

## Tehnike za obradu slike zasnovane na binarnoj matematičkoj morfologiji

Ranije opisani algoritmi matematičke morfologije se mogu kombinovati u efikasne tehnike za obradu binarnih slika.

### “Salt or pepper” filtriranje

U procesu segmentacije često ostaju crni pikseli (“1”) sa bijelom okolinom (salt), ili bijeli pikseli (“0”) sa crnom okolinom (pepper). “Salt or pepper” filtriranje se jednostavno izvodi pomoću lookup tabela. Pridružimo različite težine susjednim pikselima, na osnovu sljedeće matrice dimenzija 3x3:

$$W = \begin{bmatrix} w_4 = 16 & w_3 = 8 & w_2 = 4 \\ w_5 = 32 & w_0 = 1 & w_1 = 2 \\ w_6 = 64 & w_7 = 128 & w_8 = 256 \end{bmatrix}.$$

Ovaj prozor se pomijera preko binarne slike i izračunava se suma:

$$\begin{aligned} S = & w_0 a[m, n] + w_1 a[m + 1, n] + w_2 a[m + 1, n - 1] \\ & + w_3 a[m, n - 1] + w_4 a[m - 1, n - 1] + w_5 a[m - 1, n] \\ & + w_6 a[m - 1, n + 1] + w_7 a[m, n + 1] + w_8 a[m + 1, n - 1] \end{aligned}.$$

Za binarne slike gdje su vrijednosti piksela “0” ili “1”, vrijednost sume je ograničena na  $0 \leq S \leq 511$ .

#### Salt filter

Dvije verzije filtra, za četvoropovezane ili osmopovezane susjedne piksele, su identične, i izvode se po sljedećoj proceduri:

- (i) Izračunaj sumu  $S$
- (ii) If ( $S == 1$ )  $c[m, n] = 0$   
Else  $c[m, n] = a[m, n]$

#### Pepper filter

Dvije verzije filtra, za četvoropovezane ili osmopovezane susjedne piksele, se izvode po sljedećim procedurama:

Za četvoropovezane piksele:

- (i) Izračunaj sumu  $S$
- (ii) If ( $S == 170$ )  $c[m, n] = 1$   
Else  $c[m, n] = a[m, n]$

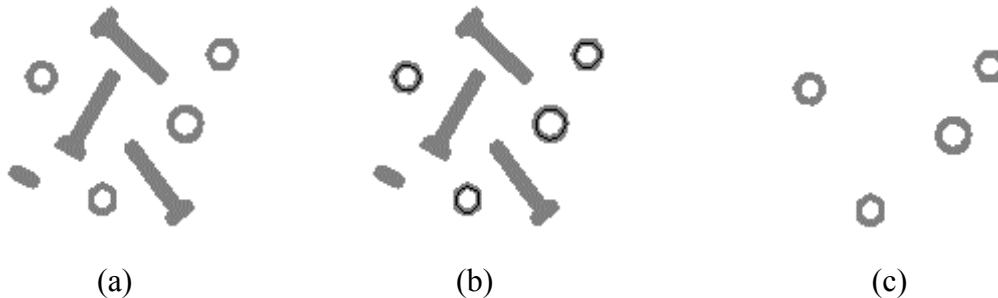
Za osmopovezane piksele:

- (i) Izračunaj sumu  $S$
- (ii) If ( $S == 510$ )  $c[m, n] = 1$   
Else  $c[m, n] = a[m, n]$

## Izolovanje objekata sa rupama

Ako želimo da pronađemo izolovane objekte s rupama koristićemo sljedeću proceduru, ilustrovanu na Slici 168.

- (i) Izvršiti segmentaciju slike da bi se dobila slika koja će poslužiti kao *mask slika*;
- (ii) Pronaći *skelet* uklanjajući i *krajnje piksele* (ovo će svesti sve prave i otvorene krive linije na jedan piksel);
- (iii) Koristiti *salt filter* za uklanjanje izolovanih crnih piksela skeleta;
- (iv) Izvršiti *propagaciju* preostalog skeleta u originalnu binarnu mask sliku.



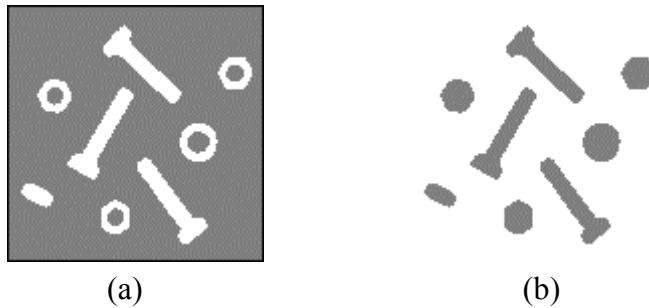
Slika 168. [14] Izolovanje objekata sa rupama pomoću morfoloških operacija. (a) Binarna slika. (b) Skelet nakon salt filtra. (c) Objekti s rupama.

## Popunjavanje rupa na objektima

Da bi popunili rupe na objektima koristi se sljedeća procedura:

- (i) Izvršiti segmentaciju slike da bi se dobila binarna slika;
- (ii) Izračunati komplement binarne slike koji će služiti kao mask slika;
- (iii) Generisati *sjeme* u obliku ruba slike;
- (iv) Izvršiti propagaciju sjemena u mask sliku;
- (v) Napraviti komplement propagacije da bi dobili konačan rezultat.

Primjer popunjavanja rupa na objektima dat je na Slici 169.

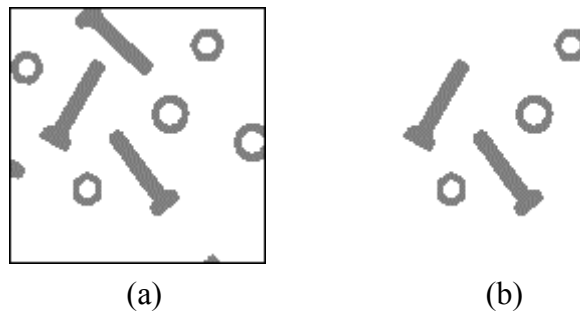


Slika 169. [14] Popunjavanje rupa na objektima. (a) *Mask* slika (sivo) i *sjeme* (crno).  
(b) Rezultat popunjavanja.

### Uklanjanje objekata koji dodiruju rubove slike

Objekti koji nisu u potpunosti prikazani na slici, tj., oni koji dodiruju rubove slike nisu pogodni za analizu i često ih je potrebno ukloniti. Za njihovo uklanjanje koristi se niz morfoloških operacija, ilustrovan na Slici 170.

- (i) Izvršiti segmentaciju slike da bi se dobila binarna *mask* slika;
- (ii) Generisati *sjeme* u obliku ruba slike;
- (iii) Izvršiti propagaciju sjemena u mask sliku;
- (iv) Napraviti XOR rezultata propagacije i mask slike da bi dobili konačan rezultat.



Slika 170. [14] Uklanjanje objekata na rubovima slike. (a) *Mask* slika (sivo) i *sjeme* (crno).  
(b) Objekti preostali nakon uklanjanja objekata na rubovima slike.

### Exo-skelet

Exo-skelet skupa objekata je skelet dijelova pozadine koji sadrže pojedine objekte. Exo-skelet dijeli sliku u regione od kojih svaki sadrži po jedan objekat. Postupak određivanja exo-skeleta se svodi na određivanje skeleta pozadine uklanjajući i krajnje piksele. Prije toga se rub slike postavi na "0". Procedura je sljedeća:

- (i) Izvršiti segmentaciju slike da bi se dobila binarna slika;
- (ii) Odrediti *komplement* slike i postaviti rubne piksele slike na "0";
- (iii) Izračunati *skelet* uklanjajući i krajnje piksele.

Primjer exo-skeleta je dat na Slici 171.



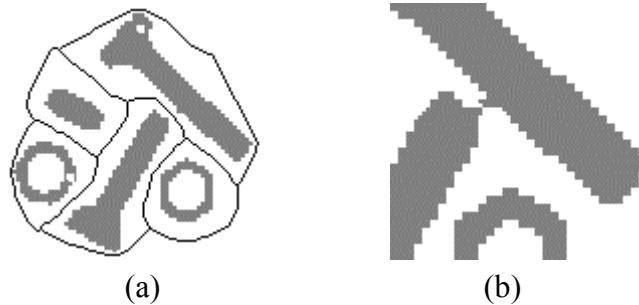
Slika 171. [14] Exo-skelet

## Razdvajanje objekata

Proces segmentacije je često veoma težak kad se radi o objektima koji se dodiruju, ali ipak predstavljaju razdvojene objekte. Sljedeća procedura daje mehanizam razdvajanja ovakvih objekata. Budući da exo-skelet dijeli sliku na regione od kojih svaki sadrži samo po jedan objekat, procedura je sljedeća:

- (iv) Izvršiti segmentaciju slike da bi se dobila binarna slika;
- (v) Uraditi *eroziju* strukturnim elementom malih dimenzija;
- (vi) Odrediti *exo-skelet*;
- (vii) Uraditi *komplement*;
- (viii) Uraditi I operaciju originalne binarne slike i exo-skeleta.

Na Slici 172(a) prikazan je rezultat erozije i exo-skelet, a na Slici 172(b) uvećan jedan dio konačne slike gdje je lako uočljivo da je došlo do razdvajanja objekata.



Slika 172. [14] Razdvajanje objekata koji se dodiruju. (a) Erozija i exo-skelet originala. (b) Razdvojeni objekti (detalj).