Основы обработки изображений
Лекция 3.

- Морфологические алгоритмы обработки изображений
- Алгоритмы построения остова
- Области связности и их свойства

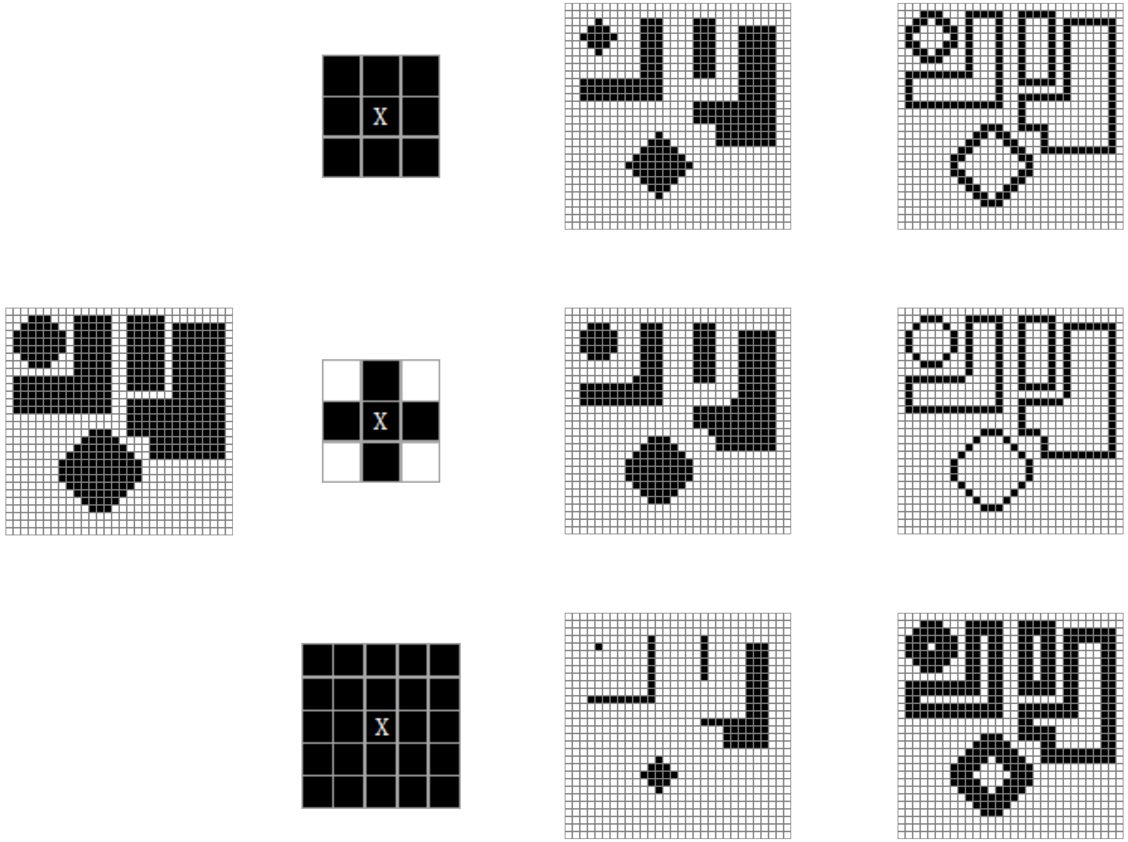
Морфологические алгоритмы обработки изображений

На основе рассмотренных на прошлой лекции морфологических операций можно реализовать различные (в том числе довольно сложные) алгоритмы обработки бинарных изображений

Выделение границ

Выделение границ – очень частая операция, и многие считают её довольно сложной. На самом деле границы объектов на бинарном изображении можно легко получить, построив разностное множество исходного изображения и результата эрозии исходного изображения специальным примитивом. Если обозначать границу множества I как $\beta(I)$, то $\beta(I) = I \backslash (I \ominus S)$.

В качестве структурирующего элемента чаще всего выбирают квадрат 3*3 пиксела, но это не единственно возможный вариант. Например, использование квадрата 5*5 в качестве структурирующего элемента приводит к выделению более толстых границ (шириной в два или три пиксела).

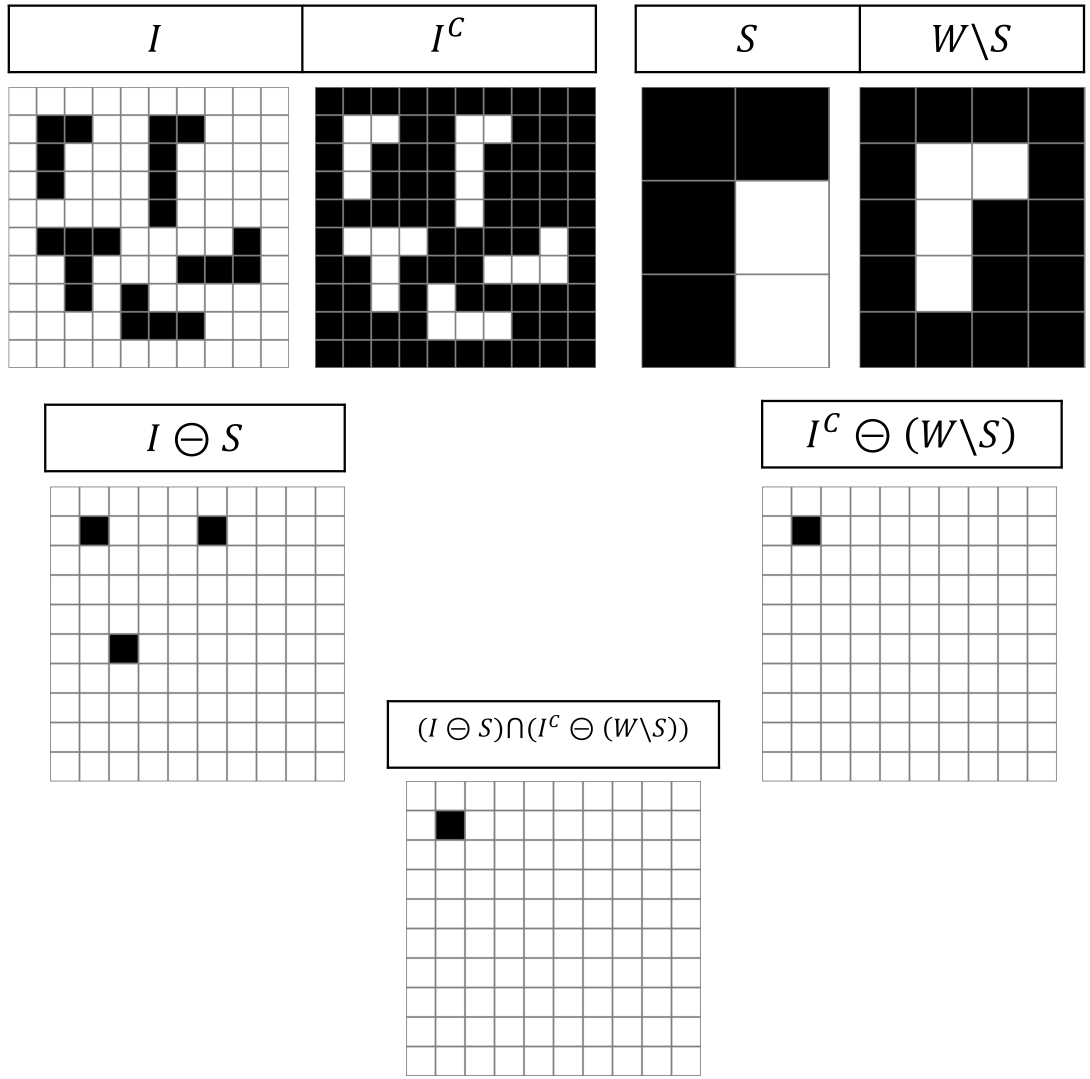


Преобразование успех/неудача

Преобразование успех/неудача широко используется для обнаружения на изображениях объектов заданной формы.

Преобразование сводится к пересечению двух множеств. Первое – результат эрозии исходного изображения I структурирующим элементом S, повторяющим искомый объект, второе – результат эрозии дополнения изображения I^C локальным фоном искомого объекта. При этом под локальным фоном понимается разность прямоугольного окна (W), превышающего геометрические размеры объекта на один пиксел, и самого объекта.

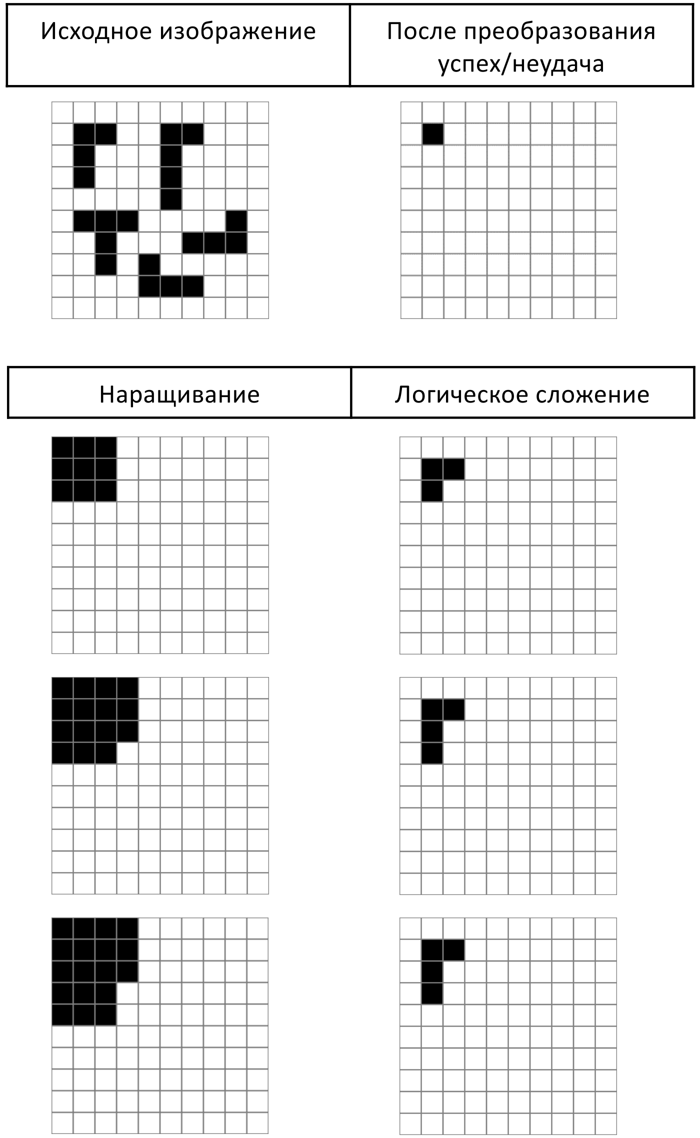
Используя введённые в предыдущей лекции обозначения, преобразование успех/неудача может быть записано следующим образом: $I \circledast S = (I \ominus S) \cap (I^C \ominus (W \backslash S))$.



Условное наращивание

Операция условного наращивания очень часто используется совместно с преобразованием успех/неудача, т.к. позволяет из отдельных пикселов восстановить исходные объекты. Для восстановления объектов, необходимо к получившемуся в результате преобразования изображению последовательно применять две следующие операции до тех пор, пока полученное изображение изменяется:

- Дилатацию специальным структурирующим элементом(чаще всего квадратом $3 * 3$ или крестом);
- Логическое умножение с исходным изображением.



Получение остова

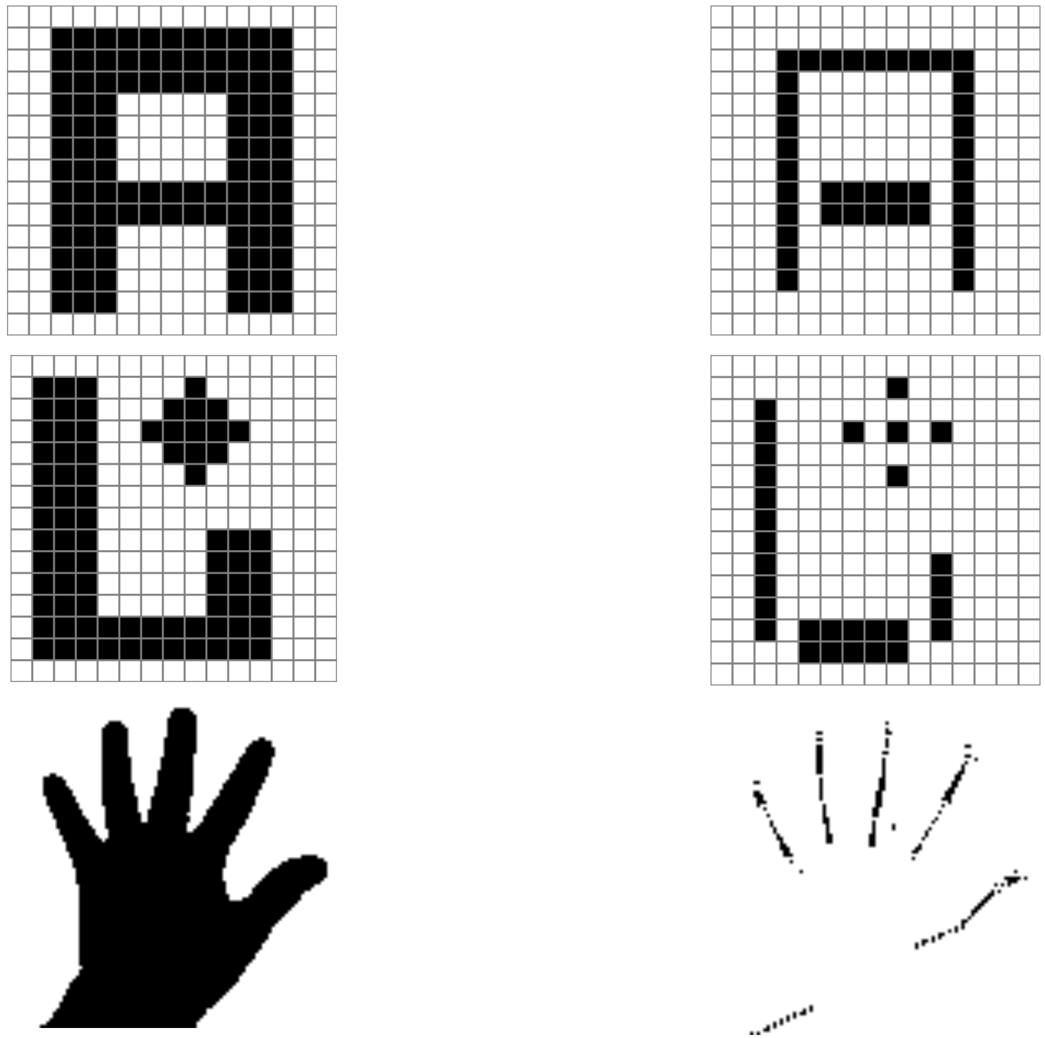
Многие алгоритмы высокоуровневой обработки значительно быстрее работают с упрощёнными изображениями, лишёнными деталей. Наиболее распространённым способом получения упрощённого изображения является получения остова.

Морфологическое получение остова

Точки, входящие в остов, могут быть получены, с помощью следующего выражения: $\bigcup_{k=0}(I \ominus^k S)\setminus((I \ominus^k S) \circ S)$. В этом выражении запись $\ominus^k$ означает последовательное выполнение эрозии k раз, т.е. $I \ominus^k S = I \ominus S \ldots \ominus S$. Очевидно, процесс получения остова необходимо прекратить, когда $I \ominus^k S = \emptyset$.

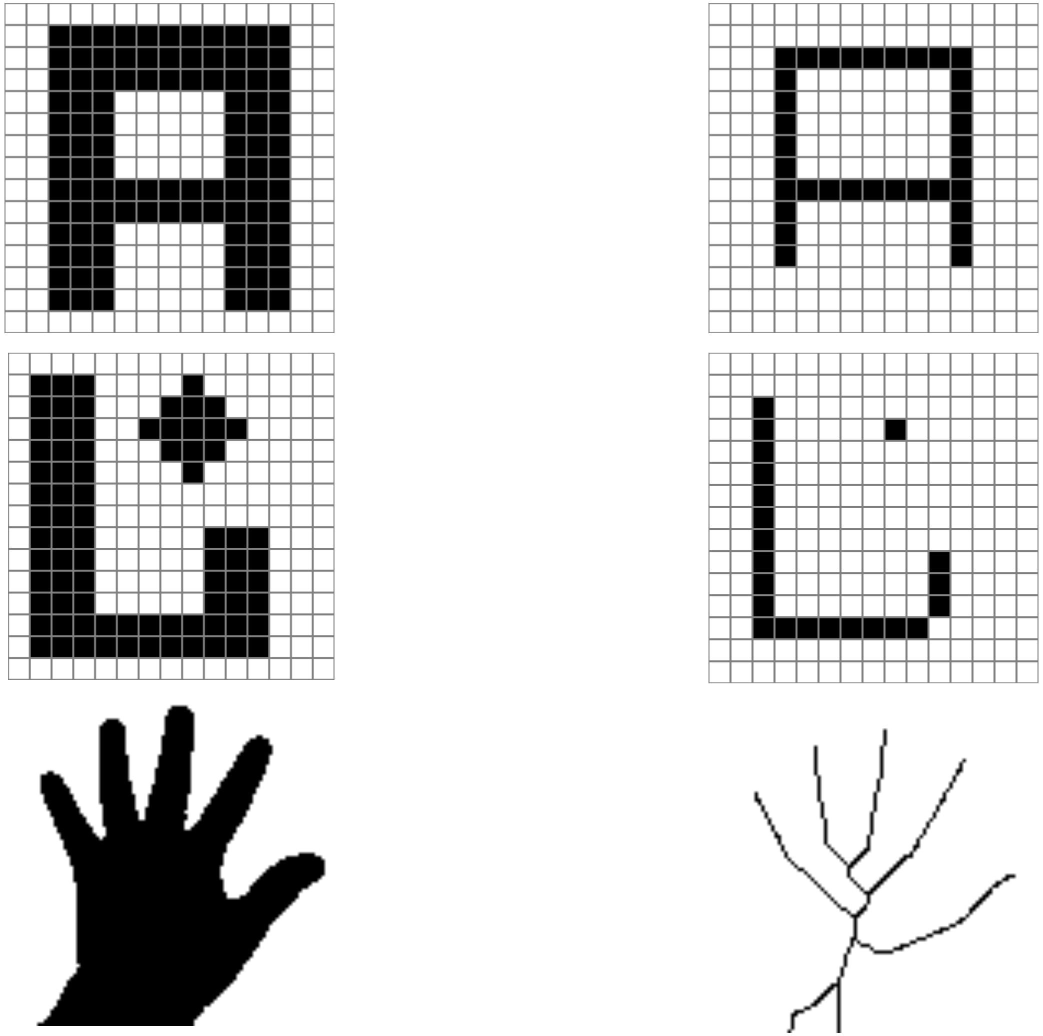
Преимуществом данного алгоритма является сравнительно высокая скорость работы и широкое использование математической морфологии.

К недостаткам относится неочевидность алгоритма, а также избыточная толщина контура и его несвязность.



Эвристическое получение остова

Для получения связных однопксельных остовов (скелетов) используют другие алгоритмы, в основе которых лежит эвристика, называемая «пожар в степи». Для того, чтобы понять эту эвристику, необходимо представить, что объект, остов которого мы хотим получить, состоит из сухой травы, и в определённый момент эту траву поджигают сразу по всей границе объекта. Огонь начнёт распространятся внутрь объекта причём с одинаковой скоростью по всем направлениям. Те точки, куда огонь придёт одновременно с нескольких направлений, и будут принадлежать искомому остову.



Области связности и их свойства

Анализируя области связности бинарного изображения, можно решать множество задач высокоуровневой обработки. Например, заполнение внутренних областей или получение векторов признаков для алгоритмов распознавания.

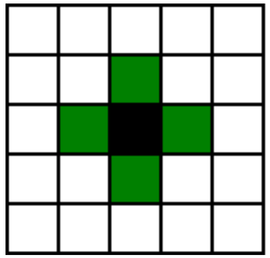
Понятие смежности пикселей

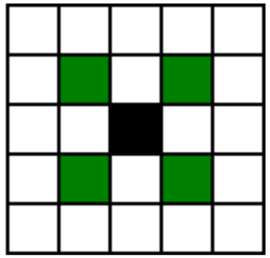
Концепция смежности пикселей интуитивно понятна, но для корректного описания формализуем её.

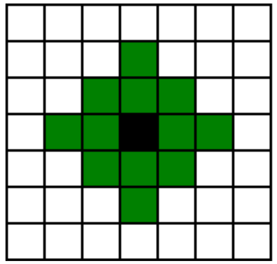
Рассмотрим пиксел изображения с координатами (r, c). Четвёркой его соседей по вертикали и горизонтали будет следующее множество: $N_4(r, c) = \{(r+1, c), (r-1, c), (r, c+1), (r, c-1)\}$. Это множество часто называют окрестностью фон Неймана.

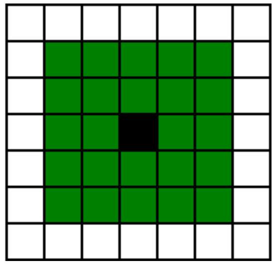
Аналогично определяется и множество диагональных соседей: $N_d(r, c) = \{(r+1, c+1), (r-1, c+1), (r+1, c-1), (r-1, c-1)\}$.

Объединение двух вышеописанных множеств называется восьмёркой соседей или окрестностью Мура: $N_8(r, c) = N_4(r, c) \cup N_d(r, c)$.









Смежность областей и маркировка

Для того, чтобы окончательно закончить с понятием смежности, необходимо дать определение смежности подмножеств. Два подмножества пикселей S_1 и S_2 называются смежными, если существует хотя бы один пиксель из S_1 смежный с пикселом из S_2.

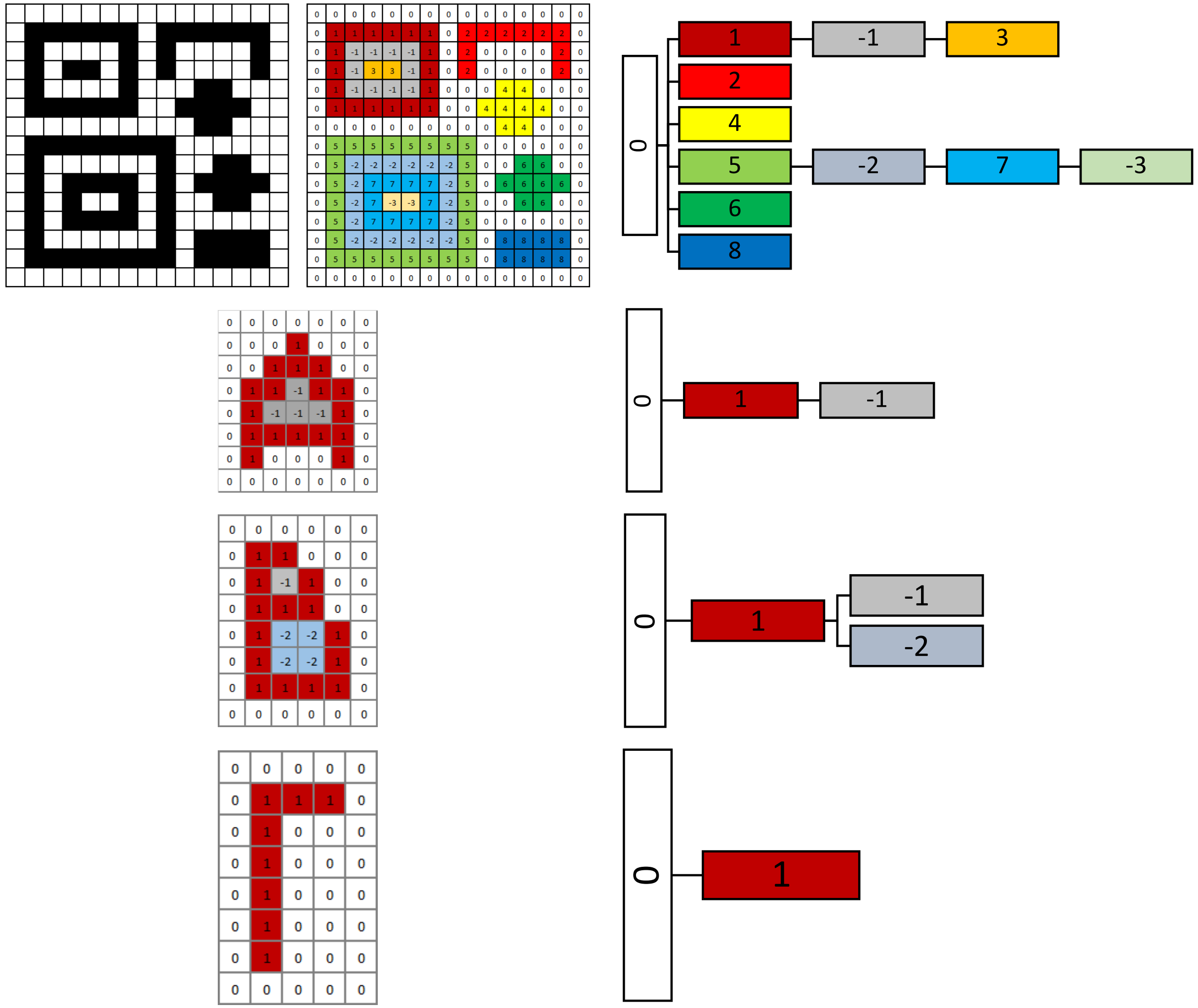
Дискретным путём длины n между двумя пикселами $p(r_p, c_p)$ и $q(r_q, c_q)$ называется неповторяющаяся последовательность пикселей с координатам $(r_1, c_1),(r_2, c_2), \dots, (r_n, c_n)$, при этом $r_1 = r_p, c_1 = c_p, r_n = r_q, c_n = c_q$, а пикселы с координатами (r_i, c_i) и (r_{i+1}, c_{i+1}) являются смежными $\forall i \in (1..n)$.

Рассмотрим произвольное подмножество пикселей S, два пиксела $p, q \in S$ называются связными в S, если существует путь из p в q, все элементы которого входят в S. Компонентной связности S пиксела $p \in S$ называется множество всех пикселов, связных с p в S.

Графы смежности областей

Под графом смежности изображения мы будем понимать граф в котором каждая вершина соответствует связной области, а рёбра соединяют смежные области.

Для построения такого графа в первую очередь необходимо выполнить маркировку связных компонент. Для этого каждой связной компоненте необходимо присвоить свой уникальный идентификатор. Имеет смысл использовать положительные числа для объектов переднего плана и отрицательные числа для фона. Если для изображения верно, что ни один ОПП не соприкасается с границей изображения, рекомендуется области фона, начинающейся в левом верхнем углу изображения, присвоить нулевую метку.

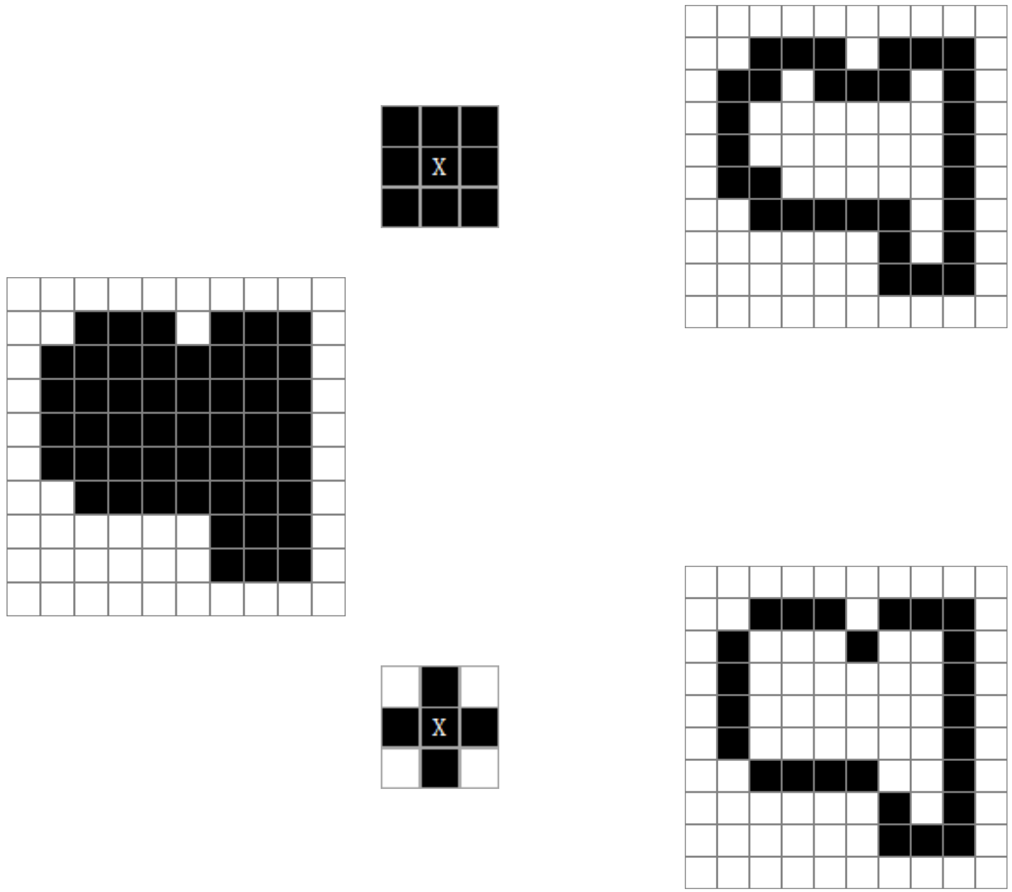


Площадь и периметр

Площадью области мы будем называть количество пикселов, входящих в неё. Площадь проще всего посчитать, по определению, т.е. $S_O = \sum_{(r,c)\in O} 1$.

Периметром области без внутренних отверстий мы будем называть множество всех граничных пикселов. Также напомним, что граничными называются те пикселы, среди соседей которых есть пикселы, не принадлежащие области.

Важно также отметить, что для вычисления границы могут использоваться различные структурирующие элементы (чаще всего используется либо квадрат 3*3 пиксела, либо крест аналогичного размера), при этом использование квадрата даст 4-связный периметр, а использование креста, даст 8-связный периметр



Центр тяжести области и моменты

Для рассмотрения некоторых алгоритмов необходимо научиться вычислять центр тяжести области и моменты областей.

Координаты центра тяжести позволяют приблизительно описывать положение объектов на изображении.

Моменты второго порядка не зависят от масштаба изображения и не требуют связности области для вычисления, поэтому иногда используются для описания формы области: легко заметить, что для квадратов моменты второго порядка по строкам и столбцам равны, а для лежащего горизонтально прямоугольника, момент второго порядка по столбцам будет больше момента второго порядка по строкам.

Название	**Формула для вычисления**	**Описание**
Центр тяжести	$(\overline{r_O}, \overline{c_O}) = (\frac{\sum_{(r,c)\in O} r}{S_O}, \frac{\sum_{(r,c)\in O} c}{S_O})$	Центр тяжести в основном используется для приблизительного описания геометрического места фигуры на изображении.
Центральный момент второго порядка по строке	$\mu_{Orr} = \frac{\sum_{(r,c)\in O}(r - \overline{r_O})^2}{S_O}$	Описывает отклонение координат пикселов от центра тяжести в направлении строк
Центральный момент второго порядка по столбцу	$\mu_{Occ} = \frac{\sum_{(r,c)\in O}(c - \overline{c_O})^2}{S_O}$	Описывает отклонение координат пикселов от центра тяжести в направлении столбцов.
Смешанный центральный момент второго порядка	$\mu_{Orc} = \frac{\sum_{(r,c)\in O}(r - \overline{r_O})(c - \overline{c_O})}{S_O}$	Описывает отклонение координат пикселов от центра тяжести в направлении и строк, и столбцов.

ВОПРОСЫ

?