

ОБРАБОТКА И РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Леонид Моисеевич Местецкий
профессор

кафедра математических методов
прогнозирования ВМК МГУ

кафедра интеллектуальных систем МФТИ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ НАД ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

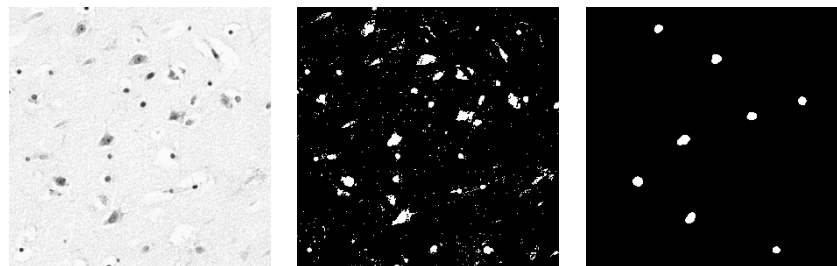
1. Назначение
2. Базовые операции
3. Составные операции
4. Примеры

Назначение

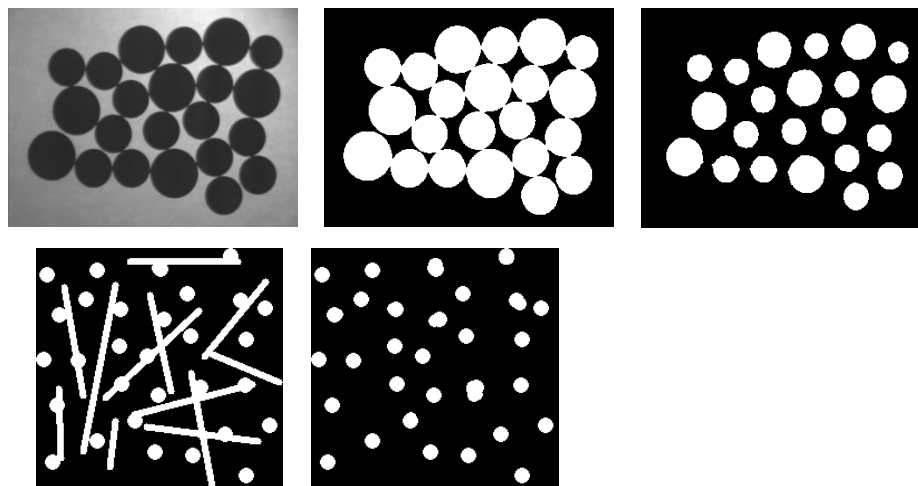
Фильтрация шума:

Мелкие объекты

Отверстия

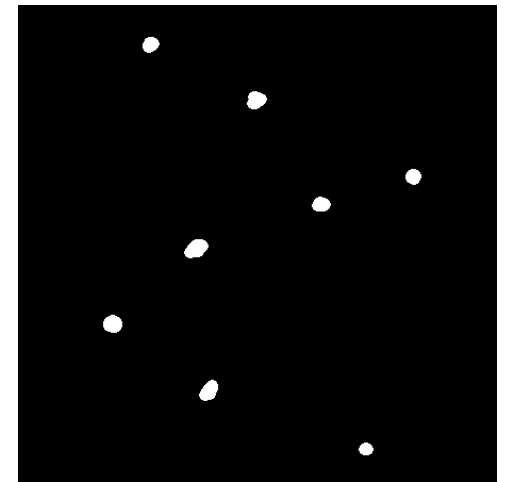
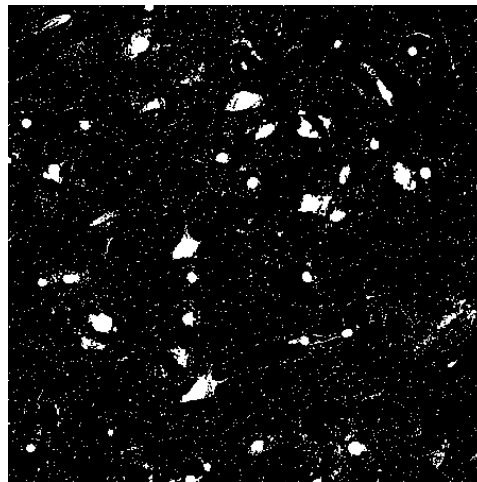
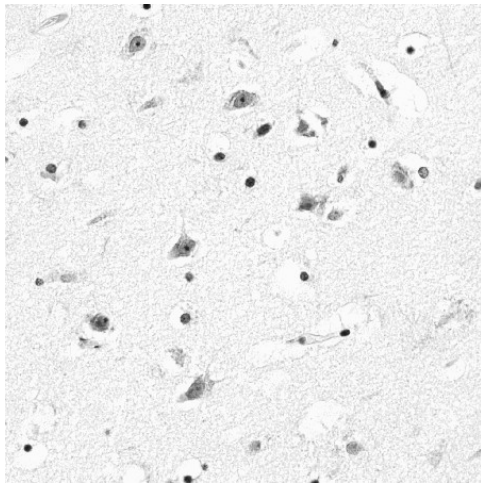


Изоляция объектов



Пример

- Полутонное изображение
- Бинаризация
- Морфологические преобразования



Множества и операции

Z^2 - целочисленная решётка в R^2

$A \cup B$ - объединение,

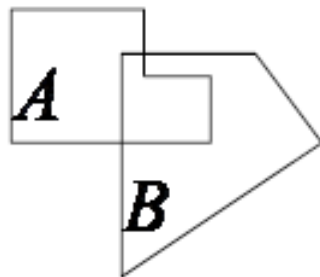
$A \cap B$ - пересечение,

$A^c = \{w \mid w \notin A\}$ - дополнение,

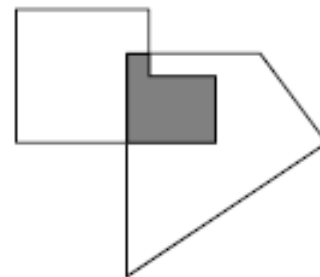
$A \setminus B = \{w \mid w \in A, w \notin B\} = A \cap B^c$ - разность,

$\hat{B} = \{w \mid w = -b, b \in B\}$ - центральное отражение,

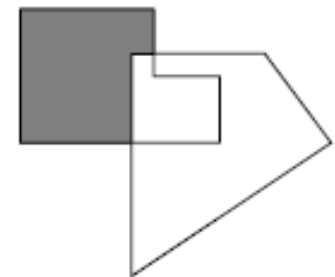
$(A)_z = \{c \mid c = a + z, a \in A\}$ - параллельный перенос на z .



$A \cup B$



$A \cap B$



$A \setminus B$

Дилатация

Приводит к расширению изображения.

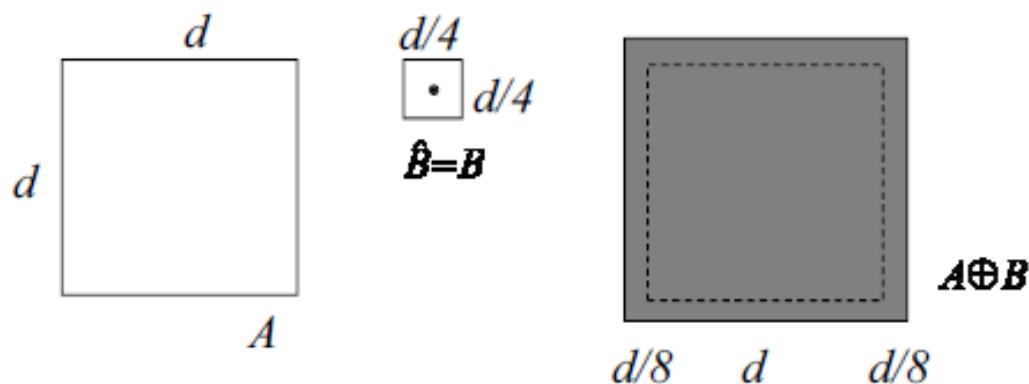
Пусть $A, B \subset \mathbb{Z}^2$

B - структурообразующее множество (примитив) дилатации,

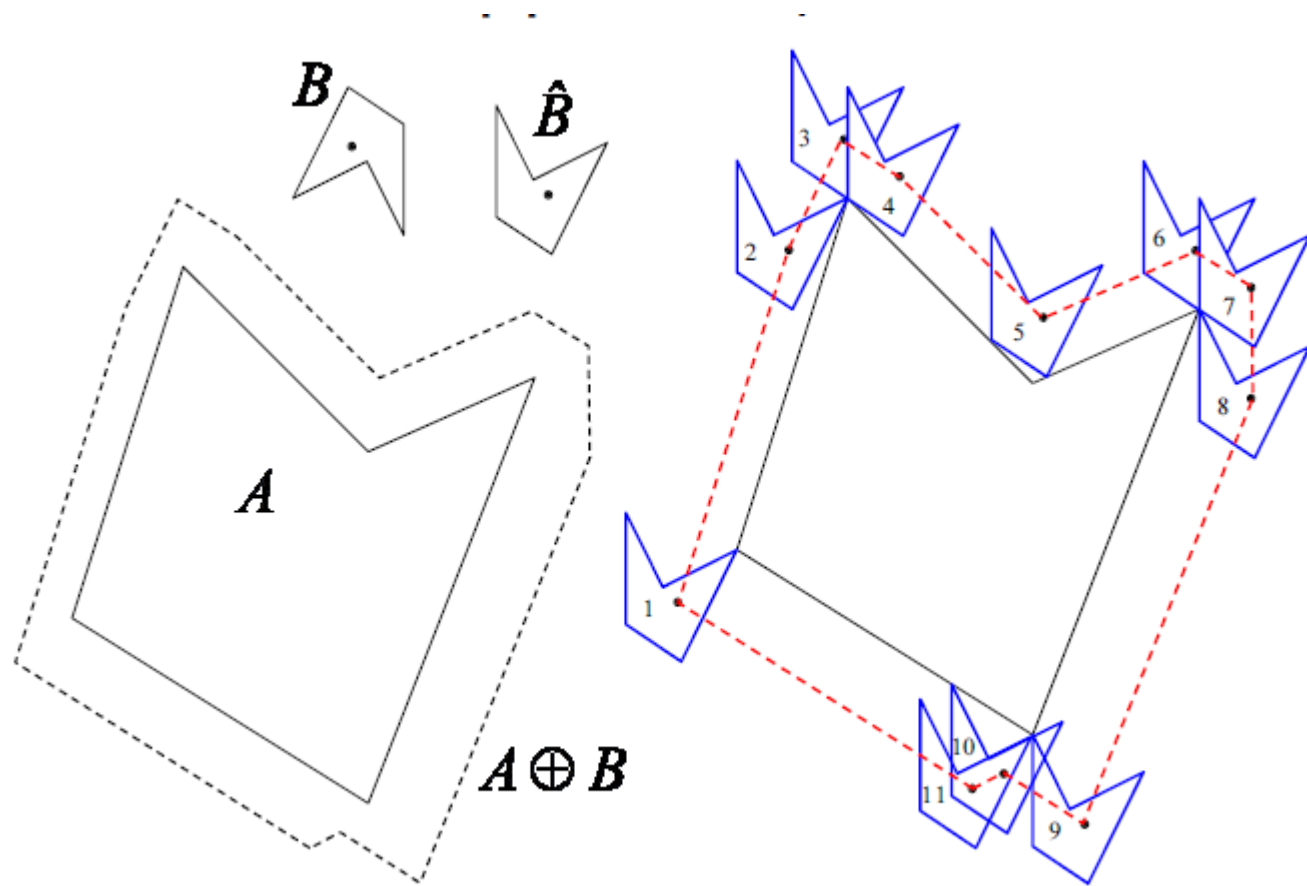
\hat{B} - центральное отражение B относительно точки - начала координат (центр B)

$(\hat{B})_z$ - сдвиг центра в точку z

$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

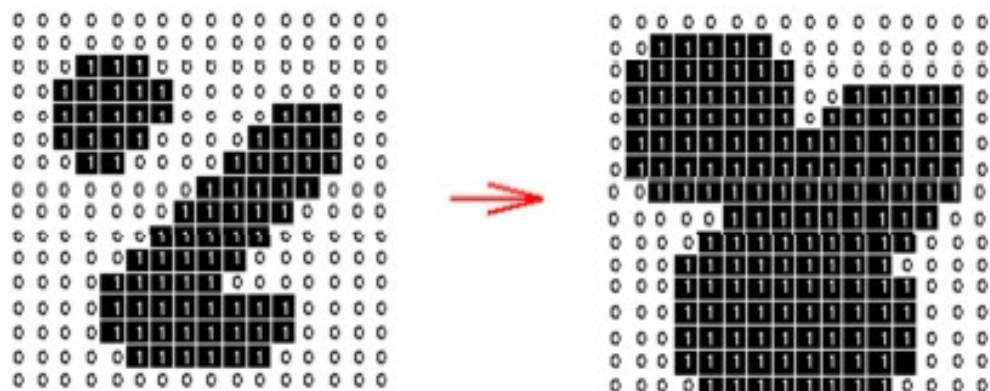


Дилатация



Пример дилатации

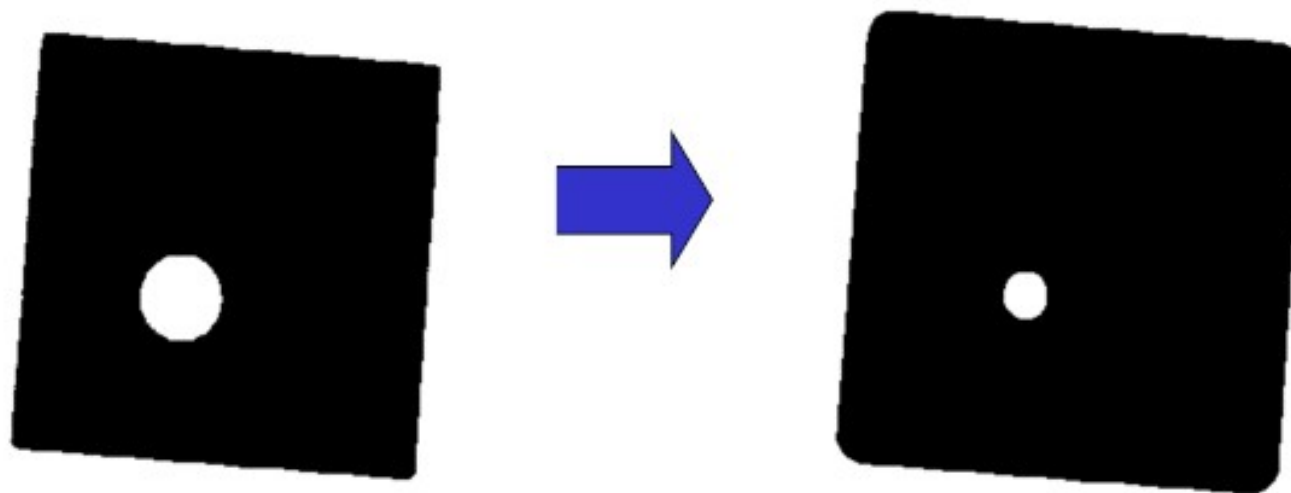
1	1	1
1	1	1
1	1	1



Примитив
дилатации

- Объекты увеличиваются, отверстия уменьшаются
- Острые углы сохраняются

Пример дилатации



		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		

Примитив: диск => сглаживает углы

Эрозия

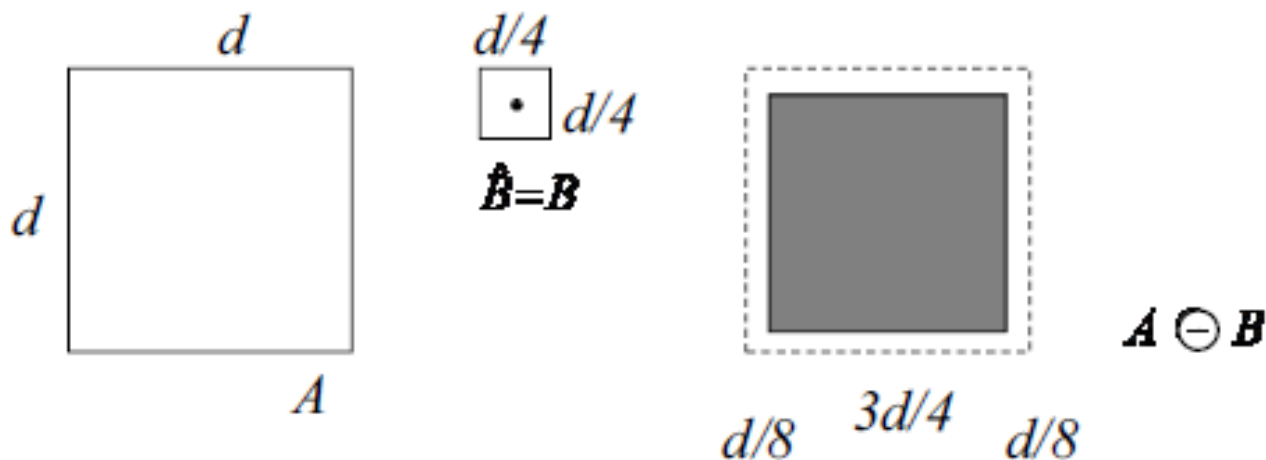
Приводит к сжатию (утончению) объектов изображения.

Пусть $A, B \subset Z^2$

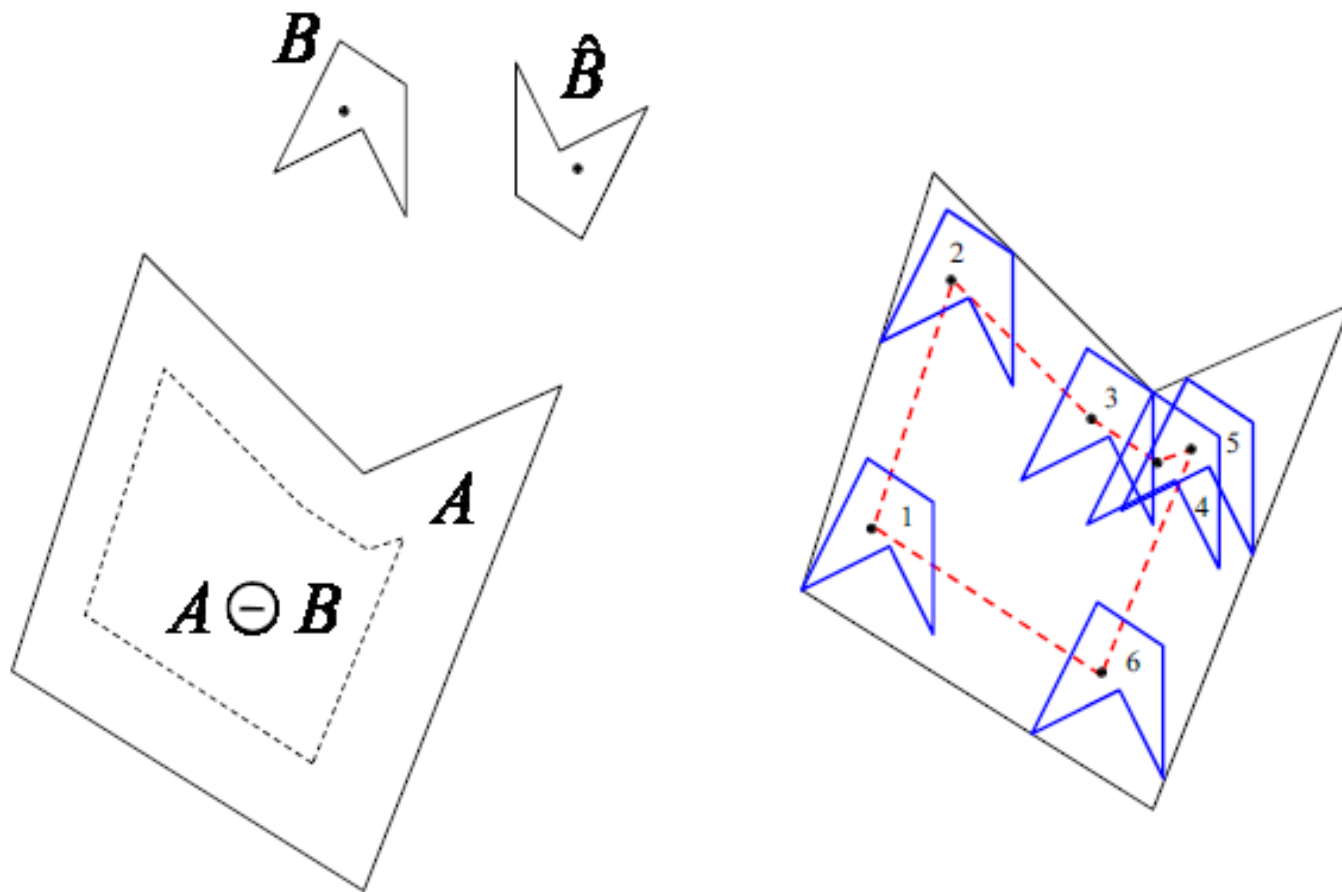
B - структурообразующее множество (примитив) дилатации,

$(B)_z$ - сдвиг центра B в точку z

$$A \ominus B = \{z \mid (B)_z \subseteq A\}$$

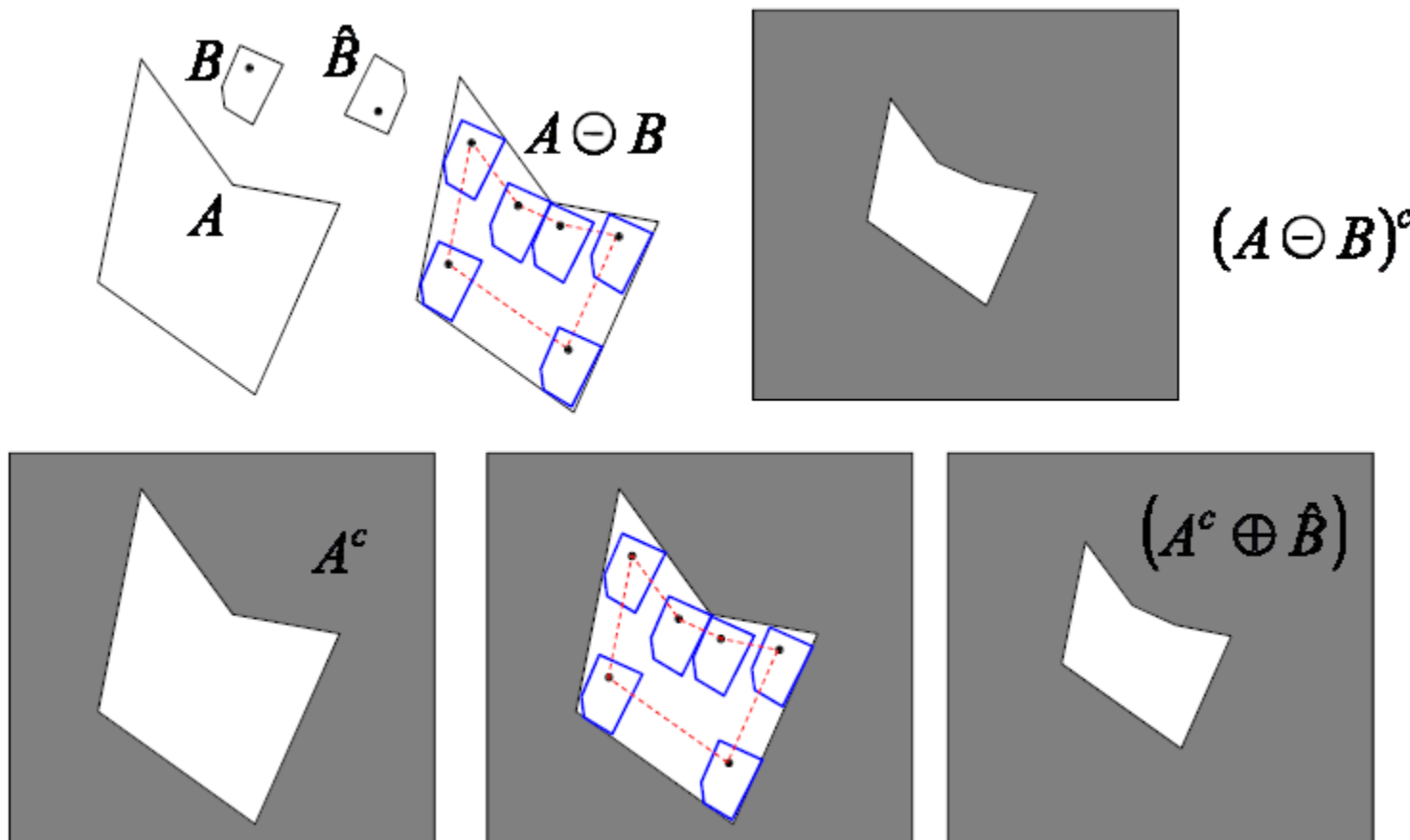


Эрозия



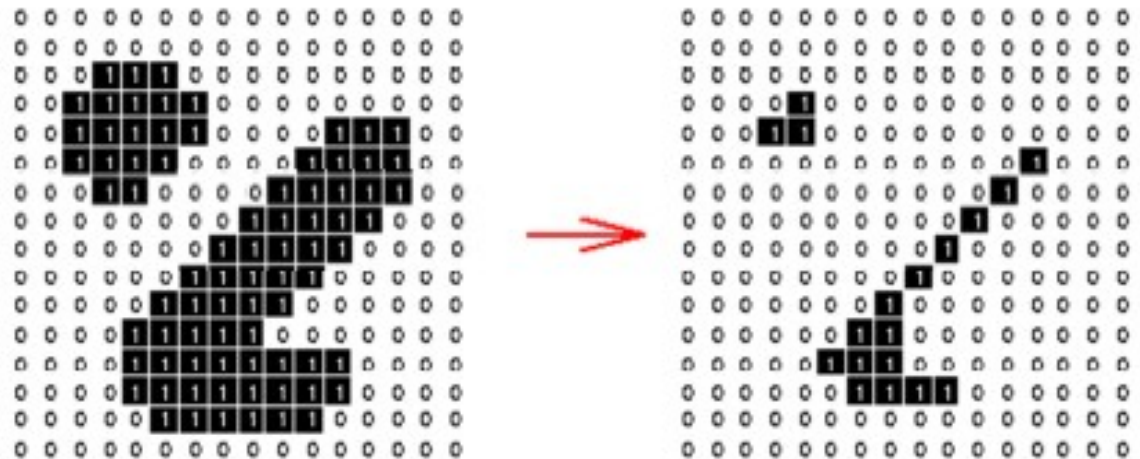
Двойственность операций дилатации и эрозии

$$(A \ominus B)^c = A^c \oplus \hat{B}$$



Пример эрозии

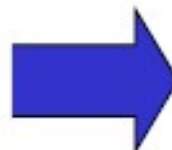
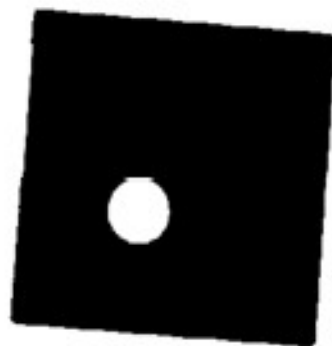
1	1	1
1	1	1
1	1	1



Примитив
дилатации

- Объекты уменьшаются

Пример эрозии

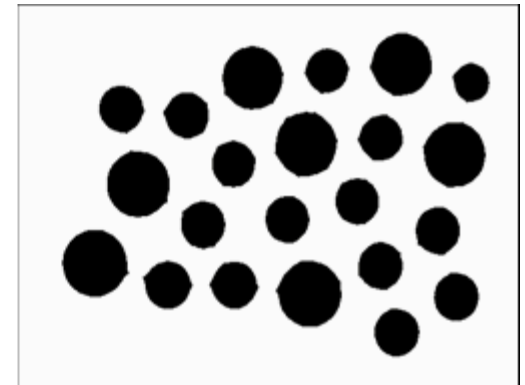
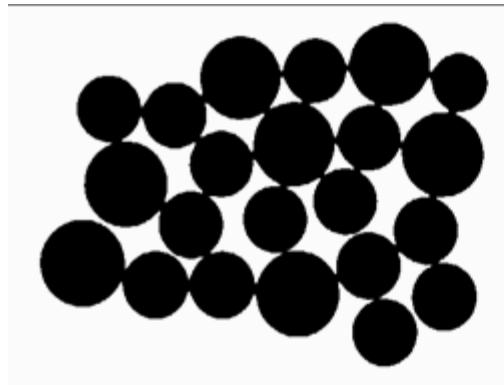
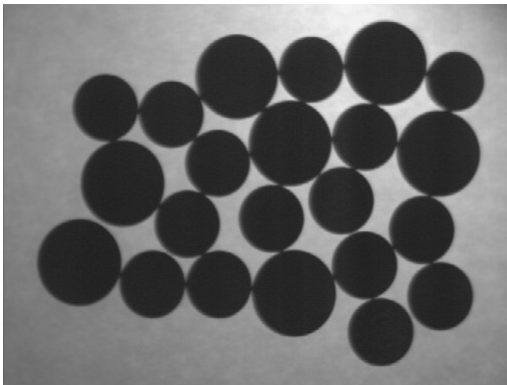


		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	①	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
		1	1	1		

Примитив: диск =>
удаляет мелкие объекты

Пример – подсчёт монет

Сложность задачи – монеты касаются друг друга
Решение: бинаризация и эрозия разделяют монеты



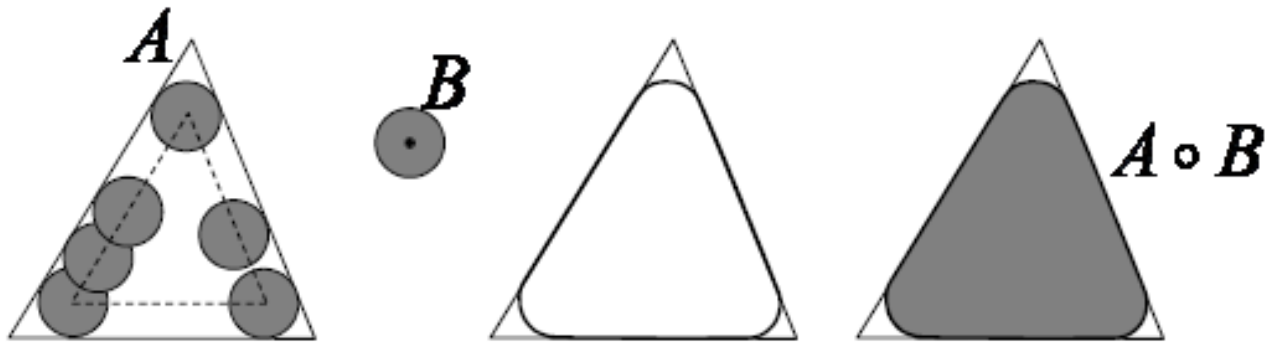
Составные операции

- Размыкание (открытие)
- Замыкание
- Выделение границ
- Выделение связных компонент
- Заполнение областей
- Выпуклая оболочка

Размыкание (Открытие)

- Сглаживает контуры объекта
- Обрывает узкие перешейки
- Ликвидирует выступы небольшой ширины
- Удаляет мелкие объекты

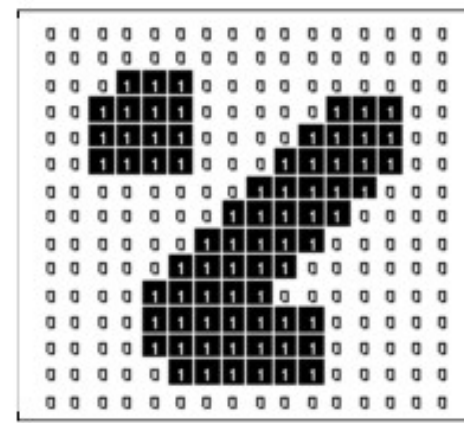
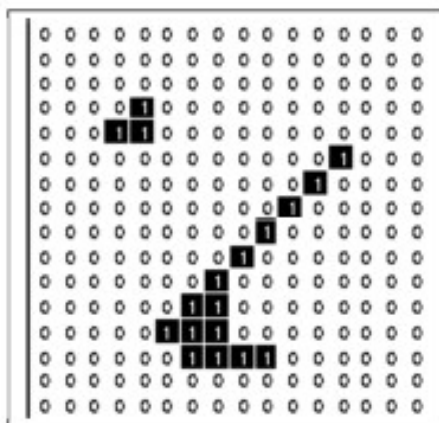
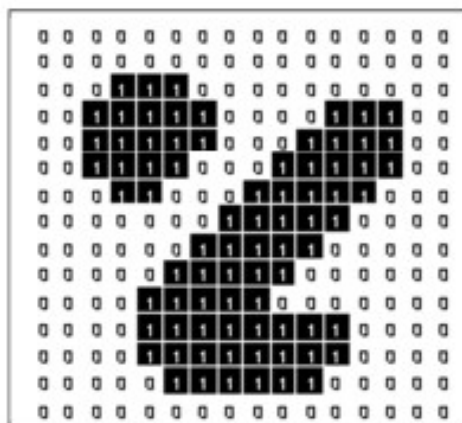
$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$



Пример размыкания

Структурирующий элемент - примитив

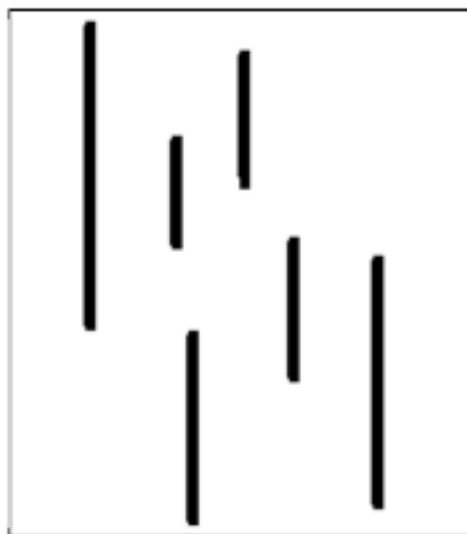
1	1	1
1	1	1
1	1	1



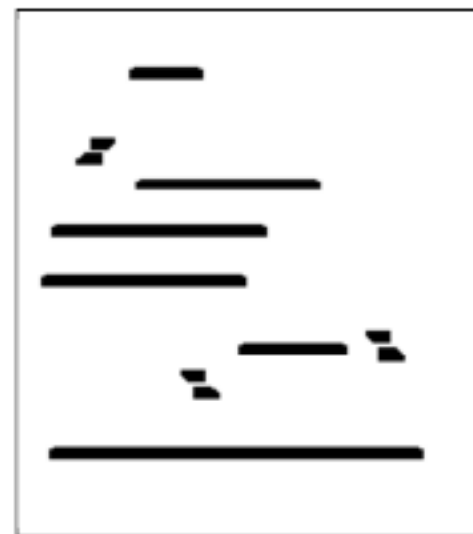
Эрозия

Дилатация

Пример размыкания



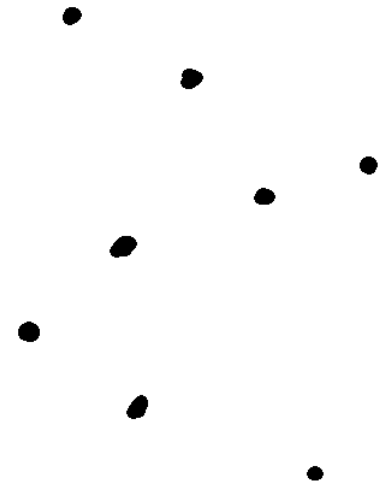
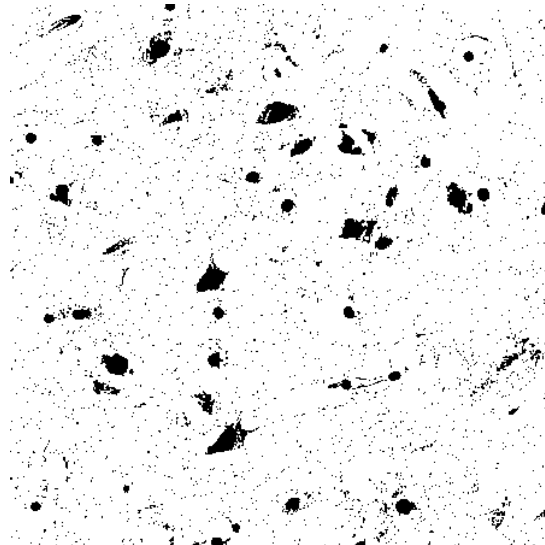
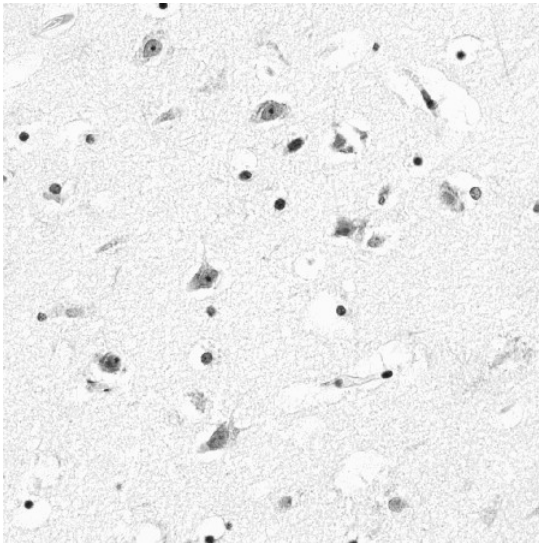
Примитив 9×3



Примитив 3×9

Пример размыкания

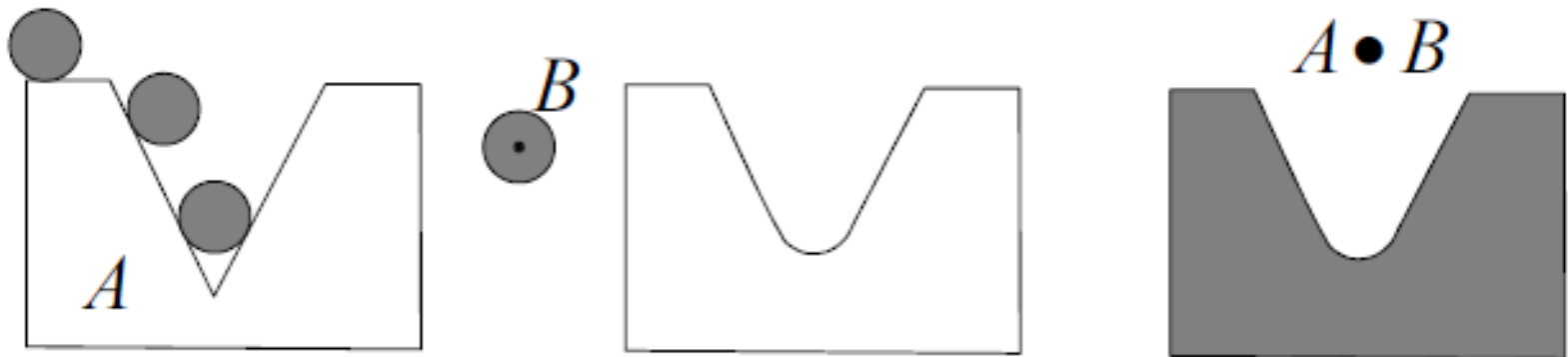
- Использование большого структурирующего элемента, который помещается внутри искомого объекта
- Используем диск диаметром в 11 точек (объекты темные)



Замыкание

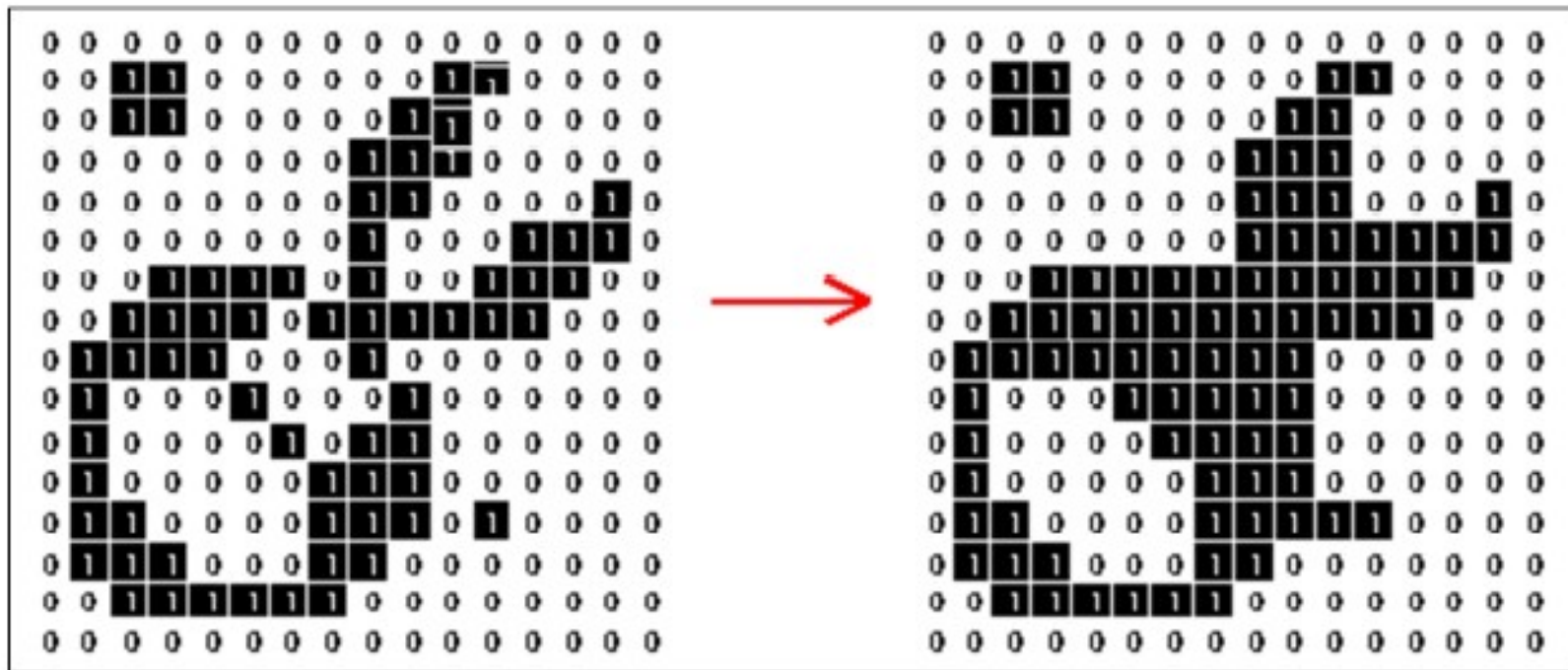
- Сглаживает контуры объекта
- Заливает узкие разрывы и длинные углубления малой ширины
- Ликвидирует небольшие отверстия
- Заполняет промежутки контура

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$



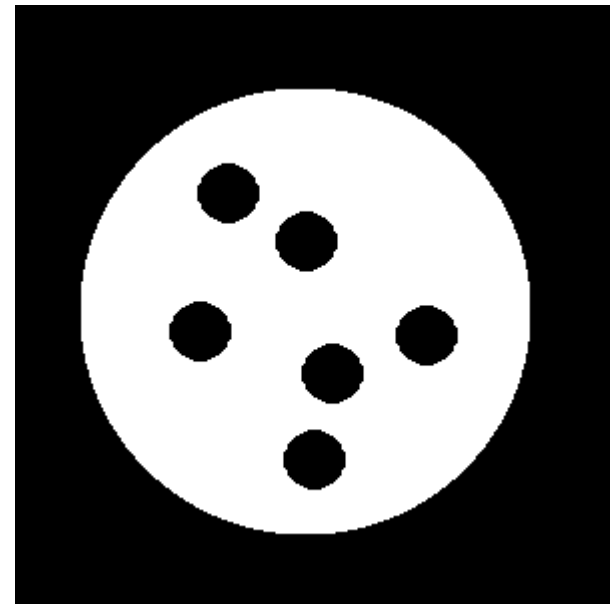
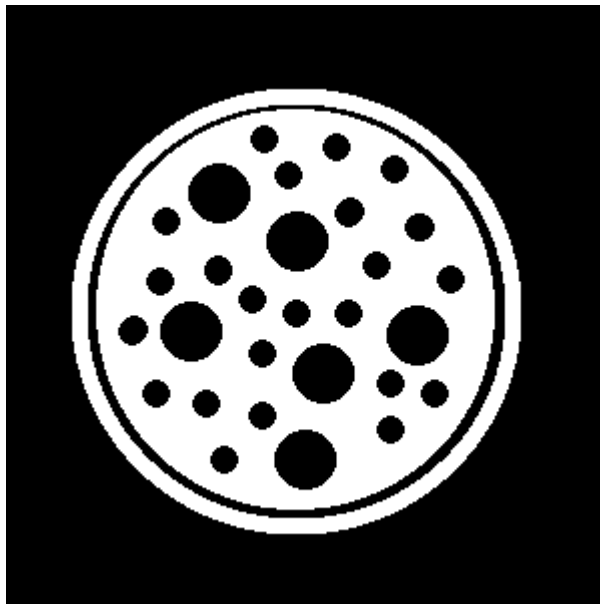
Пример замыкания

- Структурирующий элемент –



Пример замыкания

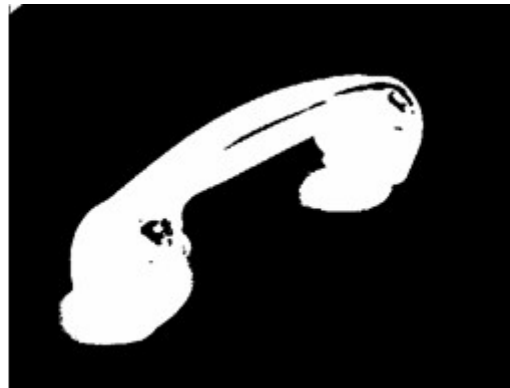
- Операция замыкания диском диаметром 22 точки
- Удаляются мелкие объекты (объект белый)



Пример замыкания

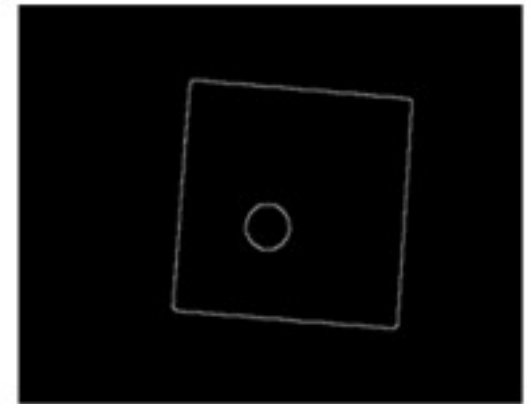
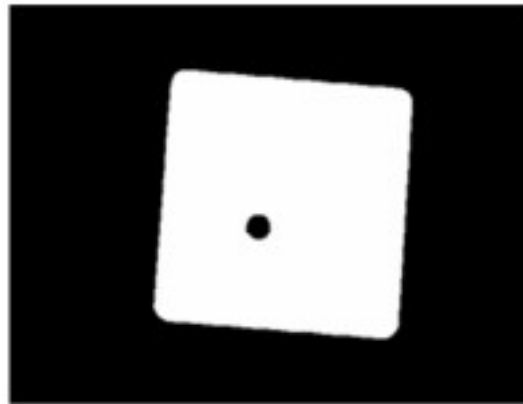
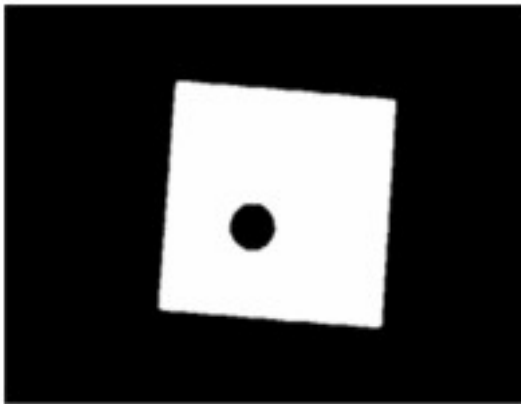
Улучшение сегментации:

- Бинаризация
- Замыкание диском 20 точек



Выделение границ

- Дилатация исходного изображения
- Вычитание $C = A \oplus B \setminus A$ исходного изображения



Выделение связанных компонент

A – множество

$Y, Y \subset A$ – связная компонента,

$p, p \in Y$ – точка в Y

Рекуррентная процедура:

$$X_0 = \{p\}$$

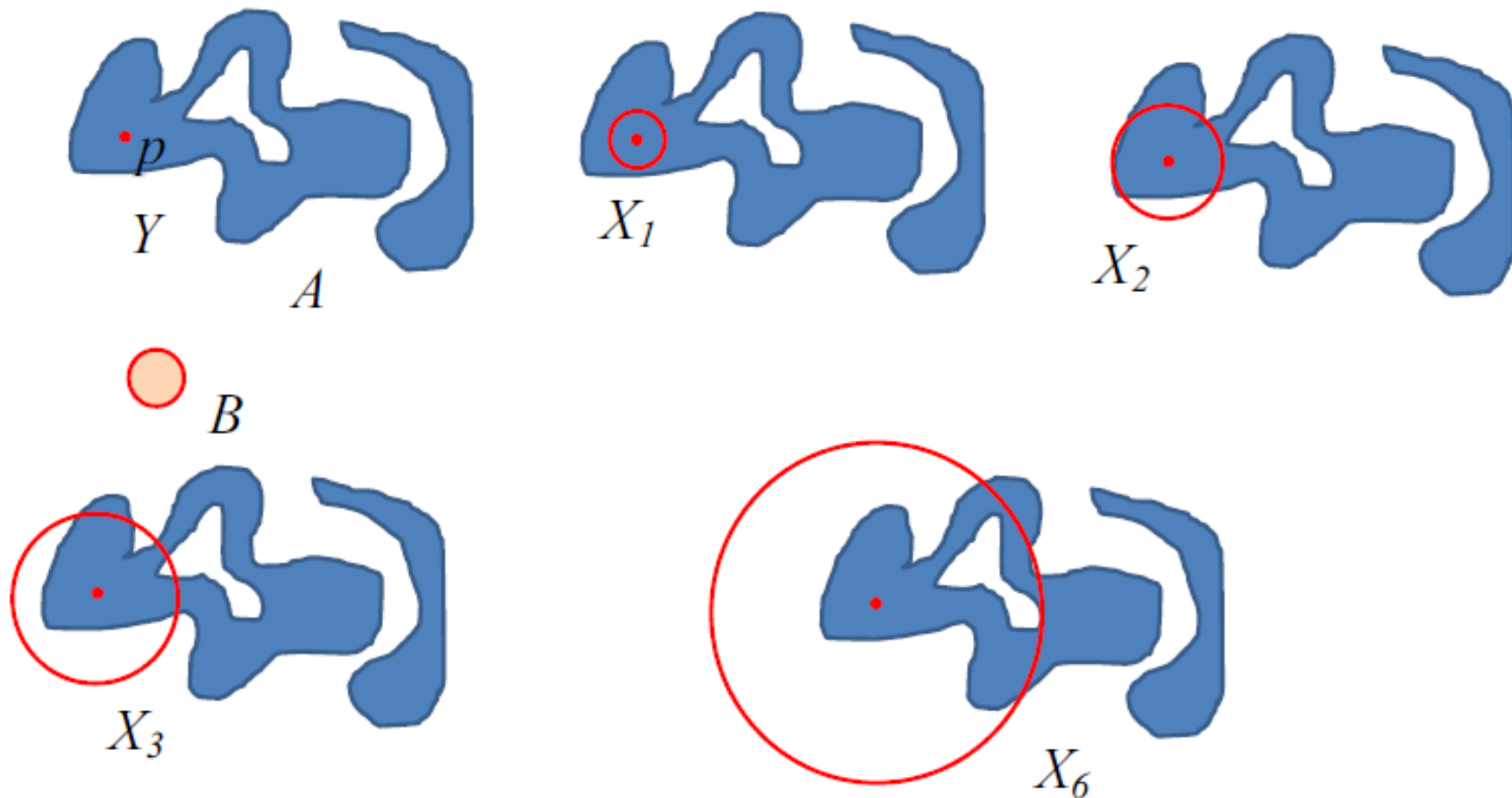
$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A, \quad k = 1, 2, \dots$$

B – подходящий примитив, например, квадрат 3×3 для 8-связности.

Условие останова: $X_k = X_{k-1}$

Результат: $Y = X_k$

Алгоритм выделения СВЯЗНЫХ КОМПОНЕНТ



Заполнение областей


A – исходное множество, состоящее из граничных точек области, образующих 8-связный замкнутый путь

p – точка внутри границы

Рекуррентная процедура:

$$X_0 = \{p\}$$

$$X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c, \quad k = 1, 2, \dots$$

B – примитив, например, крестик 3×3 для 4-связности. 

Условие останова: $X_k = X_{k-1}$

Результат: $A \cup X_0 \cup X_1 \cup \dots \cup X_k$

«Условная дилатация» с контролем A^c

Пример заполнения области

