

University of Cyprus
Biomedical Imaging and Applied Optics Lab

Κεφάλαιο 9

Μορφολογική Επεξεργασία Εικόνας (Morphological Image Processing)

Εισαγωγή – Σύνολα (Introduction – Sets)

- Σύνολα (sets)**
 - Περιγράφει τα αντικείμενα στην εικόνα
 - Ανήκει στο χώρο Z^n
 - $n=2$ για διαστάσεις εκάστης
 - $n=3$ για εκάστης κλίμακας κίνησης
 - κλπ
 - $\forall A$ είναι σύνολο στο Z^2
 - $a \in A$ $a = (a_x, a_y)$
 - $a \notin A$
 - Καθό (null or empty) σύνολο $A = \emptyset$
 - Υποσύνολο (subset) $A \subseteq B$
 - Ένωση (union) συνόλων $C = A \cup B$
 - Τομή (intersection) συνόλων $C = A \cap B$
 - Είναι disjoint or mutually exclusive σύνολα $A \cap B = \emptyset$
 - Συμπλήρωμα (complement) συνόλου $A^c = \{w | w \notin A\}$
 - Διαφορά (difference) συνόλων $A - B = \{w | w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c$
 - Ανάκλαση (reflection) συνόλου $\tilde{B} = \{w | w = -b \text{ for } b \in B\}$
 - Μεταφορά (translation) συνόλου $(A)_z = \{c | c = a + z \text{ for } a \in A\}$
 $z = (z_x, z_y)$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Εισαγωγή – Λογικές Πράξεις (Introduction – Logic Operations)

p	q	P AND q (p q)	P OR q (p+q)	NOT(p) ($\bar{p}$)
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

p	q	p XOR q (p q)	p NAND q (p+q)	p NOT-AND q
0	0	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Διαστολή και Διάβρωση (Dilation and Erosion)

- Διαστολή**
 - $A, B \in Z^2$
 - $A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \emptyset\}$
 - $A \ominus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\}$
 - $B = \text{δομικό στοιχείο (structuring element)}$
 - Μπορούμε να τη δούμε και σαν "συνέλιξη" (convolution)

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Διαστολή και Διάβρωση (Dilation and Erosion)

- Διάβρωση**
 - $A, B \in Z^2$
 - $A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$
 - $(A \ominus B)^c = A^c \oplus \tilde{B}$
 - $B = \text{δομικό στοιχείο (structuring element)}$

squares 1,3,5,7,9,15 pixels erosion: square 13x13 pixels dilation: square 15x15 pixels

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Ανοιγμα και Κλείσιμο (Opening and Closing)

- Ανοιγμα (opening)**
 - Αμβλύνει το περίγραμμα (contour)
 - Διαγράφει μικρούς "ισθμούς" και "προεξοχές"
 - $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$
- Ιδιότητες**
 - $A \circ B \subseteq A$
 - $C \subseteq D$ then $C \circ B \subseteq D \circ B$
 - $(A \circ B) \circ B = A \circ B$
(Το αποτέλεσμα δεν αλλάζει αν η διαδικασία εφαρμοστεί περισσότερες από μία φορές)

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Άνοιγμα και Κλείσιμο (Opening and Closing)

- Κλείσιμο (closing)**
 - Αμβλύνει το περίγραμμα (contour)
 - Ενώνει και γεμίζει μικρούς "κόλπους" και "τρύπες"
$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$
- Ιδιότητες**
 - $A \bullet B \subseteq A$
 - $C \subseteq D$ then $C \bullet B \subseteq D \bullet B$
 - $(A \circ B) \bullet B = A \bullet B$
(Το αποτέλεσμα δεν αλλάζει αν η διαδικασία εφαρμοστεί περισσότερες από μία φορές)
- Άνοιγμα και κλείσιμο είναι συμπληρωματικά**

$$(A \bullet B)^c = (A^c \circ B)$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Άνοιγμα και Κλείσιμο (Opening and Closing)

- Άνοιγμα και κλείσιμο είναι συμπληρωματικά**

$$(A \bullet B)^c = (A^c \circ B)$$
- Παράδειγμα**

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Εντοπισμός Σχήματος (Hit-or-Miss Transformation)

- Εντοπισμός Σχήματος**
 - Συγκεκριμένο σχήμα
 - Θέση μέσα στην εικόνα

$$A \oplus B = (A \ominus X) \cap [A^c \ominus (W - X)]$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Εξαγωγή Περιγράμματος (Boundary Extraction)

- Εξαγωγή Περιγράμματος**

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Γέμισμα Περιοχής (Region Filling)

- Γέμισμα Περιοχής**
 - Αρχίζουμε με ένα σημείο μέσα στην περιοχή
 - Θέτουμε το σημείο ως 1 (X_0)
 - Διαστολή με B
 - Κρατούμε μόνο τα σημεία μέσα στην περιοχή (X_1)
$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c$$

$$k=1,2,3,4,\dots$$
- Συνεχίζουμε μέχρι

$$X_k = X_{k-1}$$
- Στο παράδειγμα η περιοχή είναι ενωμένη με Γ-8 ή Γ-m
 - Γιας θα μπορούσε να είναι το B αν ήταν Γ-4;

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Γέμισμα Περιοχής (Region Filling)

- Γέμισμα Περιοχής**
 - Παράδειγμα

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Εξαγωγή Ενωμένων Περιοχών (Extraction of Connected Regions)

- Εξαγωγή Ενωμένων Περιοχών**
 - Αρχίζουμε με ένα σημείο μέσα στην περιοχή
 - Θέτουμε το σημείο ως 1 (X_0)
 - Διαστολή με B
 - Κρατούμε μόνο τα σημεία μέσα στην περιοχή (X_i)

$$X_i = (X_{i-1} \oplus B) \cap A$$
 - $k=1,2,3,4,\dots$
 - Συνεχίζουμε μέχρι

$$X_i = X_{i-1}$$
- Στο παράδειγμα η περιοχή είναι ενωμένη με Γ-8 ή Γ-m
 - Πως θα ήταν το B αν ψάχναμε για Γ-4;

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Εξαγωγή Ενωμένων Περιοχών (Extraction of Connected Regions)

- Εξαγωγή Ενωμένων Περιοχών**
 - Παράδειγμα

Connected component	No. of pixels in connected comp
001	11
002	9
003	9
004	39
005	133
006	1
007	1
008	743
009	7
010	11
011	11
012	9
013	9
014	674
015	85

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Κυρτό Περιβλημα (Convex Hull)

- Περιοχές ή αντικείμενα**
 - Κυρτά (convex)
 - Κοίλα (concave)
- Κυρτό Περιβλημα (convex hull)**
 - Το μικρότερο κυρτό σύνολο που περιλαμβάνει την περιοχή
 - Αρχίζουμε από το σύνολο A
 - Εφαρμόζουμε εντοπισμό σχήματος για τα τέσσερα B
 - Δεν θέλουμε να έχουμε ευθείες

$$X_i^1 = (X_{i-1}^1 \oplus B^1) \cup A$$

$$i=1,2,3,4 \text{ and } k=1,2,3,\dots$$

$$X_0^1 = A$$

$$D^1 = X_{conv}^1 \text{ when } X_i^1 = X_{i-1}^1$$

$$C(A) = \bigcup_{i=1}^4 D^i$$
 - Επιβάλλουμε ως όριο τις διαστάσεις της περιοχής (ή άλλα πιο πολύπλοκα όρια)

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Λέπτυνση Περιοχής (Thinning of a Region)

- Λέπτυνση Περιοχής**
 - $$A \ominus B = A - (A \otimes B)$$

$$B = \{B^1, B^2, B^3, \dots, B^n\}$$

$$A \ominus B = (((\dots(A \ominus B^1) \ominus B^2) \dots) \ominus B^n)$$
 - Αφαιρούμε τα στοιχεία στην περίμετρο της περιοχής που έχουν 3 ή περισσότερους γείτονες

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Διεύρυνση Περιοχής (Thickening of a Region)

- Διεύρυνση Περιοχής**
 - $$A \oplus B = A \cup (A \otimes B)$$

$$B = \{B^1, B^2, B^3, \dots, B^n\}$$

$$A \oplus B = (((\dots(A \oplus B^1) \oplus B^2) \dots) \oplus B^n)$$
 - Προσθέτουμε τα στοιχεία έξω από την περίμετρο της περιοχής που έχουν 3 ή περισσότερους γείτονες
 - Μπορεί να γίνει και με λέπτυνση του συμπληρώματος
 - $$A \oplus B = (A^c \ominus B)^c$$
 - Πρέπει να αφαιρέσουμε τα ασύνδετα στοιχεία
 - Στο ενδιάμεσο στάδιο έχουμε το περίγραμμα της περιοχής

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Σκελετός Περιοχής (Skeleton of a Region)

- Σκελετός Περιοχής**
 - Μια σειρά από στοιχεία που προέρχονται από διαδοχική διάβρωση (erosion) της περιοχής
 - $$S(A) = \bigcup_{k=0}^K S_k(A)$$

$$S_k(A) = (A \ominus kB) - (A \ominus (k+1)B) \oplus B$$

$$A \ominus kB = (\dots(A \ominus kB) \ominus B) \ominus \dots \ominus B$$

$$K = \max \{k \mid (A \ominus kB) \neq \emptyset\}$$
 - Μπορούμε να πάρουμε την αρχική περιοχή με διαδοχικές διαστολές (dilation)
 - $$A = \bigcup_{k=0}^K (S_k(A) \oplus kB)$$
 - Αν θέλουμε τα στοιχεία του σκελετού να είναι ενωμένα χρειάζονται άλλοι αλγόριθμοι (Κεφάλαιο 11)

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

“Κλάδεμα” Περιοχής (Pruning of a Region)

- “Κλάδεμα” Περιοχής
 - Αφαίρεση παρασιτικών αιχμών
 - Αρχίζουμε με λέπτυνση με δομικά στοιχεία τα οποία ανιχνεύουν αιχμές

$$X_1 = A \otimes \{B\}$$

- Βρίσκουμε τις εναπομείναντες αιχμές με εντοπισμό σχήματος (hit-or-miss)

$$X_2 = \bigcup_{k=1}^8 X_k \otimes B^k$$

- Διαστολή των αιχμών μέσα στα πλαίσια της περιοχής

$$X_3 = (X_2 \oplus H) \cap A$$

- Προσθέτουμε τη λεπτή περιοχή με της διασταλμένες αιχμές

$$X_4 = X_1 \cup X_3$$

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μορφολογική Επεξεργασία Εικόνων Κλίμακας Γκρίζου

- Διαστολή (dilation)
 - Φωτεινότερη εικόνα
 - Μειώνεται το μέγεθος των σκοτεινών λεπτομερειών
- Διάβρωση (erosion)
 - Σκοτεινότερη εικόνα
 - Μειώνεται το μέγεθος των φωτεινών λεπτομερειών

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μορφολογική Επεξεργασία Εικόνων Κλίμακας Γκρίζου

- Άνοιγμα (Opening)
 - Μειώνονται ή εξαφανίζονται μικρές φωτεινές λεπτομέρειες
- Κλείσιμο (Closing)
 - Μειώνονται ή εξαφανίζονται μικρές σκοτεινές λεπτομέρειες

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Μορφολογική Επεξεργασία Εικόνων Κλίμακας Γκρίζου

- Παραδείγματα
 - Μορφολογική Άμβλυση

$$g = (f \circ b) \bullet b$$
 - Μορφολογική Κλίση

$$g = (f \oplus b) - (f \ominus b)$$
 - Μετασχηματισμός “ημίψηλου καπέλου”

$$h = f - (f \circ b)$$
 - Κατάτμηση υφής
 - Μέτρηση κόκκωσης

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory

Morphological Functions in MATLAB

- Morphological operations (intensity and binary images).
 - imdilate - Dilate image.
 - imerode - Erode image.
 - imopen - Open image.
 - imclose - Close image.
 - imfill - Fill image regions and holes.
 - conndef - Default connectivity.
 - imclearborder - Suppress light structures connected to image border.
 - imextendedmax - Extended-maxima transform.
 - imextendedmin - Extended-minima transform.
 - imhmax - H-maxima transform.
 - imhmin - H-minima transform.
 - imimposemin - Impose minima.
 - imreconstruct - Morphological reconstruction.
 - imregionalmax - Regional maxima.
 - imregionalmin - Regional minima.
 - imtophat - Perform top-hat filtering.
 - imbottomhat - Perform bottom-hat filtering.
 - watershed - Watershed transform.
- Morphological operations (binary images).
 - bwarea - Compute area of objects in binary image.
 - bwareaopen - Binary area open (remove small objects).
 - bwhitmiss - Binary hit-miss operation.
 - bwlabel - Label connected components in 2-D binary image.
 - bwlabeln - Label connected components in N-D binary image.
 - bwmorph - Perform morphological operations on binary image.
 - bwperim - Determine perimeter of objects in binary image.
 - bwdist - Compute distance transform of binary image.
 - applylut - Perform neighborhood operations using lookup tables.
 - bweluler - Compute Euler number of binary image.
 - bwpack - Pack binary image.
 - bwselect - Select objects in binary image.
 - bwulterode - Ultimate erosion.
 - bwunpack - Unpack binary image.
 - makelut - Construct lookup table for use with applylut.

Biomedical Imaging and Applied Optics Laboratory