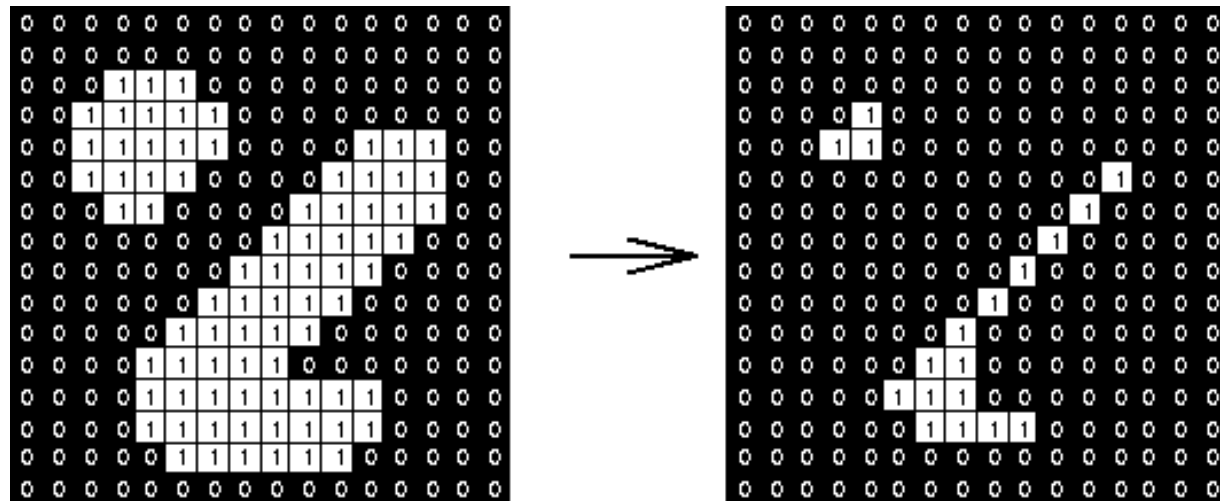


Erozja

- » Erozja jedna z dwóch najprostszych operacji morfologicznych



- » Wykorzystuje element strukturalny SE:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Set of coordinate points =

{ (-1, -1), (0, -1), (1, -1),

(-1, 0), (0, 0), (1, 0),

(-1, 1), (0, 1), (1, 1) }

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



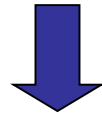
Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 0 | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| | 0 | 0 | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



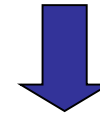
Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--|--|--|

Prosty przykład erozji

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|--|

Element strukturalny SE

- » SE może mieć różne rozmiary
- » Zazwyczaj, przyjmuje wartości 0,1 lub NIC !!!
- » Mogą pojawić się „Puste miejsca” w SE.

Box



| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Disc



| | | |
|---|---|---|
| | 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 | 1 | 1 | |
| | | 1 | 1 | 1 | | |

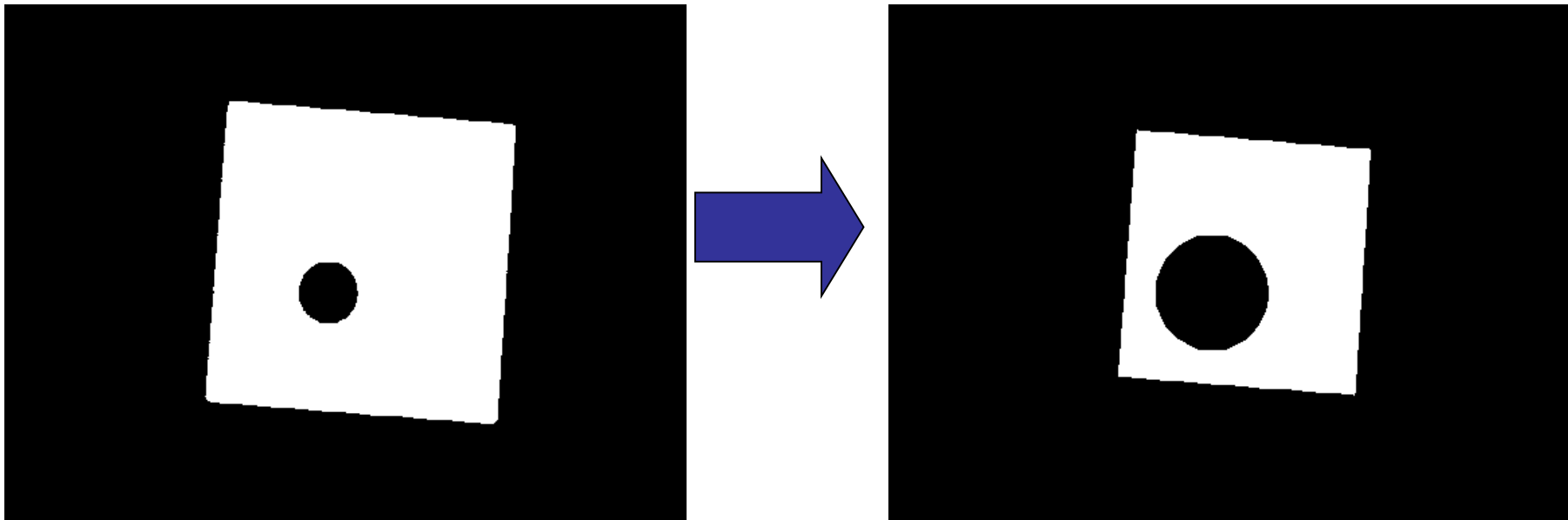
| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | | 0 |

| | | |
|---|----|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 10 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Dylatacja & Erozja

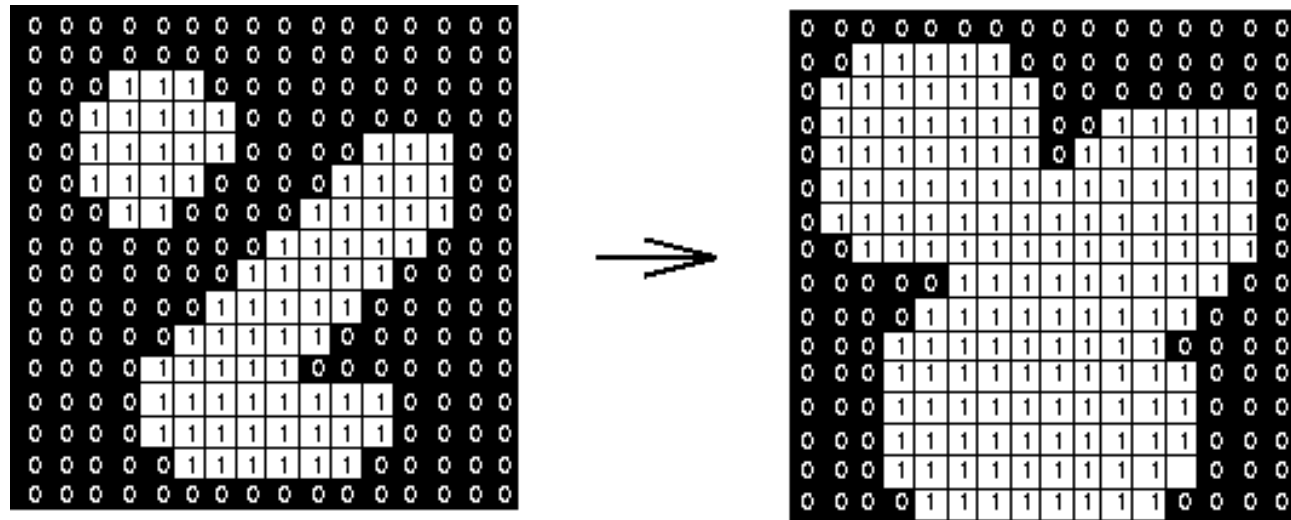
- » Podstawowe operacje.
- » Są swoim dopełnieniem:
 - Erozja „kurczy” obiekty, „rozszerza” tło
 - Dylatacja „rozszerza” obiekty, „kurczy” tło

Przykład erozji



Dylatacja

Dylatacja



» Wykorzystuje element SE:

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Set of coordinate points =

{ (-1, -1), (0, -1), (1, -1),
 (-1, 0), (0, 0), (1, 0),
 (-1, 1), (0, 1), (1, 1) }

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|

Dylatacja

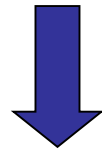
Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | 0 | | | | | | | |
|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | 0 | 1 | | | | | | |
|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| | 1 | 0 | 1 | 1 | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|



Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|

Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|--|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|

Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|--|

Dylatacja

Obraz wejściowy

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

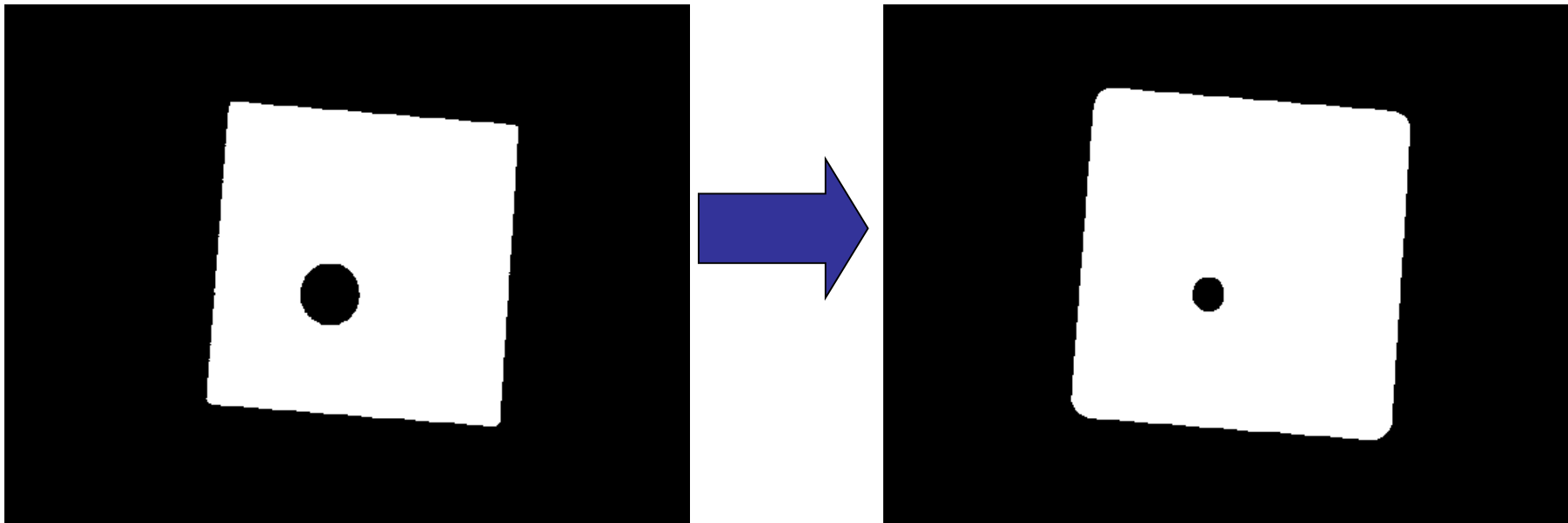
Element SE

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|

Obraz wyjściowy

| | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|--|

Przykład dylatacji



Czy obraz jest jaśniejszy czy ciemniejszy?
Czy można na tej właściwości zdefiniować
erozję?

Operacje morfologiczne

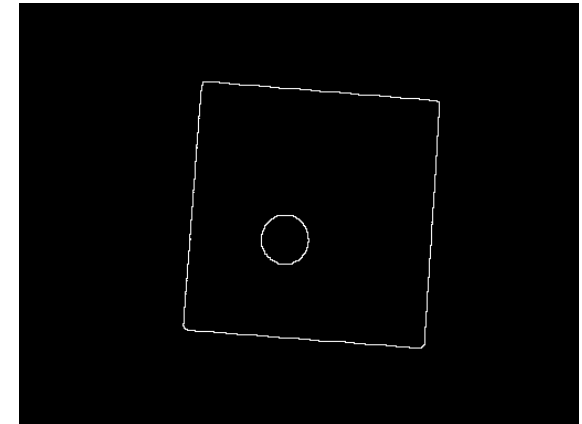
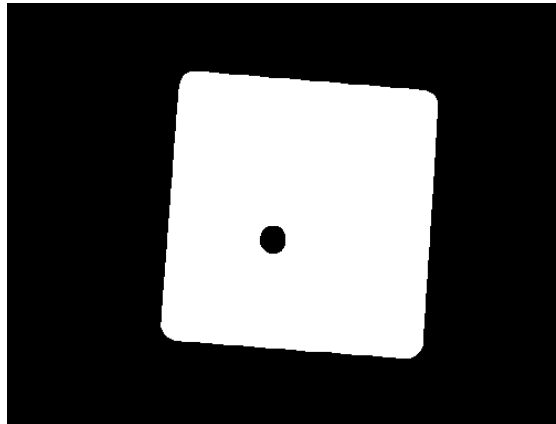
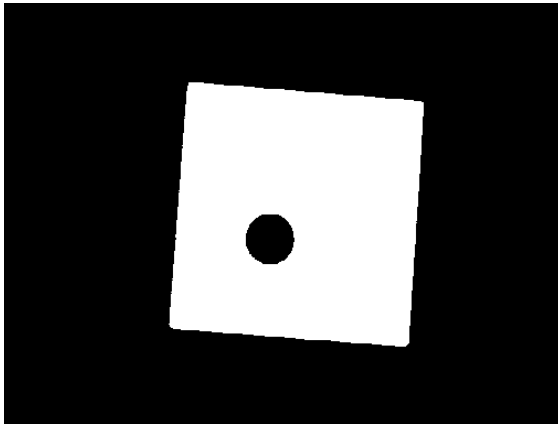
Operacje morfologiczne dla obrazów w skali szarości:

- Erozja -> Filtr Minimalny
- Dylatacja -> Filtr Maksymalny

Wyjaśnienie -> tablica

Detekcja krawędzi - BW

1. Dylatacja obrazu wejściowego
2. Odejmij obraz wejściowy od obrazu po dylatacji
3. Pozostają tylko krawędzie



Otwarcie & Zamknięcie

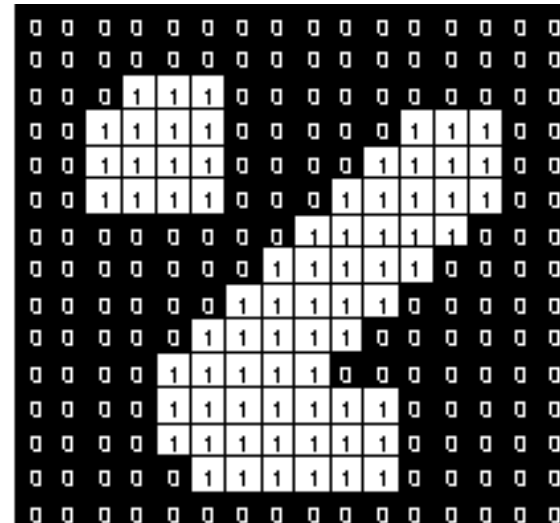
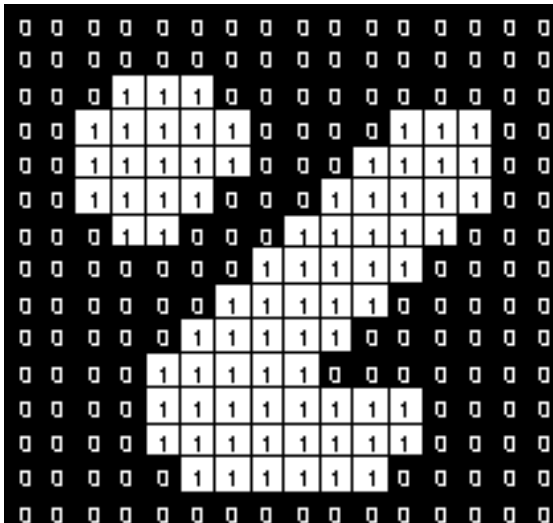
- » Bazują na operacjach podstawowych:
 - Dylatacja
 - Erozja
- » Zwykle stosowane do obrazów BW, ale można stosować do obrazów w skali szarości
- » Otwarcie i zamknięcie dopełniają się na wzajem

Otwarcie

- » Podobna do erozji
 - Usuwa zakłócenia impulsowe
- » Erozja, następnie dylatacja
- » Taki sam SE dla obu operacji.
- » SE zawiera tylko 1.

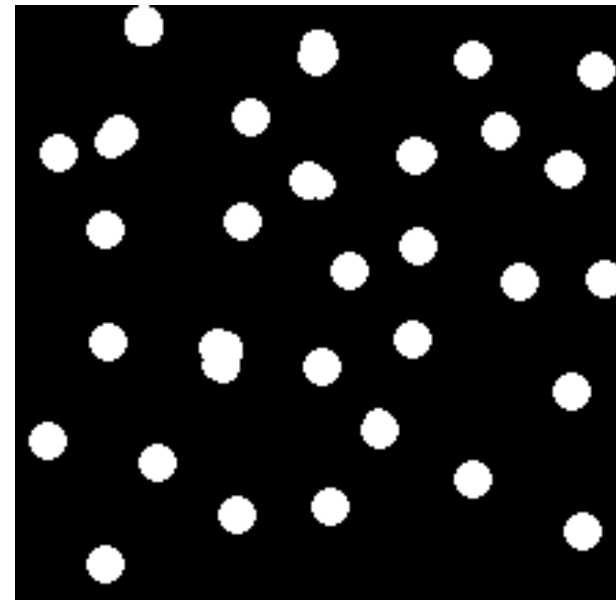
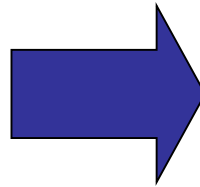
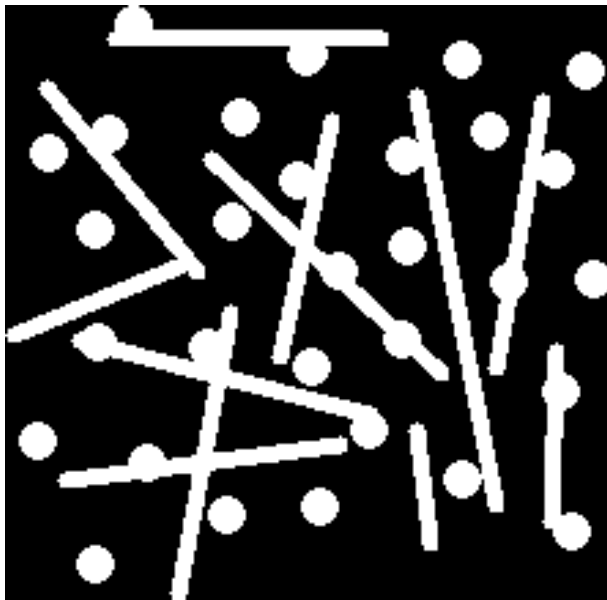
Otwarcie

» SE: kwadrat 3x3



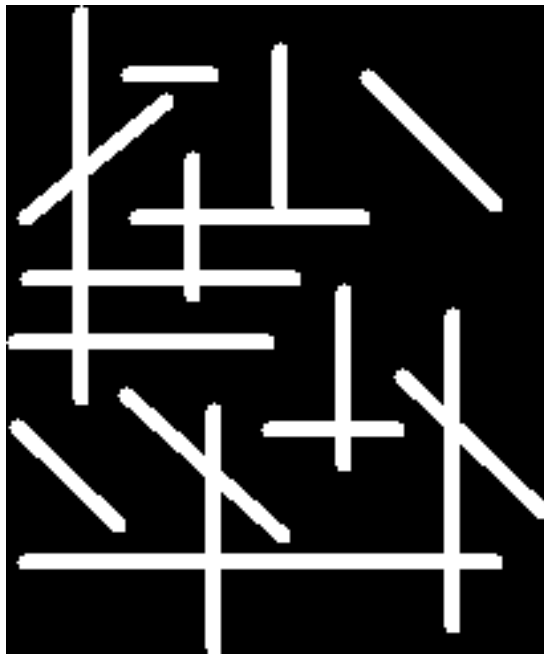
Otwarcie - przykład

» Otwarcie, dysk – 11 pikseli



Otwarcie - przykład

» SE: 3x9 i 9x3



3*9

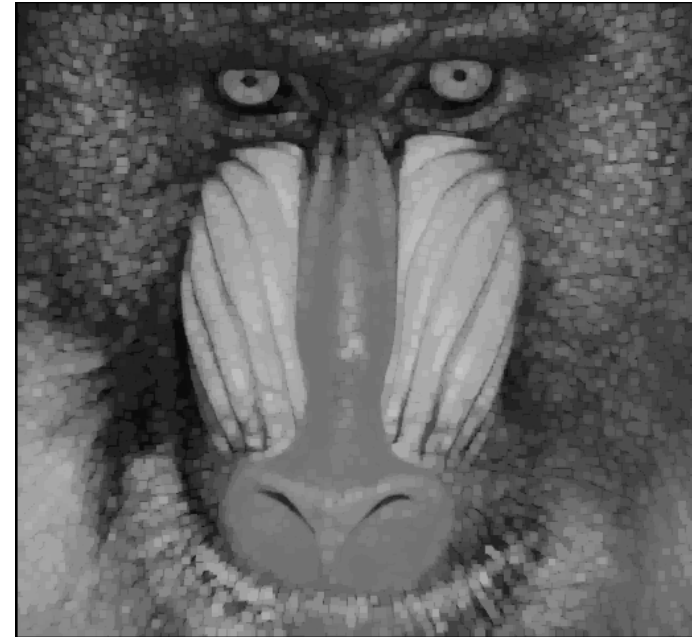
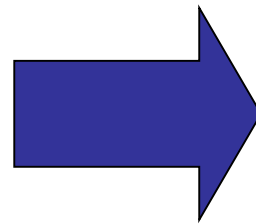
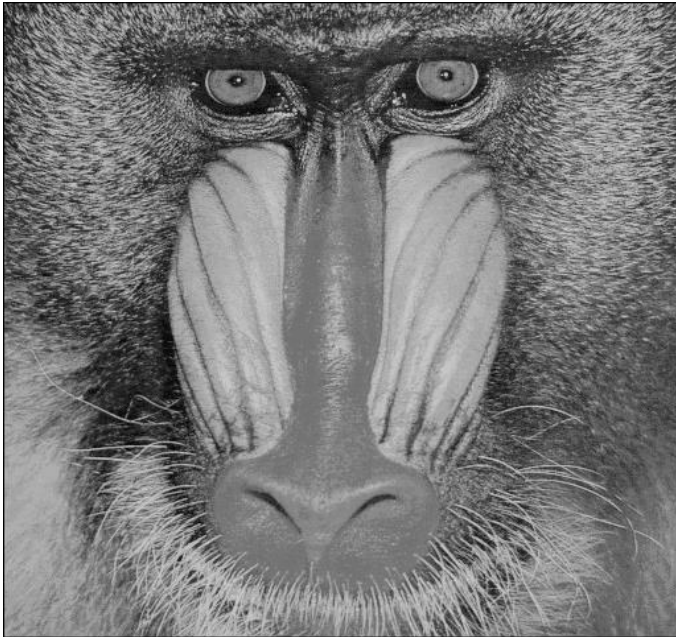


9*3



Otwarcie – skala szarości

» SE: 5x5



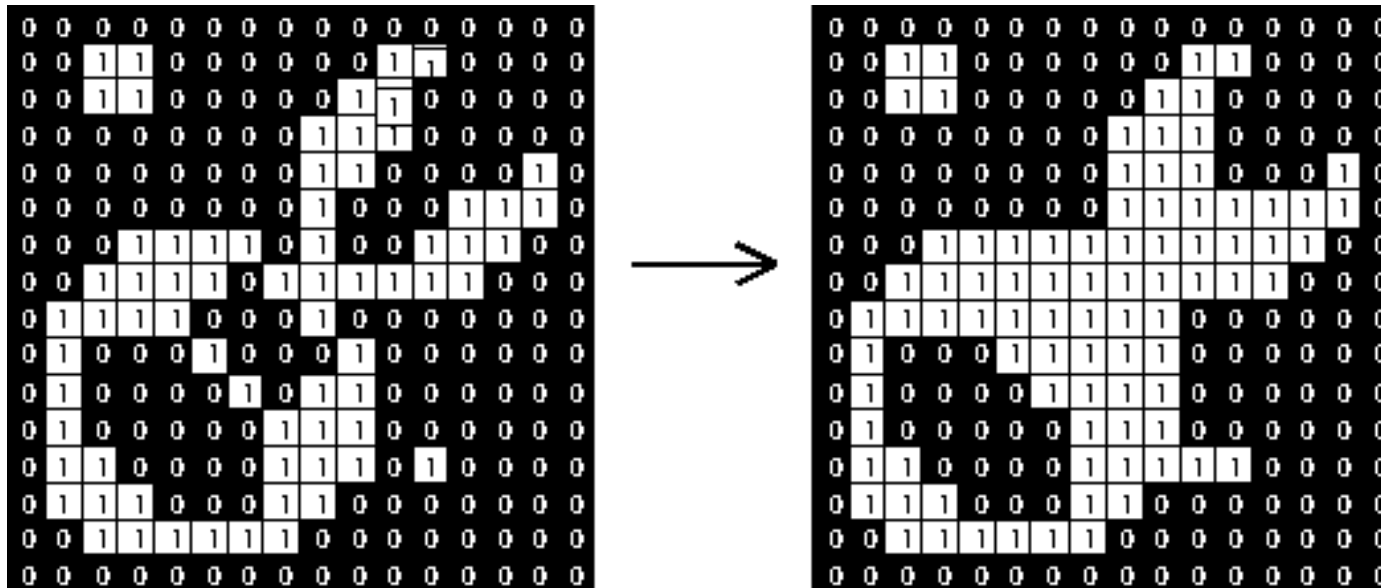
Zamknięcie

Zamknięcie

- » Podobne do dylatacji
 - Usuwa otwory
- » Zamknięcie jest definiowane jako Dylatacja, a następnie Erozja z wykorzystaniem tego samego SE dla obu operacji.
- » **Dylatacja, następnie erozja!**
- » SE, zawiera tylko jedynki!

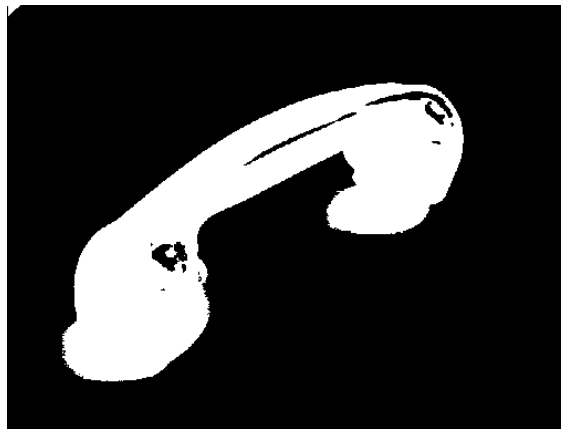
Zamknięcie

» SE: kwadrat 3x3



Zamknięcie - przykład

1. Progowanie
2. Zamknięcie SE: dysk - 20



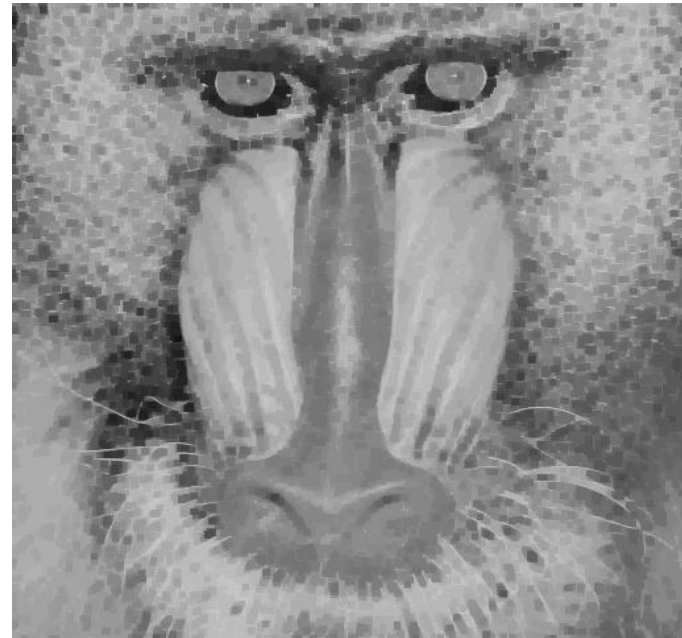
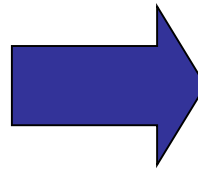
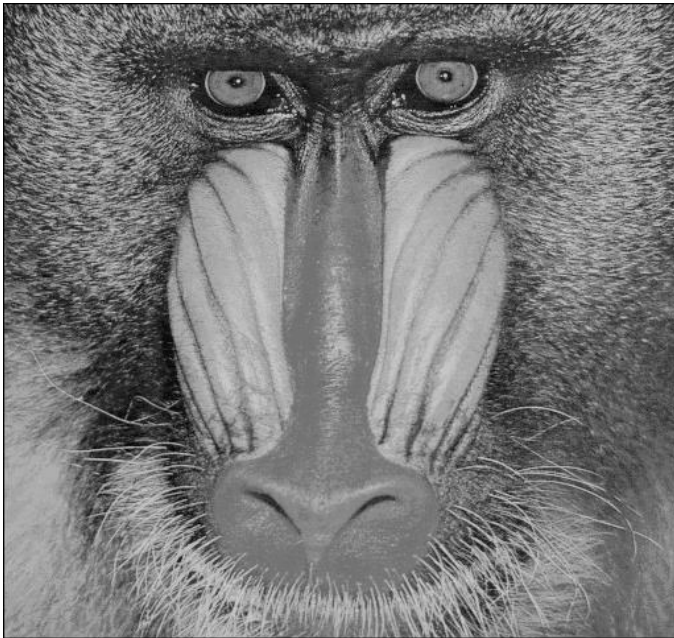
Progowanie

Zamknięcie

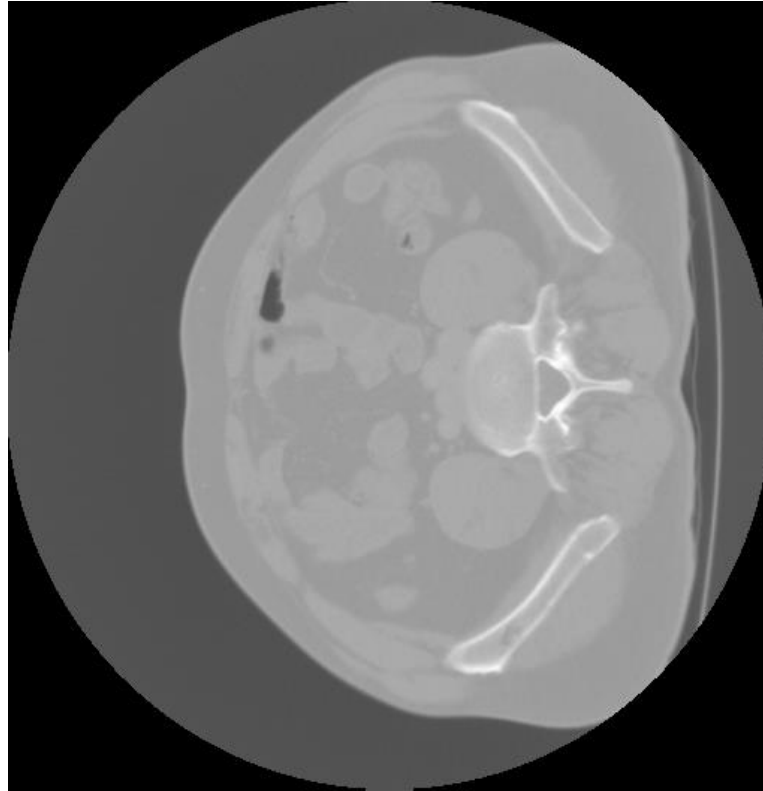
22-Mar-30

Zamknięcie – skala szarości

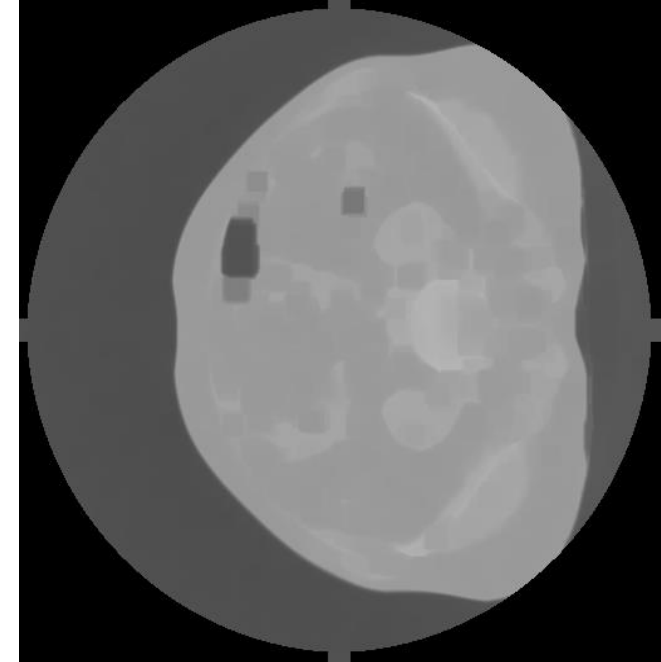
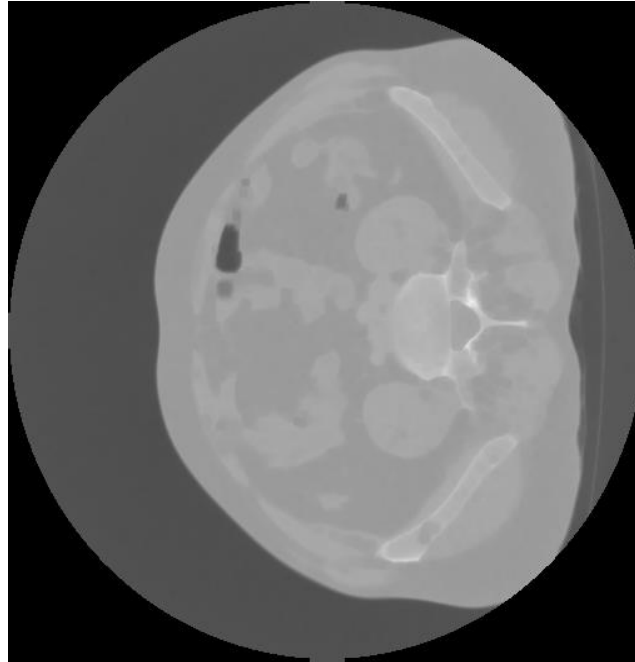
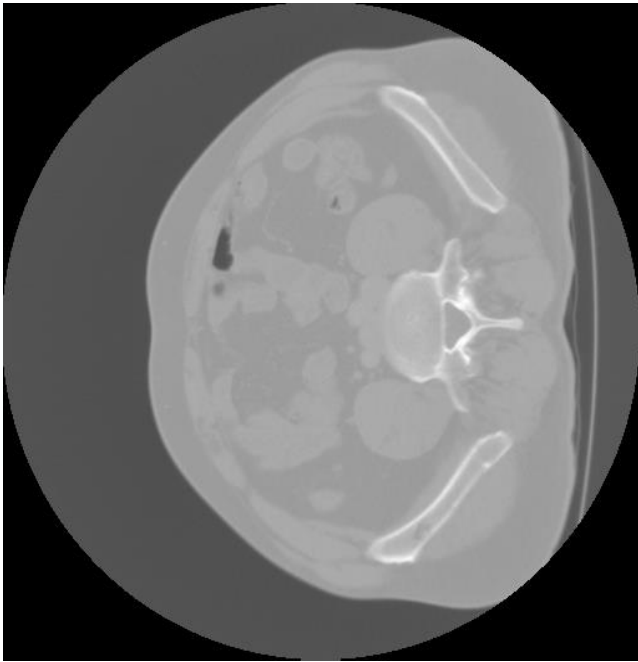
» SE – kwadrat 5x5



Morfologia - podsumowanie



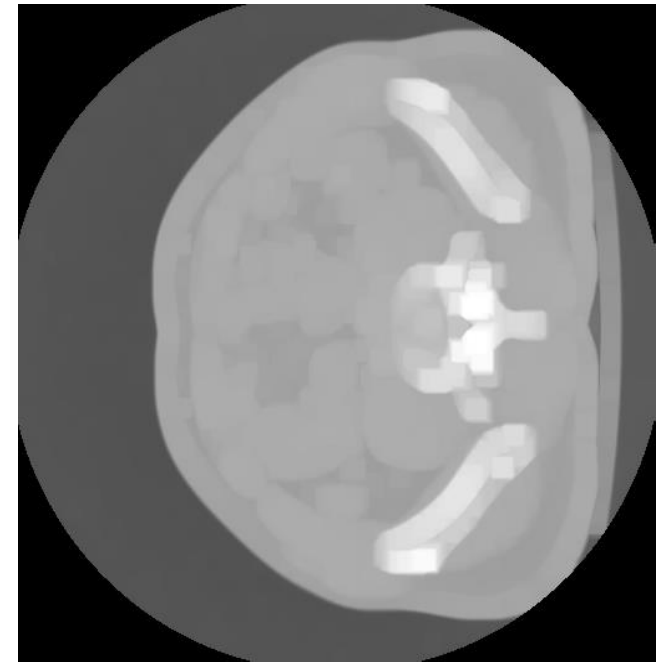
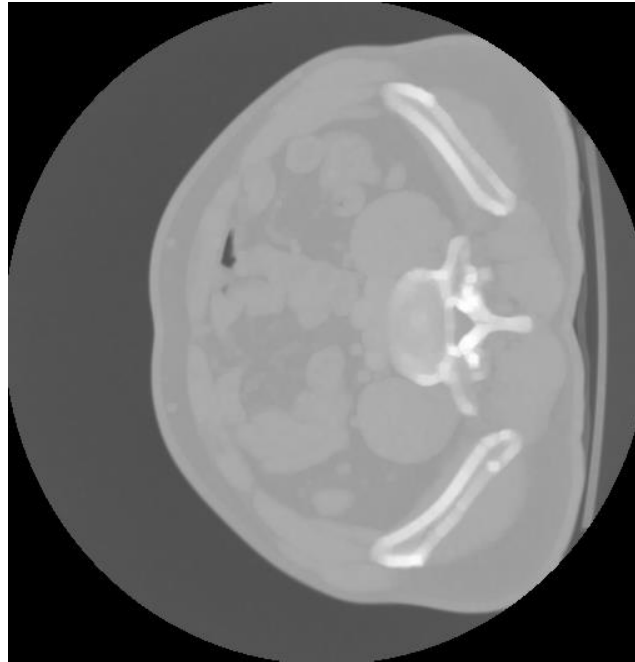
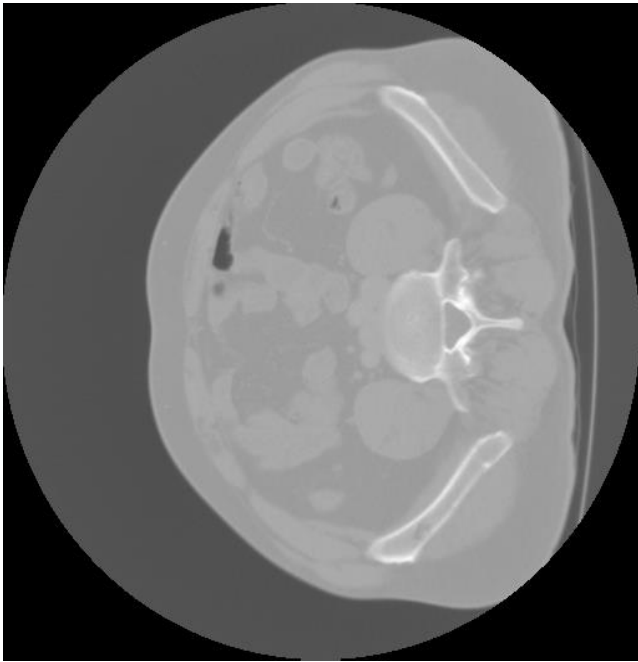
Rozmiar SE



Erozja SE 5x5

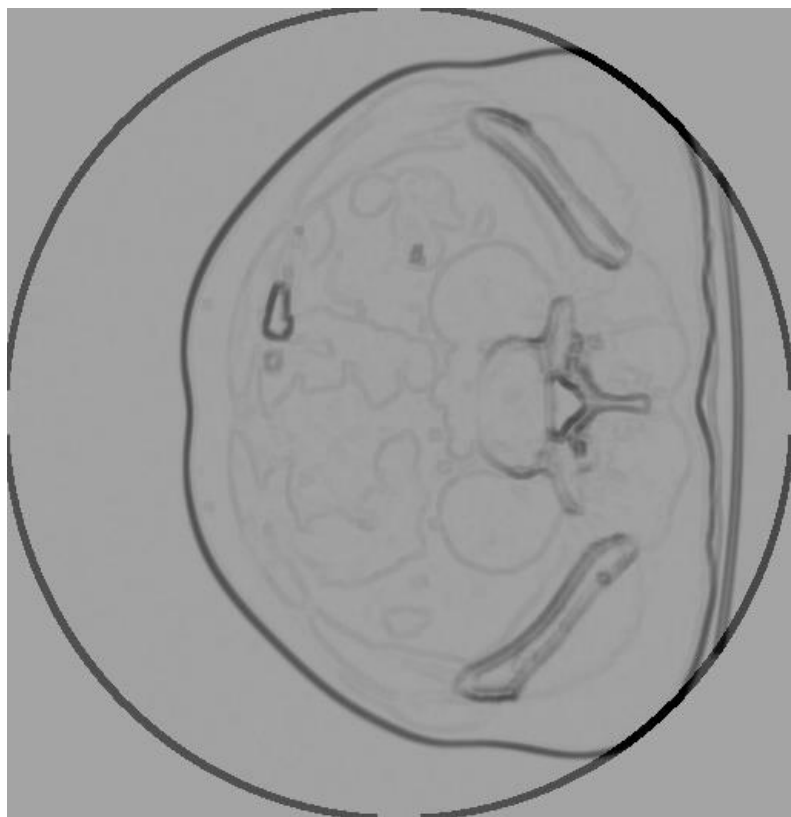
Erozja SE
15x15

Rozmiar SE

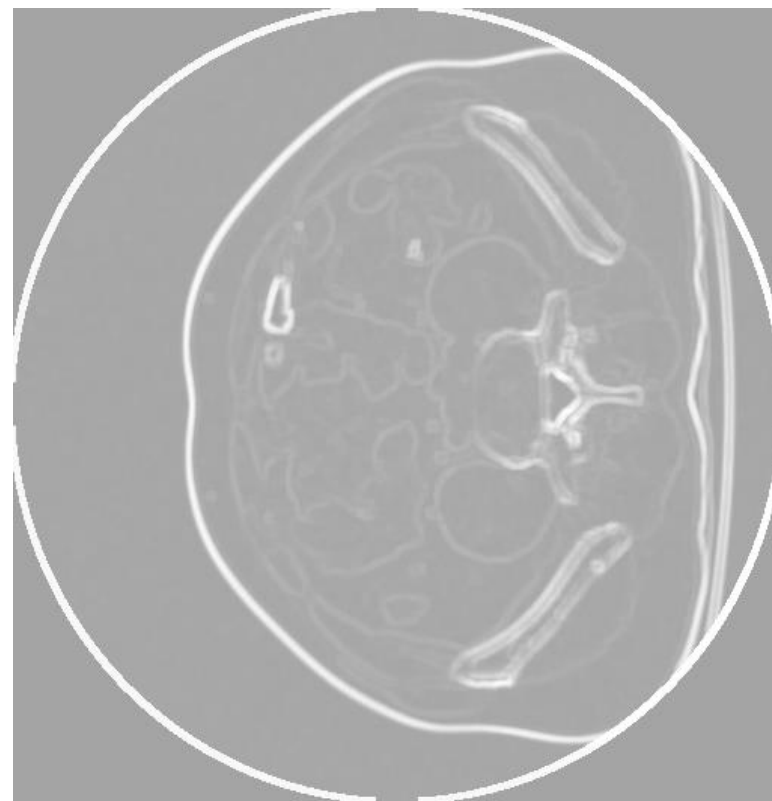


Dylatacja SE
5x5

Dylatacja
SE 15x15



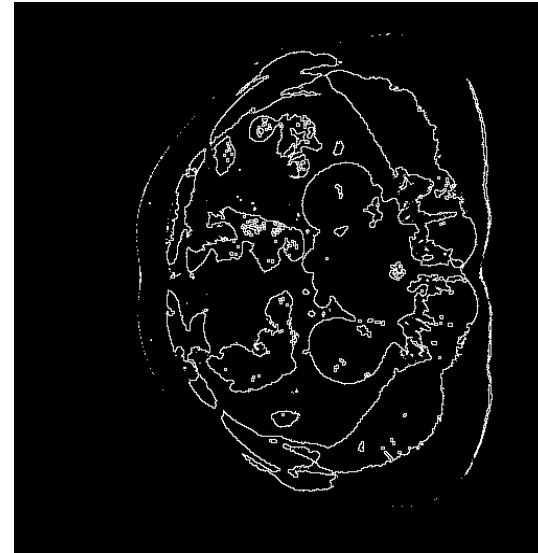
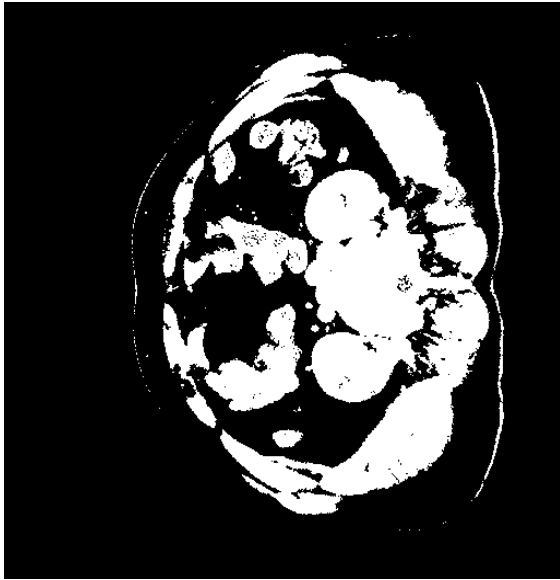
E-D SE 5x5



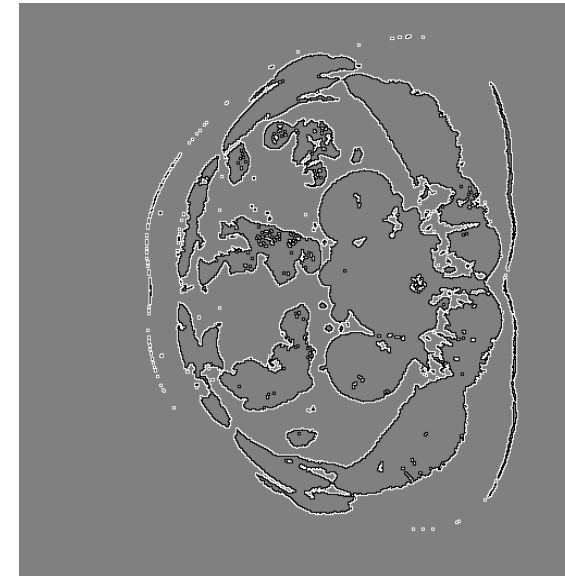
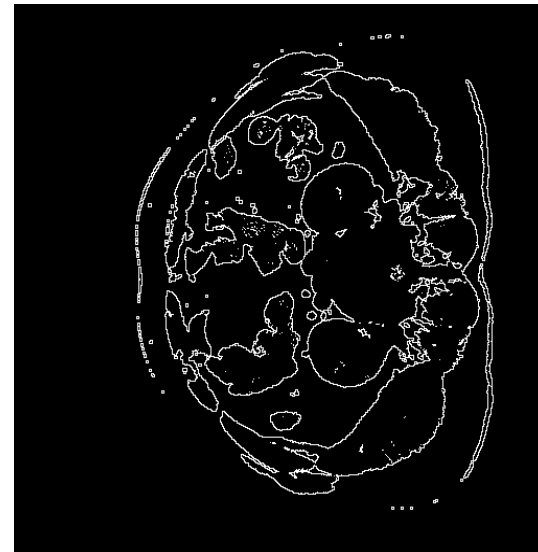
D-E SE 5x5

Krawędź

$I - \text{erode}(I, \text{ones}(3,3))$



$\text{dilate}(I, \text{ones}(3,3)) - I$



Transformacja odległości

» Przykład obliczeniowy -> tablica

Transformacja Odległości

Image features (2D)

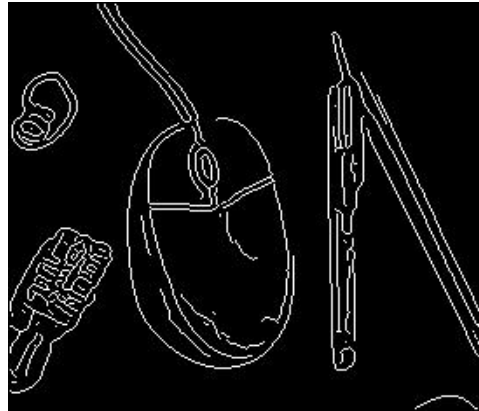
| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Distance Transform

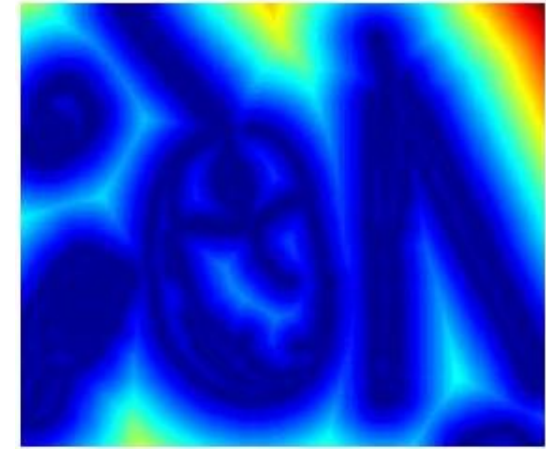
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 |



obraz



krawędzie



Transformacja
odległości

Matlab -> bwdist

Problem Anizotropii vs odległość

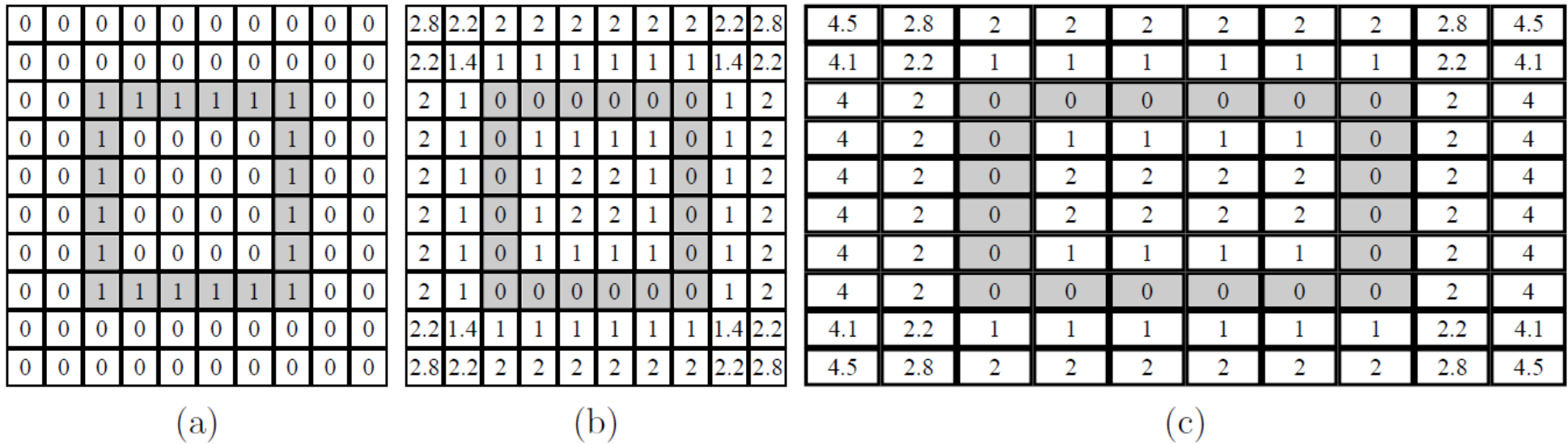


Figure 3: Exemplary results of EDT for isotropy and anisotropy data. (a) Binary image; (b) EDT for isotropy data (1mm pixel spacing); (c) EDT for anisotropy data (1mm in vertical direction, 2mm in the horizontal direction). 1.4, 2.2, 2.8, 4.1, 4.5 represent $\sqrt{2}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{8}$, $\sqrt{17}$, $\sqrt{20}$, respectively.

Przykład obliczeniowy -> tablica