

Dátové štruktúry pre analýzu obrazu

Sonka, Hlavac, Boyle: Image Processing, Analysis and Machine vision,
kapitola: Data structures for image analysis

Úroveň reprezentácie obrazových dát

Dátové štruktúry + algoritmy = základ počítačových programov

- dátové štruktúry a reprezentácie
- algoritmy na tvorbu reprezentácií a vzťahy medzi nimi

Dátové štruktúry ovplyvňujú v značnej miere výber a implementáciu algoritmu

Výber vhodných štruktúr je dôležitý pri písaní programu

Úrovne dátových štruktúr možno voľne klasifikovať ako

Ikonické – základné obrazové dáta, matice celočíselných hodnôt – je to aj výstup predspracovania

Segmentové – obraz je rozdelený na časti, ktoré pravdepodobne patria tomu istému objektu

Geometrické – obsahuje informácie o 2D a 3D tvaroch.

Relačné – vyššia úroveň abstrakcie – sémantické siete alebo rámce.

Hranice medzi jednotlivými úrovňami nemusia byť úplne ostré.

Tradičné obrazové dátové štruktúry

- Tvoria základ komplexnejším štruktúram a metódam

Matica

- najbežnejšou dátovou štruktúrou používanou pre reprezentáciu na nižšej úrovni spracovania,
- implementuje sa ako pole.

Matice obsahujú obrazové dáta explicitne. Priestorové charakteristiky sú k dispozícii implicitne – ako súradnice

Obrazové mapy (image maps)

obsahujú informáciu o každom obrazovom bode:

- Označenia regiónov (ku ktorému regiónu patrí tento pixel)
- Lokálne geometrické informácie (derivácie, zakrivenia, ...)
- Vzdialenosti (distance maps)
- Vypočítaná hĺbka (stereo)
- Vektory pohybu (motion vectors)
- ...

Väčšinou uložené v matici rovnakého rozmeru ako pôvodný obraz.

Špeciálne obrazy reprezentované maticami

- **Binárne obrazy** sú reprezentované binárnymi maticami,
- **multispektrálne obrazy** viacerými maticami;
- **hierarchické obrazové štruktúry** sú reprezentované maticami rôznych rozmerov

- Globálne informácie získané z obrazovej matice môžu byť: histogram, matica opakovaných výskytov (co-occurrence matrix), integrálny obraz

Matica opakovaných výskytov (Co-occurrence Matrices)

- Pre priestorový vzťah r , matica opakovaných výskytov C_r počíta koľkokrát pixel s hodnotou i sa objaví vo vzťahu r k pixelu s hodnotou j .
- Pre N rôznych obrazových hodnôt, C_r je matica $N \times N$.
- Väčšinou sa používa k opisu textúry,
- užitočná aj na meranie rôznych vlastností susedných regiónov.

Príklad, ak r je “nad”, tak matica opakovaných výskytov

	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
0	1	2	3
1	1	2	1
2	2	0	4

- znamená, že pixel s hodnotou 0 sa nachádza nad pixlom s hodnotou 2 tri krát

Integrálny obraz

- hodnota $ii(i,j)$ na pozícii (i,j) reprezentuje **súčet** všetkých obrazových bodov **vľavo** a **nad** pixelom (i,j)

$$ii(i, j) = \sum_{k \leq i, l \leq j} f(k, l)$$

- Veľmi rýchly výpočet štvorcových obrazových príznakov
- Využíva sa pri identifikácii objektov, sledovaní objektov
- Viola, Jones – detekcia objektov, tváre

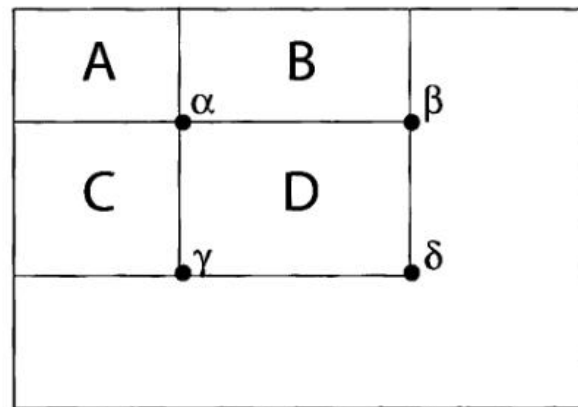


Figure 4.1: Calculation of rectangle features from an integral image. The sum of pixels within rectangle D can be obtained using four array references. $D_{sum} = ii(\delta) + ii(\alpha) - (ii(\beta) + ii(\gamma))$, where $ii(\alpha)$ is the value of the integral image at point α , i.e., the sum of image values within the rectangle A . Similarly, the value $ii(\beta)$ is the sum of values in rectangles A and B , etc.

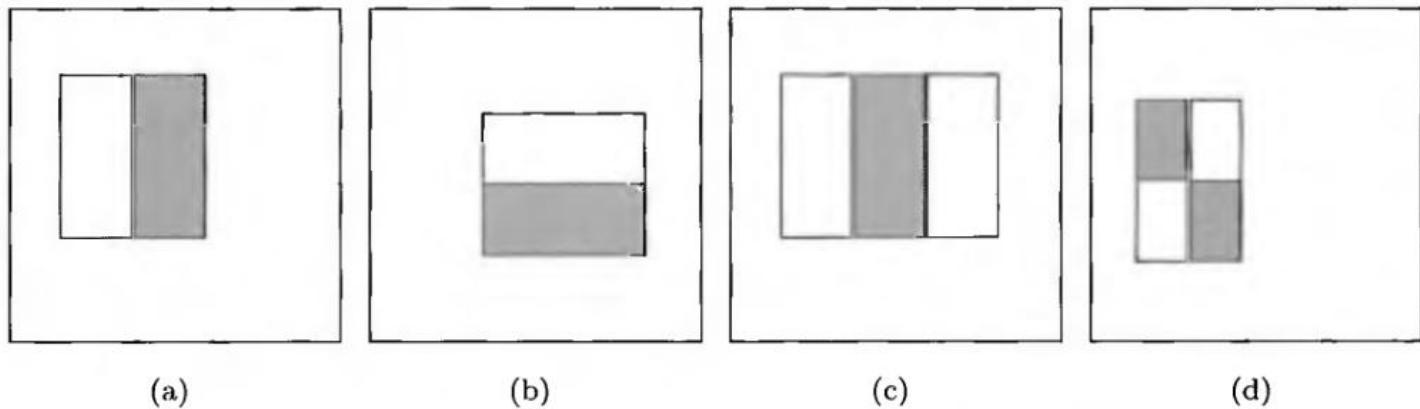


Figure 4.2: Rectangle-based features are calculated from an integral image. These features are calculated by subtraction of the sum of the shaded rectangle(s) from the non-shaded rectangle(s). The figure shows (a,b) two-rectangle, (c) three-rectangle, and (d) four-rectangle features. The four-rectangle features can be computed in two diagonal directions. The sizes of the individual rectangles can be varied to yield different features as well as features at different scales. The contributions from the shaded and non-shaded regions can be normalized to account for possibly unequal region sizes.

Tradičné obrazové dátové štruktúry

Ret'azce môžu byť užitočné pri popise postupnosti (cesty) pixlov, napr. hranice.

Ret'azcové kódy sú vhodné na rozpoznávanie založené na syntaktických prístupoch

- Ret'azcové kódy (Freeman code)
- RL kódy

Ret'azcový kód

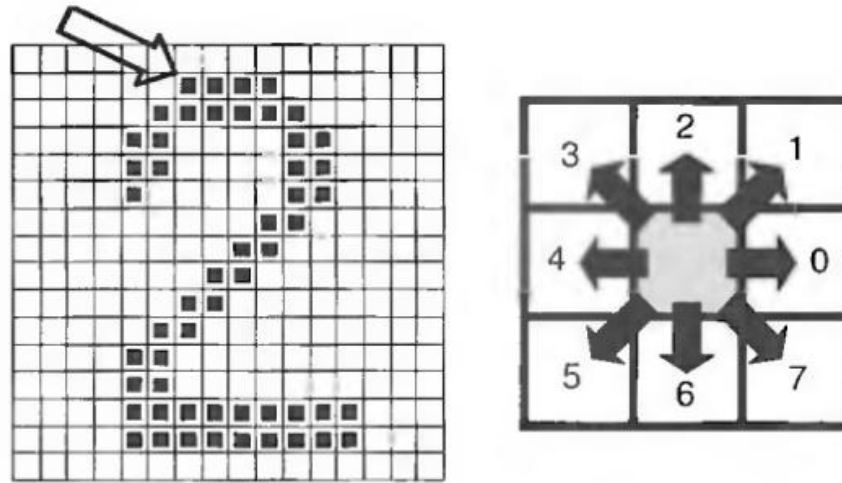


Figure 4.3: An example chain code; the reference pixel starting the chain is marked by an arrow:
0007766555555660000000644444444222111112234445652211.

Vhodné pri syntaktickom rozpoznávaní obrazcov.

Ako zistím či sa niekde otočím o 90 stupňov doľava?

Zložité analyzovať hranicu v okolí pixela i_0j_0

RL kódy

RL kódy (run length) sú užitočné pri jednoduchovej kompresii obrazu (napr. vo faxoch).

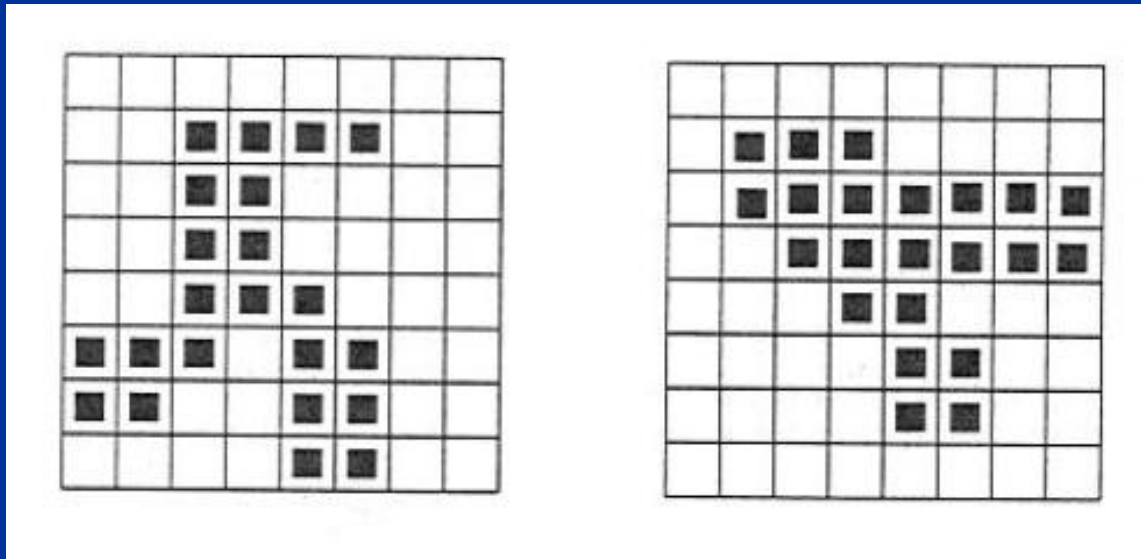
	0	1	2	3	4	5	6
0							
1		■			■		
2		■	■	■	■		
3							
4							
5			■	■		■	
6							

Run length coding; the code is ((11144)(214)(52355)).

- Hlavná výhoda RL kódov je existencia jednoduchých algoritmov na určovanie **prieniku a zjednotenia regiónov**.
- Šedotónové obrazy sa kódujú podobne, vždy sa uchová prvý a posledný bod rovnakého jasu a navyše k tomu hodnota jasu.

Príklad

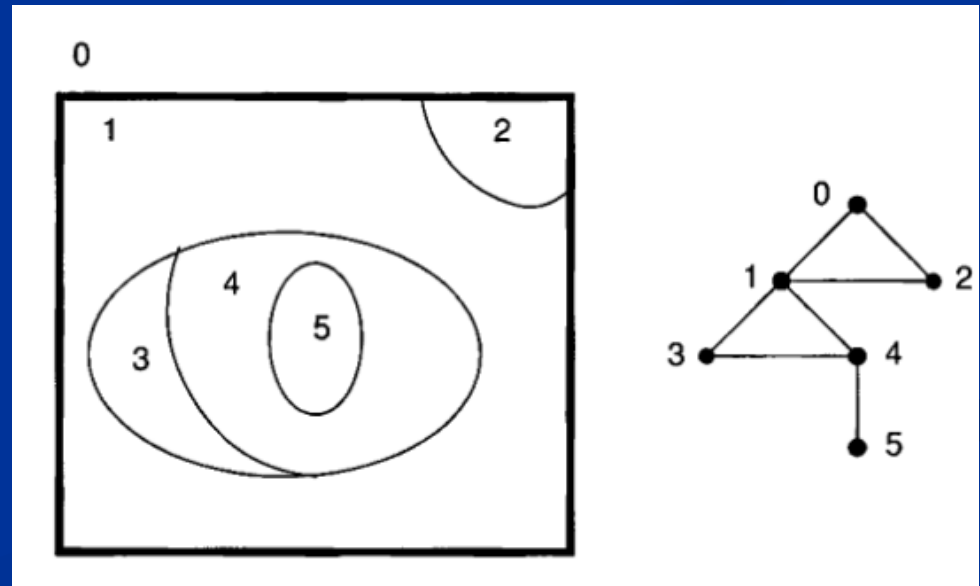
- Napíšte RL- kód a ret'azcový kód pre nasledujúce obrázky



Grafové štruktúry

- používajú sa na popis oblastí a ich susedností.
- Toto je možné odvodiť z mapy oblastí, matice, ktorá má rovnaký rozmer ako obraz.

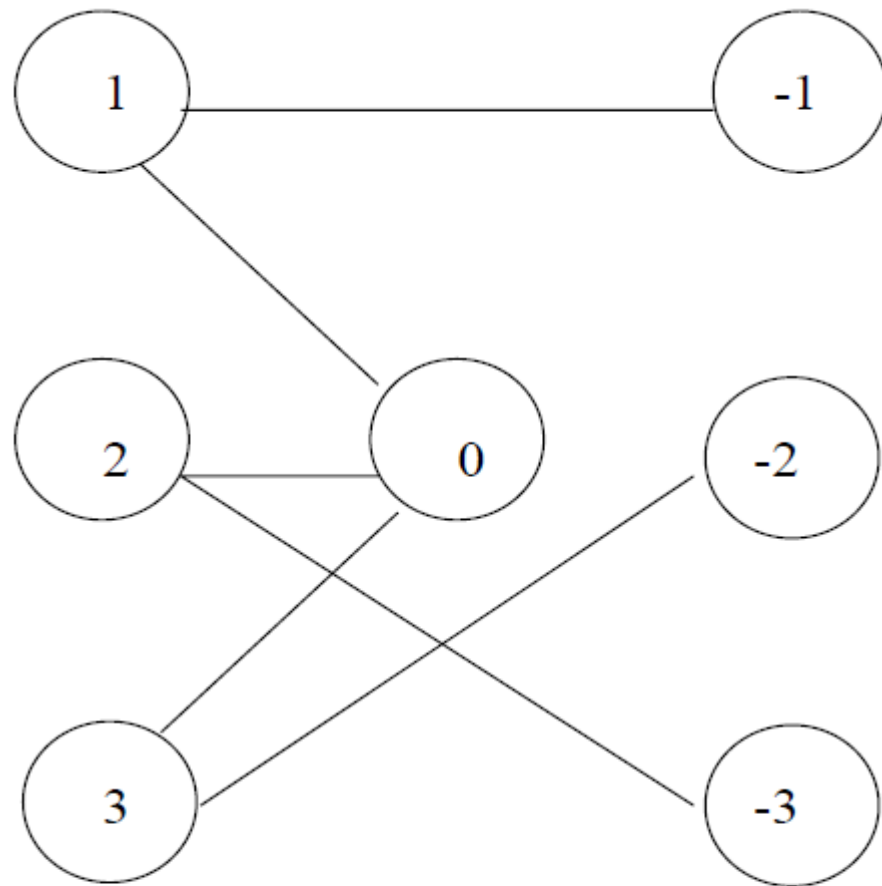
An example region adjacency graph.



Mapa regiónov

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	2	2	0
0	1	-1	-1	-1	1	0	2	2	0
0	1	1	1	1	1	0	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
0	3	3	3	0	2	2	2	2	0
0	3	-2	3	0	2	-3	-3	2	0
0	3	-2	3	0	2	-3	-3	2	0
0	3	3	3	0	2	2	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

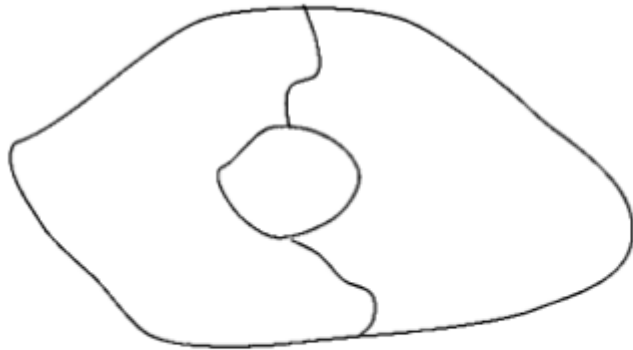
a) Labeled image of foreground and background regions



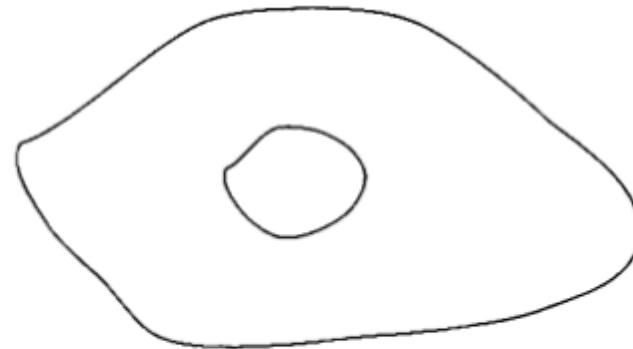
b) Region adjacency graph

Grafové štruktúry

- Pri spájaní oblastí môžu vznikat' diery



(a)

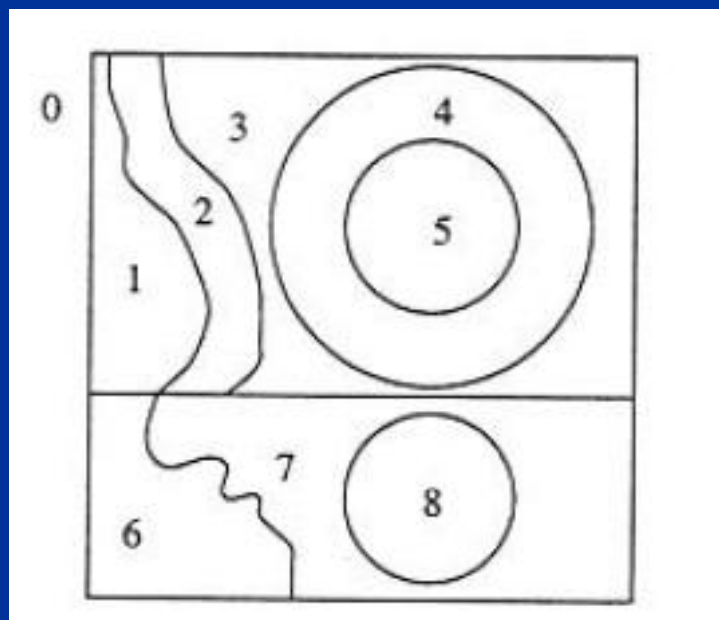


(b)

Figure 4.6: Region merging may create holes: (a) Before a merge; (b) After.

Príklad

- Vytvorte graf susedností pre nasledujúci obraz



Relačné štruktúry

- možno použiť pri popise sémantických vzťahov medzi oblastami.

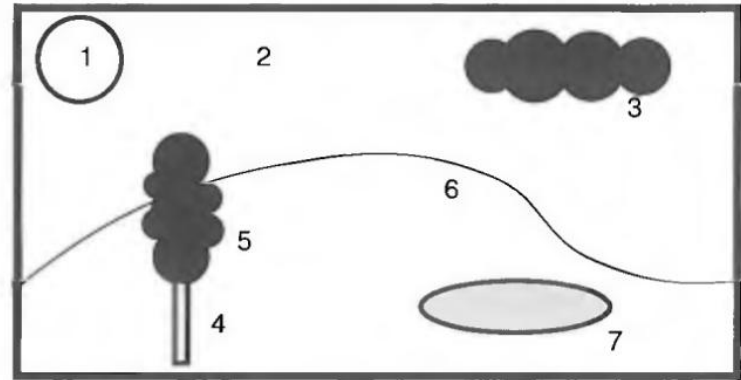


Figure 4.7: Description of objects using relational structure.

No.	Object name	Color	Min. row	Min. col.	Inside
1	sun	white	5	40	2
2	sky	blue	0	0	-
3	cloud	gray	20	180	2
4	tree trunk	brown	95	75	6
5	tree crown	green	53	63	-
6	hill	light green	97	0	-
7	pond	blue	100	160	6

Table 4.1: Relational table.

Hierarchické dátové štruktúry

- používajú sa pri extrakcii veľkoplošných príznakov, ktoré môžu byť začiatkom analýzy obrazu.
- Môžu výrazne zvýšiť výpočtovú efektívnosť.
- Najjednoduchšie sú M-pyramídy a T-pyramídy
- umožňujúce popis obrazu pri viacerých rozlíšeniach

M- pyramídy

(Matrix-pyramid)

- postupnosť M_L, M_{L-1}, \dots, M_0 – každý ďalší má polovičný rozmer
- keď treba pracovať s viacerými úrovňami rozlíšenia naraz
- Počet obrazových bodov potrebných na uloženie všetkých matic je

$$N^2 \left(1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \dots \right) \approx 1.33 N^2$$

N je rozlíšenie originálneho obrazu/matice

T- pyramídy (Tree pyramids)

- v listoch sú pôvodné hodnoty,
- vo vyšších úrovniach sa používa väčšinou aritmetický priemer, alebo hodnota najľavejšieho apod.

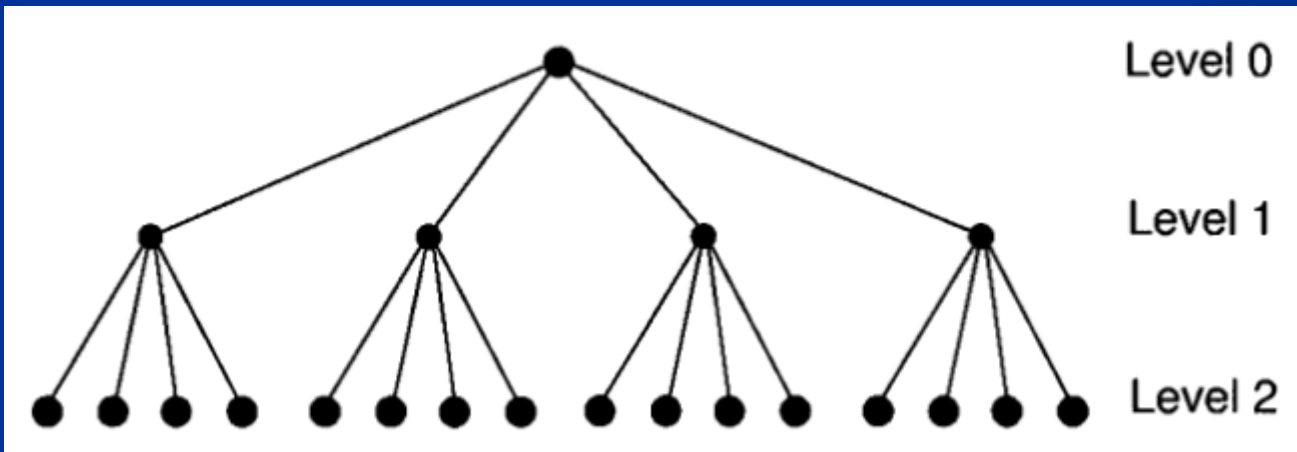


Figure 4.8: T-pyramid.

Kvadrantové stromy

- sú variáciou T-pyamíd, v ktorých vybrané časti obrazu sú uložené vo vyššom rozlíšení ako iné, umožňujúce selektívny výber detailov

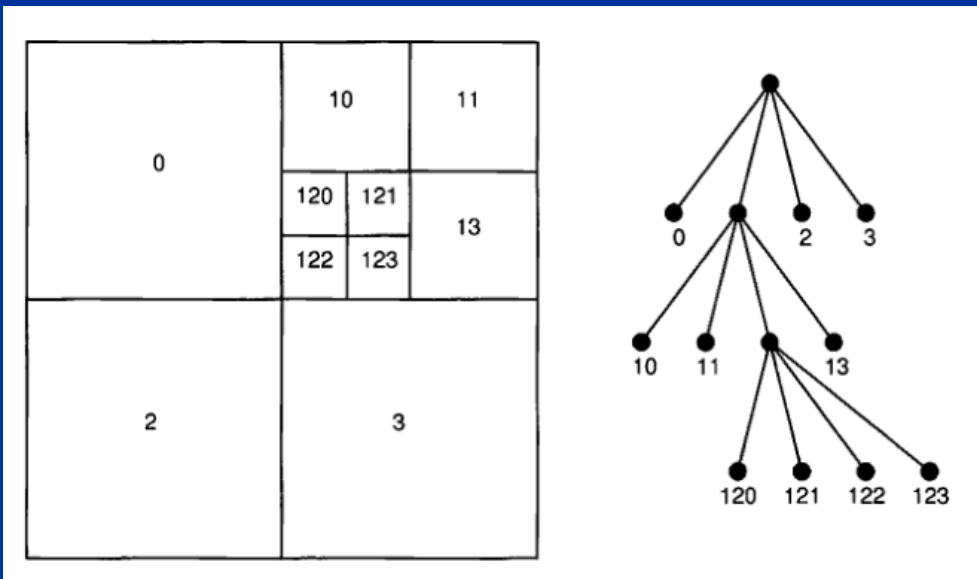
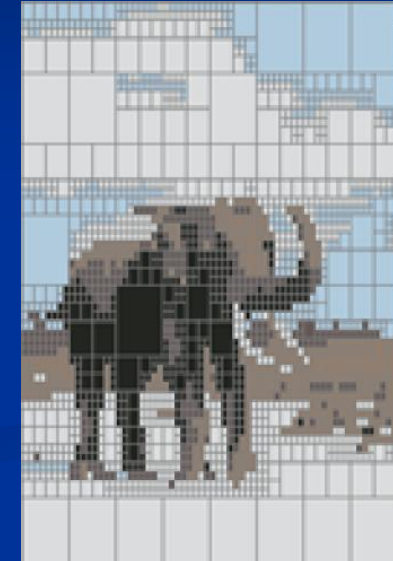


Figure 4.9: Quadtree.

Kvadrantové stromy pre segmentáciu



Split and merge example



VIVB00425C729C78FD81
Image Processing

82

Split and merge example

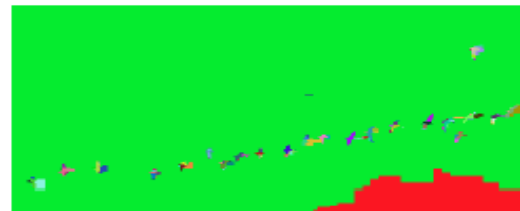


4087 regions

VIVB00425C729C78FD81
Image Processing

84

Split and merge example



135 regions

VIVB00425C729C78FD81
Image Processing

85

- **Hlavnou nevýhodou** pyramidových hierarchických reprezentácií ako aj kvadrantových stromov je závislosť na polohe orientácii a veľkosti objektu
- **Riešenie:** normalizovaný tvar kvadrantového stromu
 - Podľa ťažiska a hlavnej osi objektu
- Normalizovaný kvadrantový strom obsahuje navyše informáciu o ťažisku a uhle natočenia hlavnej osi

Záznam vrchola kvadantového stromu

- Kvadrantový strom sa reprezentuje ako zoznam jednotlivých záznamov vrcholov

Node type
Pointer to the NW son
Pointer to the NE son
Pointer to the SW son
Pointer to the SE son
Pointer to the father
Other data

Record describing a quadtree node.

Listové kódy

- predstavujú efektívnejšiu formu reprezentácie **kvadrantových stromov**.
- Každý bod obrazu je reprezentovaný postupnosťou číslíc vyjadrujúcich postupné delenie kvadrantového stromu 0 – pre SZ, 1 – SV, 2 – JZ, 3 – JV.
- Najľavejšia číslica zodpovedá deleniu na najvyššej úrovni, napravo poslednému deleniu.
- Počet číslíc v listovom kóde je rovnaký ako počet úrovni kvadrantového stromu.
- Celý strom sa potom popisuje postupnosťou dvojíc (listový kód, jasová hodnota oblasti).

T-pyramidy vs. Kvadrantové stromy

- T-pyramídy sú rovnovážne – reprezentujú bez ohľadu na hodnoty, kvadrantové stromy nie,
- Existuje množstvo algoritmov pre narábanie s kvadrantovými stromami. Tie sú veľmi citlivé na drobné zmeny v obraze.
- Kvadrantové stromy majú široké použitie, najmä v oblasti GIS (geografické informačné systémy), podobne ako ich trojrozmerné zovšeobecnenie oktantové stromy.

Ďalšie pyramídové štruktúry

- sú zovšeobecnením už definovaných.
- Pri redukcii M -pyramídy sme uvažovali pravidelné okno a redukčný faktor vyjadrujúci zmenšenie oblasti medzi jednotlivými úrovňami.
- Pre pravidelné okno 2×2 je redukčný faktor 4.
- Ak pripustíme, aby sa redukčné okná prekrývali, aj redukčný faktor sa zníži.

Ďalšie pyramídové štruktúry

- Označenie (redukčné okno)/(redukčný faktor)

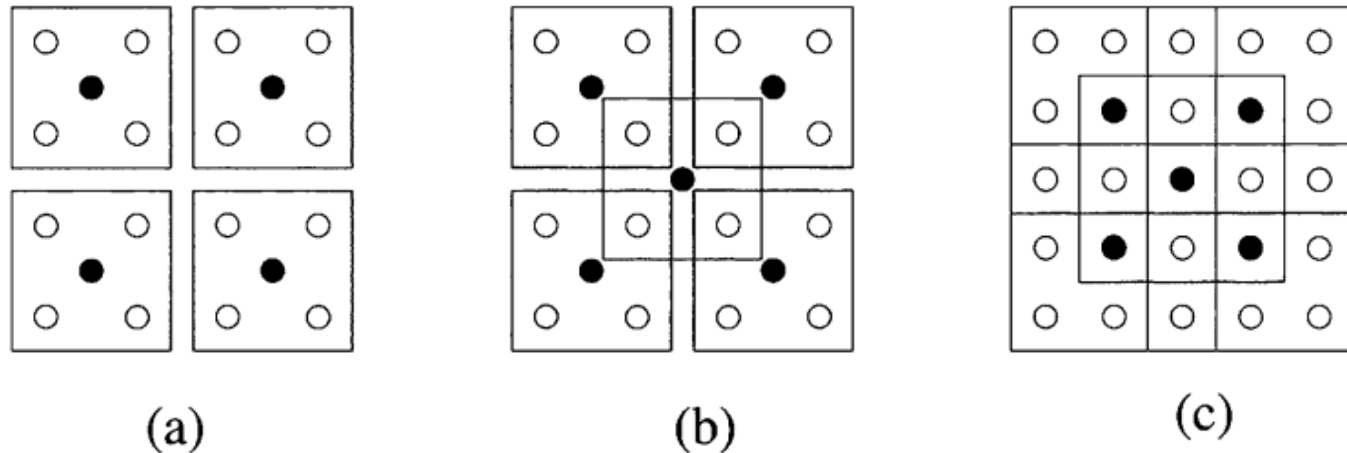


Figure 4.11: Several regular pyramid definitions. (a) $2 \times 2/4$. (b) $2 \times 2/2$. (c) $3 \times 3/2$. (Solid dots are at the higher level, i.e., the lower-resolution level.)