

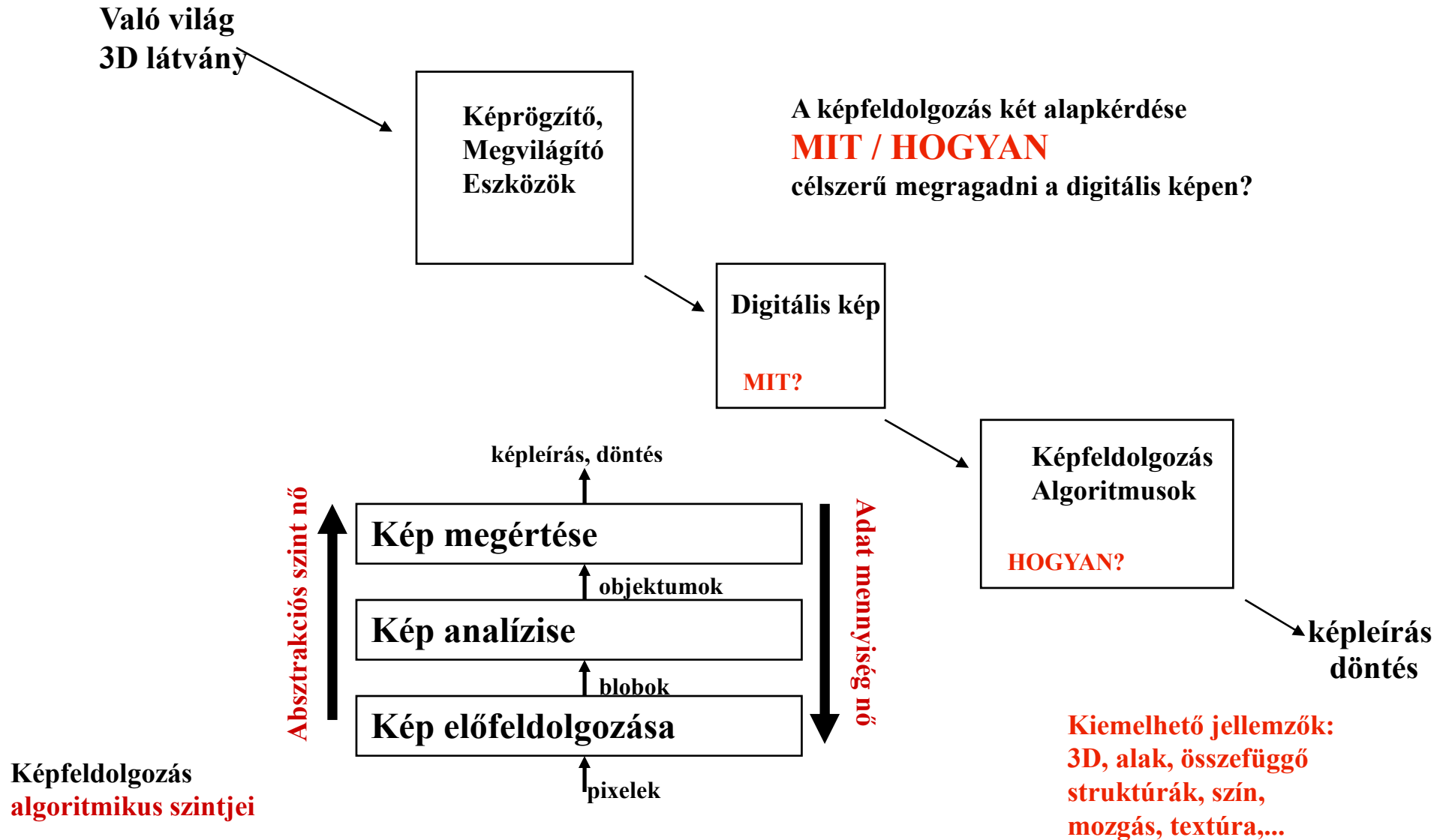
Morfológiai Képfeldolgozás

2014. márc. 19.

Dr. Loványi István
egyetemi docens BME-IIT

Bevezetés I.

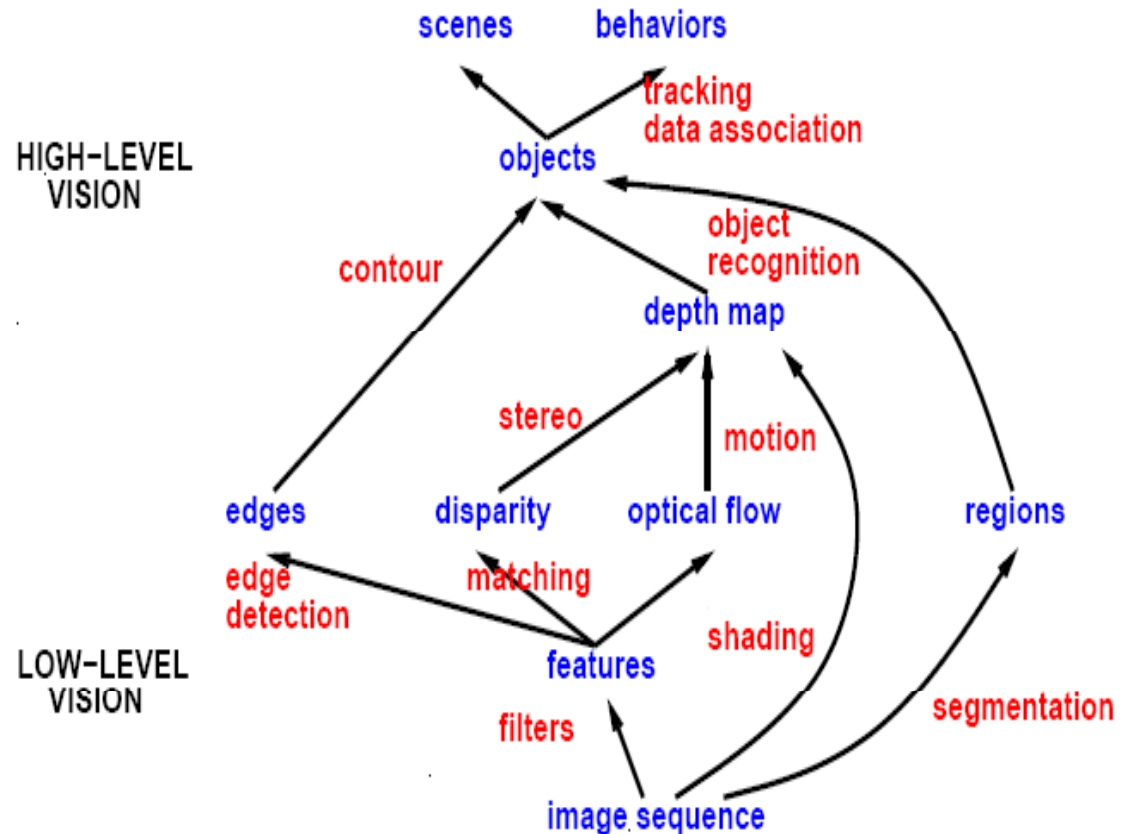
(A morfológiai megközelítés kontextusba helyezése)



Bevezetés II.

Képfeldolgozási stratégia:
különböző **szintek** és
algoritmusok alkalmazás-
specifikus kombinálása

Valósídejű célhardver:
jellemzők könnyen
újrakonfigurálható
hierarchikus készletével
operáljon



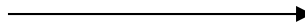
Forrás: eie426-computer-vision-0809.ppt

Célunk NE legyen a „minél több” képfeldolgozó **algoritmus** egymás utáni bemutatása, sokkal inkább az egyes alkalmazásokban az „optimális felfelé vezető út” (optimális fekete nyíl trajektória) kiválasztási készségének bemutatása.

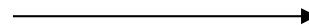
A **morfológia-topológia** pl. az egyik olyan algoritmikus megközelítés, mely „sok irányban” tesz lehetővé könnyen, valós időben implementálható - mégis nagy - ugrást felfelé – a legkülönbözőbb tartalmú és szintű **jellemzőkre** (univerzális alkalmazhatóság)

Szintek: az Előfeldolgozástól az Analízisig

Bináris képek előfeldolgozása



Alacsonyszintű látás



PHIL

Magasszintű látás

Bináris képek analízise

Képek magasszintű interpretálása – jó lenne, de...



Mit is látunk itt valójában?

Például a Facebook (elsőként, hatalmas kapacitásokat bedobva) is csak 2014-re tudott kidolgozni egy olyan arcfelismerő algoritmus sorozatot – mely összességében „majdnem olyan hatékony” mint az emberi látás.

Állítólag még csak tesztüzemben van - kérdéses, hogy a kormányok megengedik-e majd éles használatát (ijesztő alkalmazási perspektívák gondolhatók végig az általuk hozzáférhető adatbázisokon...)

Bevezetés a matematikai morfológiába

MOTÍVÁCIÓNK:

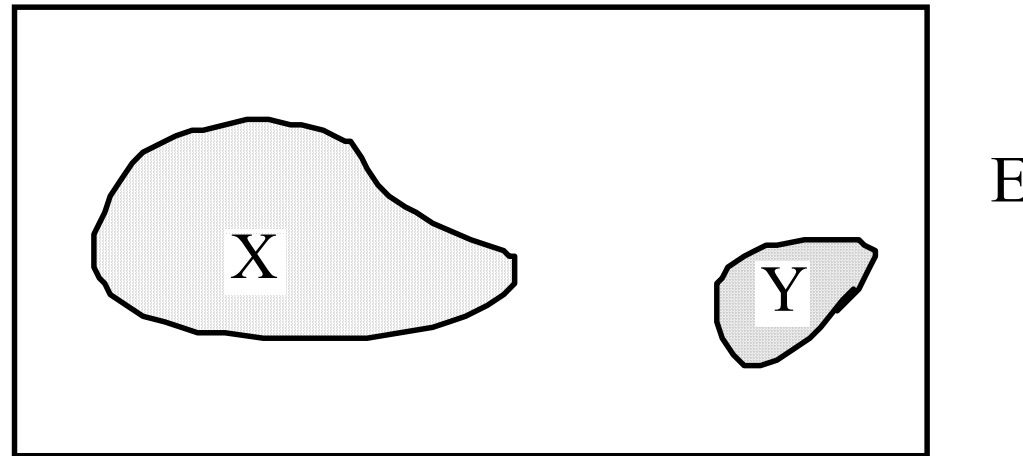
A morfológia ugyan egyszerű, alacsonyszintű lokális művelet, de:

- a strukturáló elem és a végrehajtott művelet tetszőleges definíciója lehetséges
- a lokális műveletek ügyes kombinációjával esetleg relatíve hatékonyabban juthatunk a kívánt globális feldolgozási szintre mint más algoritmikus megközelítésekkel
- egységes megoldást kínál nagyon sok specifikus feladatra (→ pl. univerzális célhardver tervezhető)

Mi a morfológia lényege?

- A morfológia **alaktant** jelent, ami nem más, mint halmazokon elvégezhető műveletek.
- Képfeldolgozásban nagy a szerepük, mert **gyorsan** implementálhatók, és széles körben alkalmazhatók.
- Az alpműveletek működését **bináris** képen a legkönnyebb elmagyarázni.
- A feldolgozandó kép mellett szükség van egy ún. **strukturáló elemre** is, amely méretét tekintve jóval kisebb a képnél, továbbá van egy kinevezett origója is.
- Fontos: a transzformációk **nem** reverzibilisek!
- Cél: a **struktúra, forma** tanulmányozása révén releváns információk kinyerése a képből.

Ismétlés: halmazok és topológiák

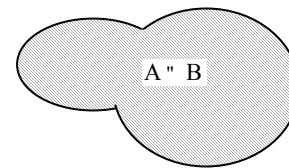
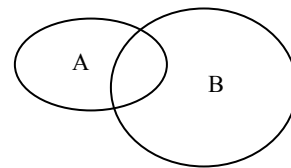


X, Y : egy objektum pontjainak halmaza

E : összes képpont halmaza

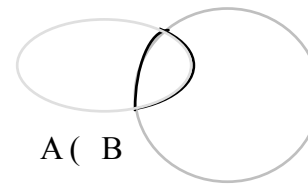
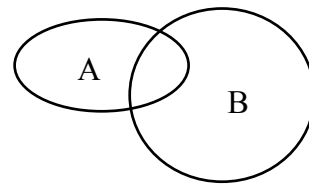
Ismétlés: halmazok és topológiák

Két halmaz egyesítése



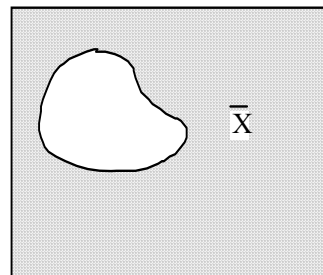
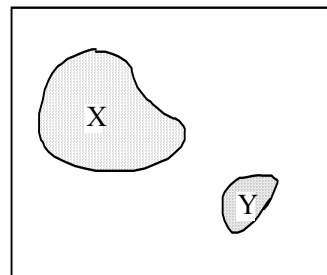
$$A \cup B$$

Két halmaz metszéke



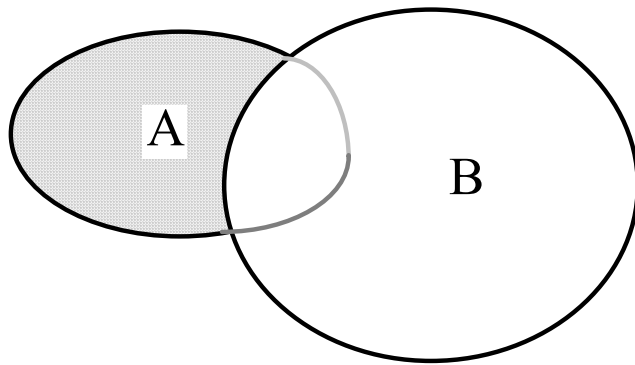
$$A \cap B$$

Egy halmaz negáltja

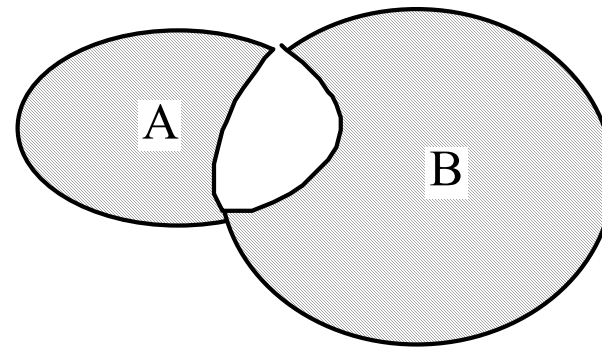


$$A^c$$

Példa összetettebb műveletekre



$$A / B = A \setminus (A \cap B)$$



$$(A / B) \cup (B / A)$$

Alapvető tulajdonságok

- $X \cup Y = Y \cup X$

Kommutativitás

- $X \cap Y = Y \cap X$

- $X \cup (Y \cap Z) = (X \cup Y) \cap Z$

Asszociativitás

- $X \cap (Y \cup Z) = (X \cap Y) \cup Z$

- $X \cap (Y \cup Z) = (X \cap Y) \cup (X \cap Z)$

Disztributivitás

- $X \cup (Y \cap Z) = (X \cup Y) \cap (X \cup Z)$

- $(X \cap Y)^c = X^c \cup Y^c$

Dualitás

- $(X \cup Y)^c = X^c \cap Y^c$

- $(X^c)^c = X$

A morfológiai képfeldolgozás alapjai

Felhasznált forrás: részben Thomas Moeslund előadása alapján

Célkitűzés

- Mire jó?

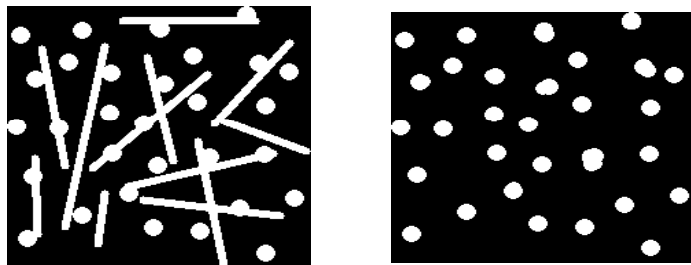
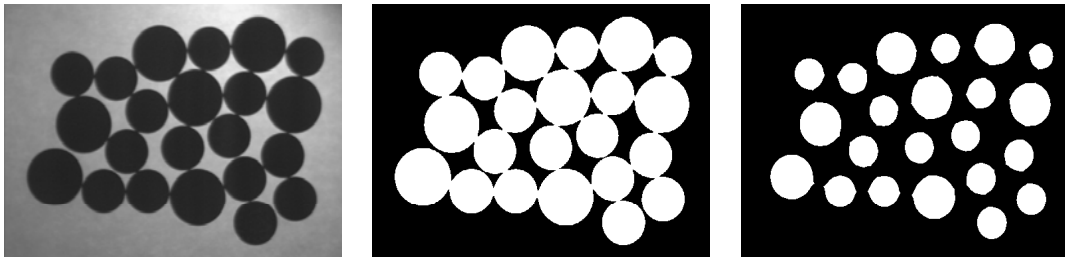
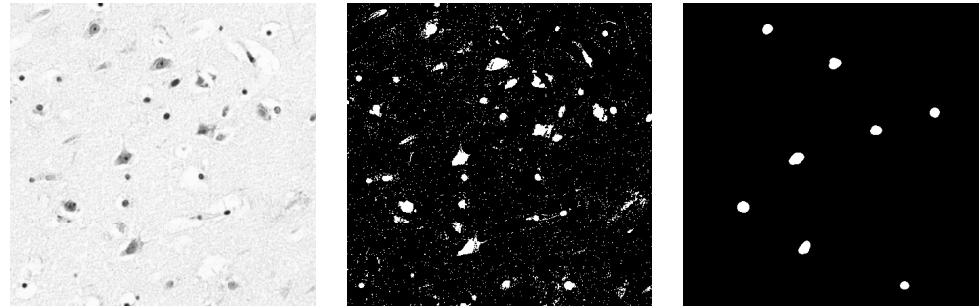
Alapműveletek

- Fit and Hit
- Erózió
- Dilatáció

- Összetettebb műveletek
- Példák

Mire jó?

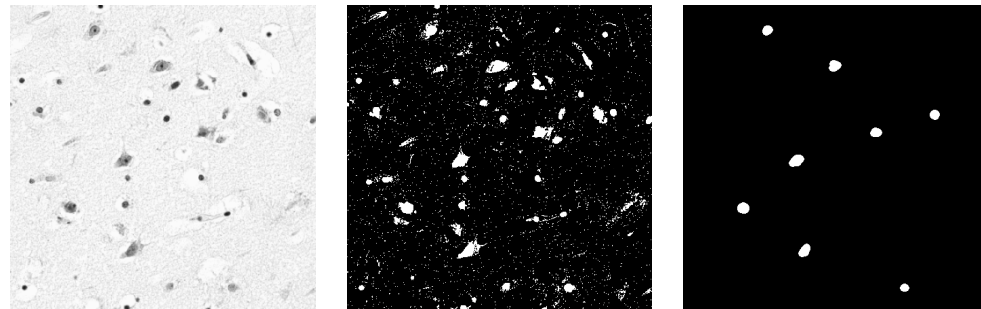
- Zajszűrés
 - kis objektumok
 - lyukak
- Objektumok elkülönítése
- Objektumok leválogatása



Hogyan működik?

Gradált képből kiindulva

1. küszöbözés => Bináris kép
2. Morfológiai műveletek

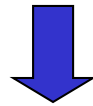


Működik direktben gradált képen is! (nem tárgyaljuk, de látunk a végén egy demót)

Definíciók 1D-re bemutatva

Bemeneti kép

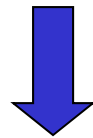
1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló elem (SE)

1	1	1
---	---	---

SE tervezhető, ahogy tetszik...



Kimeneti kép

		0/1							
--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--

„**Hit**”: Hacsak egyetlen '1' a SE-ből illeszkedik a bemeneti képre =>
kimenet = 1, különben kimenet = 0

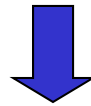
„**Fit**”: Ha az összes '1' a SE-ből illeszkedik a bemeneti képre =>
kimenet = 1, különben kimenet = 0

Dilatáció ("Hit" műveleten alapul)

1D példa Dilatációra

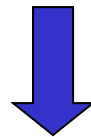
Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



SE

1	1	1
---	---	---



$$g(x) = f(x) \oplus SE$$

Kimeneti kép

	1								
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

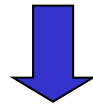
„Hit”: Hacsak egyetlen '1' a SE-ből illeszkedik a bemeneti képre =>
kimenet = 1, különben kimenet = 0

$$f(x) \oplus SE_2 \approx (f(x) \oplus SE_1) \oplus SE_1$$

1D példa Dilatációra

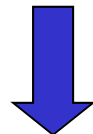
Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



SE

1	1	1
---	---	---



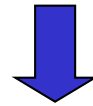
Kimeneti kép

	1	0							
--	---	---	--	--	--	--	--	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



SE

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	1	0	1						
--	---	---	---	--	--	--	--	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



SE

1	1	1
---	---	---



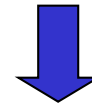
Kimeneti kép

	1	0	1	1					
--	---	---	---	---	--	--	--	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



SE

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	1	0	1	1	1				
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SE

1	1	1
---	---	---

Kimeneti kép

	1	0	1	1	1	1			
--	---	---	---	---	---	---	--	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SE

1	1	1
---	---	---

Kimeneti kép

	1	0	1	1	1	1	1		
--	---	---	---	---	---	---	---	--	--

1D példa Dilatációra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

SE

1	1	1
---	---	---

Kimeneti kép

	1	0	1	1	1	1	1	1	
--	---	---	---	---	---	---	---	---	--

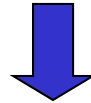
Az objektum nagyobb lesz, a lyukak betömődnek!

Erozió ("Fit" műveleten alapul)

1D példa Erózióra

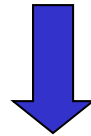
Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0								
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

$$g(x) = f(x) \ominus SE$$

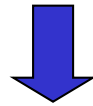
„Fit”: Ha az összes '1' a SE-ből illeszkedik a bemeneti képre =>
kimenet = 1, különben kimenet = 0

$$f(x) \ominus SE_2 \approx (f(x) \ominus SE_1) \ominus SE_1$$

1D példa Erózióra

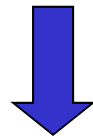
Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



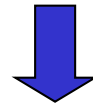
Kimeneti kép

	0	0							
--	---	---	--	--	--	--	--	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0	0	0						
--	---	---	---	--	--	--	--	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0	0	0	0					
--	---	---	---	---	--	--	--	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0	0	0	0	1				
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



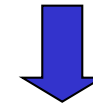
Kimeneti kép

	0	0	0	0	1	0			
--	---	---	---	---	---	---	--	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0	0	0	0	1	0	0		
--	---	---	---	---	---	---	---	--	--

1D példa Erózióra

Bemeneti kép

1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



Strukturáló Elem

1	1	1
---	---	---



Kimeneti kép

	0	0	0	0	1	0	0	0	
--	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Az objektum kisebb lesz

Dilatáció vs. Erózió

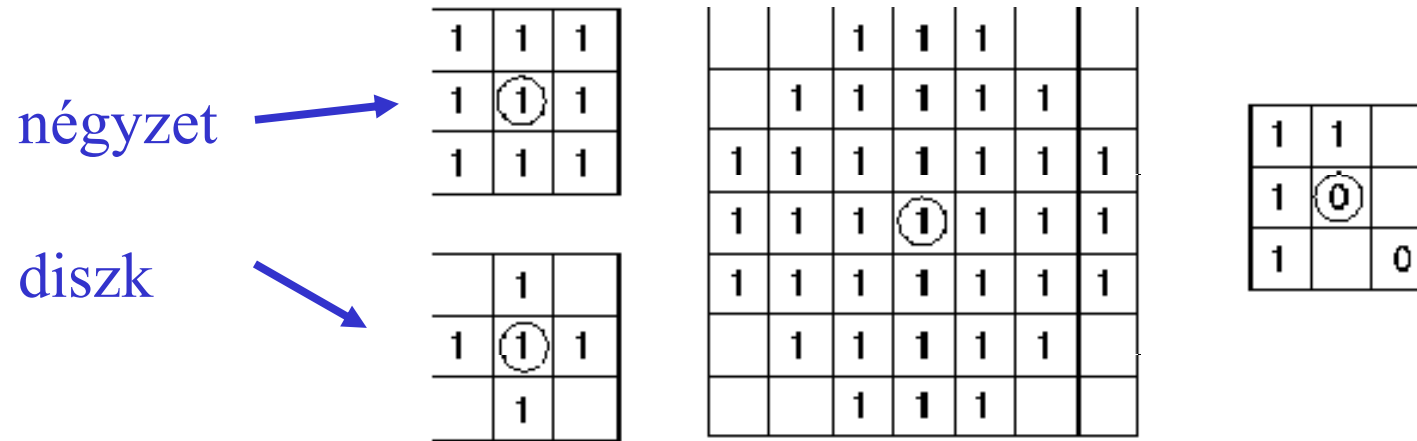
- Mint láttuk: SE lehet ugyanaz
- Negált képen dilatáció = erózió

Ha egyszerűbb (kevesebb funkciójú) célhardvert akarunk majd csinálni

Morfológia 2D képeken

Strukturáló Elem (Kernel)

- SE különböző méretű lehet
- SE-nek központja van
- SE üres pontjai = „*don't care*” elemek

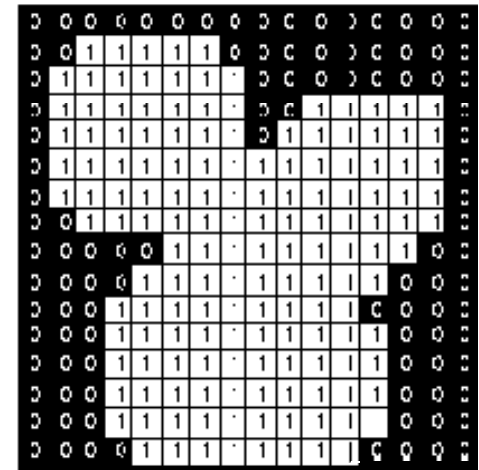
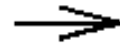
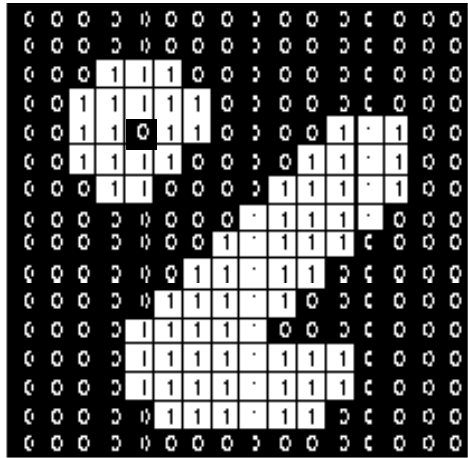


2D Dilatáció („Hit”)

$$g(x, y) = f(x, y) \oplus SE$$

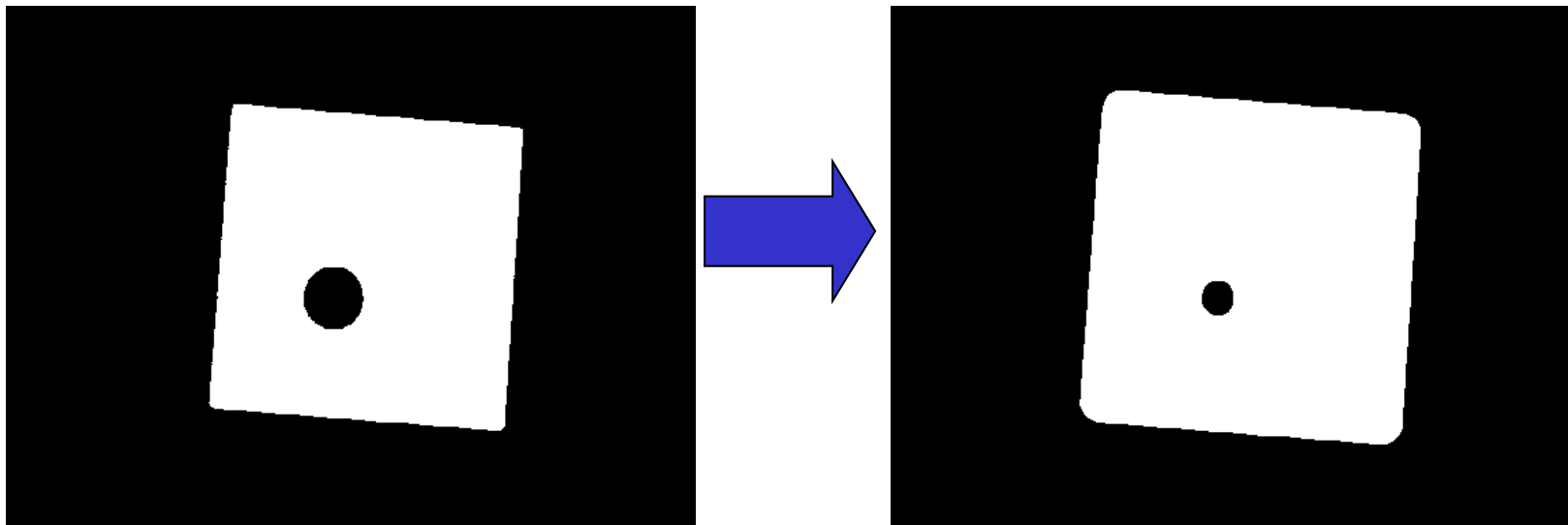
Négyzetes Strukturáló Elem

1	1	1
1	1	1
1	1	1



- Objektumok összemosva, lyukak betömve
- Éles sarkok megőrizve

Másik Dilatációs példa



		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
		1	1	1		

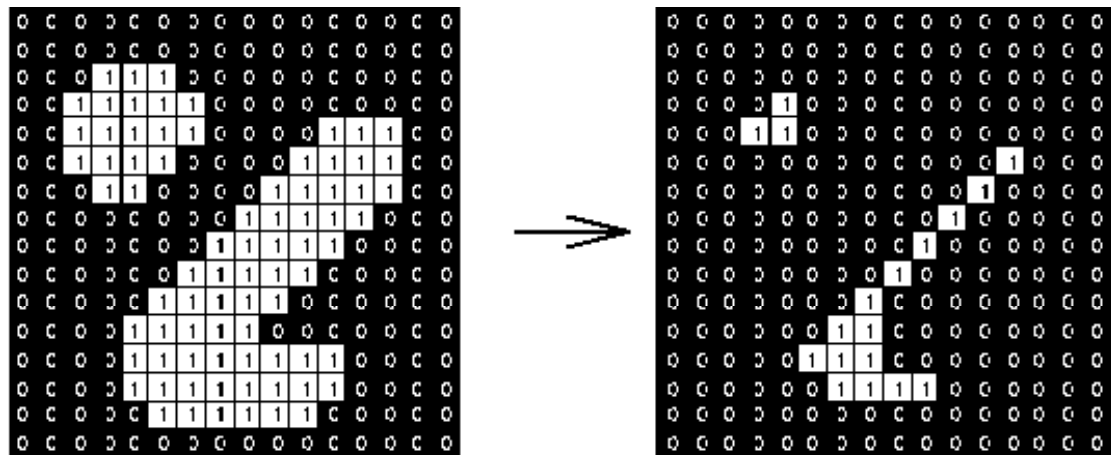
Strukturáló Elem diszk alakú => legömbölyített sarkok

2D Erozió („Fit”)

$$g(x, y) = f(x, y) \ominus SE$$

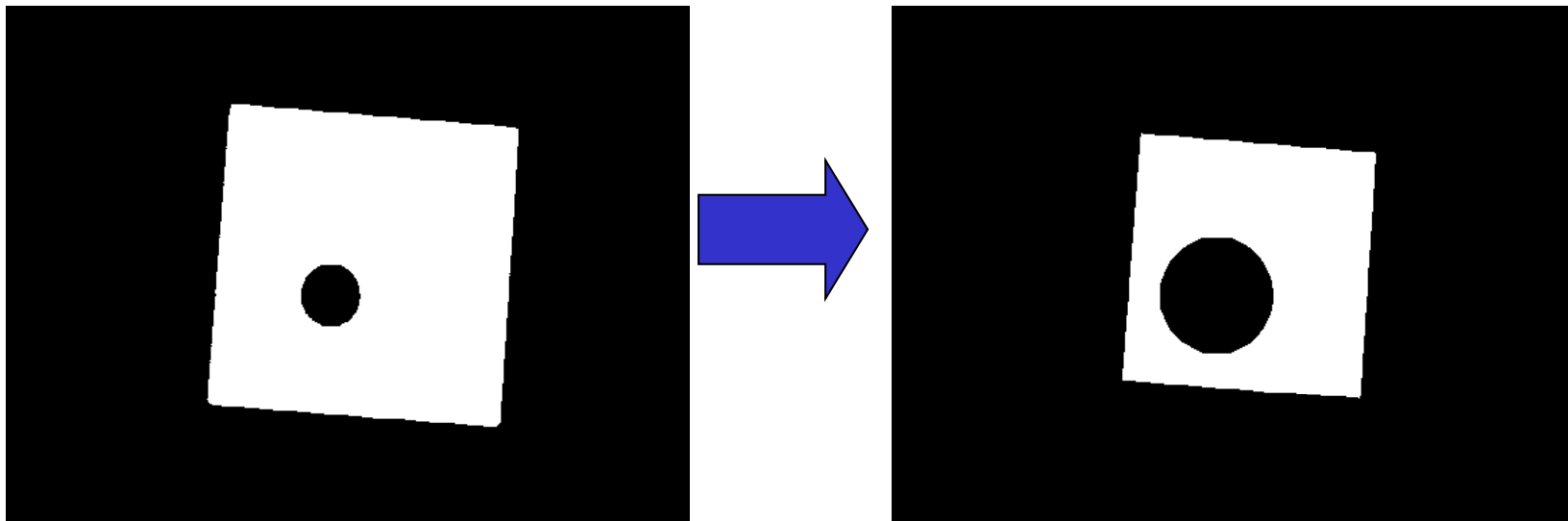
Strukturáló Elem

1	1	1
1	1	1
1	1	1



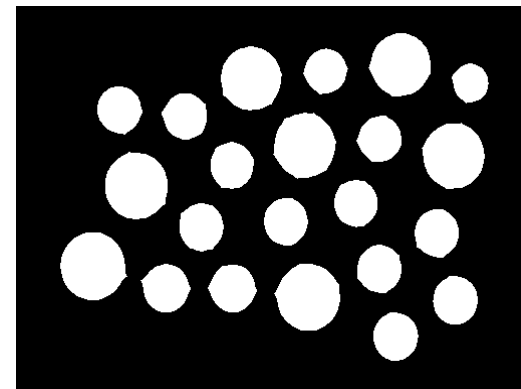
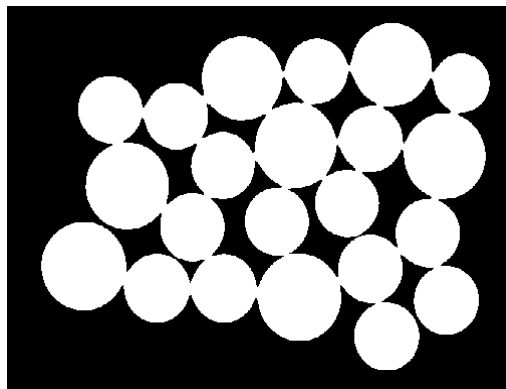
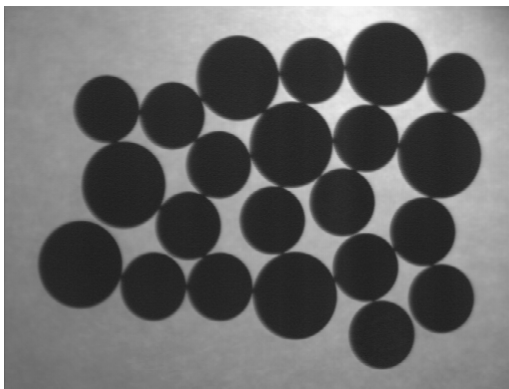
Objektumok kisebbek lesznek

Másik Eroziós példa

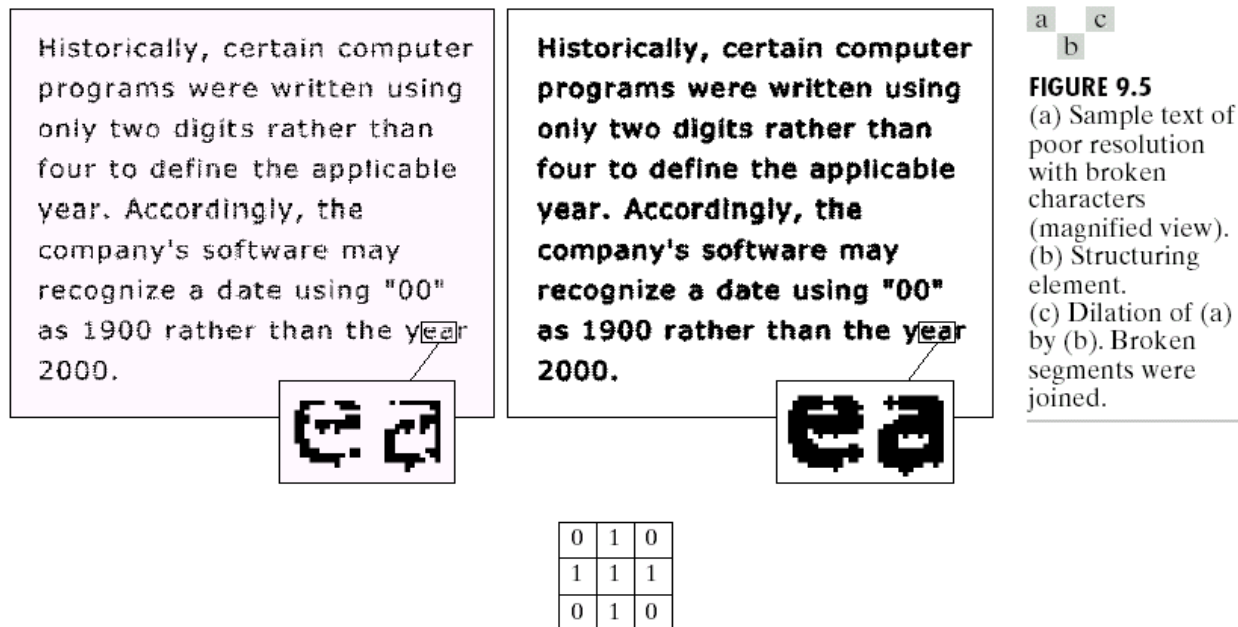


Érmék megszámolása

- Eredeti képen nehéz, mert összeérnek!
- Megoldás: küszöbözés majd erózió elkülöníti őket!



Dilatáció - példa



Erózió - példa



Eredeti kép



Erodált kép

Erózió - példa

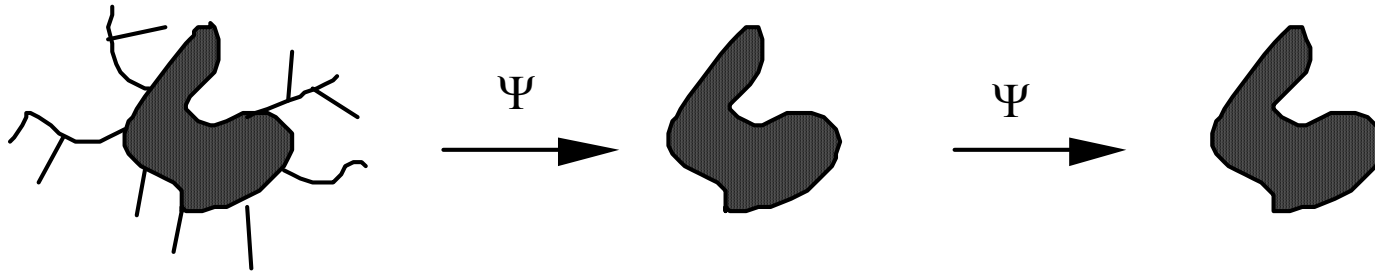


kétszer erodált



háromszor erodált

Idempotens művelet fogalma



X objektum már nem változik további Y műveletvégzés során

$$Y[Y(X)] = Y(X)$$

Fontos tudni - a **leállási kritérium** megválasztása szempontjából!

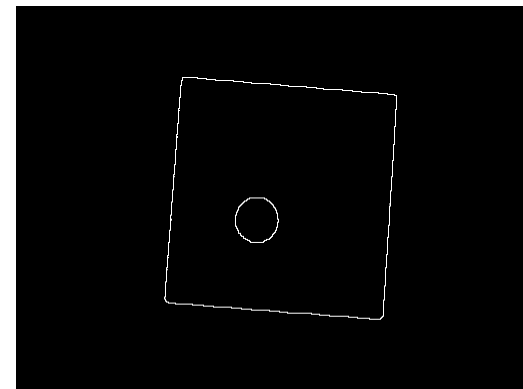
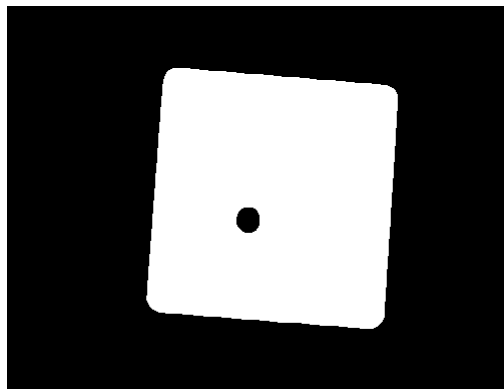
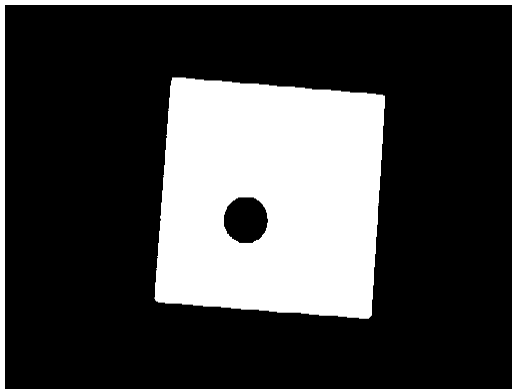
Összetett műveletek

- **Erózió és Dilatáció** kombinálása mire jó?
 - kontúr megkeresése
 - **Nyitás**: objektumok szeparálása, kis objektumok eltüntetése (jobb mint csak az erózió)
 - **Zárás**: lyukak betömése (jobb mint csak a dilatació)
 - egyebek...

Kontúr megkeresése

Bemeneti kép dilataciója (objektum nagyobb lesz)

1. Bemeneti kép kivonása a dilatált képből
2. Marad az élkép!



Nyitás

- **Motiváció:** A kis (zaj) objektumok kiszedése **DE** a megőrzendő objektum mérete és formája változatlan maradjon!

Nyitás

- **Motiváció:** A kis (zaj) objektumok kiszedése DE a megőrzendő objektum mérete és formája változatlan maradjon!
- Erozió + Dilatáció = Nyitás
 - Használjuk ugyanazt a Strukturáló Elemet!
 - Hasonló az erózióhoz, de kevésbé rombol
- Matematikai reprezentáció:

$$f(x, y) \circ SE = (f(x, y) \ominus SE) \oplus SE$$

- A Nyitás **idempotens**: megismételve a műveletet már nem lesz további hatása!

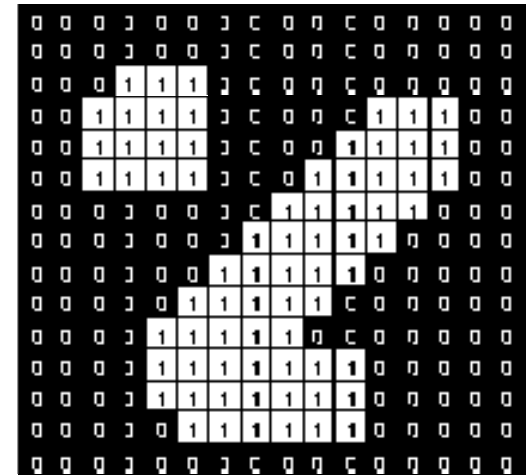
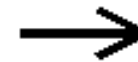
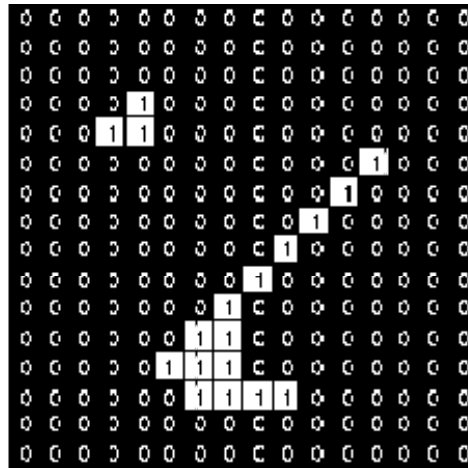
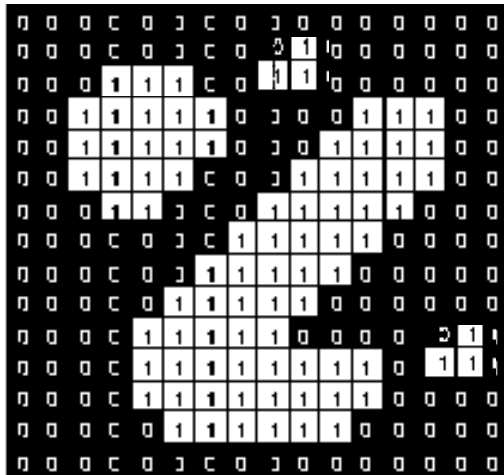
Példa a Nyitásra

- Strukturáló Elem:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

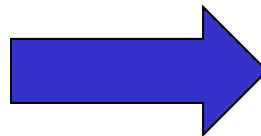
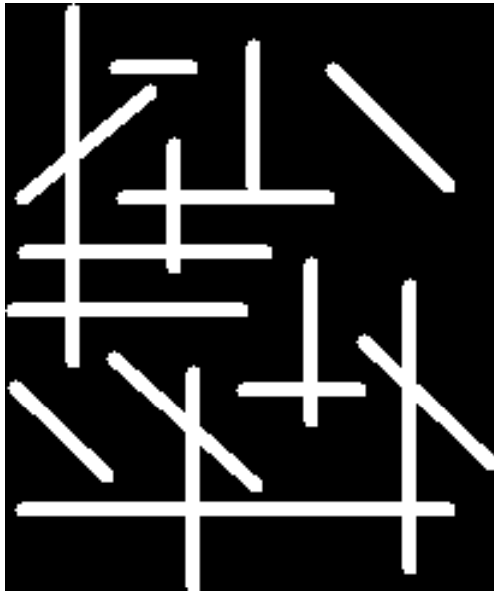
Erozió

Dilatáció



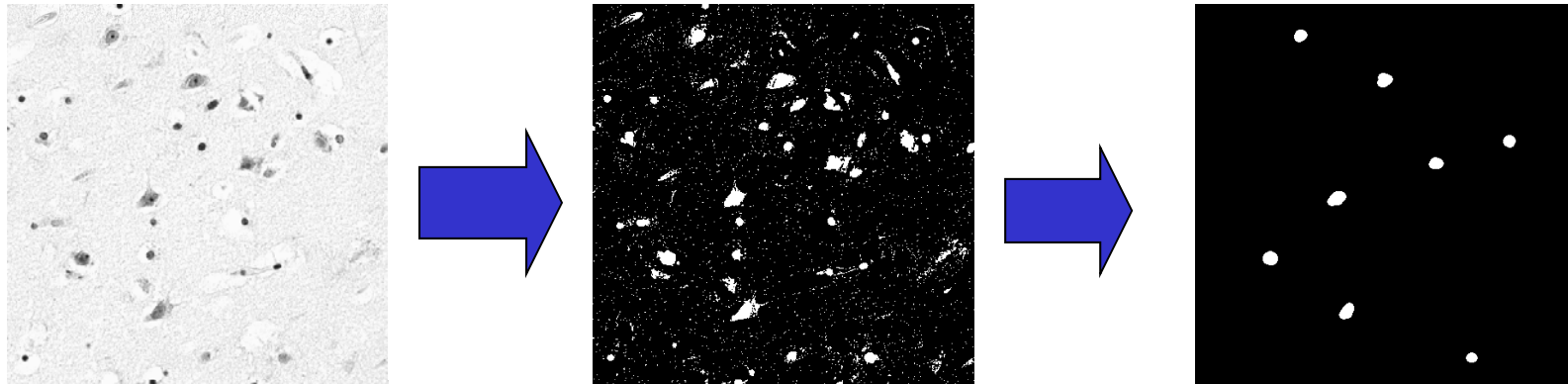
Példa a Nyitásra

- 9x3 vagy 3x9 méretű Strukturáló Elemek hatására



Példa a Nyitásra

- A strukturáló elemnek bele kell férnie a legkisebb megőrzendő objektumba
- Példában SE egy (11 pixeles) diszk



(a képsorozat: sejtkolónia, 3 x erózió majd 3 x dilatació)

Zárás

- **Motiváció:** betömni a lyukakat DE megtartani az eredeti méretet és formát

Zárás

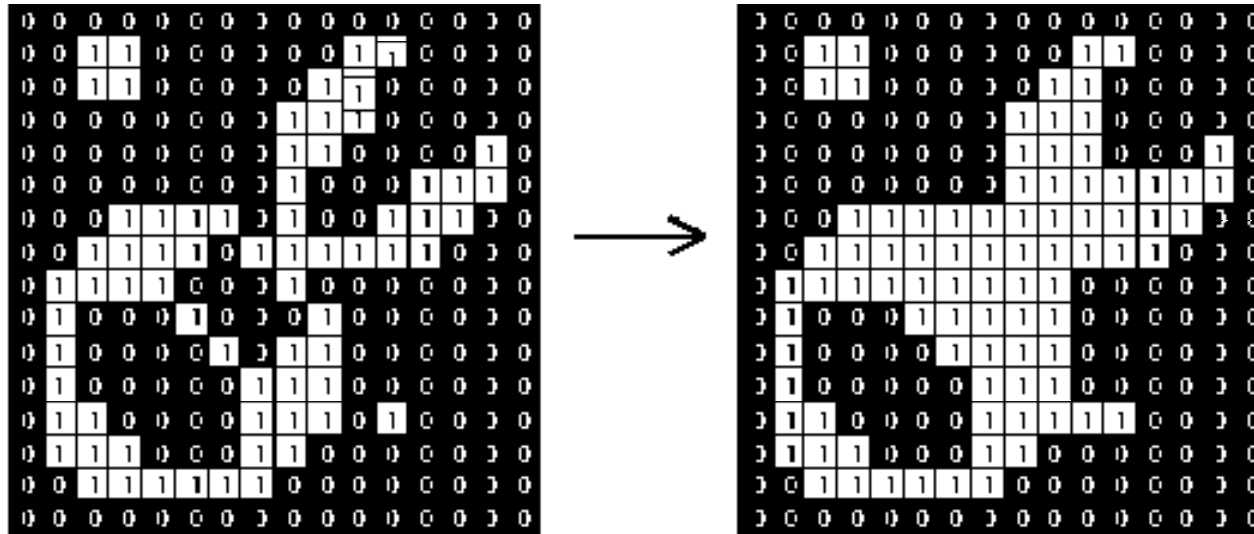
- **Motiváció:** betömni a lyukakat DE megtartani az eredeti méretet és formát
- Dilatáció + Erozió = Zárás
 - Használjuk ugyanazt a Strukturáló Elemet!
 - Hasonló a dilatacióhoz, de kevésbé rombol
- Matematika:

$$f(x, y) \bullet SE = (f(x, y) \oplus SE) \ominus SE$$

- Zárás **idempotens**: megismételve a műveletet már nem lesz további hatása!

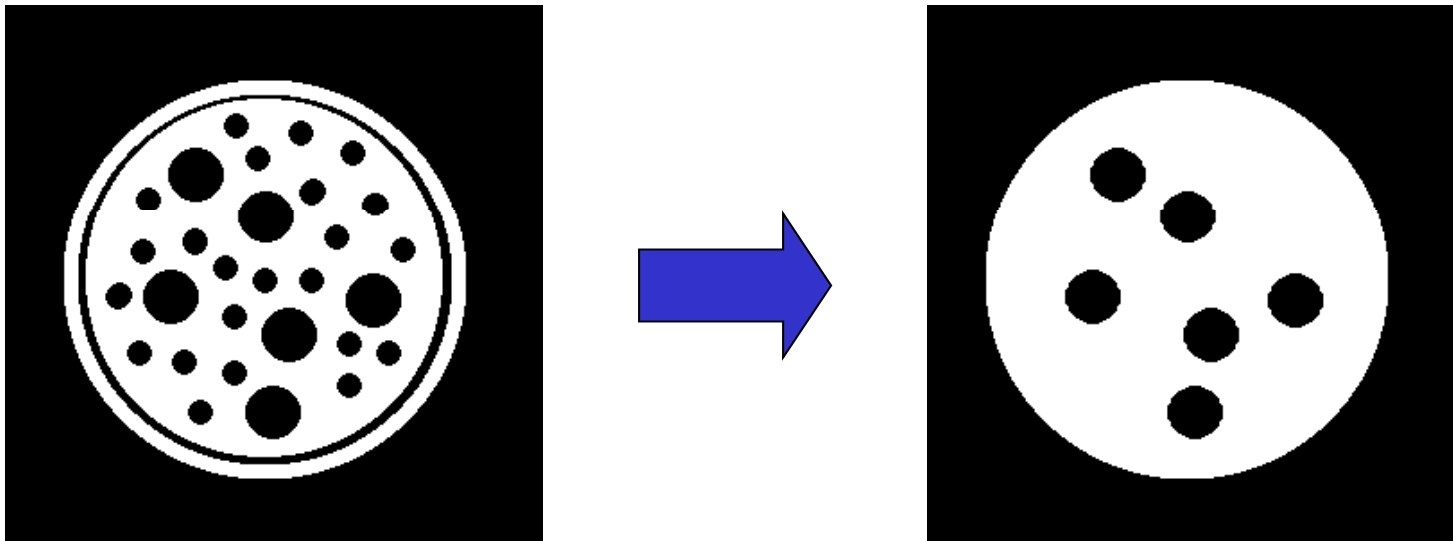
Zárás

- A Strukturáló Elem: 3x3 négyzet



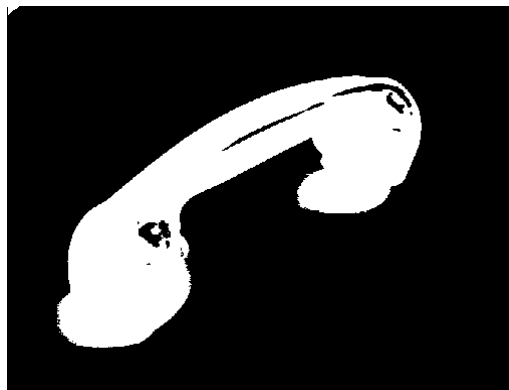
Példa Zárásra

- Zárás művelet egy (22 pixeles) diszkkal
- Kisebb lyukakat „bezárja”



Példa Zárásra

- Szegmentálás minőségének javítása
 1. küszöbözés
 2. Zárás (20 pixeles méretű) diszkkal

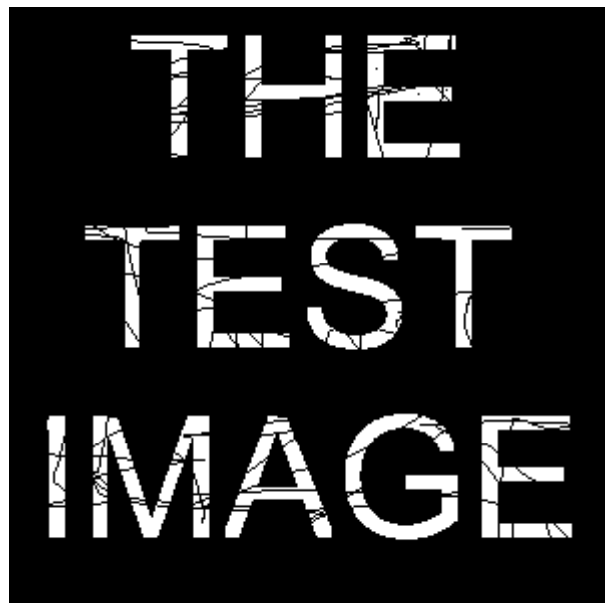


(1 x dilatáció, 1 x erózió hatása)

Nyitás és zárás - példa



Nyitás: az eredeti
kép 2x erodált
majd 2x dilatált:
Legtöbb zaj
eltüntetve

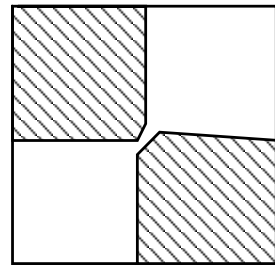
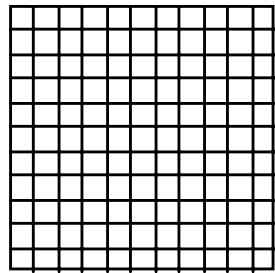


Zárás: az eredeti
kép 2x dilatált
majd 2x erodált:
Legtöbb lyuk
betömve

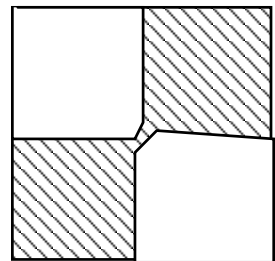
Négyzetrácsos mintavételezés

4- vagy 8-szomszédságú képábrázolást alkalmazunk?

Ellentmondásos mindkét választás!



X: 2 szeparált alakzat van
(4-szomszédságú képábrázolás esetén)

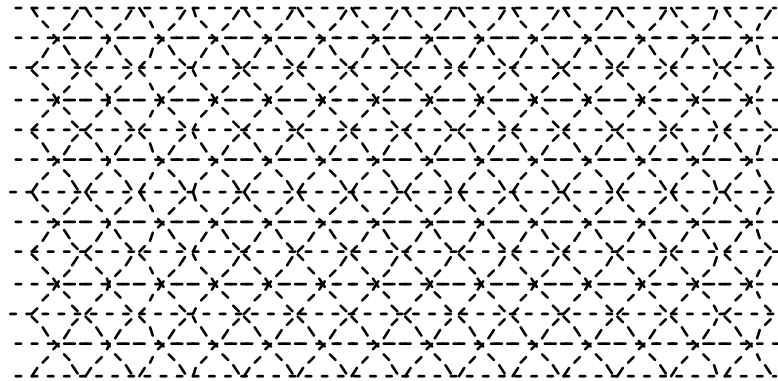


X^c 1 alakzatnak kellene lennie
(4-szomszédságú képábrázolás esetén)

Megoldás az ellentmondásokra:

- 8-szomszédság alkalmazása a háttérre
- 4-szomszédság alkalmazása az objektumra
(vagy fordítva)

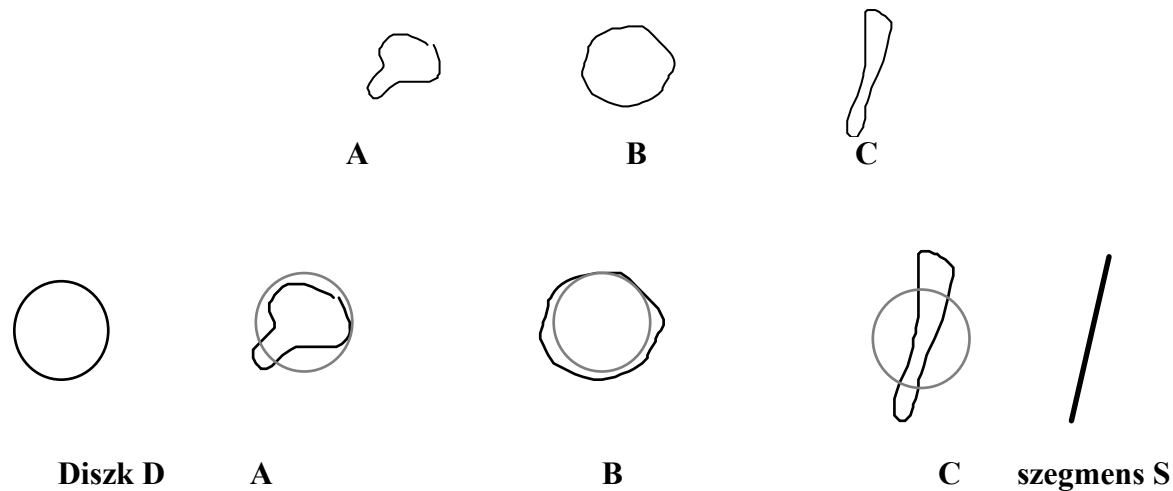
Hexagonális mintavételezés



Bonyolult implementáció, de
elméletileg jó megoldás,
egységesen:

- 6-szomszédúság a háttérre
- 6-szomszédúság az objektumra

Alakzat osztályozás különböző SE-vel



A D diszk vagy az S szegmens végigmegy a képen,
ha **teljesen része** az alakzatnak – súlypontja megjelölve
például

B magába foglalja D-t

C magába foglalja S-t

Hit-and-Miss jellegű műveletek

- Az eljárás alkalmas arra, hogy bizonyos tulajdonsággal rendelkező pontokat kiválasszon a képből: például sarokpontokat, kontúrponthoz,...
- Mindig két strukturáló elem van, amelyeknek metszete üres halmaz
- Egyik strukturáló elemmel eróziót hajtunk végre az eredeti képen, a másikkal szintén eróziót, de az eredeti kép negáltján
- Végül a két eredményképnek meghatározzuk a metszetét

Hit-and-Miss jellegű műveletek

Vagyis nemcsak az objektum hanem a háttér pontokra is keresünk egyezést!

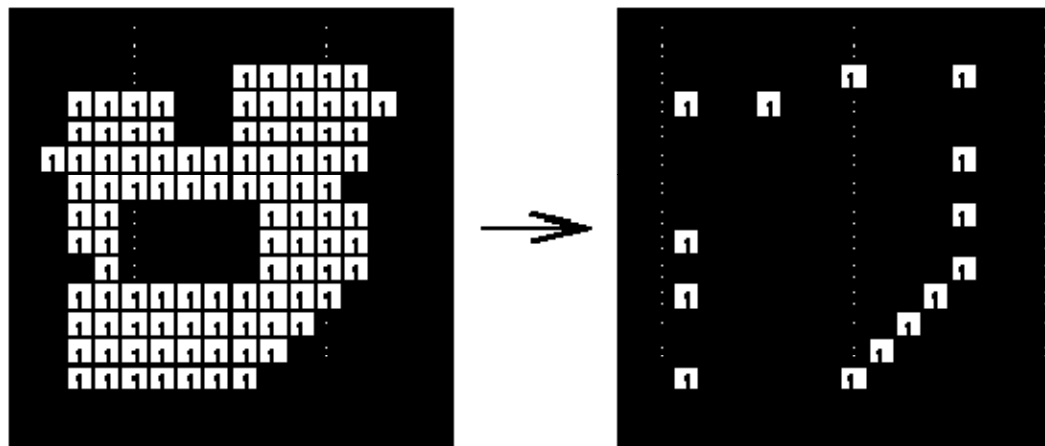
Például sarokpontok keresése 4 egymást követő SE párral:

	1	
0	1	1
0	0	

	1	
1	1	0
	0	0

	0	0
1	1	0
	1	

0	0	
0	1	1
	1	

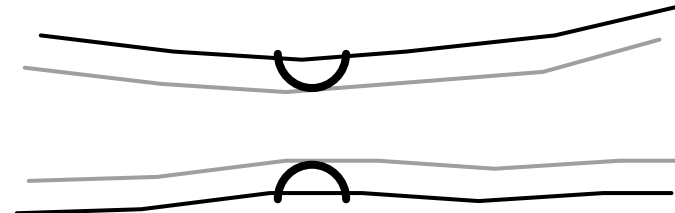
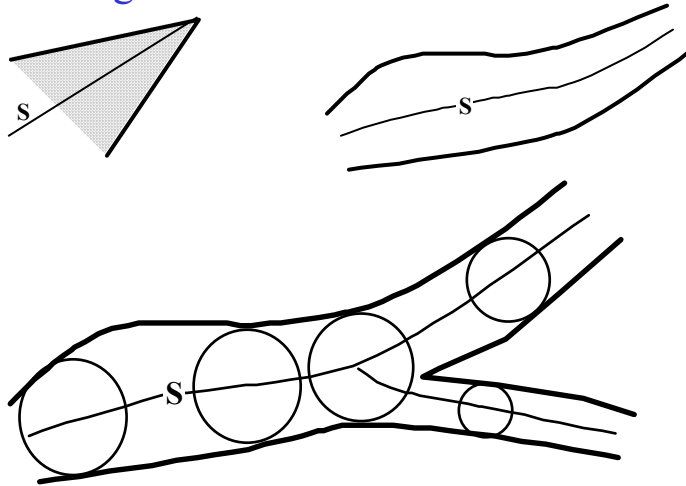


Csontváz meghatározása

A „csontváz” egy igen érdekes forma leírás

Definíció 1: a maximális méretű még az objektumba foglalható diszkek súlypontjával jellemezve

Definíció 2: azok a pontok, melyek az objektum határvonalain fekvő 2 ponttól azonos minimális távolságra fekszenek



Meghatározás 1: erózió és dilatació műveletekkel

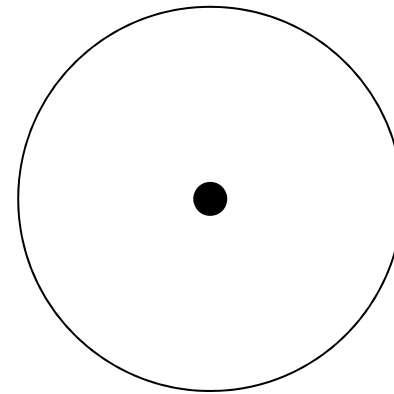
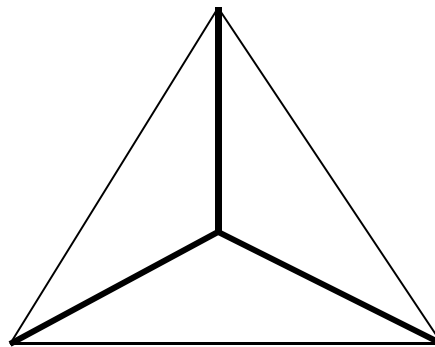
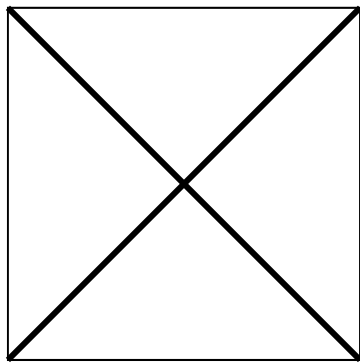
Meghatározás 2: erózió sorozatával. Leállási kritérium – amikor az erózió mindkét oldalról azonos pillanatban ér el egy pontot („préritúz” algoritmus)

További „csontváz” implementációs kérdések: ld. később **(2D TOPOLÓGIA)**

Csontváz meghatározása – préritűz algoritmus

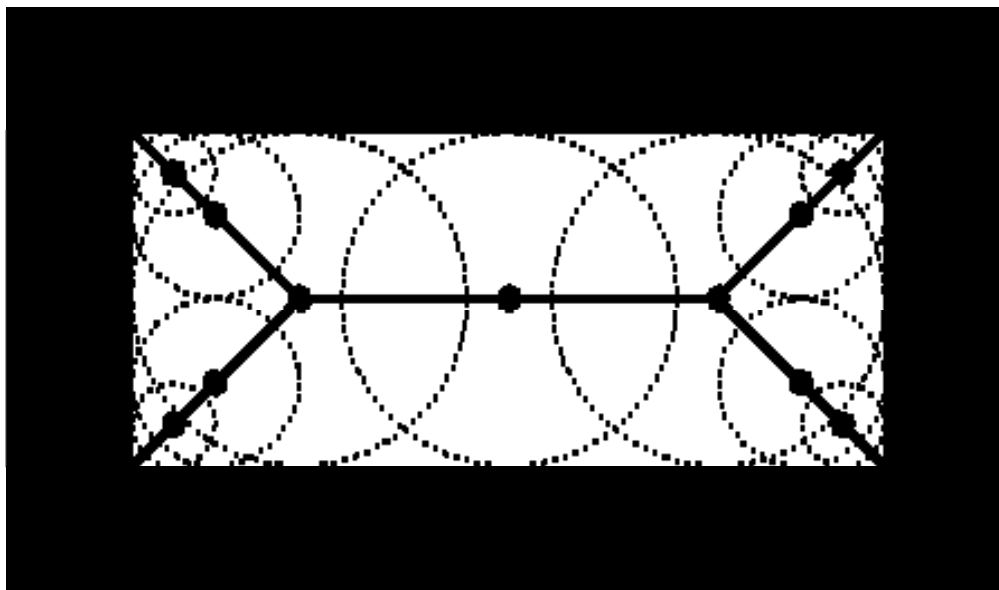
Ahol a kontúrról egyszerre indított tűzhullámok találkoznak...

- példák:



Csontváz meghatározása

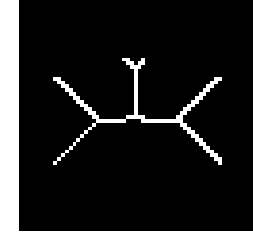
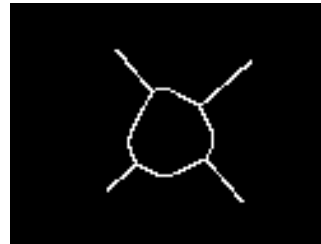
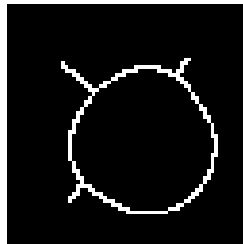
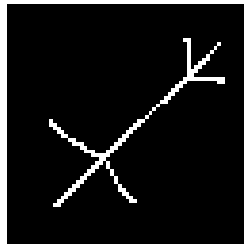
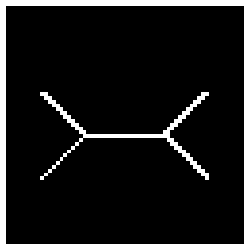
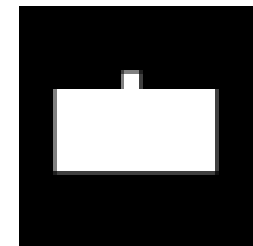
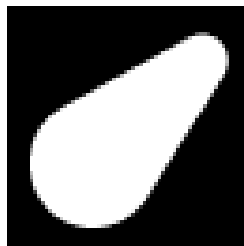
Definíció1 szerint : a maximális méretű még az objektumba foglalható diszkek súlypontjával jellemezve



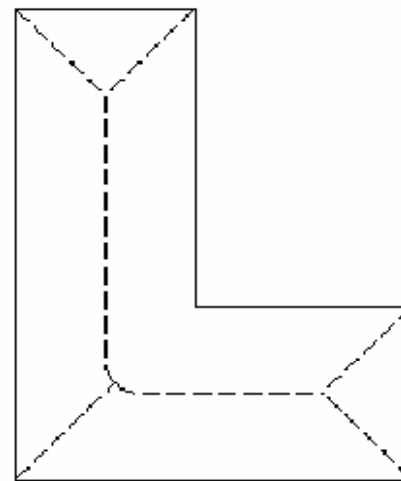
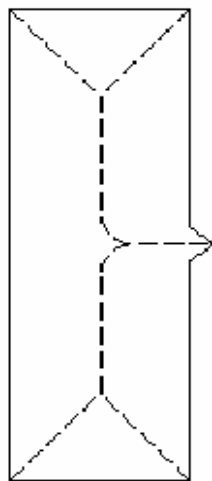
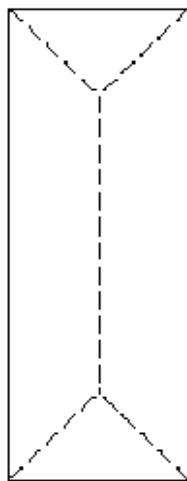
Csontváz meghatározása - példák

De!

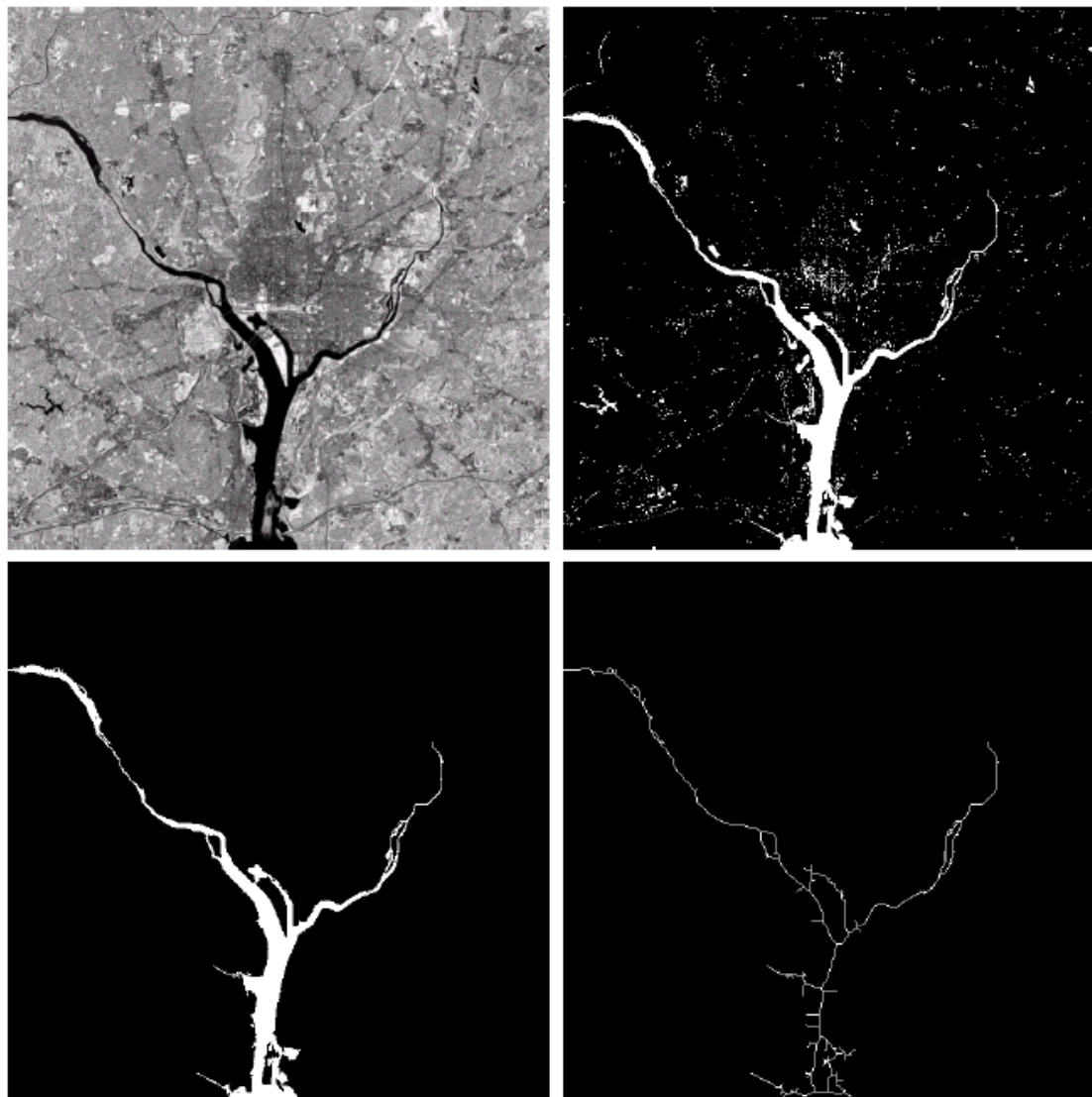
Már „kicsi” zaj hatására:



Csontváz - példák



Legnagyobb szomszédos régió, csontváz



a	b
c	d

FIGURE 11.21

(a) Infrared image of the Washington, D.C. area.

(b) Thresholded image. (c) The largest connected component of (b). Skeleton of (c).

Topológiai kitekintés

Ez a rész már csak rövid utalásként került említésre az óra végén:

A morfológiai szemlélettel definiált csontváz (skeleton) – mint GLOBÁLIS jellemző – egy lehetséges algoritmikus meghatározása a megismert morfológia műveletekhez hasonló LOKÁLIS TOPOLÓGIAI ablakműveletekkel

Megértéshez elég a topológiából megérteni:

„egyszerű pont” fogalma

Mi a topológia lényege?

*« A képek topológiai leírása szintén geometriai jellegű,
de a torzításoknak leginkább ellenálló képjellemzők
megragadásán alapul. »*

Stephen Barr, "Experiments in Topology", 1964
Forrás: ESIEE, Bertrand

Mi a topológia lényege?

- Topológia vs. morfológia

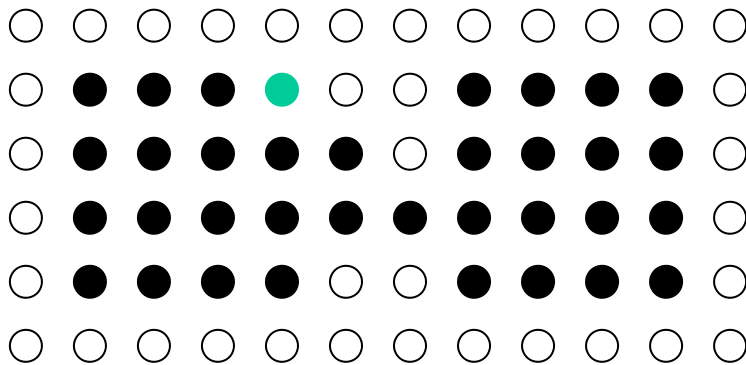
A két fogalom tehát kapcsolódik, ezért sokszor keveredik is!

- Morfológia inkább az alak, struktúra leírása
- Topológia: inkább az „összefüggő” elemek leírása

Topológia-megőrző transzformációk tulajdonságai

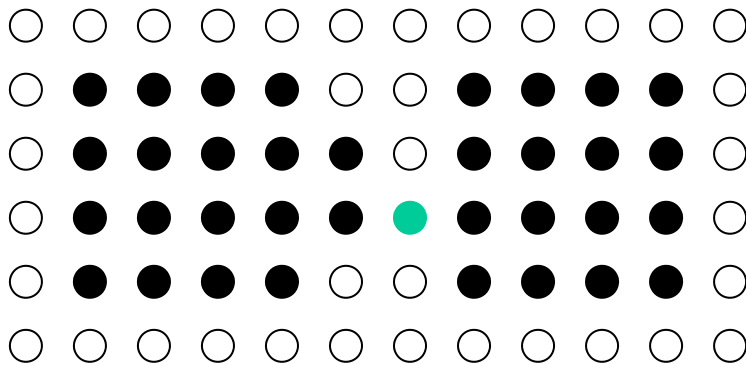
- Egy topológia- megőrző transzformáció után X és $\overline{X}$ összefüggő komponenseinek száma nem változik
- Definíció (2D-re): p **egyszerű pont** (X halmazra nézvést), ha hozzáadása vagy elvétele X -hez nem változtatja X és $\overline{X}$ összefüggő komponenseinek számát

Egyszerű pont: példa



Egyszerű pont X-ben

Egyszerű pont: ellenpélda

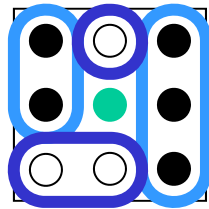


**Nem egyszerű pont (törlésével
kettévágunk egy objektum
komponenst)**

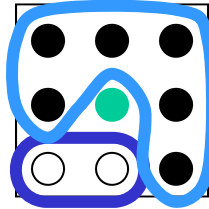
Egyszerű pont meghatározása lokális jellemzéssel?

IGEN, LEHETSÉGES!

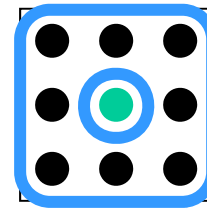
- $T(p)$ =összefüggő objektum komponensek száma
- $\overline{T}(p)$ =összefüggő komponensek száma a háttérben



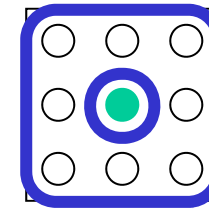
$T=2, \overline{T}=2$



$T=1, \overline{T}=1$



$T=1, \overline{T}=0$
Belső pont



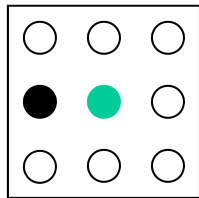
$T=0, \overline{T}=1$
Izolált pont

p egyszerű pont, ha $T(p) = 1$ és $\overline{T}(p) = 1$

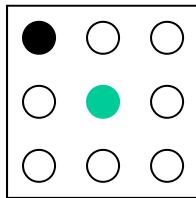
Csontváz algoritmus

- Y egy **csontváza** X-nek, ha X „egyszerű” pontjainak szekvenciális törlésével előállítható
- Ha Y csontváza X-nek és nem tartalmaz további egyszerű pontot, akkor Y **végső csontváza** X-nek
- Ha Y csontváza X-nek és Y nem-egyszerű pontokat és végpontokat tartalmaz, akkor Y egy **görbe-csontváza** X-nek

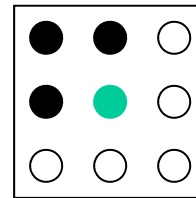
Végpontra példák



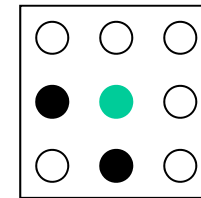
végpont (4)



végpont (8)

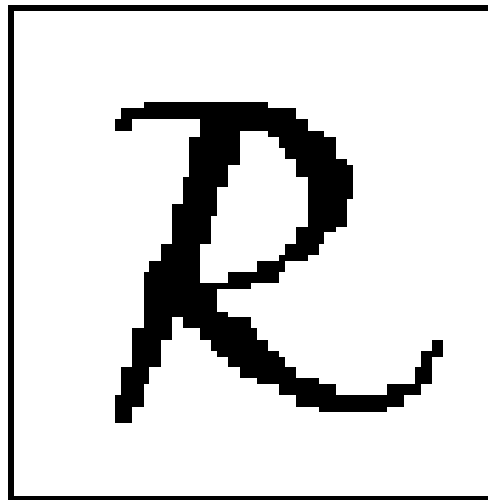


Nem-végpont



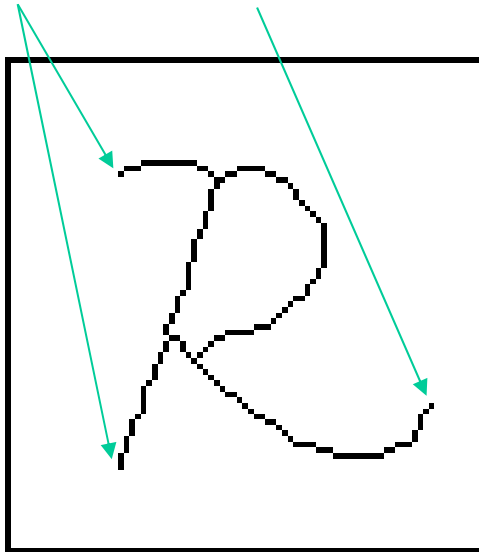
Nem-végpont

Csontváz (példák)



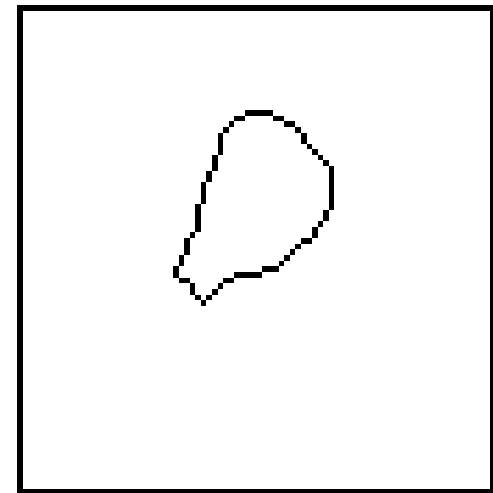
Eredeti kép

Végpontok megőrizve



„Görbe” csontváz alg.

Végpontok NEM megőrizve



„Végső” csontváz alg.

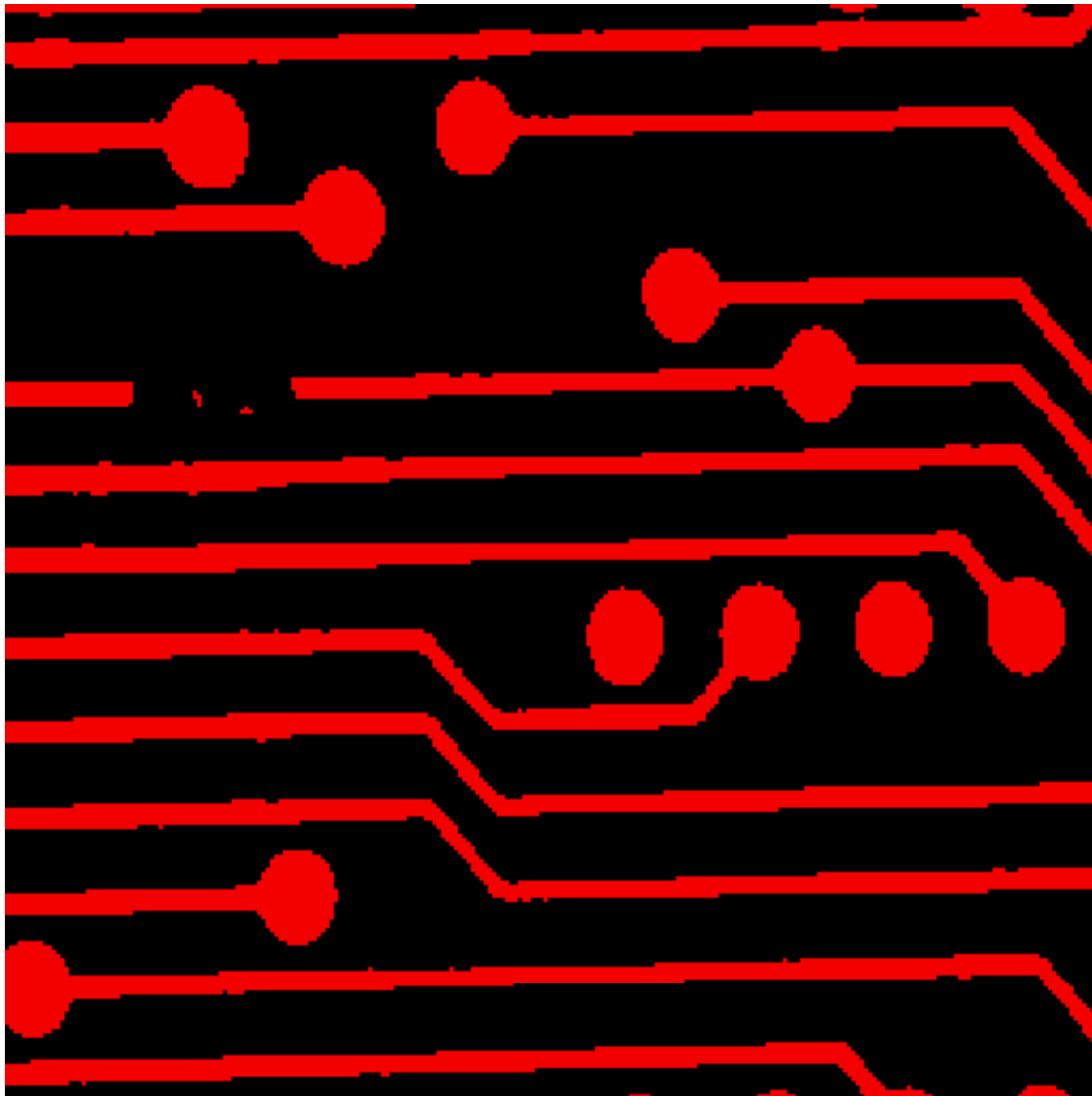
Összefoglalás – mit kell tudni?

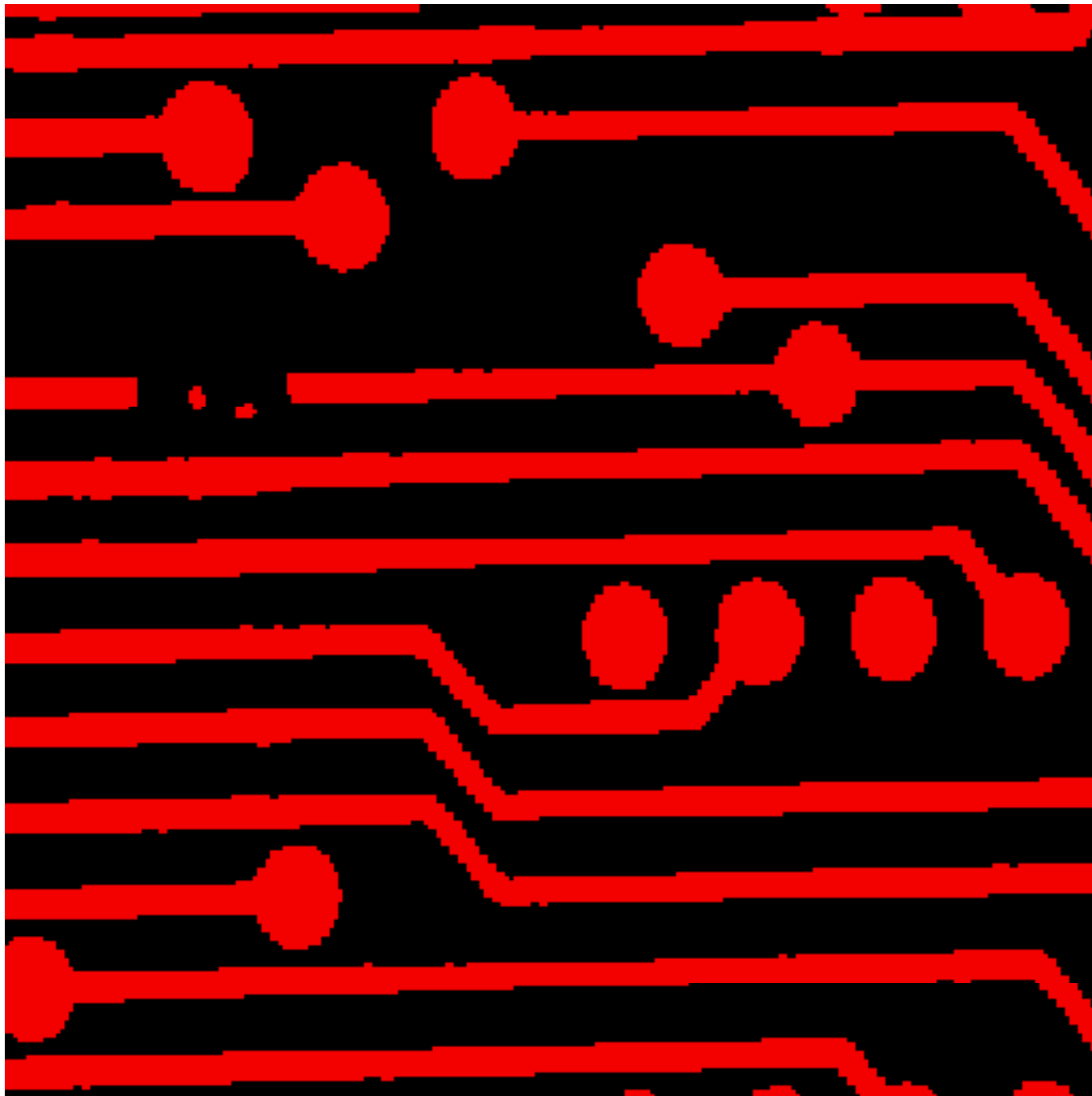
- Morfológiai alapfogalmak
- Fit és Hit műveletek
- Erozió (Fit műveleten alapul): objektumokat kicsinyíti
 - Objektumokat szeparálja, kis (zaj) objektumokat eltünteti)
- Dilatáció (Hit műveleten alapul): objektumokat nagyítja
 - Objektumokban a lyukakat eltünteti
- Objektumok kontúrjának megkeresése
- Nyitás (Erozió + Dilatáció)
 - Mint az erózió de kevésbé romboló
- Zárás (Dilatáció + Erozió)
 - Mint a dilatació de kevésbé romboló
- Hit and Miss műveletek
- Csontváz meghatározása

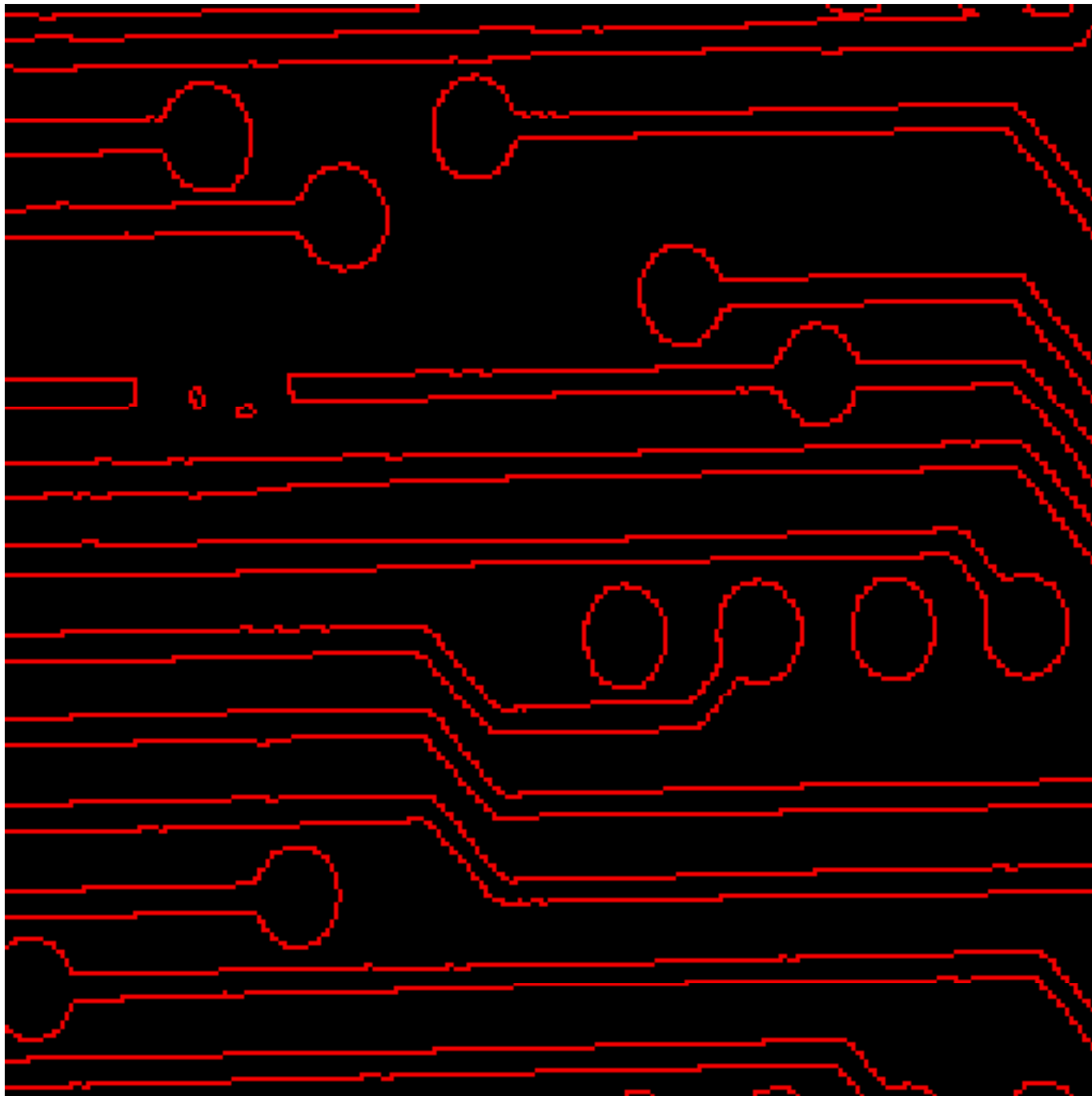
Demo alkalmazások bemutatása

1. Dilatáció

Kontúr meghatározása NYÁK felvételen

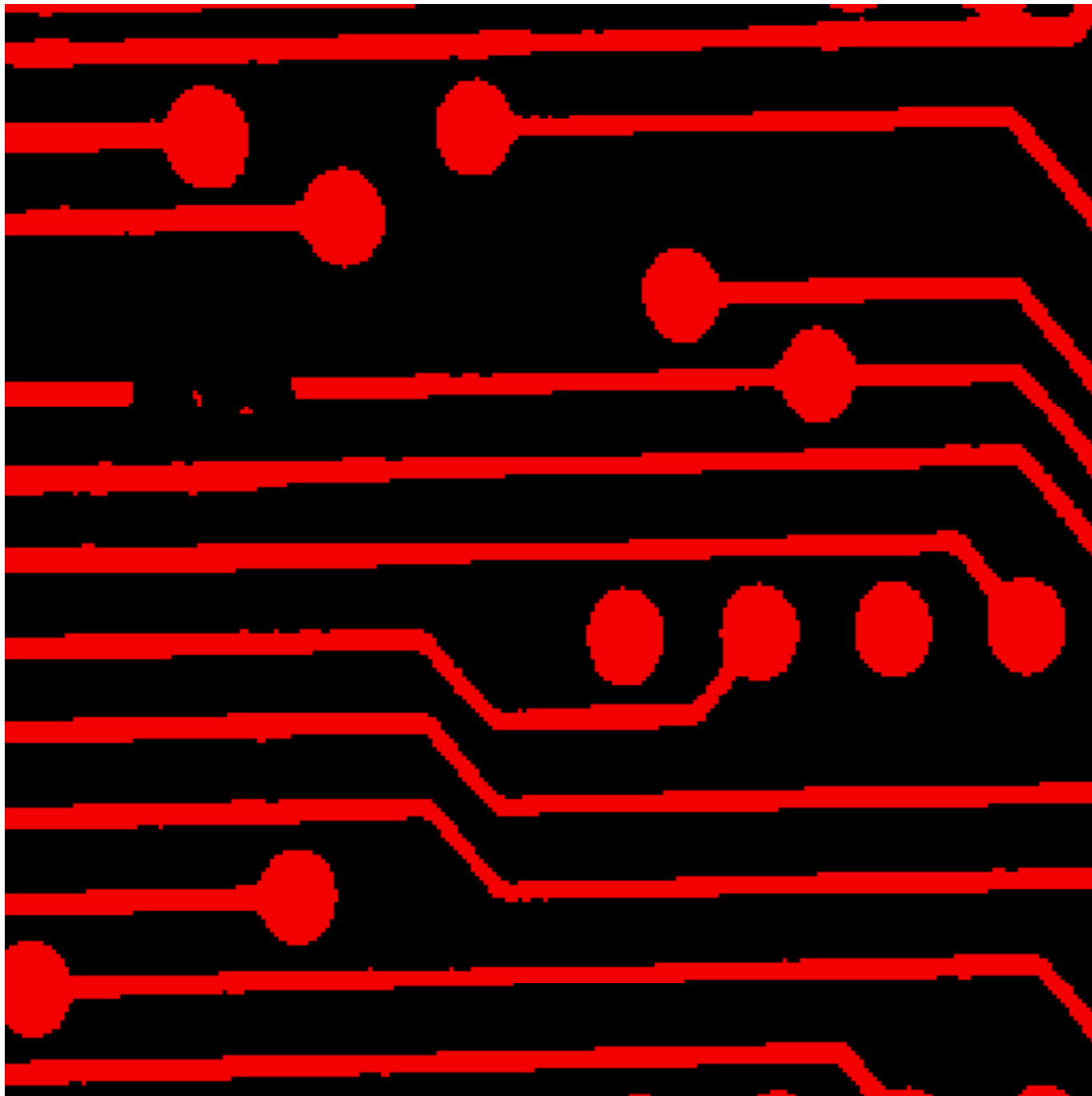


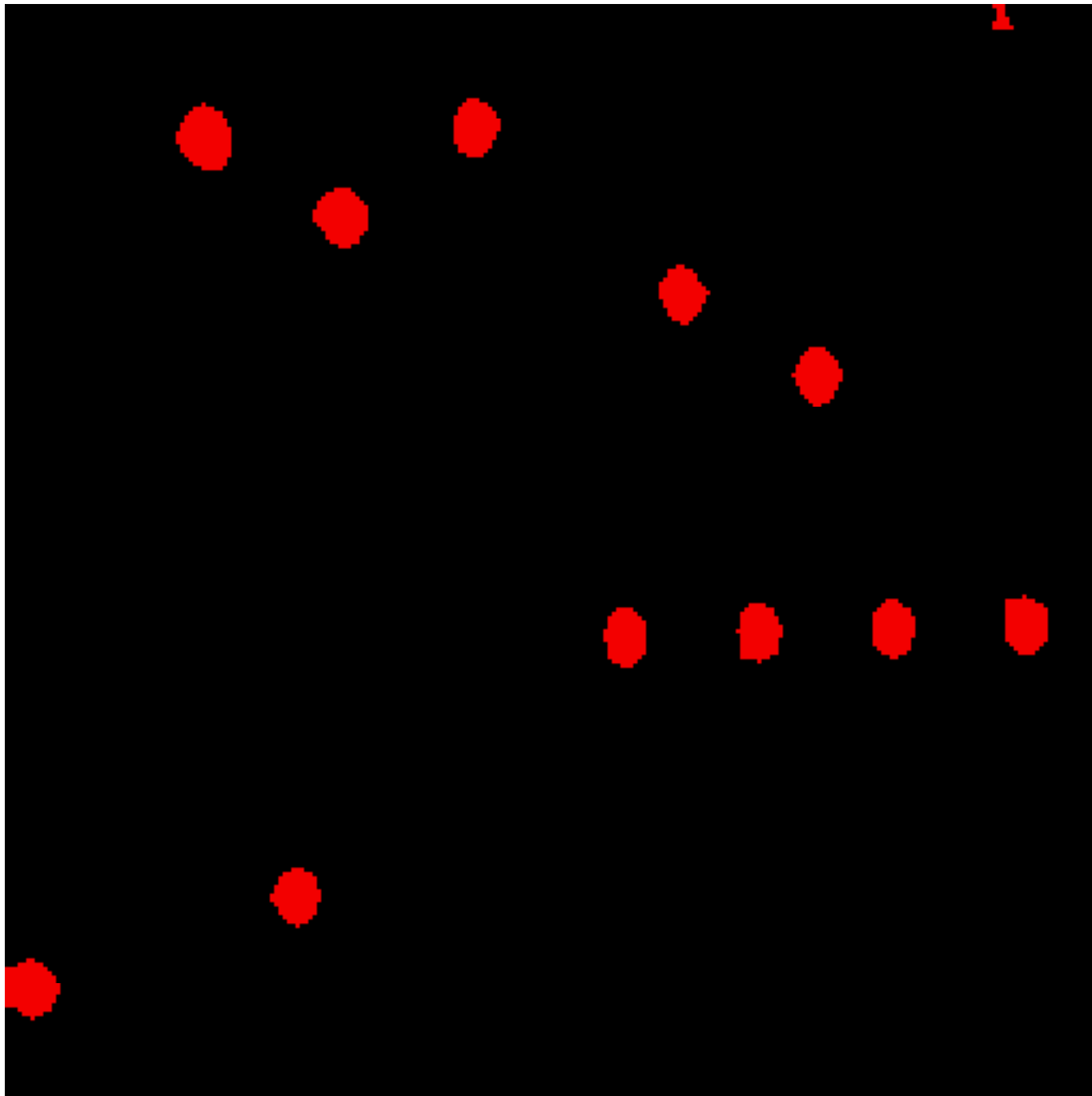


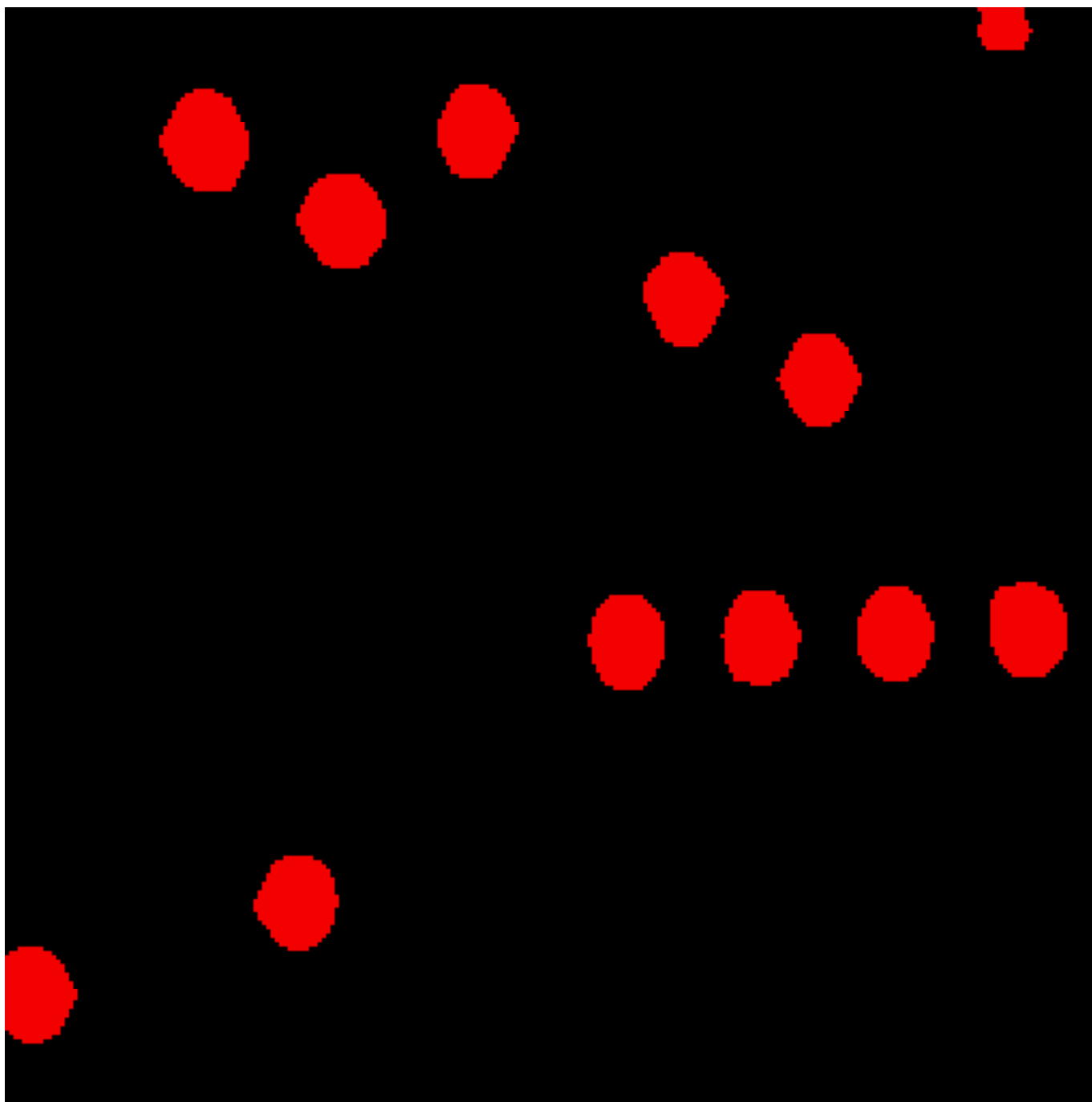


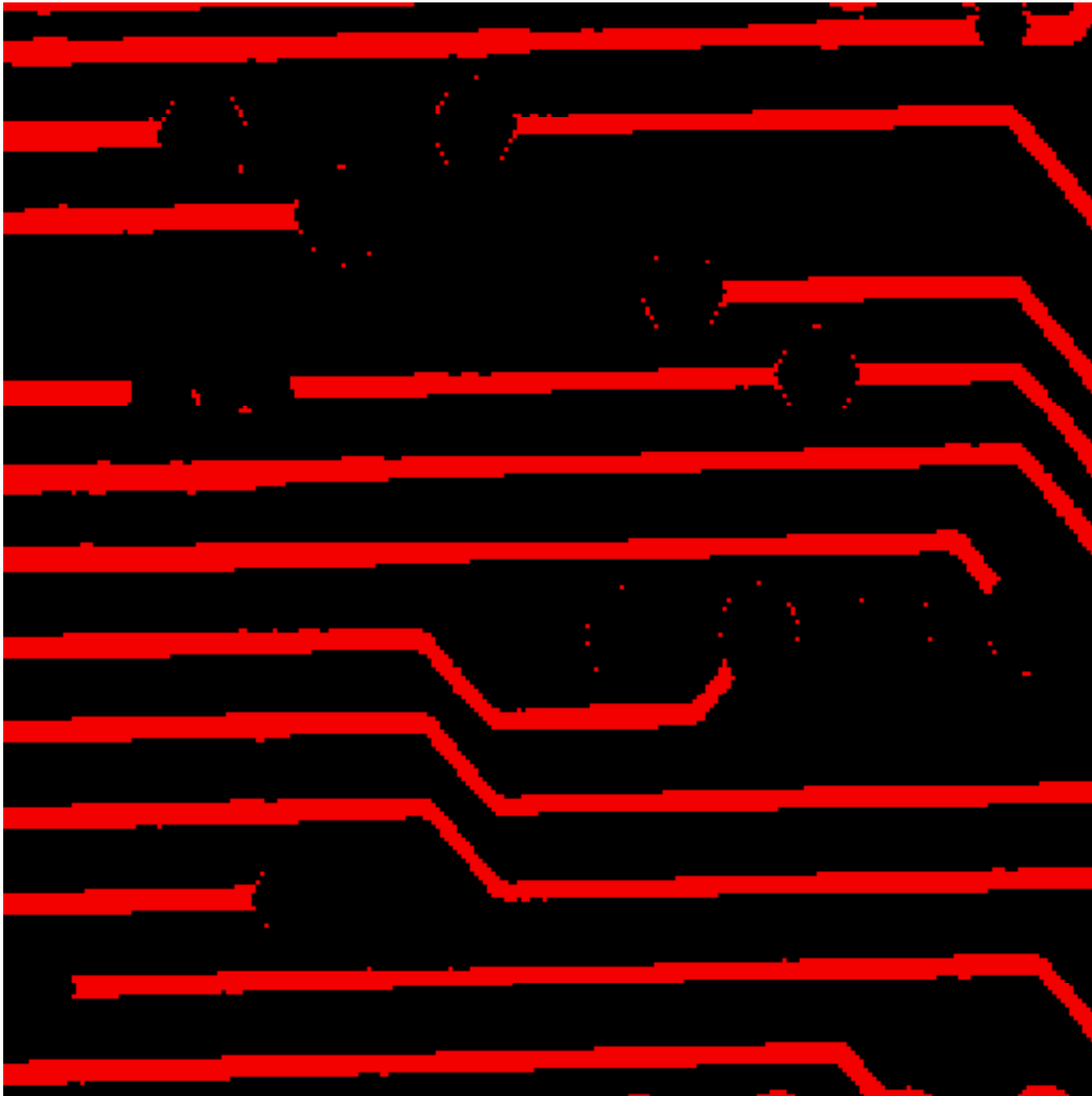
2. Nyitás és zárás

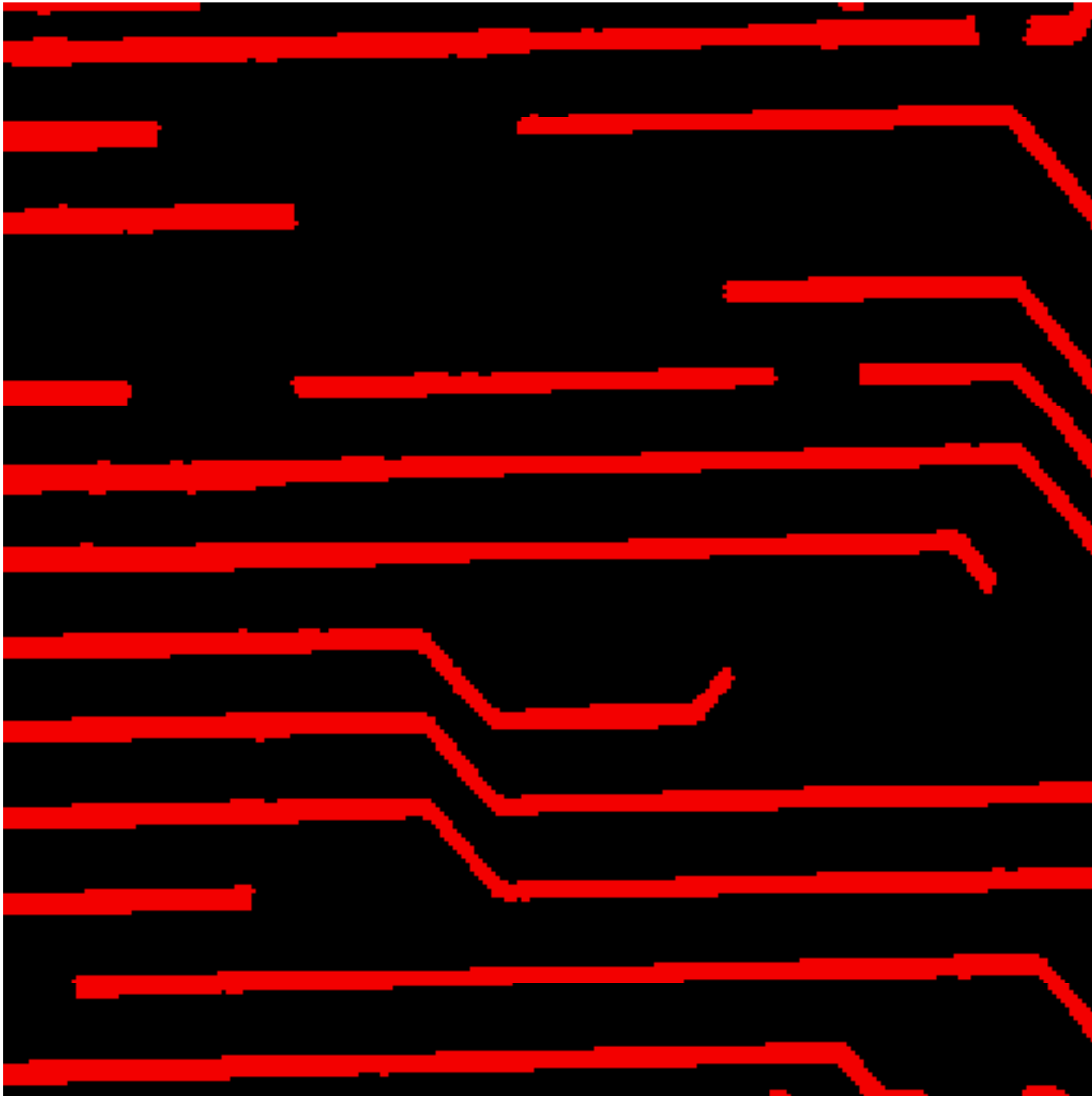
Vezetékek és forrűlek elkűlönítése NYÁK felvételeken

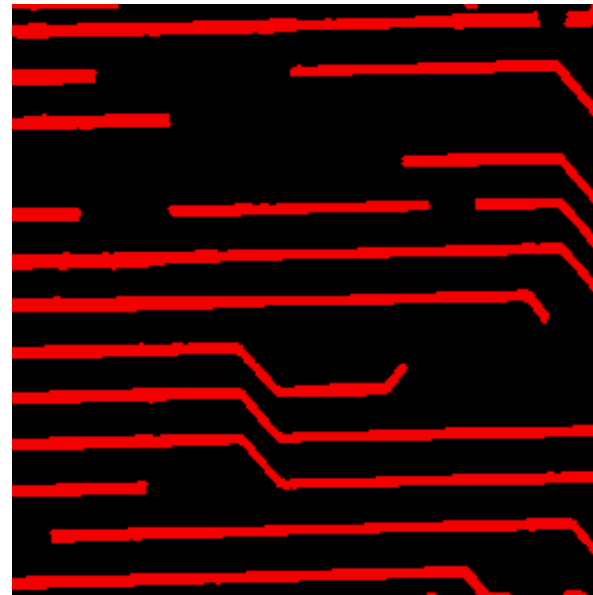
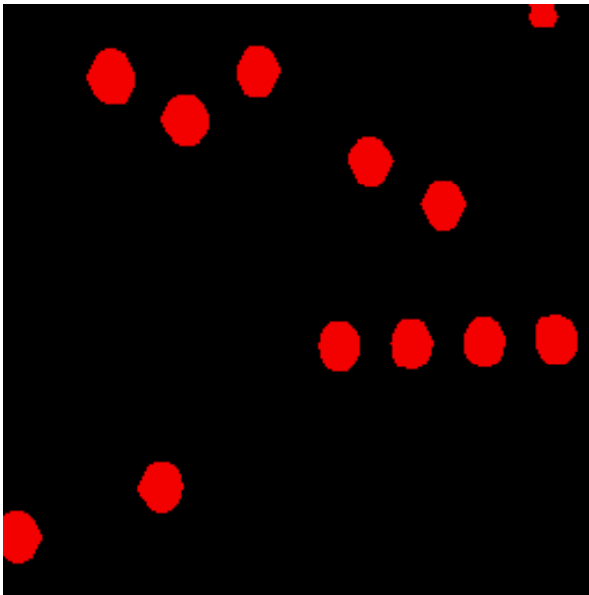
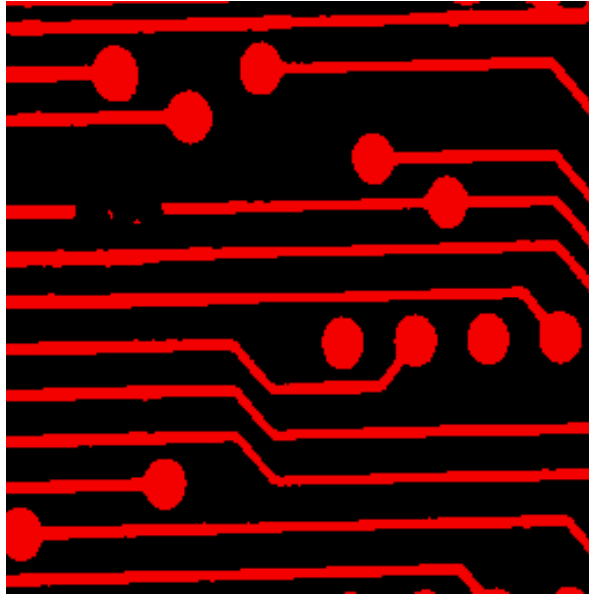








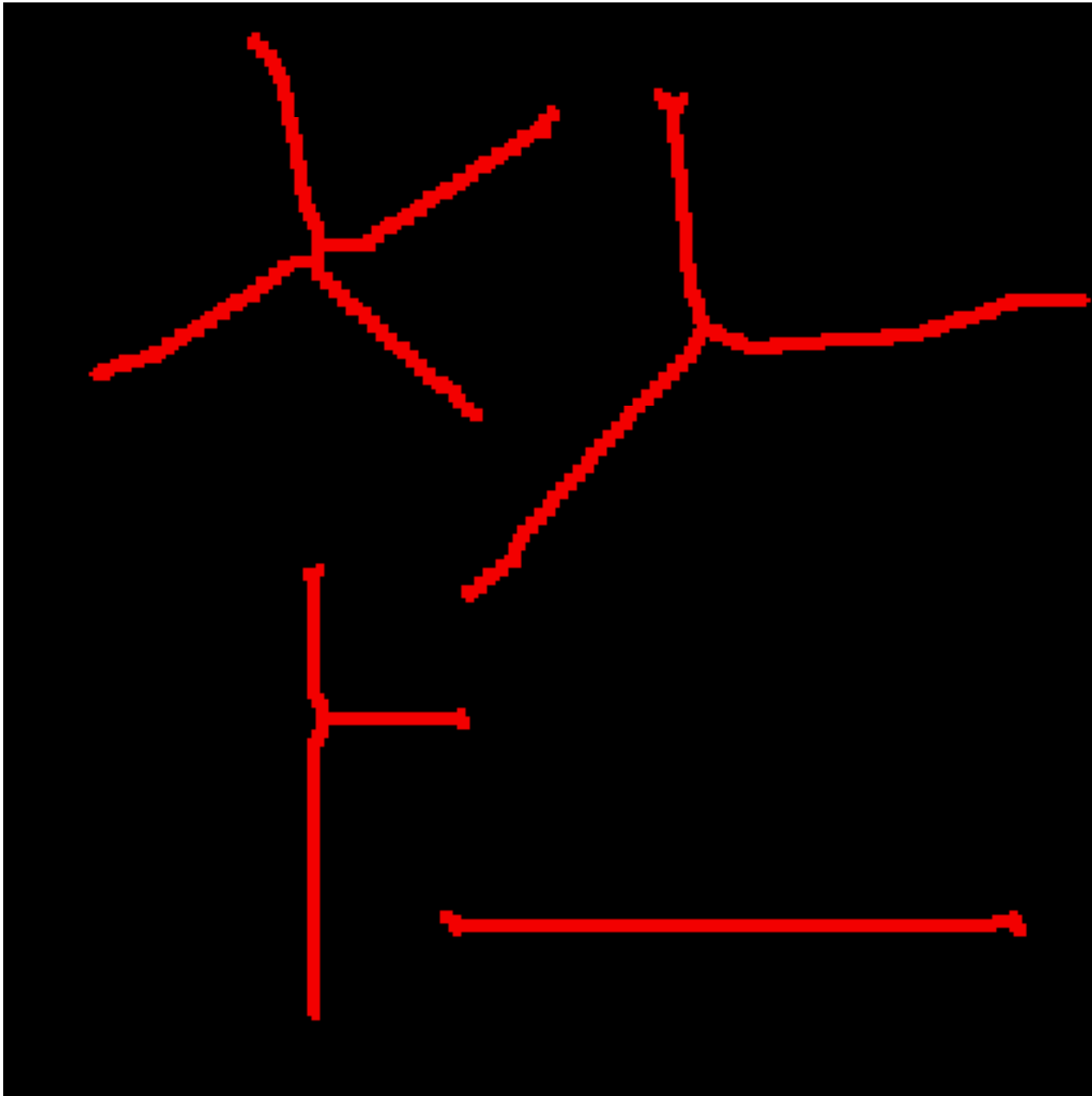




3. „Hit and Miss” jellegű operátorok

Példa: „csontváz” meghatározására

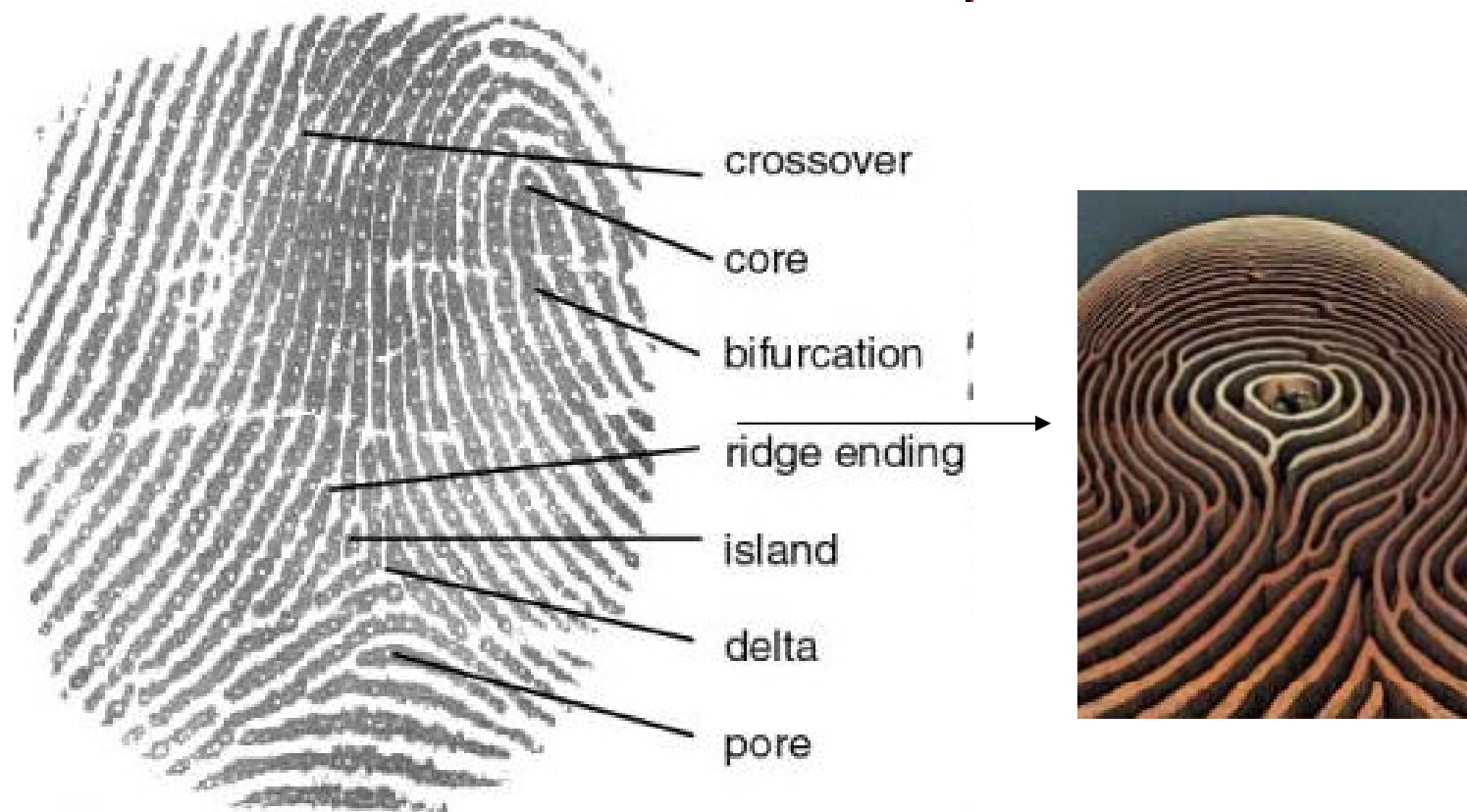






4. Ujjlenyomat felismerés

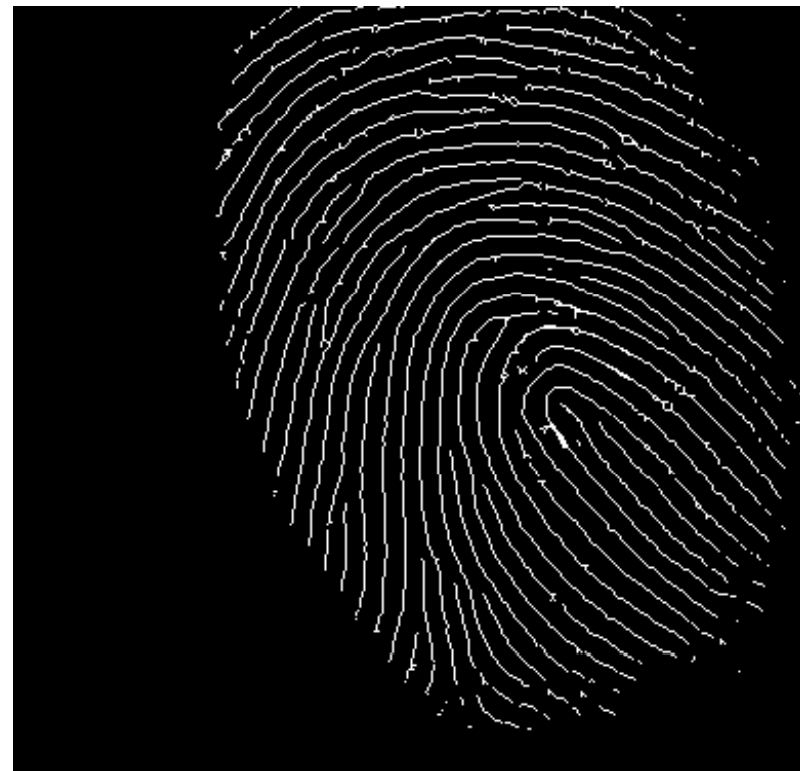
Ujjlenyomat felismerés



Ujjlenyomat felismerés

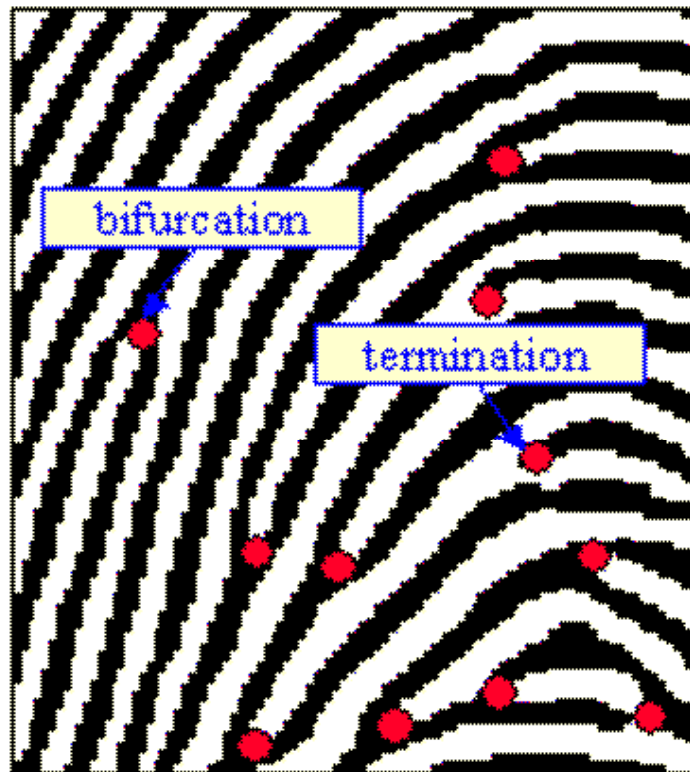


Ujjlenyomat – bináris kép



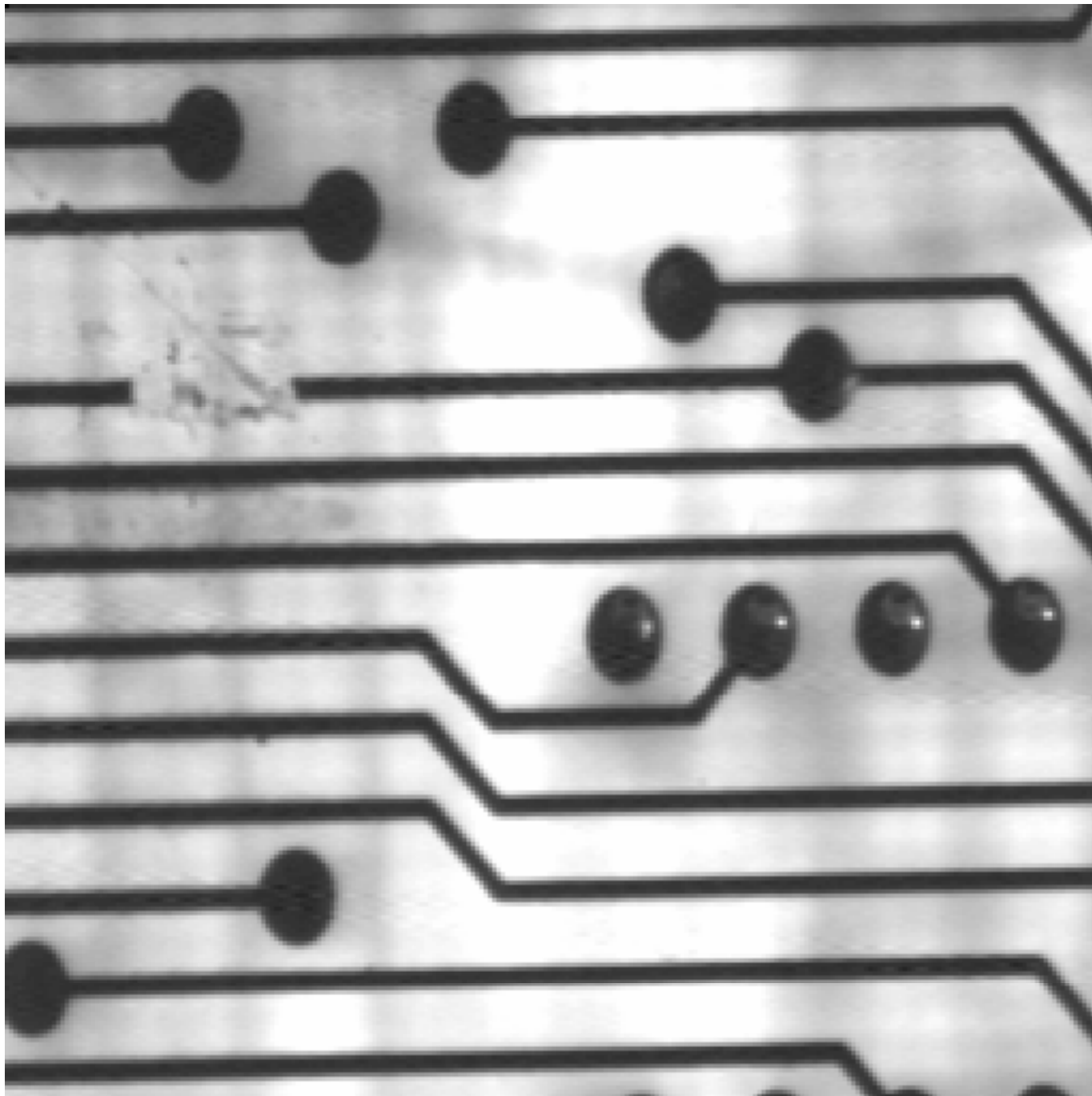
Csontváz

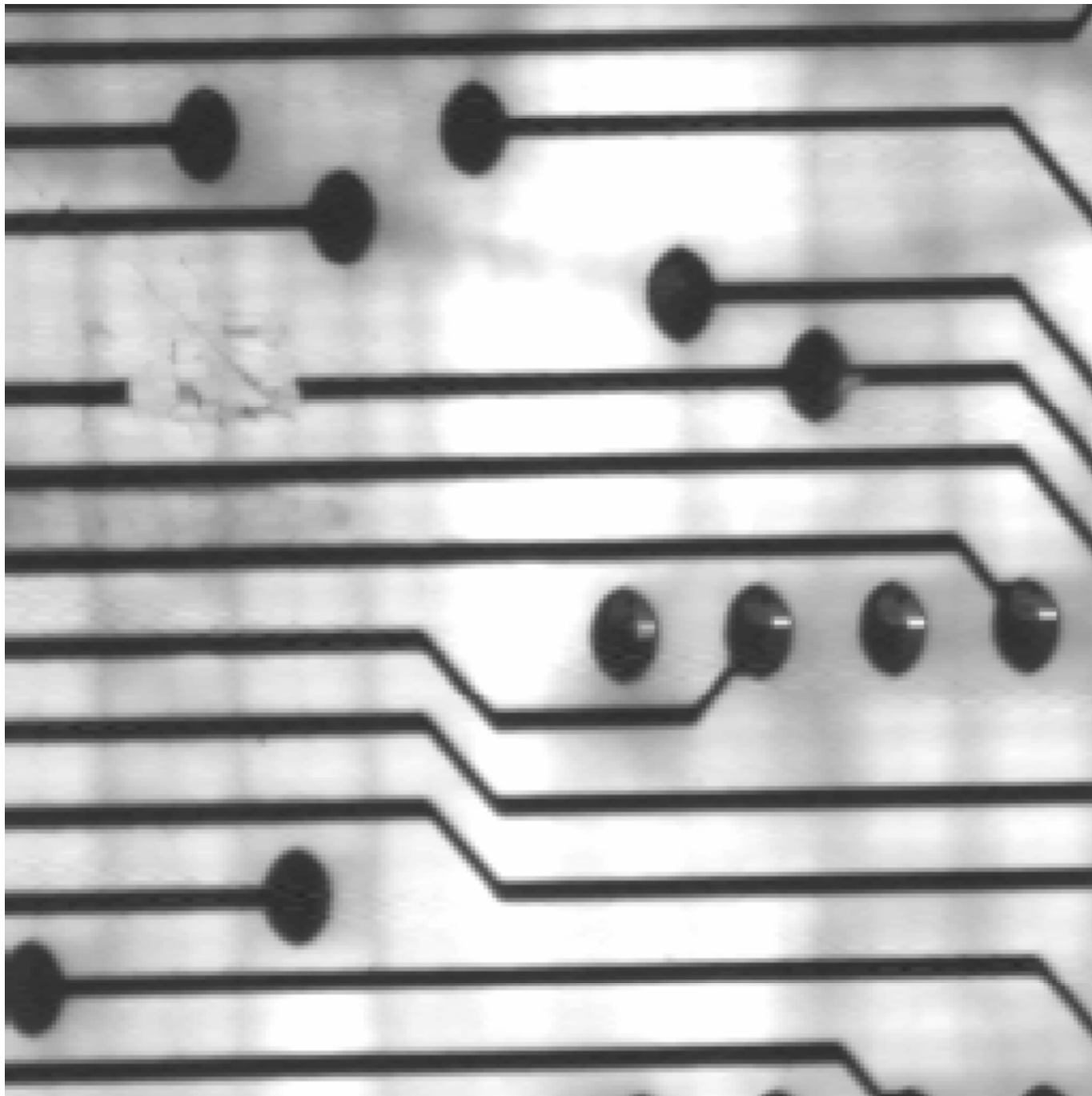
Ujjlenyomat felismerés

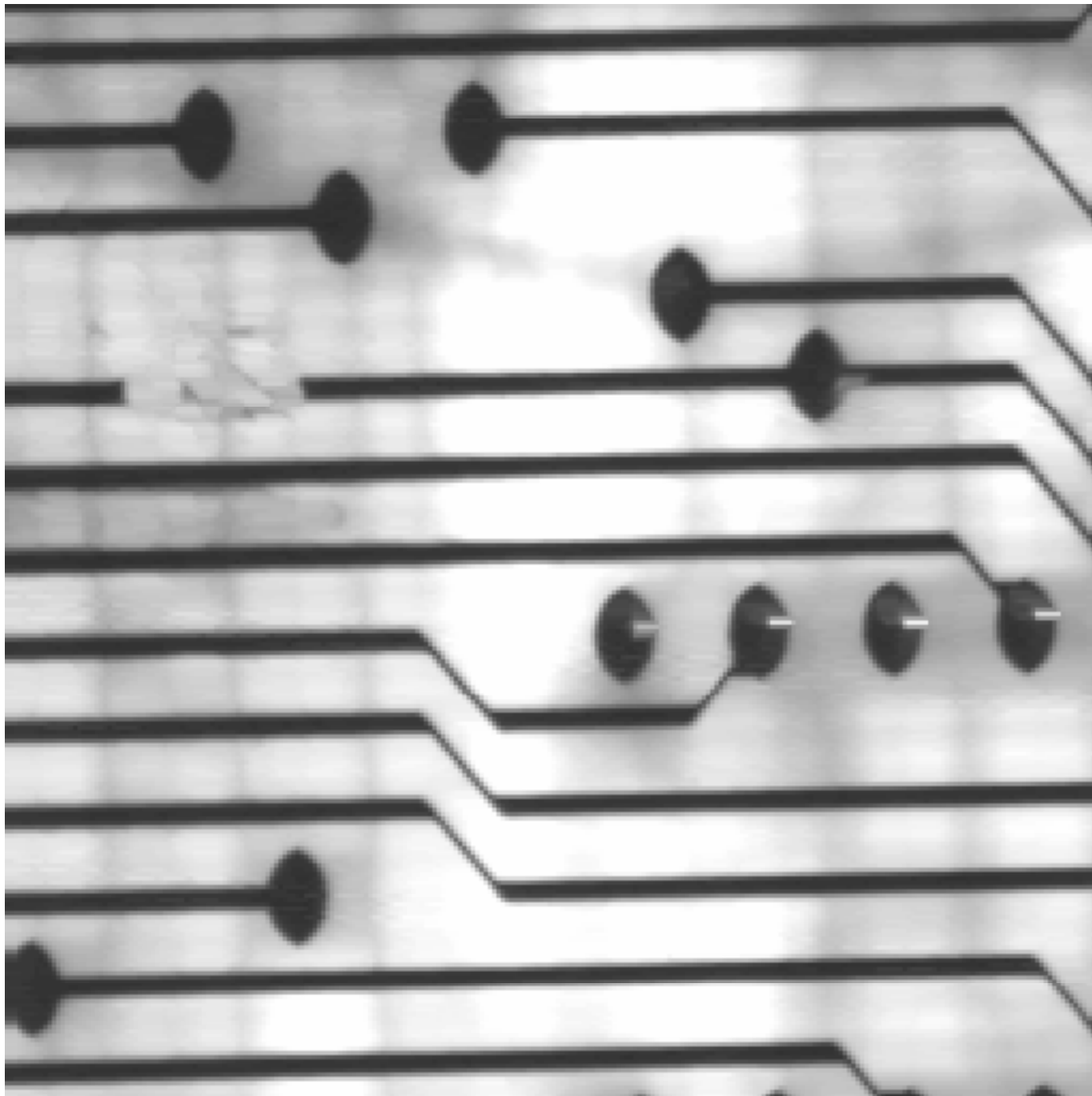


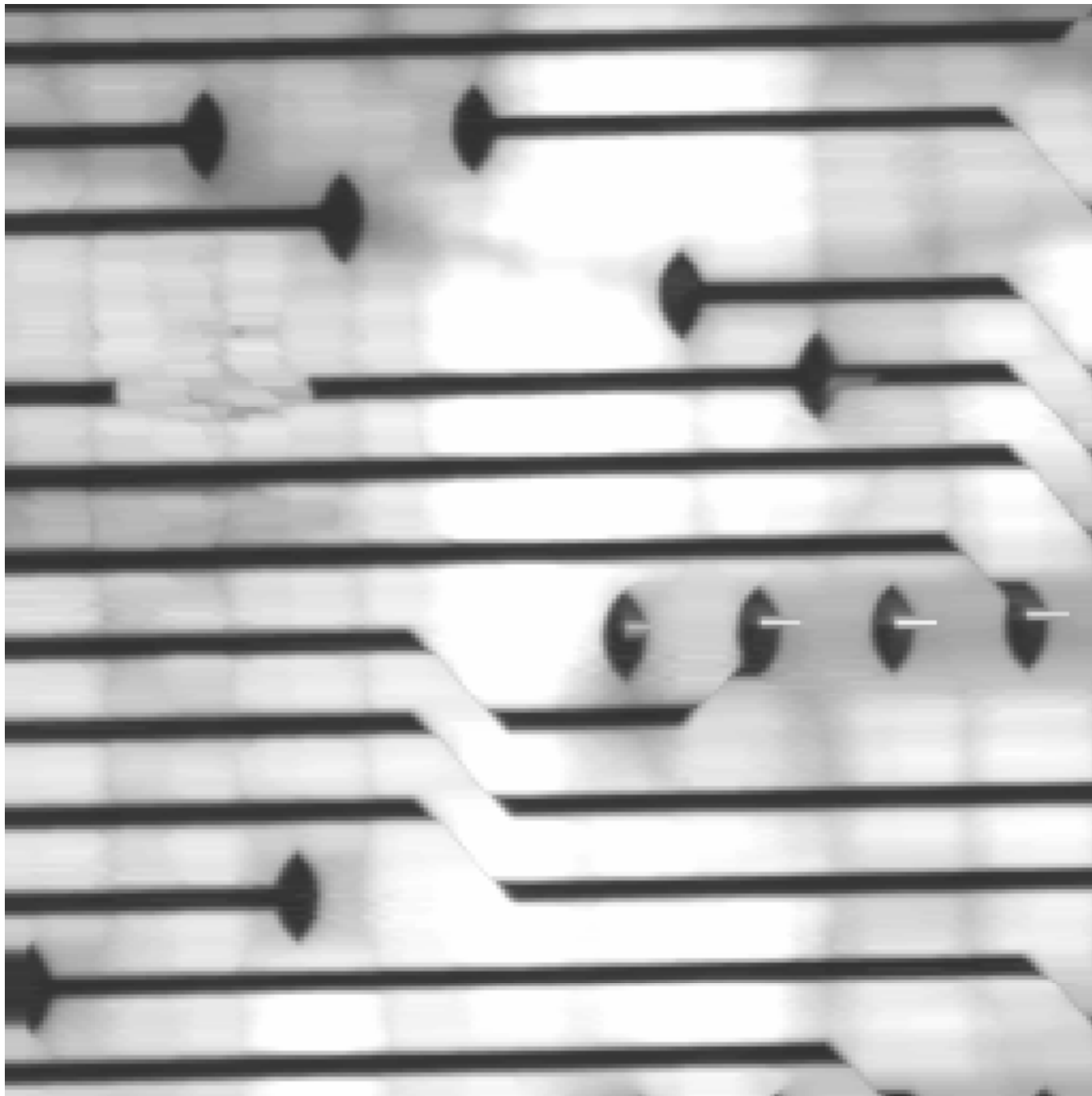
5. Decimális Morfológia

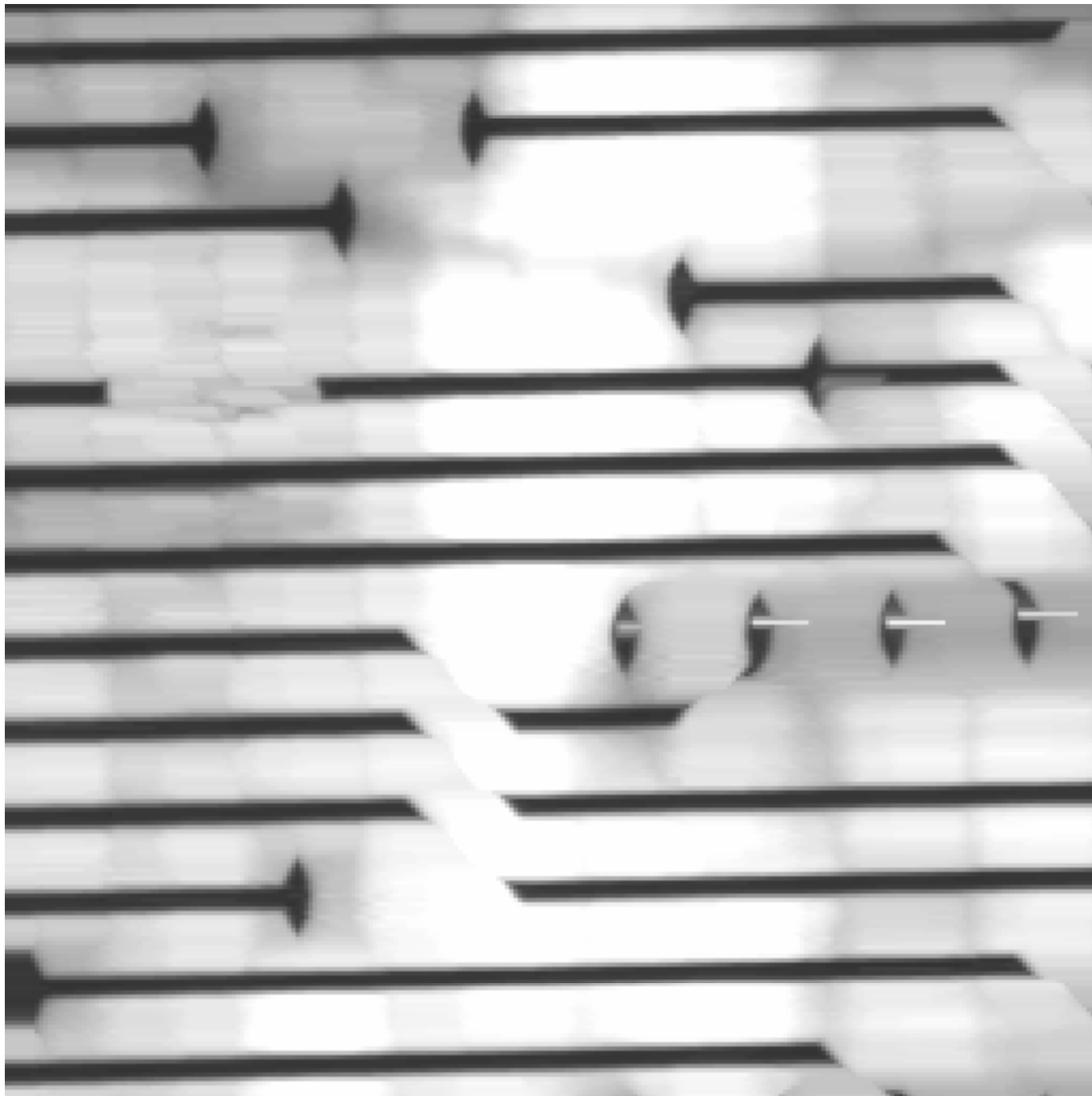
Gradált képekre közvetlenül alkalmazható

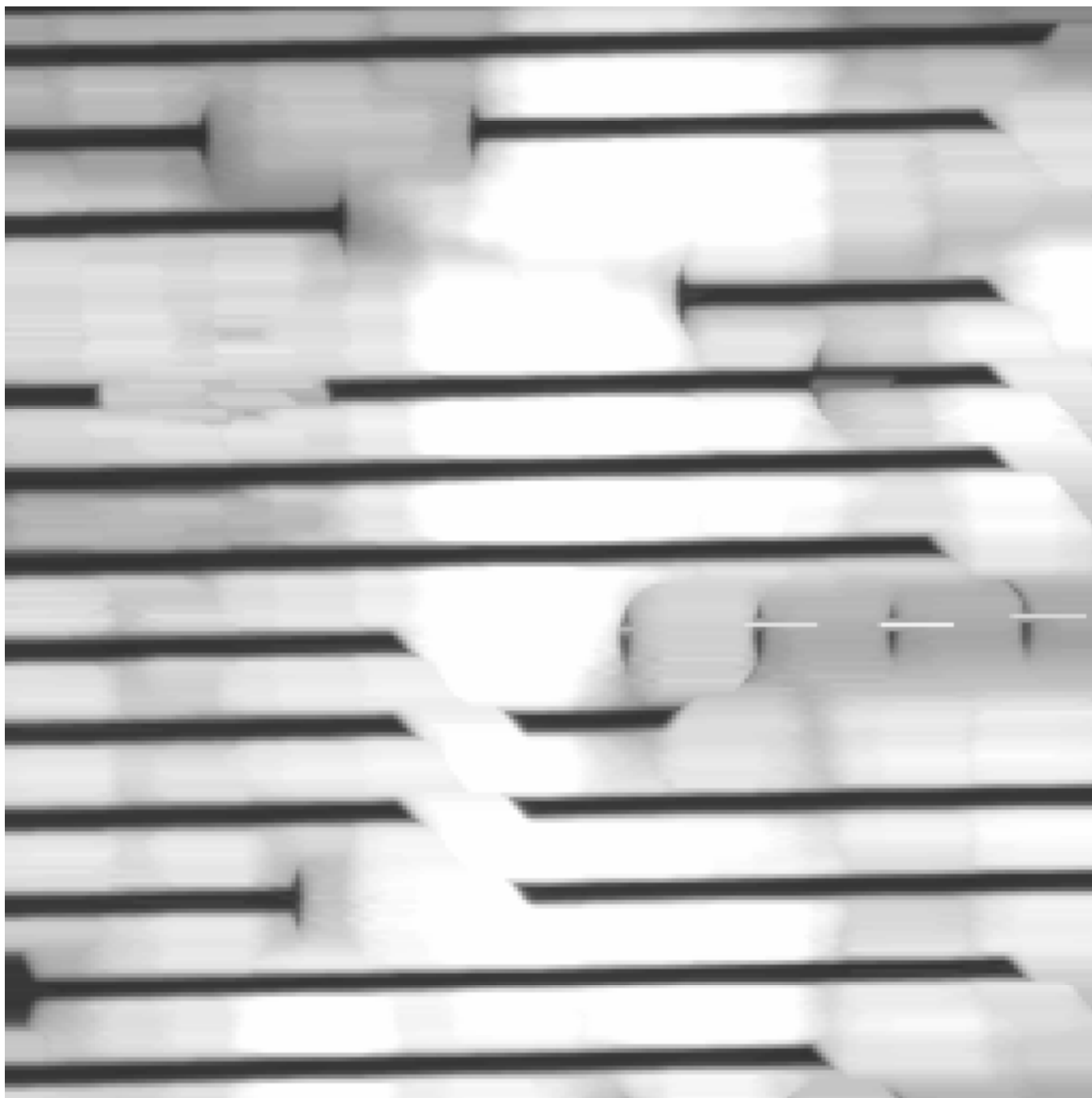


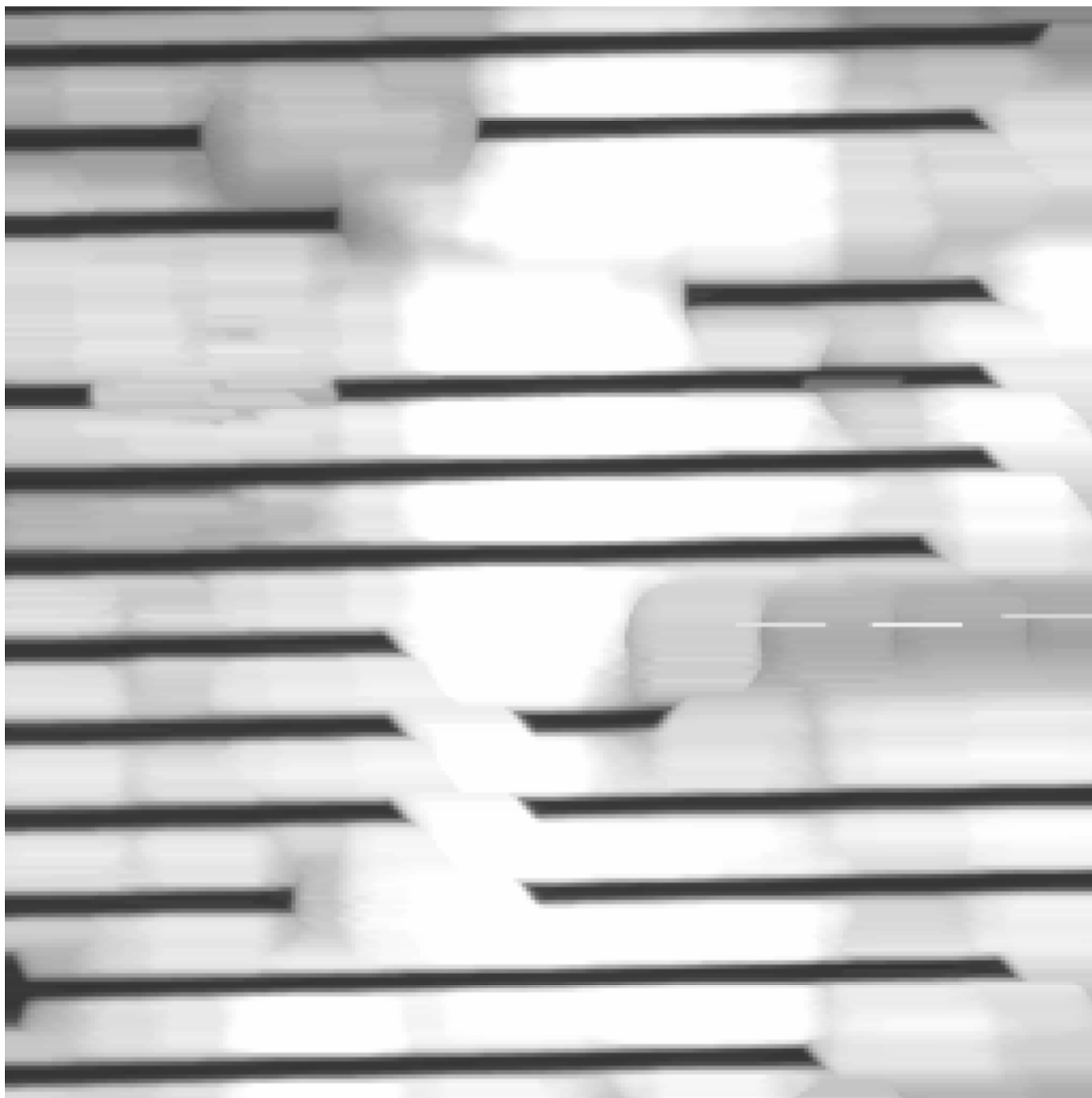












5. Decimális morfológia alapú gradiensképzés

Kvalitatív összehasonlítás más módszerekkel



MorMORFOLÓGIÁgradiens képzés



Sobel operátor



Prewitt operátor



