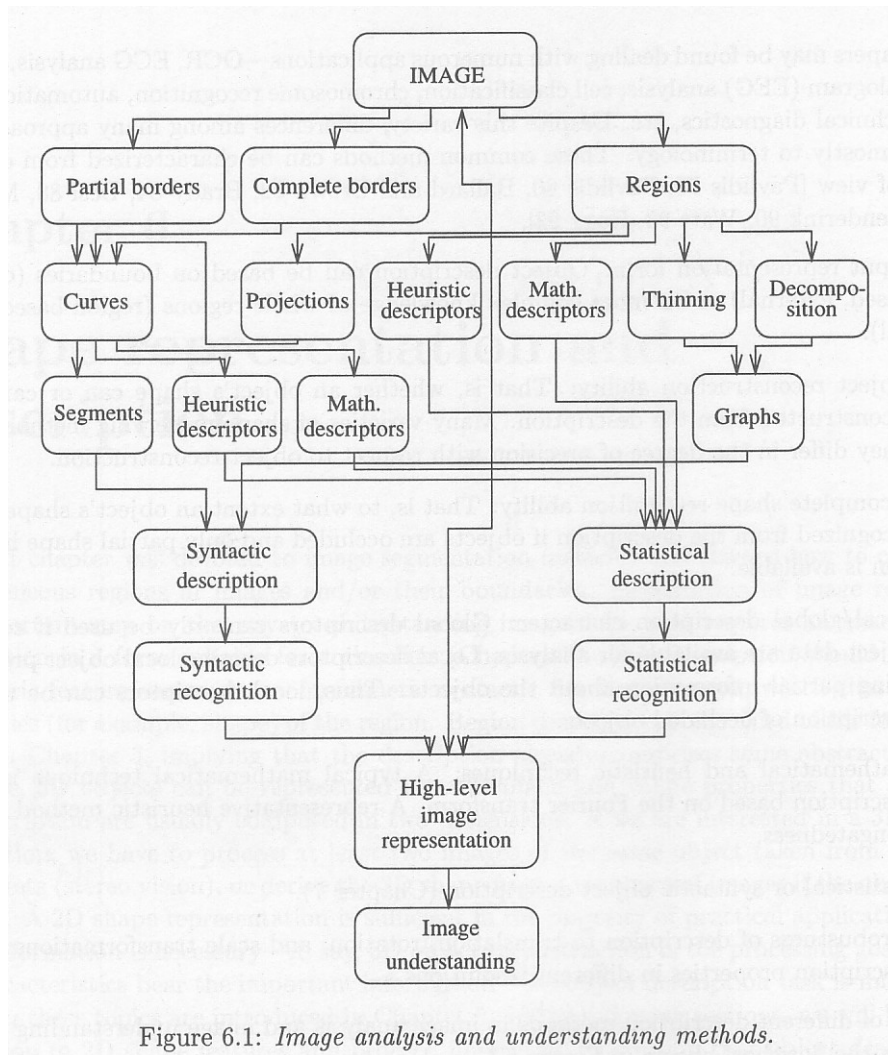


## 5 Ďalšie techniky reprezentácie tvaru a popisu obrazu

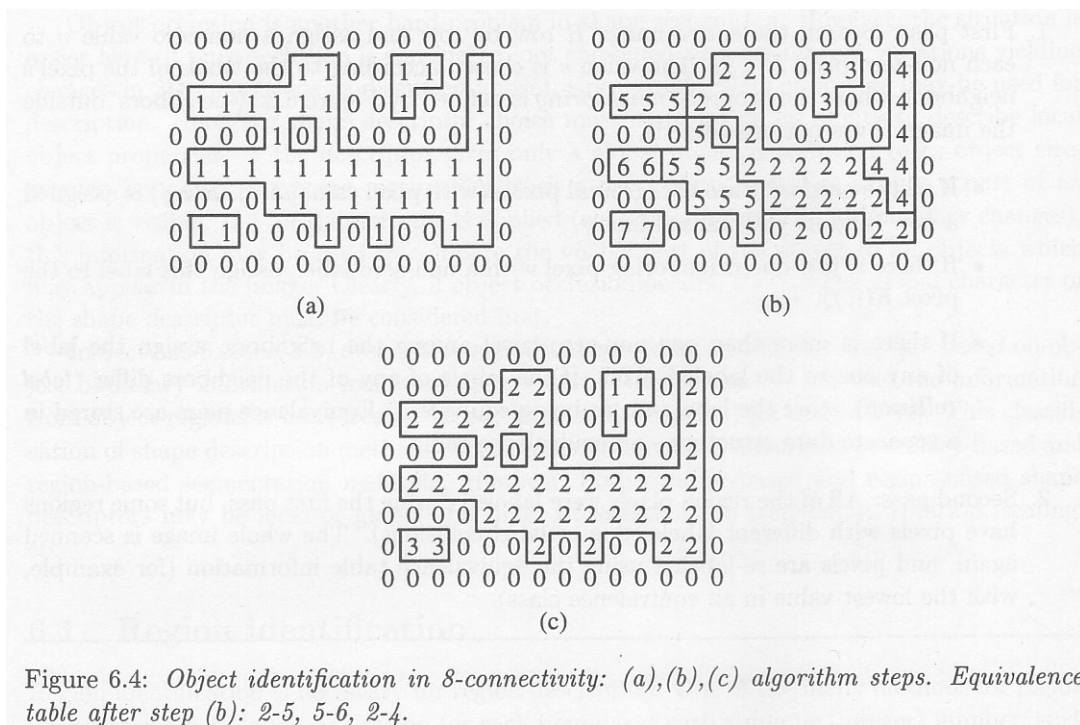
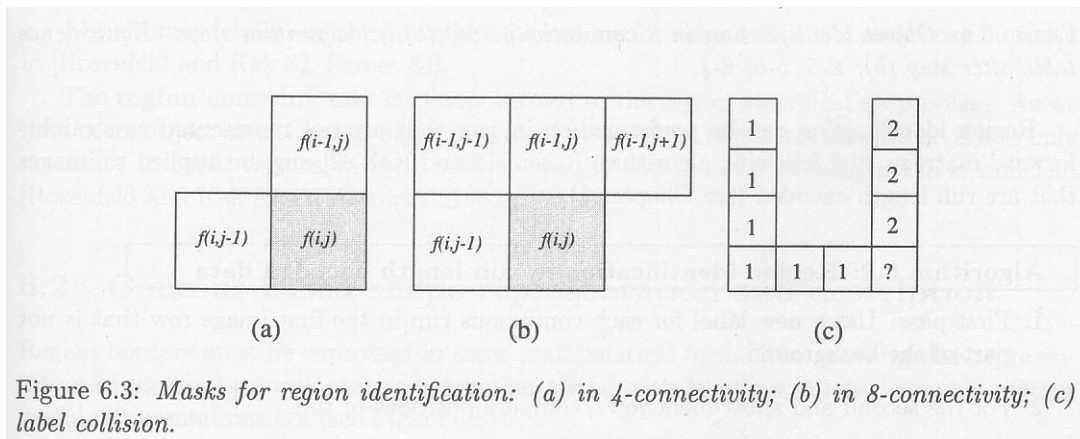
- Toto je fáza medzi segmentáciou a rozpoznávaním, pričom popis slúži ako vstup pre rozpoznávacie algoritmy. My sa tu obmedzíme na 2D popis tvaru, čo je dostatočné pre väčšinu aplikácií. Ak chceme 3D informáciu, tak treba aspoň 2 snímky tohto istého obrazu (stereovidenie) alebo sériu snímok, ak objekt je v pohybe na určenie 3D tvaru.
- Popis oblasti generuje numerický vektor príznačkov alebo nenumerické slovo so syntetickým popisom, ktoré charakterizuje vlastnosti (napr. tvar) danej oblasti.
- Pretože existuje veľa praktických metód popisu tvaru, neexistuje žiadna všeobecne akceptovaná metóda popisu tvaru. Navyiac, stále nevieme, čo je na tvare dôležité.
- Metódy popisu tvaru sa delia podľa nasledovných kritérií:
  - vstupná reprezentácia: hranica alebo oblasť
  - schopnosť rekonštrukcie objektu – či z popisu tvaru možno zrekonštruovať objekt a do akej miery
  - schopnosť určiť neúplné tvary – pri zakrytých objektoch
  - lokálny/globálny charakter popisu – globálne vyžadujú úplnú informáciu, lokálne pracujú aj s čiastočnou informáciou
  - matematické alebo heuristické techniky – napr. Fourierove popisy a príkladom heuristickej techniky je pozdĺžnosť.
  - štatistické alebo syntaktické popisy – súvisí s voľbou rozpoznávacieho algoritmu
  - robustnosť popisu - vzhľadom na posunutie, otočenie, škálové transformácie a vzhľadom na rozlíšenie obrazu.



## Identifikácia oblastí

- Algoritmus identifikácie oblastí pridelí jednoznačné označenie ku jednotlivým oblastiam obrazu, niekedy sa mu hovorí farbenie oblastí. Ak sa použijú neopakujúce sa číselné označenia, najväčšie celé číslo súčasne hovorí o počte oblastí v obraze.
- Predpokladá sa, že obraz je rozložený na oblasti a pozadie, pričom pozadie je reprezentované nulou a objekty nenulovými hodnotami. Vo výslednom obraze bude mať pozadie opäť nulu a oblasti budú označené nenulovými značkami (farbami).
- Algoritmus pracuje so 4- (alebo 8-) susednosťou s tým, že hodnotu výstupného pixla určuje podľa susedov daného pixla. Ak ide o bod obrazu a susedné pixle určenej masky sú nulové, priradí mu nové označenie, ak jeden je nenulový, priradí mu označenie tohto pixla, ak ich je nenulových viac vyberie ľubovoľné označenie a poznačí si kolíziu farieb. V druhom prechode odstráni kolíziu farieb. Postup pre 4-

susednosť alebo 8-susednosť je rovnaký, líšia sa len tvarom masky. Podobne je možné vytvoriť algoritmus identifikácie oblastí v RL kóde, pre kvadrantové stromy apod.



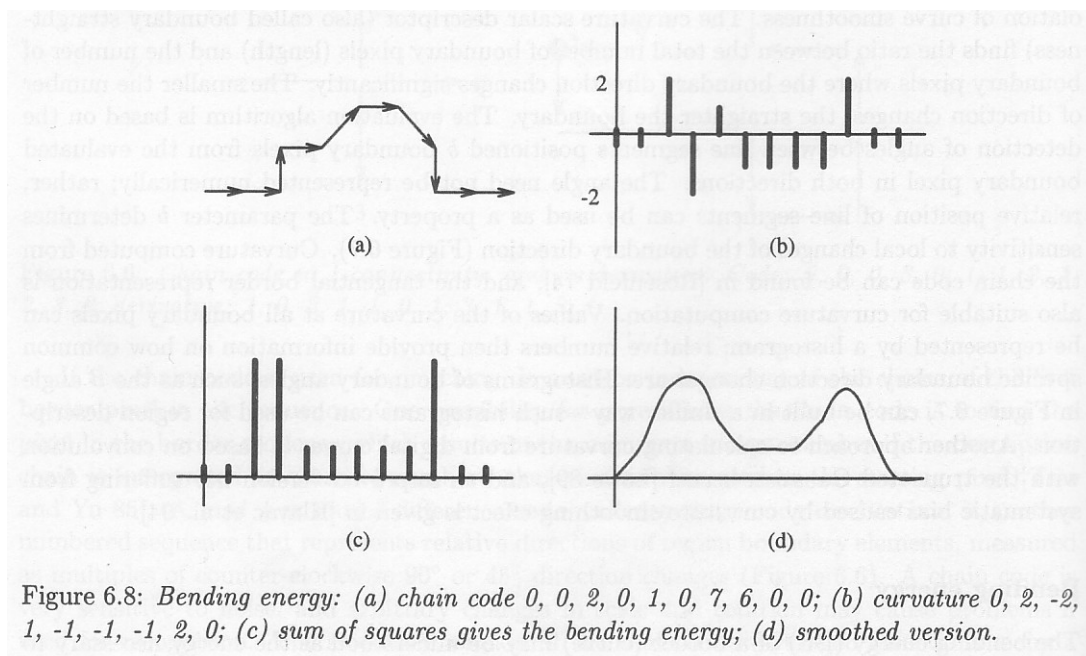
### Popisy tvaru založené na hranici

- **Ďalšie jednoduché geometrické reprezentácie hranice** sú založené na geometrických vlastnostiach popisovanej oblasti, napr.

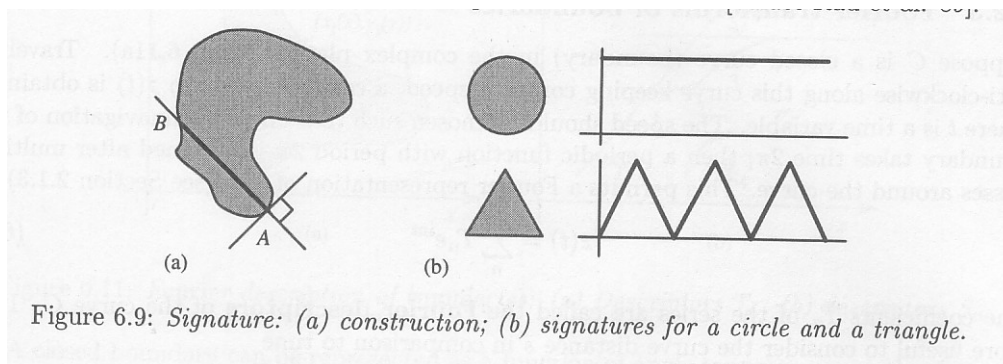
- energia zakrivenia
- signatúra
- chrbticové rozdelenie

- **energia zakrivenia** sa dá interpretovať ako energia potrebná na zakrivenie tyče do daného tvaru a počíta sa ako suma štvorcov zakrivení hranice  $c(k)$  v dĺžke hranice  $L$

$$\blacksquare \quad BE = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L c^2(k)$$

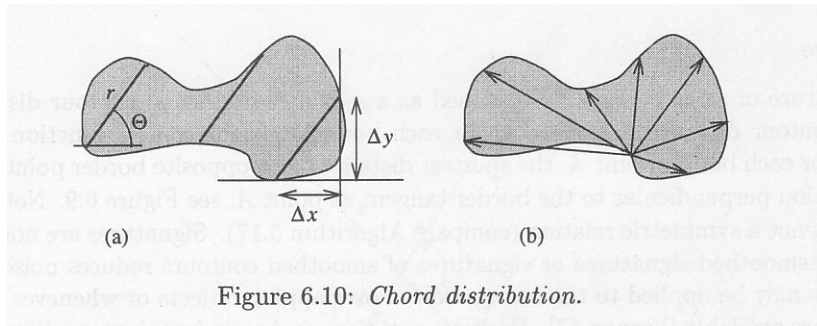


- **signatúra** sa získava z postupnosti vzdialeností hranice medzi dvoma bodmi, pričom pre bod  $A$  sa najkratšia vzdialenosť k bodu  $B$  na opačnej časti hranice hľadá v smere kolmom na dotýčnicu hranice v bode  $A$ .

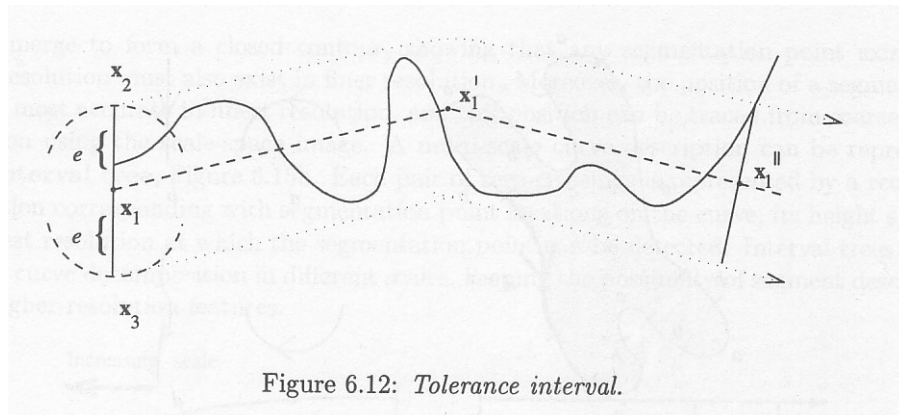


- **chrbticové rozdelenie** vychádza z chrbtice definovanej ako spojnice medzi ľubovoľnými bodmi hranice. Nech  $b(x, y) = 1$  reprezentuje body hranice a  $b(x, y) = 0$  ostatné body. Potom chrbticové rozdelenie je

$$\blacksquare \quad h(\Delta x, \Delta y) = \sum_i \sum_j b(i, j) b(i + \Delta x, j + \Delta y)$$



- Tvar možno reprezentovať ako **postupnosť segmentov** s určitými vlastnosťami. Ak je typ segmentu známy pre všetky segmenty, hranicu možno popísať ako postupnosť segmentových typov, pričom kódové slovo pozostáva z prvkov typovej abecedy. To je vhodné na syntaktické rozpoznávanie.
- Na určenie segmentov sa používajú rôzne metódy:
  - polygonálna reprezentácia – predpokladá určenie segmentov ako koncových vrcholov po jednoduchej segmentácii hranice, pričom do jedného segmentu sa spoja vrcholy, ktoré reprezentujú priamy úsek
  - prístup cez tolerančný interval – ďalší vrchol segmentu z bodu  $x_1$  sa hľadá v páse šírky  $e$  na jednu aj druhú stranu



- rekurzívne delenie hranice – rozdelí sa v bode najväčšieho rozdielu medzi segmentovanou a skutočnou hranicou

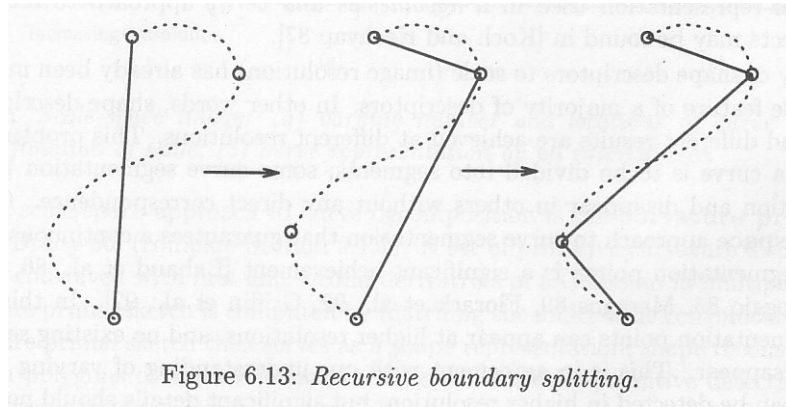


Figure 6.13: *Recursive boundary splitting.*

- rozdelenie hranice na časti konštantného zakrivenia – napr. na kruhové, eliptické, parabolické, priame, pričom segmenty sú ako primitíva pre syntaktické rozpoznávanie

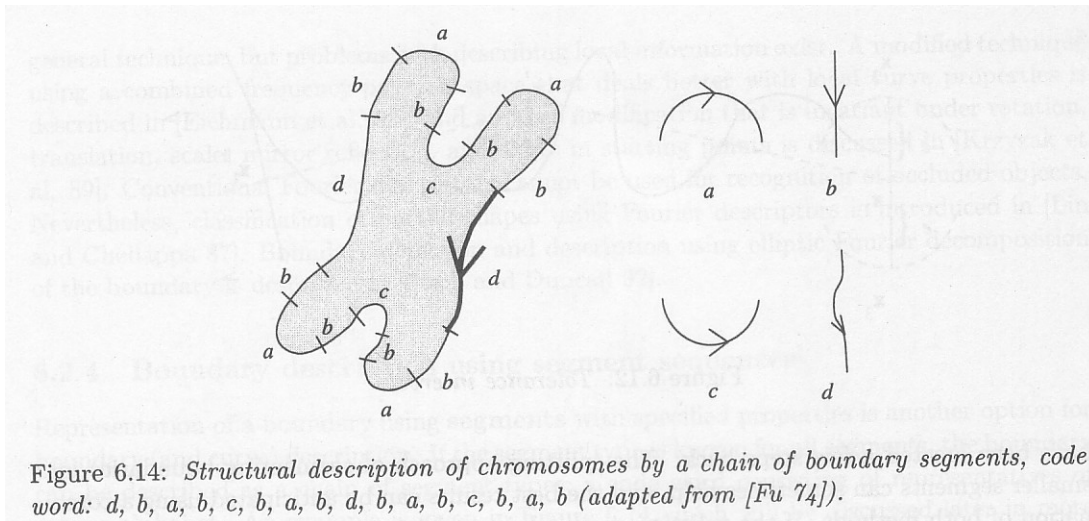


Figure 6.14: *Structural description of chromosomes by a chain of boundary segments, code word: d, b, a, b, c, b, a, b, d, b, a, b, c, b, a, b (adapted from [Fu 74]).*

- **B-splajny** sú po častiach polynomicke krivky, ktorých tvar je úzko spojený s ich riadiacim polygónom – postupnosťou vrcholov určujúcich polygonálnu reprezentáciu krivky. B-splajny tretieho rádu sú najčastejšie, pričom je to najnižší rád, obsahujúci zmeny zakrivenia. B-splajnová krivka sa vždy nachádza v konvexnom  $n+1$ -polygóne pre spliny  $n$ -tého rádu. Ak sa riadiaci vrchol splajnu zmení, splinová krivka sa zmení iba v malom okolí tohto vrcholu.

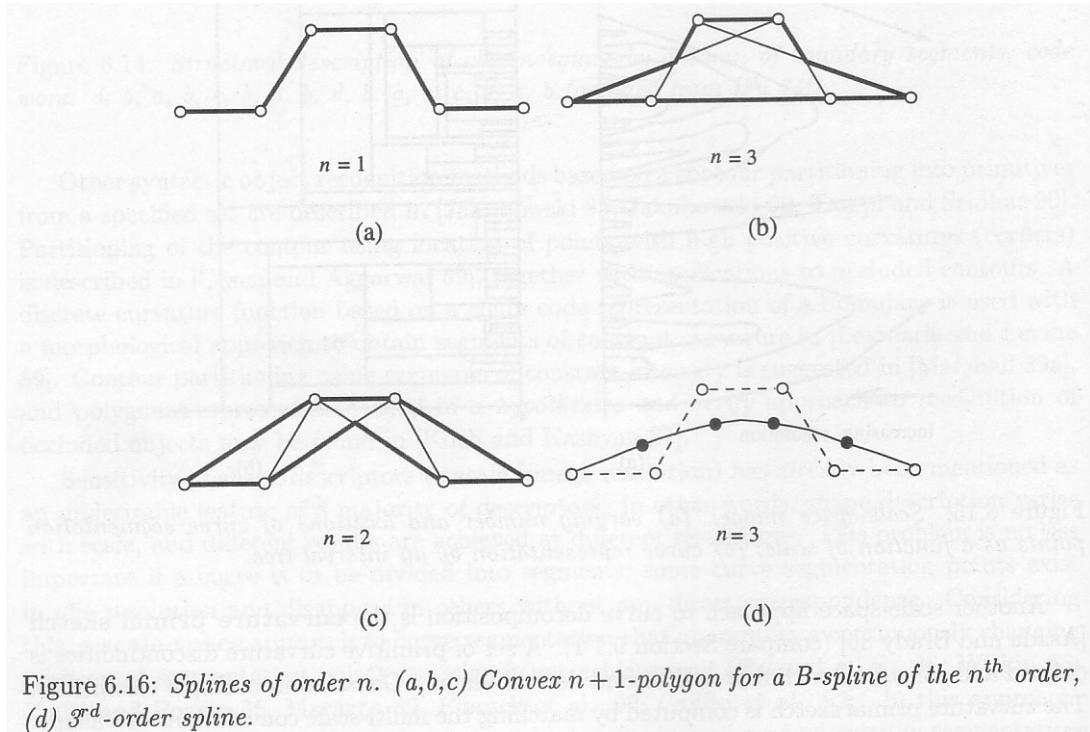


Figure 6.16: Splines of order  $n$ . (a,b,c) Convex  $n + 1$ -polygon for a B-spline of the  $n^{\text{th}}$  order, (d)  $3^{\text{rd}}$ -order spline.

- Nech  $\mathbf{x}_i$  sú body B-splajnovej interpolačnej krivky, ktorú nazveme  $\mathbf{x}(s)$ , kde parameter  $s$  sa mení lineárne medzi bodmi  $\mathbf{x}_i$  tak, že  $\mathbf{x}_i = \mathbf{x}(i)$ . Potom B-splajny sú dané ako

$$\mathbf{x}(s) = \sum_{i=1}^{n+1} \mathbf{v}_i B_i(s),$$

$\mathbf{v}_i$  sú koeficienty reprezentujúce splajnovú krivku a  $B_i(s)$  sú bázové funkcie, ktorých tvar je daný rádom splajnu. Koeficienty  $\mathbf{v}_i$  nesú informáciu, ktorá je duálna k riadiacim bodom  $\mathbf{x}_i$ , dajú sa vzájomne odvodiť.

Sú iba štyri nenulové bázové funkcie pre  $s \in (i, i + 1)$ .

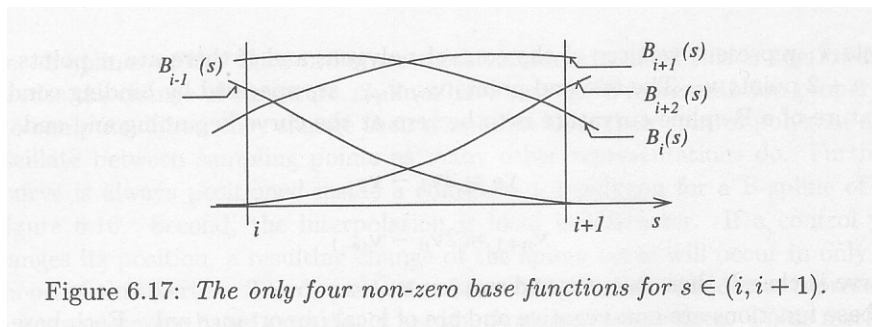


Figure 6.17: The only four non-zero base functions for  $s \in (i, i + 1)$ .

- **Iné metódy popisu tvaru založené na hranici** zahŕňajú Houghovu transformáciu, štatistické momenty, fraktálny prístup k tvaru, matematickú morfológiu (v súvislosti s kostrou) a určovanie tvaru pomocou neurónových sietí.

- **Tvarové invarianty** predstavujú vlastnosti geometrických konfigurácií, ktoré sa nezmenia pri vhodnej skupine transformácií; počítačové videnie sa sústreďuje osobitne na projektívne transformácie. Všetky doteraz uvedené metódy záviseli na pozícii pozorovateľa.
- Invariant  $I(\mathbf{P})$  geometrickej štruktúry popísanej parametrickým vektorom  $\mathbf{P}$ , vzhľadom na lineárnu transformáciu  $\mathbf{T}$  v súradniciach  $\mathbf{x} = \mathbf{TX}$  sa transformuje podľa rovnice  $I(\mathbf{p}) = I(\mathbf{P}) |\mathbf{T}|^w$ , kde  $I(\mathbf{p})$  je funkcia parametrov po transformácii a  $|\mathbf{T}|$  je determinant matice  $\mathbf{T}$ , pričom  $w$  je váha invariantu (pre  $w = 0$  sa invarianty nazývajú skalárne invarianty).
- Podiel priesečníku je klasický invariant projektívnej priamky, pretože priamka sa vždy zobrazí na priamku. Jej ľubovoľné štyri body možno opísať ako invariant podielu priesečníku

- $I = \frac{(A-C)(B-D)}{(A-D)(B-C)}$ , kde  $(A-C)$  reprezentuje vzdialenosť medzi  $A$  a  $C$ .

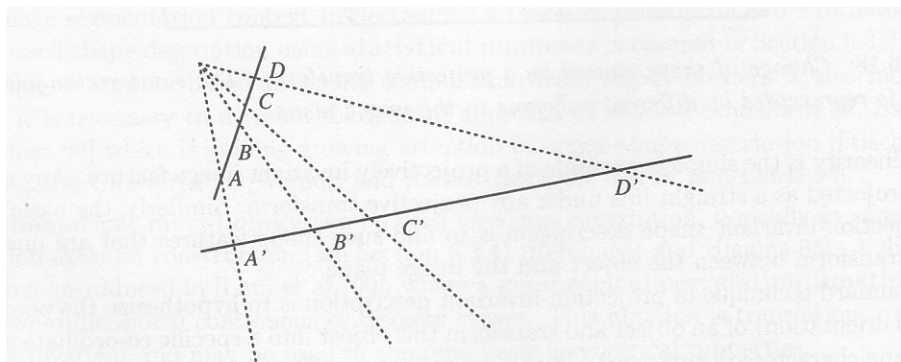
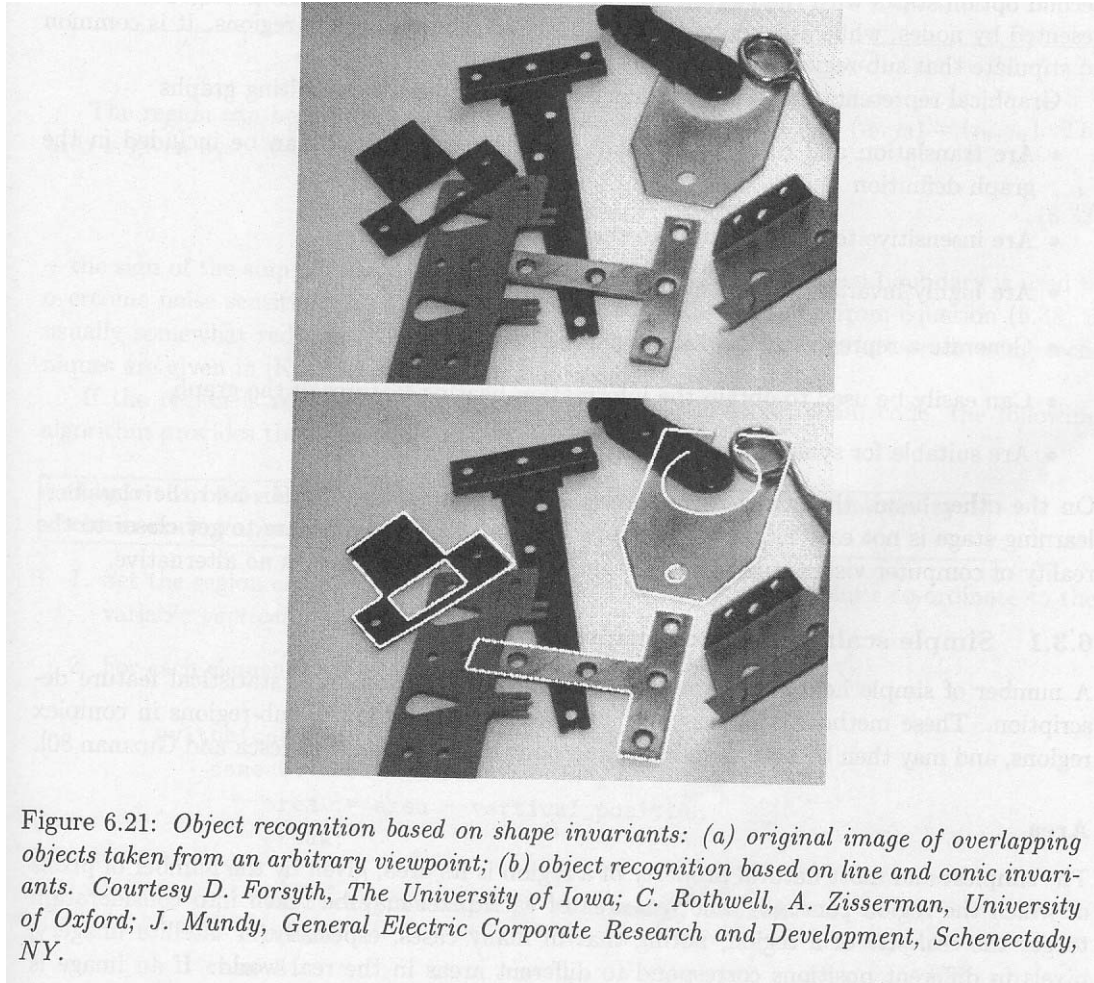


Figure 6.19: Cross ratio; four collinear points form a projective invariant.

- Ďalšie invarianty môžu byť napr. systém priamok alebo bodov, kde 5 koplanárnych bodov vytvára dva invarianty koplanárnych priamok, alebo invarianty odvodené z rovinných kónusov.





### Popisy tvaru založené na oblastiach

- Zložitejšie tvary možno popísať dekompozíciou oblasti na menšie a jednoduchšie podoblasti. Objekty možno reprezentovať rovinným grafom s vrcholmi reprezentujúcimi podoblasti po dekompozícii. Tvar oblasti potom možno opísať ako vlastnosti grafu. Existujú dve základné metódy vytvorenia grafu podoblastí:
  - Stenčovanie oblasti
  - Dekompozícia oblasti
- **Stenčovanie oblasti** vedie ku kostre oblasti, ktorú možno popísať grafom. Stenčovacie procedúry často používajú na vytvorenie kostry symetrickú transformáciu súradníc. Pri tejto transformácii je kostra množinou všetkých bodov oblasti ktoré majú najmenšiu vzdialenosť od hranice oblasti pre aspoň dva rozdielne body hranice.

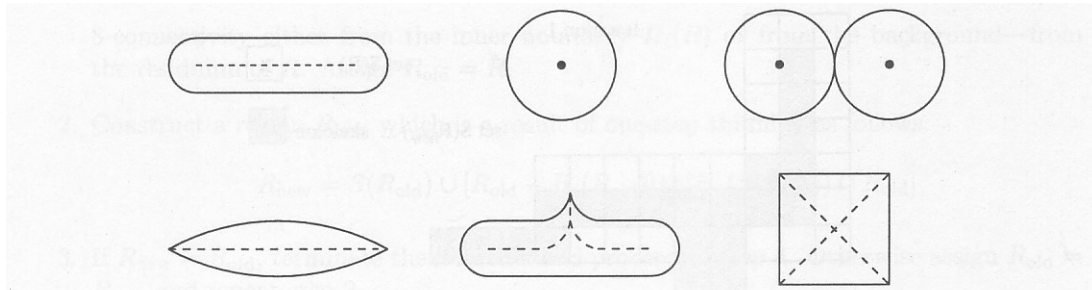


Figure 6.32: Region skeletons; small changes in border can have a significant effect on the skeleton.

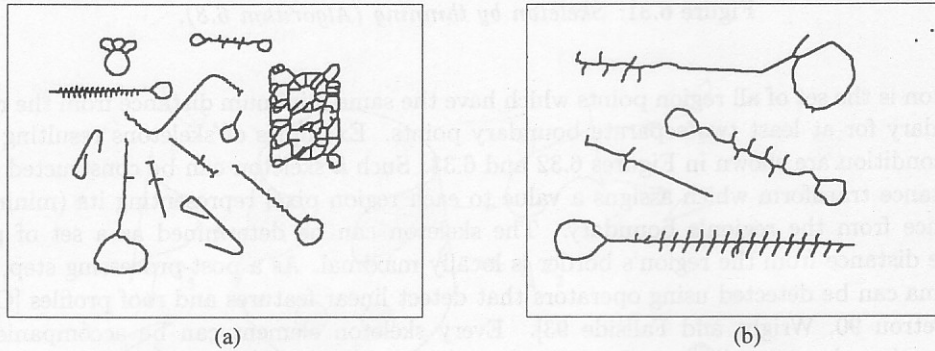


Figure 6.33: Region skeletons, see Figures 5.1a and 6.2a for original images; thickened for visibility.

- **Dekompozícia oblasti** chápe rozpoznanie tvaru ako hierarchický proces. Tvarové primitíva sú definované na nižšej úrovni, pričom primitíva sú najjednoduchšie prvky, z ktorých je možné vytvoriť oblasť. Graf sa vytvára na vyššej úrovni – vrcholy predstavujú primitíva, hrany popisujú vzájomne vzťahy medzi nimi.

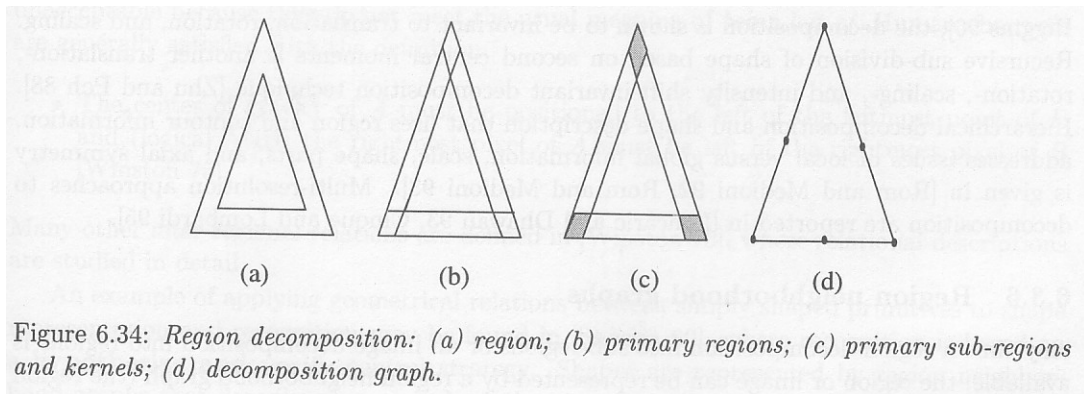
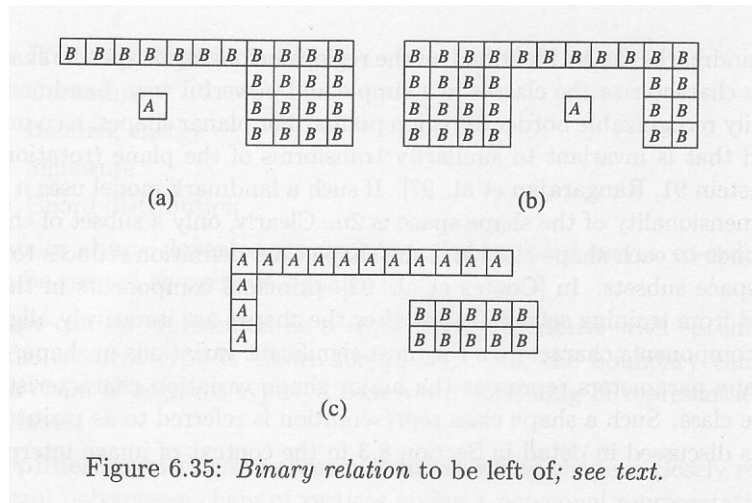


Figure 6.34: Region decomposition: (a) region; (b) primary regions; (c) primary sub-regions and kernels; (d) decomposition graph.

- **Grafy susednosti oblastí** reprezentujú každú oblasť ako vrchol grafu a vrcholy susedných oblastí sú spojené hranou.
- Pomocou relatívnej polohy dvoch oblastí sa často vyjadrujú vlastnosti dôležité v procese popisu, napr. oblasť *A* môže byť *vľavo od* oblasti *B*, môže byť *blízko k*, *medzi* apod. Napr. *vľavo od* možno definovať viacerými spôsobmi:



- najpriateľnejší spôsob definovania relácie *vľavo od* je taký, že ťažisko oblasti *A* leží vľavo od ťažiska oblasti *B* a najpravejší bod oblasti *A* musí byť vľavo od najpravejšieho bodu oblasti *B*.

### Tvarové triedy

- Tvarové triedy reprezentujú generické tvary objektov patriacich do triedy a zdôrazňujú tvarové rozdiely medzi triedami.
- Široko používanou reprezentáciou variácií tvaru vo vnútri triedy je určenie špecifických oblastí v príznakovom priestore, ktorý sa vytvorí z niektorých príznakov uvedených doteraz.