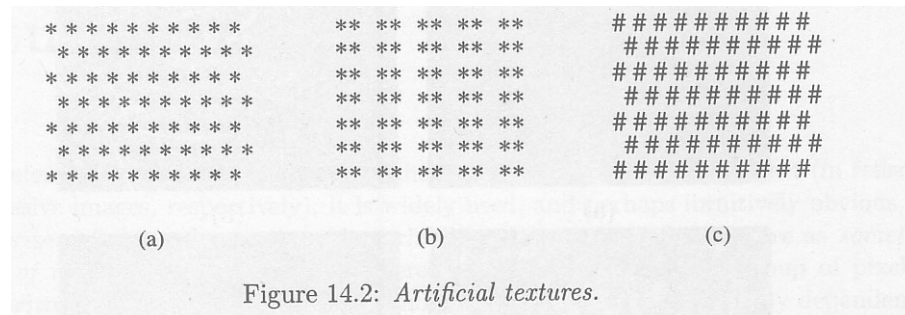


Figure 14.2: *Artificial textures.*

- Textúra ako pojem je široko používaná a intuitívne zrejmá, ale nemá presnú definíciu vzhľadom na jej širokú variabilitu. Jedna z existujúcich definícií znie: *Oblasť obrazu má konštantnú textúru, ak množina lokálnych vlastností v tejto oblasti je konštantná, meniac sa alebo približne periodická.*
- Textúra pozostáva z textúrnych primitív (textúrnych prvkov), ktoré sa nazývajú texely.
- **Textúrne primitívum** je súvislá množina bodov s niektorými tónovými a/alebo regionálnymi vlastnosťami.
- Popis textúry pozostáva z tónu a štruktúry. **Tón** popisuje vlastnosti intenzity pixlov primitíva, kým **štruktúra** odráža priestorové vzťahy medzi primitívami.
- Popis textúry závisí od škály.
- **Štatistické metódy** popisu textúry počítajú rôzne vlastnosti textúry a sú vhodné vtedy, keď veľkosť textúrnych primitív je porovnateľná s veľkosťou pixla.
- **Syntaktické a hybridné metódy** (kombinácia štatistických a syntaktických) sú vhodnejšie pre textúry, ktorých primitíva sa dajú jednoducho určiť a dajú sa popísať ich vlastnosti.

Štatistický popis textúry

- Metódy štatistického popisu textúr popisujú textúry vo forme vhodnej pre štatistické rozpoznávanie obrazcov. Ako výsledok takéhoto popisu, je každá textúra popísaná príznakovým vektorom, ktorý reprezentuje bod vo viacrozmernom príznakovom priestore.
- Hrubé textúry sa skladajú z väčších primitív, jemné textúr z menších primitív. Charakter textúry je v priamom vzťahu s priestorovou veľkosťou textúrnych primitív.
- Jemné textúry sú charakteristické vyššími priestorovými frekvenciami, hrubé textúry nižšími priestorovými frekvenciami.
- Meranie priestorových frekvencií je základom veľkej skupiny metód na rozpoznávanie textúr:

Autokorelačná funkcia textúry

- Funkcia je daná ako:

$$C_{ff}(p, q) = \frac{MN}{(M-p)(N-q)} \frac{\sum_{i=1}^{M-p} \sum_{j=1}^{N-q} f(i, j) f(i+p, j+q)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f^2(i, j)},$$

kde p, q sú pozíciou rozdielu v smere i, j a M, N sú rozmery obrazu. Ak sú textúry kruhovo symetrické, môže sa použiť rozdiel bez ohľadu na smer, ako funkcia jednej premennej.

- Popis textúry môže byť založený na opakovanom objavení sa určitej šedoúrovňovej konfigurácie v textúre; táto konfigurácia sa mení rýchlejšie vo vzťahu ku vzdialenosti pri jemných textúrach a pomalšie pri hrubých textúrach. **Matice opakovaného objavenia** reprezentujú takýto prístup. Objavenie sa určitej šedoúrovňovej konfigurácie sa popisuje maticou relatívnych frekvencií $P_{\varphi, d}(a, b)$, popisujúcou ako často sa dva pixle so šedou úrovňou a, b objavujú v okne vo vzdialenosti d v smere φ .
- Nenormalizované frekvencie opakujúceho sa objavenia ako funkcia uhla a vzdialenosti možno formálne reprezentovať ako

$$\begin{aligned} P_{0^\circ, d}(a, b) &= |\{(k, l), (m, n) \in D : \\ &\quad k - m = 0, |l - n| = d, f(k, l) = a, f(m, n) = b\}| \\ P_{45^\circ, d}(a, b) &= |\{(k, l), (m, n) \in D : \\ &\quad (k - m = d, l - n = -d) \text{ OR } (k - m = -d, l - n = d), \\ &\quad f(k, l) = a, f(m, n) = b\}| \\ P_{90^\circ, d}(a, b) &= |\{(k, l), (m, n) \in D : \\ &\quad |k - m| = d, l - n = 0, f(k, l) = a, f(m, n) = b\}| \\ P_{135^\circ, d}(a, b) &= |\{(k, l), (m, n) \in D : \\ &\quad (k - m = d, l - n = d) \text{ OR } (k - m = -d, l - n = -d), \\ &\quad f(k, l) = a, f(m, n) = b\}| \end{aligned}$$

kde $|\{\dots\}|$ zodpovedá veľkosti množiny a $D = (M \times N) \times (M \times N)$.

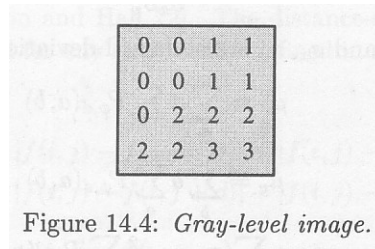


Figure 14.4: Gray-level image.

$$P_{0^\circ, 1} = \begin{vmatrix} 4 & 2 & 1 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 6 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{vmatrix} \quad P_{135^\circ, 1} = \begin{vmatrix} 2 & 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \end{vmatrix}$$

- Textúrna klasifikácia môže byť založená na kritériách odvodených z nasledovných matíc opakovaného objavenia:

- **Energia** (čím homogénnejší je obraz, tým väčšia hodnota) $\sum_{a,b} P_{\phi,d}^2(a,b)$

Entropia

$$\sum_{a,b} P_{\phi,d}(a,b) \log P_{\phi,d}(a,b)$$

Maximálna pravdepodobnosť

$$\max_{a,b} P_{\phi,d}(a,b)$$

Kontrast (miera lokálnej obrazovej variácie, typicky $\kappa = 2, \lambda = 1$)

$$\sum_{a,b} |a-b|^\kappa P_{\phi,d}^\lambda(a,b)$$

Inverzný diferenčný moment

$$\sum_{a,b; a \neq b} \frac{P_{\phi,d}^\lambda(a,b)}{|a-b|^\kappa}$$

- Prístupy založené na **hranovej frekvencii** popisujú frekvenciu objavenia sa hrán v textúre.

$$g(d) = |f(i, j) - f(i + d, j)| + |f(i, j) - f(i - d, j)| + |f(i, j) - f(i, j + d)| + |f(i, j) - f(i, j - d)|,$$

táto funkcia zodpovedá negatívnej autokorelačnej funkcii, jej minimum zodpovedá maximu autokorelačnej funkcie a naopak. Na základe tejto funkcie možno vytvoriť viacero charakteristík:

Hrubosť, ktorá sa meria hustotou hrán. Čím jemnejšia je textúra, tým vyšší je počet hrán.

Kontrast: vysoko kontrastné textúry sú charakterizované vysokou veľkosťou hrán.

Náhodnosť sa meria entropiou histogramu veľkosti hrán.

Linearita sa charakterizuje opakovaným objavením dvojice hrán v rovnakom smere v konštantnej vzdialenosti a hrany sú umiestnené v smere hrán.

Periodicita sa meria opakovaným objavením dvojice hrán v konštantnej vzdialenosti v smere, ktorý je rovnobežný ku smeru hrany

Veľkosť sa meria ako opakujúce sa objavenie dvojice opačných hrán v smere, ktorý je rovnobežný ku smeru hrany.

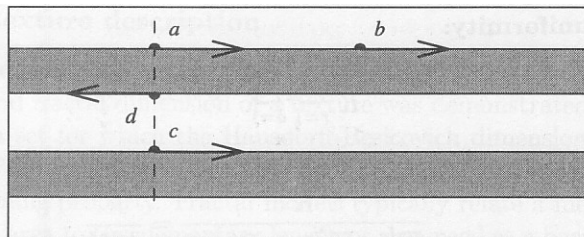


Figure 14.5: Texture linearity, periodicity, and size measures may be based on image edges. Adapted from [Tomita and Tsuji 90].

- V prístupe založenom na **dĺžke primitíva** sa textúrne charakteristiky počítajú ako súvislé pravdepodobnosti dĺžky a šedej úrovne primitíva v textúre. Primitívum je maximálna súvislá množina pixlov konštantnej šedej úrovne umiestnených v jednej línii, popisovaná šedou úrovňou, dĺžkou a smerom.
- Ak $B(a, r)$ bude počet primitív vo všetkých smeroch majúcich dĺžku r a šedú úroveň a , rozmery obrazu sú M, N a L je počet šedých úrovní a N_r maximálna dĺžka primitíva v obraze. Nech celkový počet behov $K = \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r)$, potom možno textúrne príznaky popísať ako

$$\text{Dôraz na krátke primitíva} \quad \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} \frac{B(a, r)}{r^2}$$

$$\text{Dôraz na dlhé primitíva} \quad \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) r^2$$

$$\text{Šedoúrovňová uniformita} \quad \frac{1}{K} \sum_{a=1}^L \left[\sum_{r=1}^{N_r} B(a, r) \right]^2$$

$$\text{Uniformita dĺžky primitíva} \quad \frac{1}{K} \sum_{r=1}^{N_r} \left[\sum_{a=1}^L B(a, r) \right]^2$$

- **Lawove textúrne merania** určujú vlastnosti textúry ohodnotením priemernej šedej úrovne, hrán, škvŕn, zvlnení a vln v textúre. Tieto miery sa odvodzujú z troch jednoduchých vektorov

$L_3 = (1, 2, 1)$, ktorý reprezentuje priemerovanie, $E_3 = (-1, 0, 1)$, počítajúci prvú diferenciu (hrany) a $S_3 = (-1, 2, -1)$, zodpovedajúci druhej diferencii (škvŕnám). Po konvolúcii týchto vektorov so sebou samým a s každým ďalším dostaneme 5 vektorov.

$$L_5 = (1, 4, 6, 4, 1)$$

$$E_5 = (-1, -2, 0, 2, 1)$$

$$S_5 = (-1, 0, 2, 0, -1)$$

$$R_5 = (1, -4, 6, -4, 1)$$

$$W_5 = (-1, 2, 0, -2, -1).$$

Vzájomným násobením týchto vektorov, pričom prvý člen uvažujeme ako stĺpcový vektor a druhý ako riadkový vektor, dostaneme Lawove masky 5 x 5, napr.

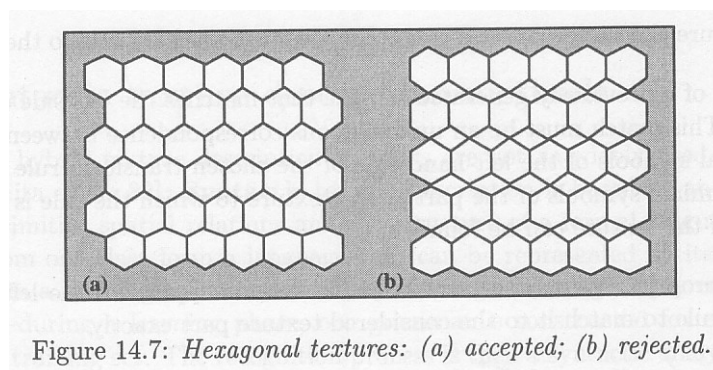
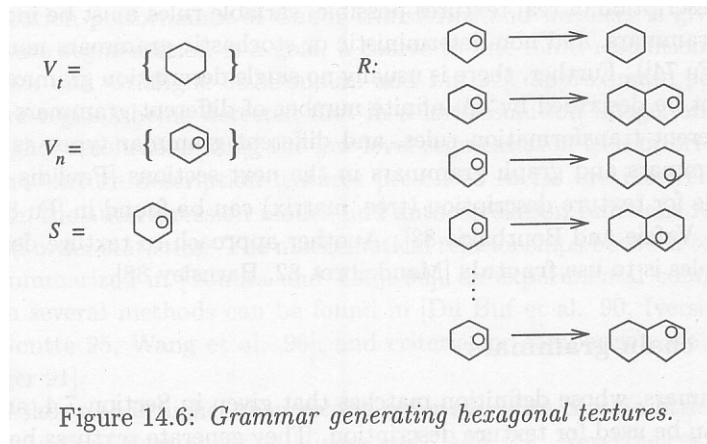
$$L_5^T \times S_5 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -6 & 0 & 12 & 0 & -6 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Konvolúciou Lawových masiek s obrazom textúry a výpočtom štatistík energie dostaneme príznakový vektor užitočný pre rozpoznávanie textúr.

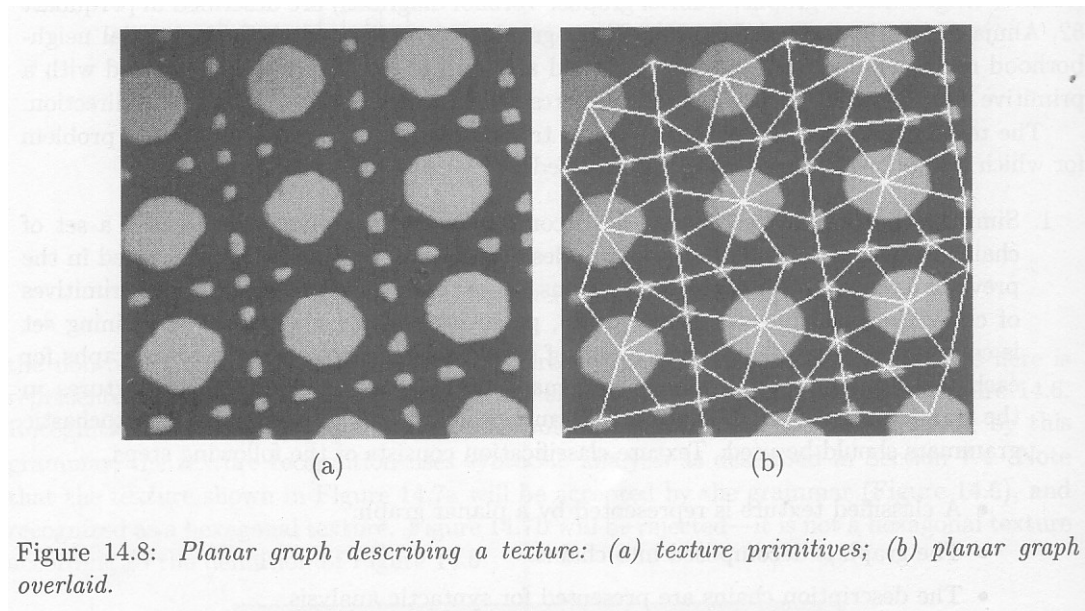
- Ostatné štatistické prístupy sú:
 - * Fraktálny prístup
 - * Matematická morfológia
 - * Textúrna transformácia
 - * Waveletový popis
- Mnoho textúrnych vlastností možno odvodiť zo *štatistík prvého a druhého rádu* elementárnych vlastností ako je opakované objavenie, rozloženie hrán, dĺžky primitív, apod. Štatistiky vyššie ako druhého rádu prinášajú len málo informácie, ktorá môže byť použitá pre určovanie textúr.

Syntaktické a hybridné popisy textúr

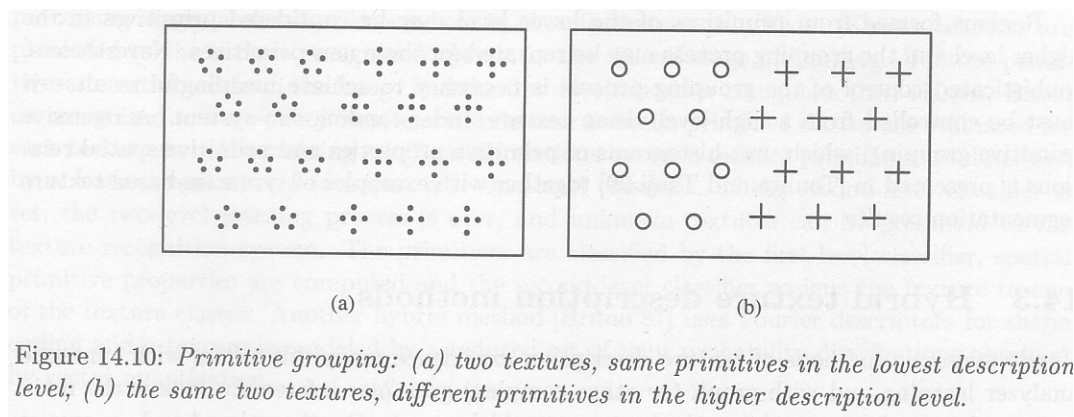
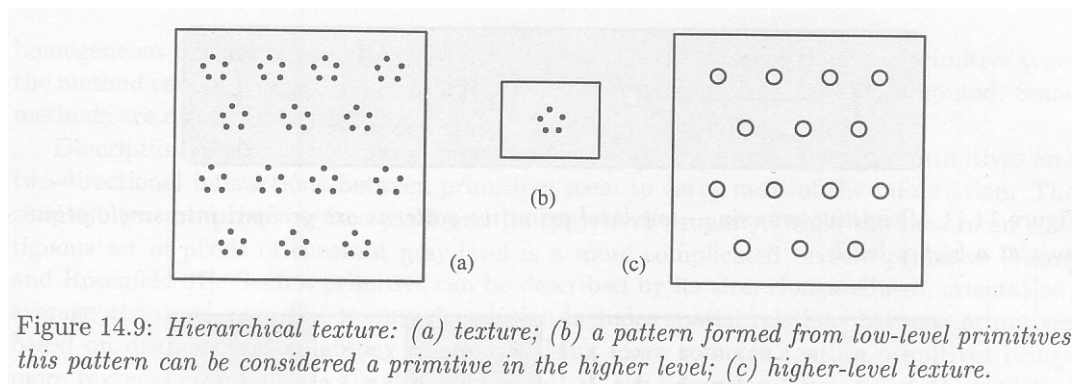
- Syntaktický popis textúry je založený na analógii medzi priestorovými vzťahmi textúrnych primitív a štruktúrou formálnych jazykov.
- Hybridné metódy popisu textúry kombinujú štatistické a syntaktické prístupy; technika je čiastočne syntaktická, pretože primitíva sú exaktne definované a čiastočne štatistická, pretože priestorové vzťahy medzi primitívami sú založené na pravdepodobnostiach.
- Čisto syntaktické modely popisu textúry využívajú myšlienku, že textúra pozostáva z primitív umiestnených v takmer pravidelných vzťahoch. Na popis textúry musia byť určené pravidlá pre popis primitív a ich umiestnenie.
- Textúry reálneho sveta sú obyčajne nepravidelné, s častými štrukturálnymi chybami, kazmi a/alebo štrukturálnymi odchýlkami, čo spôsobuje, že striktné gramatiky sa nedajú použiť. Na to, aby sa dali syntaktické popisy použiť pre reálne textúry, do popisu gramatík treba pridať pravidlá umožňujúce variácie a musia sa použiť nedeterministické alebo stochastické gramatiky.
- Metódy syntaktického popisu textúr zahŕňajú:
 - * *Gramatiky tvarových reťazcov*, čo sú najjednoduchšie gramatiky, ktoré možno použiť na popis textúr. Generujú textúry od počiatočného symbolu použitím *pravidiel na transformáciu tvaru*.

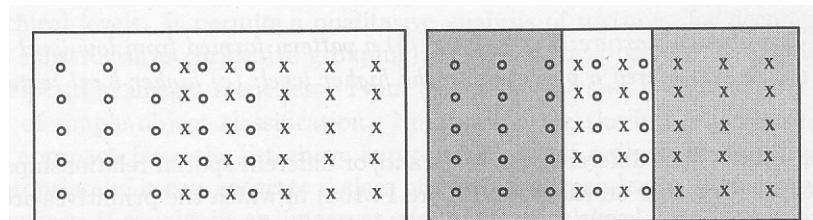
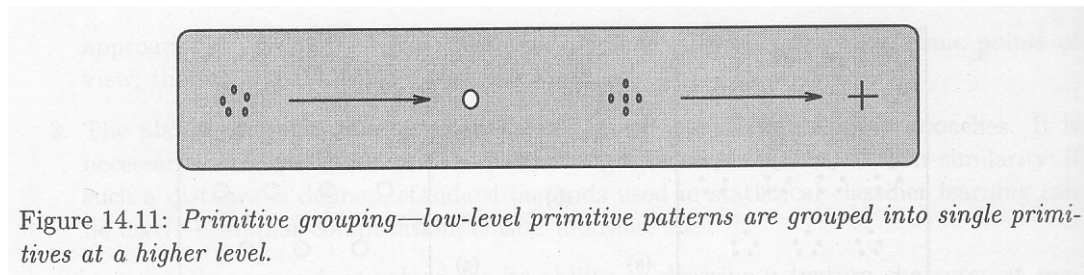


* **Grafové gramatiky** sú založené na prístupe, ktorý konštruje **rovinný graf rozloženia primitív**. Na konštrukciu takéhoto grafu musia byť známe triedy primitív a ich priestorové vzťahy; priestorové vzťahy medzi textúrnymi primitívami sa odrážajú v štruktúre grafu. Problém klasifikácie textúry sa transformuje na problém rozpoznávania grafu. Alebo sa rozpoznávanie robí tak, že sa rozloží planárny graf na reťazce, ktoré sa všetky podrobia syntaktickej analýze.



- Syntaktické prístupy sú cenené pre ich schopnosť popísať charakter textúry na viacerých hierarchických úrovniach.
- **Zoskupovanie primitív** možno robiť vtedy, ak primitíva nižšej úrovne, ktoré tvoria špecifický vzor, možno považovať za primitíva na vyššej úrovni popisu.





- Syntaktické a hybridné metódy sa nepoužívajú tak široko ako štatistické prístupy.
- Použitie metód rozpoznávania textúr je napr. pri vyhodnocovaní DPZ (úroda, stav poškodenia lesa), automatická diagnóza pľúcnych ochorení z RTG snímok, rozpoznávanie typov oblakov pri meteorologických dátach. Klasifikácia ciest, budov, poľnohospodárskych oblastí, prírodných objektov alebo rozpoznávanie stromov do piatich kategórií sú klasické aplikácie rozpoznávania textúr.