

Prelucrarea Imaginilor

Curs 8

„Transformări morfologice

„Morphological Processing

Morphological Image Processing

Transformări morfologice pentru imagini cu nuanțe de Gri

- Utilizate în extragerea componentelor unei imagini la reprezentare și descriere:
 - *Extragere contur*
 - *Schelet*
 - *Invelitoare convexă*
 - *Filtrare*
 - *Subtire*
 - *Curatare*
 - ...

Gray-Scale images - Eroziune, Dilatare

■ Functiile pentru valorile nuantelor de gri:

- $X(x,y) \rightarrow \text{obiect}$
- $B(x,y) \rightarrow \text{element structural}$

Dilatarea lui X prin B, notată cu $X \oplus B$ este:

$$(X \oplus B)(s,t) = \text{Max}\{ X(s-x, y-t) + B(x, y) / ((s-x), (y-t)) \in X, (x, y) \in B \}$$

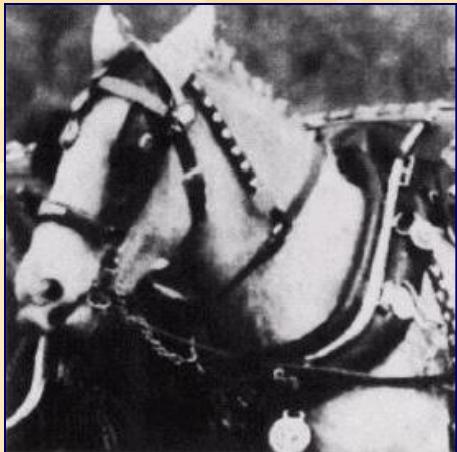
Eroziunea lui X de către B, notată cu $X \ominus B$ este:

$$(X \ominus B)(s,t) = \text{Min}\{ X(s+x, y+t) - B(x, y) / ((s+x), (y+t)) \in X, (x, y) \in B \}$$

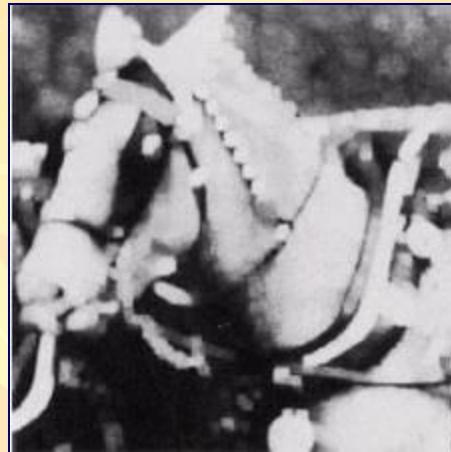
... Gray-Scale images - Eroziune, Dilatare

Exemple:

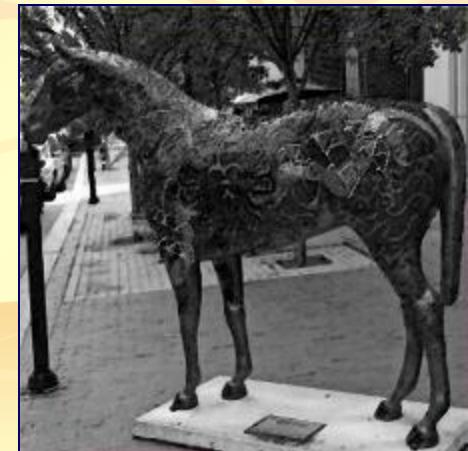
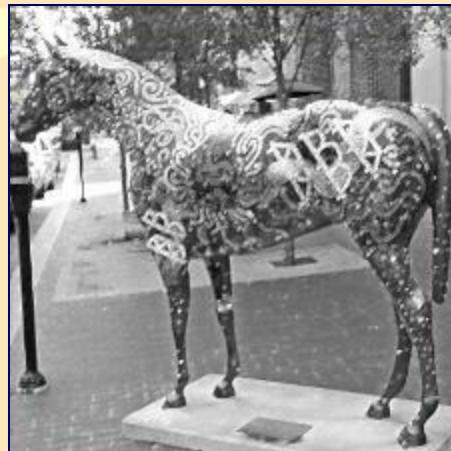
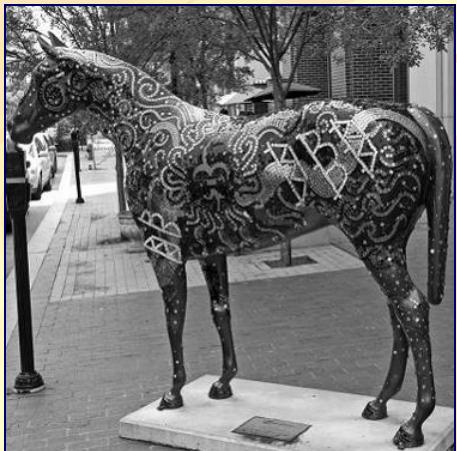
$X,$



$X \circledast B,$



$X \odot B :$



... Gray-Scale images - Eroziune, Dilatare

... proprietăți:

Exemplu:

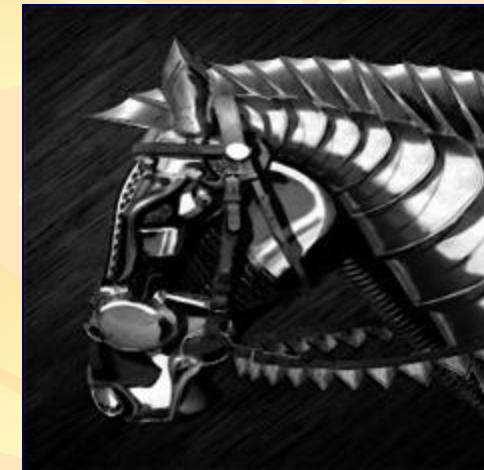
X ,



$X \circledast B$,



$X \ominus B$:



- Dualitate (eroziunea și dilatarea sunt duale față de complementare notată cu X^C):

$$(X^C \circledast \neg B)(s, t) = (X \ominus B)^C(s, t), \text{ unde:}$$

$$X^C = -X(x, y) \quad \text{si} \quad \neg B = B(-x, -y).$$

■ Deschiderea lui X față de B, notată cu X_B este :

$$X_B = (X \Theta B) \circledR B;$$

■ Închiderea lui X față de B, notată cu X^B este:

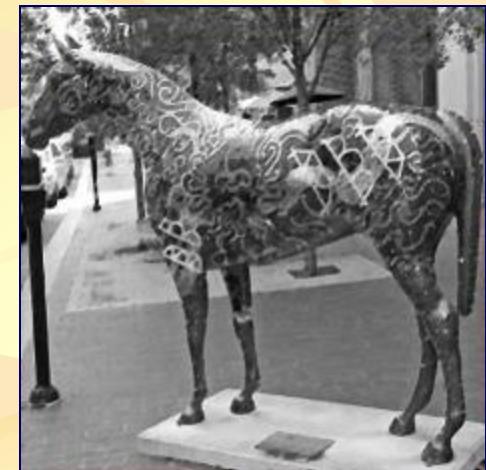
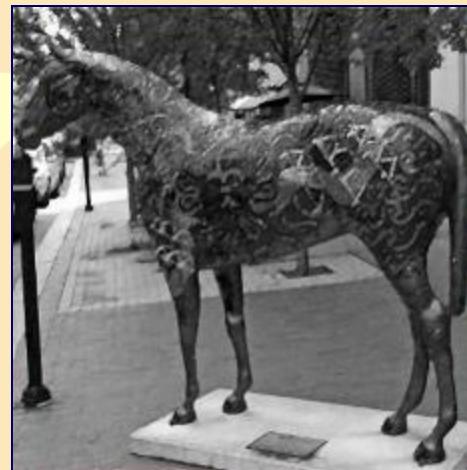
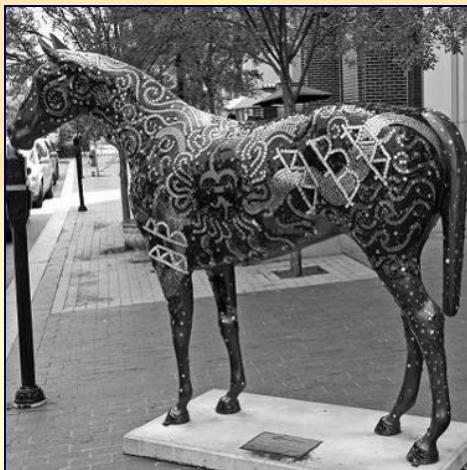
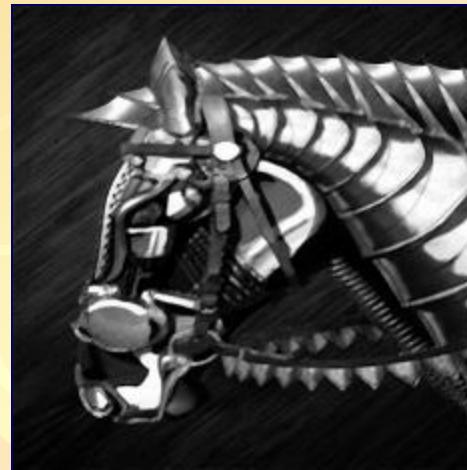
$$X^B = (X \circledR B) \Theta B;$$



■ Dualitate (Deschiderea și Închiderea) :

$$(X^B)^C = (X^C) \cap B$$

Exemple:



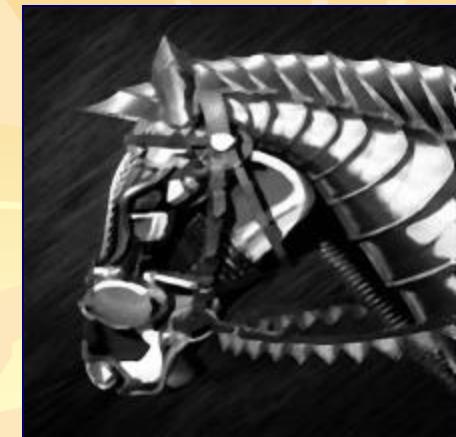
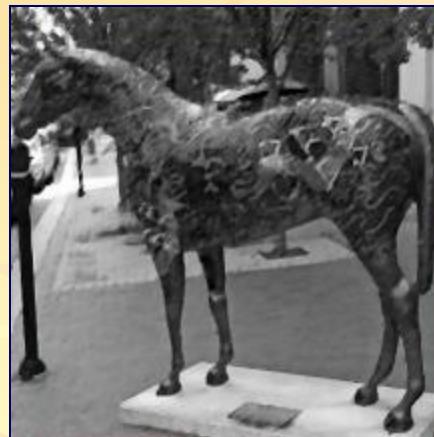
X

X_B

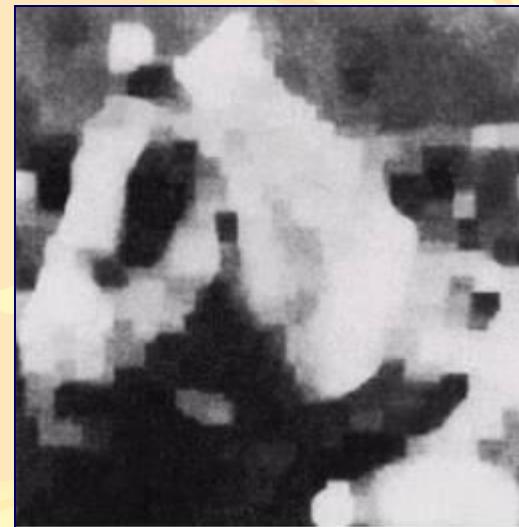
X^B

■ **Netezire morfologica :**

$$g = (X_B)^B;$$

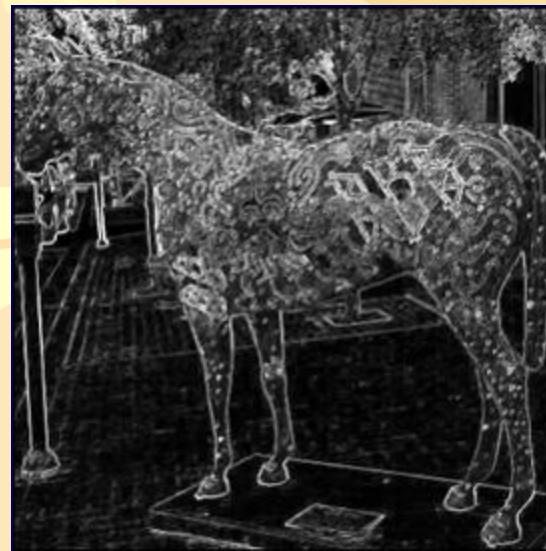
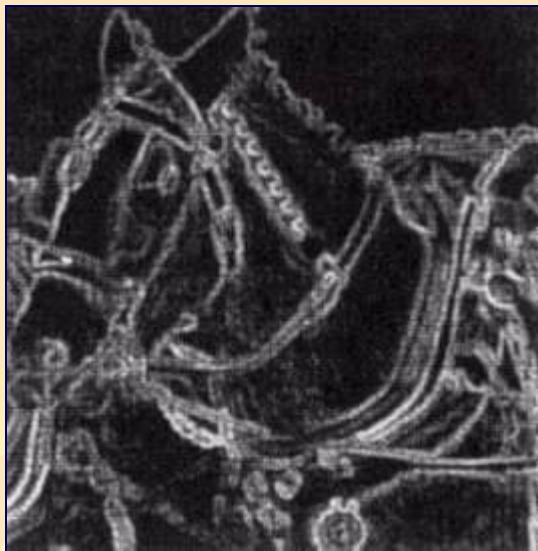


Efect: atenuare a nuantelor deschise/inchise si a zgomotului:



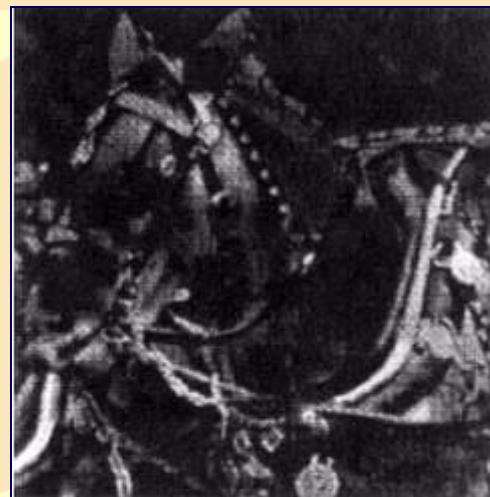
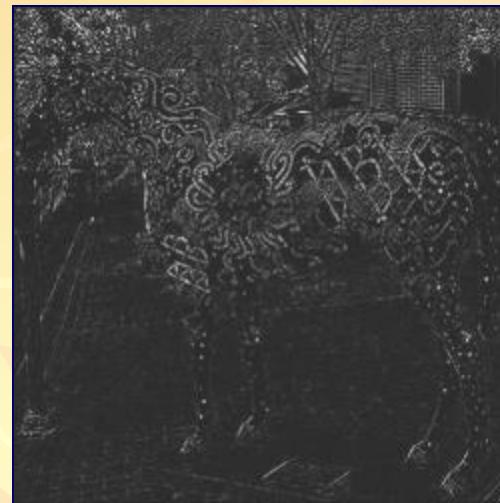
■ **Gradientul morfologic :**

$$g = (X \circledast B) - (X \odot B);$$

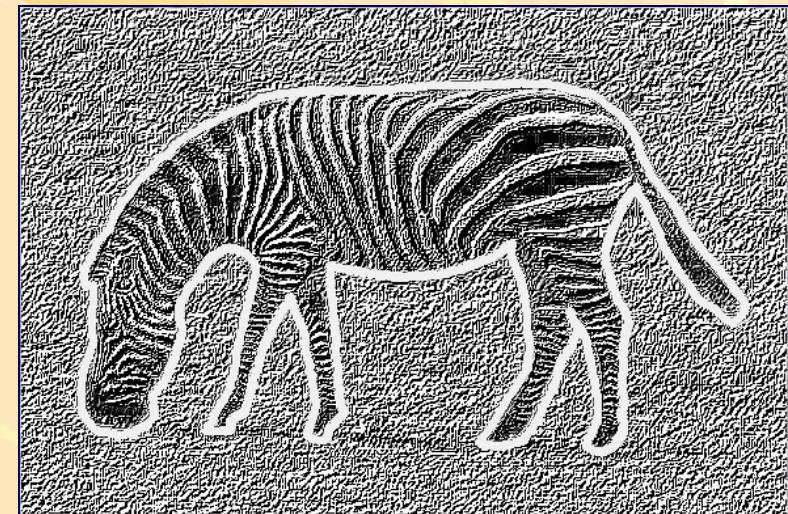
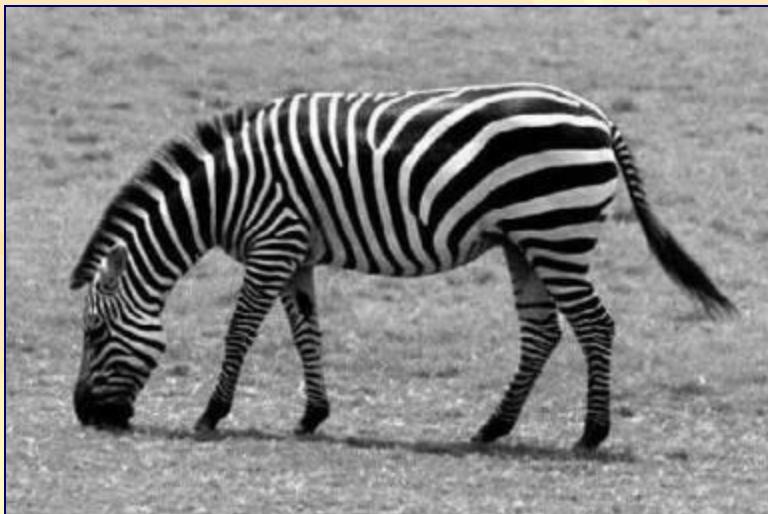


■ **Top-Hat :**

$$h = X - X_B;$$



- Segmentare *texturala* (*texture segmentation*) își propune împărțirea unei imagini în regiuni, care să conțină o singură textură diferită față de regiunile vecine.

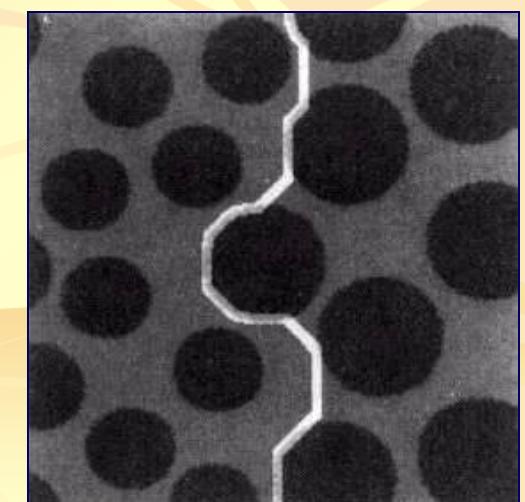
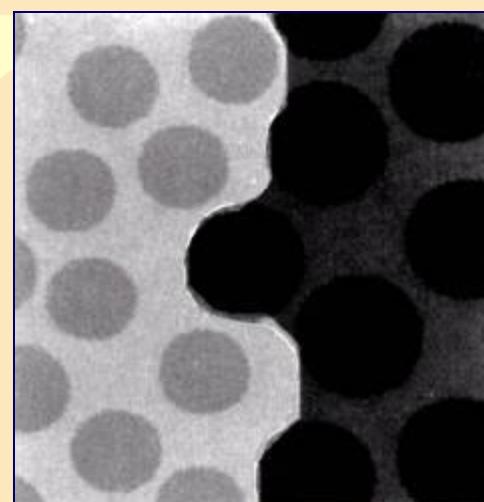
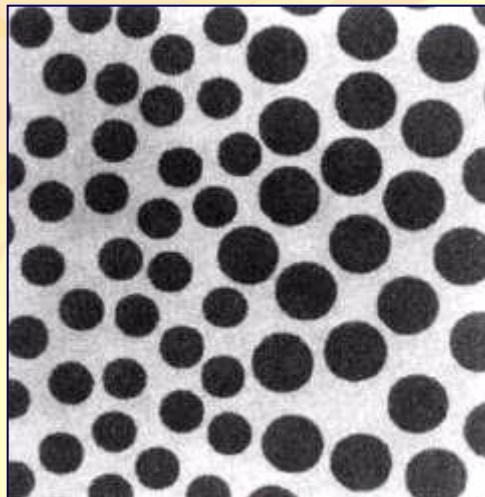


Separarea texturilor

- Un aspect important în separarea texturilor îl reprezintă alegerea dimensiunii operatorului.
- Operatorii mici sunt sensibili la zgomot de imagine și va rezulta numeroase regiuni mici, iar cei mari operatori face o treaba mai rău de localizare limite între două texturi, și pot conduce la confuzii la granițele dintre texturi diferite.
- În cazul în care sunt utilizați operatori de dimensiuni diferite pentru aceeași imagine, va rămâne de rezolvat problema de combinare a rezultatelor obținute succesiv

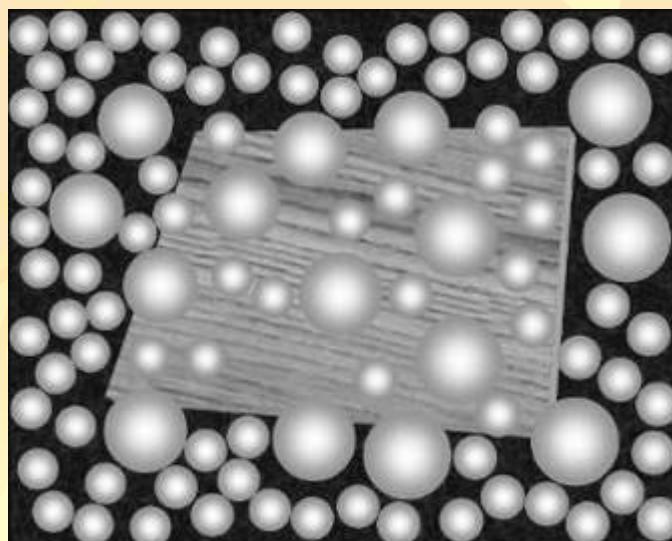
■ Segmentare texturală :

- Se aplică operatorul de inchidere utilizând succesiv elemente structurale mai mari decât elementele de textură mici;
- Se aplică operatorul de deschidere utilizând un element structural mai mare decât distanța dintre elementele de textură mari;
- Având o regiune deschisă în stânga și una închisă în dreapta, vom folosi un prag simplu pentru a rezulta granita dintre cele două texturi.

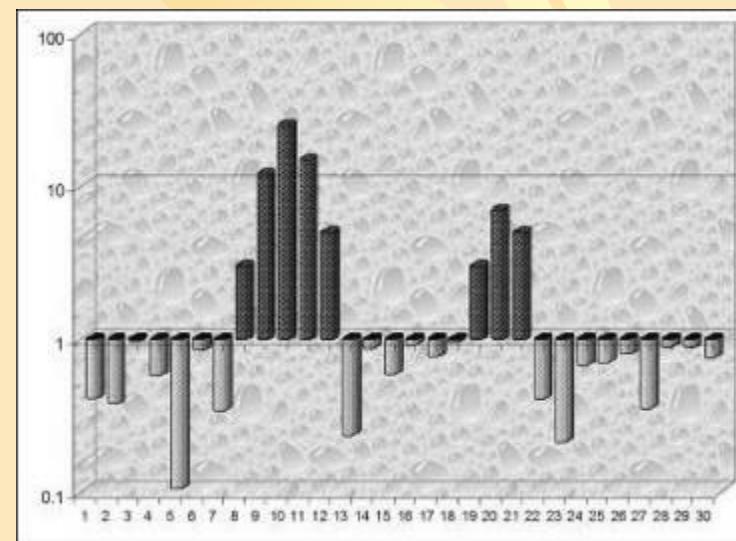


- *Granulometrie* – determina distributia dimensiunii particulelor dintr-o imagine :
 - Se aplica operatorul de deschidere utilizand succesiv elemente structurale tot mai mari;
 - Se calculeaza diferența dintre imagine initiala si cea obtinuta prin deschidere la fiecare pas;
 - In final aceste diferențe sunt normalize si utilizeaza la construirea histogramei.
- *Deschiderea* corespunzatoare unei anumite dimensiuni are efect maxim in regiunile care contin particule avand acea dimensiune.

- În final aceste diferențe sunt normalize și utilizate la construirea histogramei, bazându-ne pe faptul că deschiderea corespunzătoare unei anumite dimensiuni are efect maxim în regiunile care contin particule cu dimensiunea respectivă.



Imagine



Histograma

Utilizând transformările morfologice, analiza unei astfel de imagini se poate realiza astfel :

- Notăm cu B^k rezultatul operației de dilatare a elementului structural aplicată de k ori:

$$B^k = B \circledast \dots \circledast B \quad (\text{de } k \text{ ori}).$$

- Fie $\gamma_k(X)$ rezultatul operației de *deschidere* a imaginii X cu elementul structural definit anterior (B^k):

$$\gamma_k(X) = X_{B^k}$$

- Utilizând aceste notării, *funcția de granulometrie* (Gr) care returnează numărul de elemente din imaginea X la pasul k este:

$$Gr_k(X) = |\gamma_k(X)|$$

- *Cantitatea relativă* (Cr) a elementelor de dimensiune k este dată de diferența:

$$Cr_k(X) = G_k(X) - G_{k+1}(X), \quad k=1,2,\dots$$

Transformări morfologice pentru imagini Color

- Există în literatură numeroase abordări în domeniul generalizării acestor transformări. În cele ce urmează vom prezenta pe scurt două dintre acestea.

Vectori în spațiul HSV

Extinderea operatorilor morfologici de la imagini cu nuanțe de gri la cele color, presupune o relație de ordonare în spațiul culorilor (*Hue* $\in [0,360]$, *Saturation* $\in [0,1]$, *Value* $\in [0,1]$, în cazul nostru).

La fel ca și pentru imaginile *gri*, vor fi redefinite doar transformările elementare (de bază, ilustrate în exemple), iar cele compuse rămân neschimbate (având aceleași expresii din definițiile anterioare, și exemplificate în figurile urmatoare).

... Transformări morfologice pentru imagini Color

➤ **Eroziunea (Vector Erosion)** unei imagini color f utilizând elementul structural g într-un punct x este:

$$(f \Theta g)(x) = \wedge \{f(z) - g_x(z)\}, \text{ pentru } \forall z \in D[f] \cap D[g_x]$$

Practic, se translatează g cu originea în x , se determină diferențele dintre culorile corespunzătoare pentru toate punctele $z \in D[f] \cap D[g_x]$, apoi se determină minimul dintre aceste diferențe ($D[f] = \text{domeniul lui } f$).

➤ **Dilatarea (Vector Dilatation)** unei imagini color f utilizând elementul structural g într-un punct x este:

$$(f \oplus g)(x) = \vee \{f(z) + g_{-x}(-z)\}, \text{ pentru } \forall z \in D[f] \cap D[g'_{-x}]$$

Transformări morfologice **Soft** (*Soft Morphological Color*)

Operațiile de bază sunt definite astfel:

➤ **Eroziunea** (*Soft Erosion*) unei funcții picturale f utilizând ca element structural funcția g într-un punct x poate fi definită astfel ([[21,23]]):

$(f \ominus [\beta, a, k])(x) = \min^{(k)} (MS_{n1})$, for $x: D[gx] \subseteq D[f]$ unde MS_{n1} este *colecția* (o mulțime care permite repetarea elementelor):

$$MS_{n1} = \{ k \diamond (f(z_1) - ax(z_1)) \} \cup \{ f(z_2) - \beta x(z_2) \}$$
 pentru $z_1 \in D[f] \cap D[ax]$ and $z_2 \in D[f] \cap D[\beta x]$

➤ **Dilatarea (Soft Dilation)** unei funcții f în x cu funcția g este:

➤ $(f \circledast [\beta, a, k])(x) = \max(k) (MSn_2),$
pentru $x: D[f] \cap D[g'-x] \neq \emptyset$

unde MS_{n_2} este:

$MS_{n_2} = \{ k \diamond (f(z_1) + a \cdot x (-z_1)) \} \cup \{ f(z_2) + \beta \cdot x (-z_2) \}$
pentru $z_1 \in D[f] \cap D[a'-x]$ and $z_2 \in D[f] \cap D[\beta'-x]$

În definițiile anterioare a fost notată operația de repetare a unui element cu \diamond ($k\diamond x$ reprezintă repetarea de k ori a elementului x), iar $D[f]$ și $D[g]$ reprezintă domeniile funcțiilor corespunzătoare imaginii inițiale și elementului structural.



Inițială



După eroziune



După dilatare



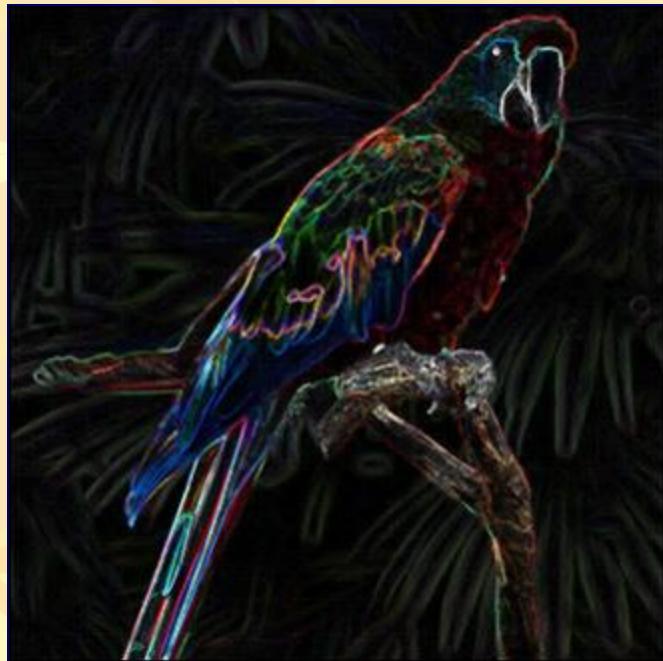
Deschidere



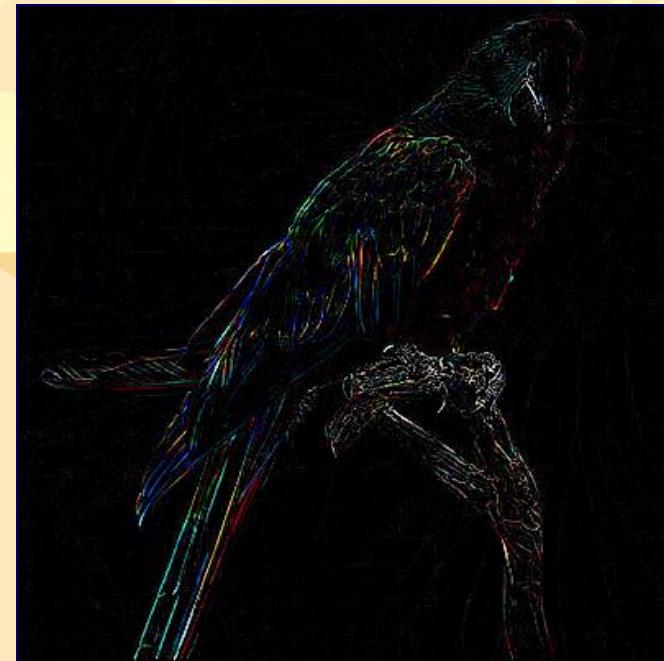
Inchidere



Netezire



Gradient



Top-Hat

Bibliografie

- *Image Analysis and Mathematical Morphology* by Jean Serra, ISBN 0126372403 (1982)
- *Image Analysis and Mathematical Morphology, Volume 2: Theoretical Advances* by Jean Serra, ISBN 0-12-637241-1 (1988)
- *An Introduction to Morphological Image Processing* by Edward R. Dougherty, ISBN 0-8194-0845-X (1992)
- *Morphological Image Analysis; Principles and Applications* by Pierre Soille, ISBN 3540-65671-5 (1999)
- *Mathematical Morphology and its Application to Signal Processing*, J. Serra and Ph. Salembier (Eds.), proceedings of the 1st international symposium on mathematical morphology (ISMM'93), ISBN 84-7653-271-7 (1993)
- *Mathematical Morphology and Its Applications to Image Processing*, J. Serra and P. Soille (Eds.), proceedings of the 2nd international symposium on mathematical morphology (ISMM'93), ISBN 0-7923-3093-5 (1994)
- *Mathematical Morphology and its Applications to Image and Signal Processing*, Henk J.A.M. Heijmans and Jos B.T.M. Roerdink (Eds.), proceedings of the 4th international symposium on mathematical morphology (ISMM'98), ISBN 0-7923-5133-9 (1998)
- *Mathematical Morphology: 40 Years On*, Christian Ronse, Laurent Najman, and Etienne Decencière (Eds.), ISBN-10: 1-4020-3442-3 (2005)
- *Mathematical Morphology and its Applications to Signal and Image Processing*, Gerald J.F. Banon, Junior Barrera, Ulisses M. Braga-Neto (Eds.), proceedings of the 8th international symposium on mathematical morphology (ISMM'07), ISBN 978-85-17-00032-4 (2007)

Adrese Web

- Online course on mathematical morphology, by Jean Serra (in English, French, and Spanish)
- Center of Mathematical Morphology, Paris School of Mines
- History of Mathematical Morphology, by Georges Matheron and Jean Serra
- Morphology Digest, a newsletter on mathematical morphology, by Pierre Soille
- Lectures on Image Processing: A collection of 18 lectures in pdf format from Vanderbilt University. Lectures 16-18 are on Mathematical Morphology, by Alan Peters
- Mathematical Morphology; from Computer Vision lectures, by Robyn Owens
- Free SIMD Optimized Image processing library
- Java applet demonstration
- FILTERS : a free open source image processing library
- Fast morphological erosions, dilations, openings, and closings
- Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology
- Morphological operations for color image processing, J. Electron. Imaging, Vol. 8, 279 (1999); DOI:10.1117/1.482677

A new approach to morphological *color* image processing

- **G. Louverdis, M. I. Vardavoulia, I. Andreadis, _ and Ph. Tsalides**
- Laboratory of Electronics, Section of Electronics and Information Systems Technology, Department of Electrical & Computer Engineering, Democritus University of Thrace, GR-67100 Xanthi, Greece

Received 10 December 2000; revised 1 June 2001; accepted 5 July 2001 Available online 12 April 2002.

Abstract

- *This paper presents a new approach to the generalization of the concepts of grayscale morphology to color images. A new vector ordering scheme is proposed, infimum and supremum operators are defined, and the fundamental vector morphological operations are extracted. The basic properties of the presented vector morphology are described and its similarities to grayscale morphological operators are pointed out. The main advantages of the proposed methodology are that it is vector preserving and provides improved results in many morphological applications. Furthermore, experimental results demonstrate the applicability of the proposed technique in a number of image processing and analysis problems, such as noise removal, edge detection and skeleton extraction.*
- **Author Keywords:** Vector ordering; Mathematical morphology; Color images

Morphological operations for **color** image processing

- **J. Electron. Imaging, Vol. 8, 279 (1999); DOI:10.1117/1.482677**
- Mary L. Comer and Edward J. Delp

Purdue University, Video and Image Processing Laboratory, School of Electrical Engineering, West Lafayette, Indiana

- *In this paper operations based on mathematical morphology which have been developed for binary and grayscale images are extended to color images. We investigate two approaches for "color morphology"—a vector approach and a component-wise approach. New vector morphological filtering operations are defined, and a set-theoretic analysis of these vector operations is presented. We also present experimental results comparing the performance of the vector approach and the component-wise approach for multiscale color image analysis and for noise suppression in color images.*

Tema

Realizați următoarele **Transformări Morfologice** :

o) Eroziunea și Dilatarea

a) Deschiderea

b) Închiderea

c) Netezire

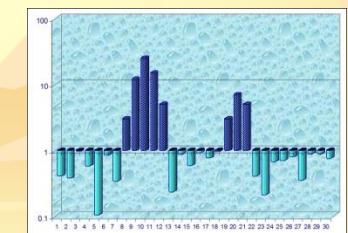
d) Gradient

e) Top-Hat,

f) Segmentare Texturala

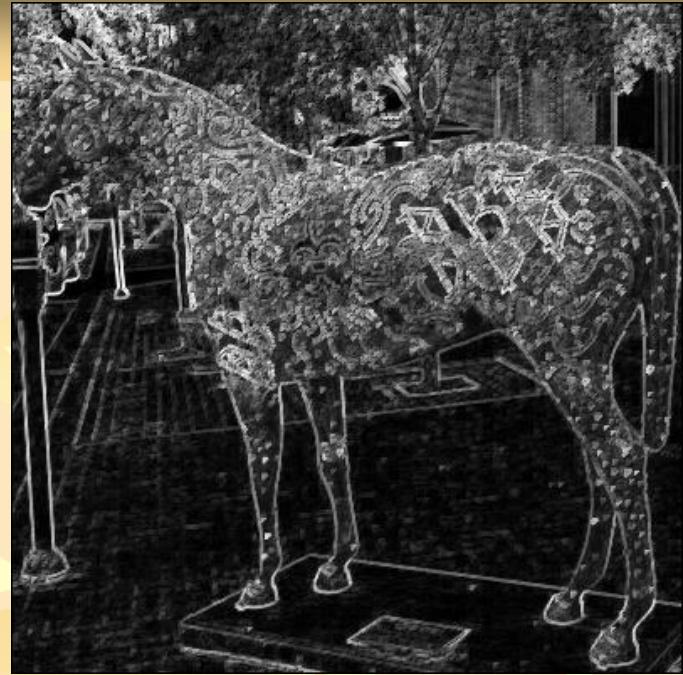
g) Histograma Granulometrica

h) o transformare compusa color (la alegere)



Exemple

- *gri*



- *color*

