

УДК 004.93'1

## ОБЗОР АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

БОБРОВА Н. Л., ЧАЙКИН И. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: [bobrova@bsuir.by](mailto:bobrova@bsuir.by), [ighor.chaikin@gmail.com](mailto:ighor.chaikin@gmail.com)

**Аннотация.** В данной статье автором рассматриваются наиболее используемые алгоритмы распознавания изображений, в том числе и алгоритмы получения признаков распознавания. Тема является актуальной, так как в последние годы появляется всё больше проектов в сфере компьютерного зрения, в том числе и от начинающих разработчиков, поэтому необходимо знать механизм работы наиболее востребованных алгоритмов распознавания, их преимущества и недостатки.

### Введение

Распознавание изображений — основная задача в области компьютерного зрения. В настоящее время известно множество методов и алгоритмов для её решения. Часто свойства объекта, который необходимо обнаружить на изображении, не имеют строгих математических параметров, их необходимо формализовать. Но описать все свойства практически невозможно, а избыточная подробность описания делает вычисления неоправданно сложными и ресурсоёмкими. Поэтому, в процессе математической формализации допускаются упрощения, которые в результате снижают качество алгоритма и понижают точность [1]. Таким образом, выбор конкретного алгоритма зависит от оптимального соотношения допустимой сложности вычислений и необходимой точности результата.

### Примитивы Хаара

Необходимо определить все признаки, характеризующие сущность распознаваемых объектов или явлений, так как неполнота информации приводит в дальнейшем к ошибкам или невозможности правильной классификации [2]. Примитивы Хаара - один из наиболее простых алгоритмов получения признаков, являющийся результатом сравнения яркости двух прямоугольных областей. Различают два случая, для каждого из которых существуют свои отличные вариации формул: пересекающиеся и непересекающиеся области (см. рис. 1).

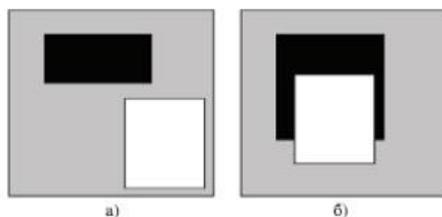


Рис. 1. Признаки распознавания объектов:

а) – пересекающиеся области б) – непересекающиеся области

Признак, называемый также откликом, для непересекающихся областей можно вычислять по следующим формулам:

$$R = \frac{S_w}{N_w} - \frac{S_b}{N_b} \quad (1)$$

$$R = S_w - S_b \quad (2)$$

$$R = \begin{cases} 1, & \frac{S_w}{N_w} > \frac{S_b}{N_b} \\ -1, & \frac{S_w}{N_w} \leq \frac{S_b}{N_b} \end{cases} \quad (3)$$

Для пересекающихся областей используются иные формулы:

$$R = \frac{S_w}{N_w} - \frac{S_b - S_{b \cap w}}{N_b - N_{b \cap w}} \quad (4)$$

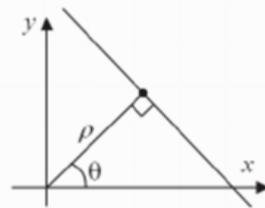
$$R = S_w - (S_b - S_{b \cap w}) \quad (5)$$

$$R = \begin{cases} 1, & \frac{S_w}{N_w} > \frac{S_b - S_{b \cap w}}{N_b - N_{b \cap w}} \\ -1, & \frac{S_w}{N_w} \leq \frac{S_b - S_{b \cap w}}{N_b - N_{b \cap w}} \end{cases} \quad (6)$$

При этом формулы (4), (5) и (6) для пересекающихся областей являются альтернативой формулам (1), (2) и (3) для непересекающихся соответственно.  $S$  - сумма яркостей находящихся под областью пикселей.  $N$  - количество находящихся в области пикселей. Индексы  $w$ ,  $b$  и  $b \cap w$  относятся к белой, чёрной областям и пересечению чёрной и белой областей соответственно. Преимущество откликов подобного свойства в том, что они не зависят от масштабирования изображения, а также смещения по шкале яркости [1].

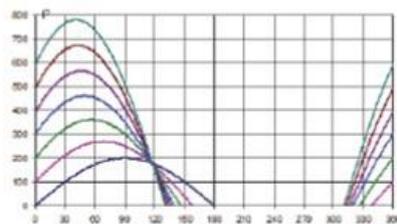
### Алгоритм Хафа

Данный алгоритм используется для поиска (распознавания) прямых либо кривых линий на изображении. Рассмотрим поиск прямых. Идея состоит в том, что любую прямую, заданную уравнением  $y = kx + b$ , можно описать парой параметров  $\rho, \theta$ , где первый означает длину перпендикуляра, опущенного на прямую из точки с координатами  $(0, 0)$ , а второй - угол между данным перпендикуляром и положительным направлением оси абсцисс (см. рис. 2)



**Рис. 2.** Задание прямой параметрами  $\rho$  и  $\theta$

Через точку в декартовой плоскости можно провести бесконечное множество прямых. Если эта точка имеет координаты  $(x_0, y_0)$  на изображении, то все прямые, проходящие через неё, соответствуют уравнению  $\rho(\theta) = x_0 \cdot \cos\theta + y_0 \cdot \sin\theta$  [3]. В пространстве  $(\rho, \theta)$  такое уравнение описывает синусоиду. Точки пространства  $(x, y)$ , принадлежащие одной прямой, в свою очередь, соответствуют одной определённой точке пространства  $(\rho, \theta)$  (пространство Хафа). Точка пересечения нескольких синусоид в пространстве Хафа, имеющая координаты  $(\rho_0, \theta_0)$  (см. рис. 3), соответствует прямой, которой принадлежат несколько точек пространства  $(x, y)$ .

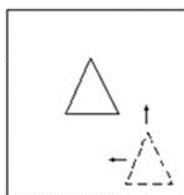


**Рис. 3.** Пересечение синусоид в пространстве

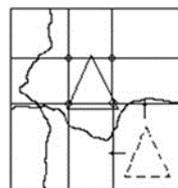
При этом каждой точке пространства  $(x,y)$  соответствует своя синусоида. Каждой точке  $(\rho_0, \theta_0)$  пространства  $(\rho, \theta)$  можно поставить в соответствие счётчик, соответствующий количеству точек  $(x,y)$ , лежащих на прямой  $x \cdot \cos \theta_0 + y \cdot \sin \theta_0 = \rho_0$  [3]. Поиск прямых сводится к выбору точек пространства  $(\rho, \theta)$  с наибольшими значениями счётчика.

### Алгоритм сравнения с шаблоном

Данный алгоритм представляет собой универсальный способ найти объект на изображении, ориентируясь на его форму. Шаблон определённой формы в процессе перемещения по изображению (см. рис. 4) сравнивается с фрагментом, соответствующим текущему местоположению шаблона. При каждом изменении положения изображения вычисляется метрика, отражающая совпадение. Метрика записывается в итоговую матрицу  $R$  для каждого положения в виде  $(x,y)$  [1]. В зависимости от выбранной формулы, координаты наиболее вероятного местоположения объекта соответствуют максимальному либо минимальному значению рассчитанной метрики (см. рис. 5). В большинстве случаев в качестве метрики используют среднеквадратичную разность значений яркости изображений шаблона и текущего фрагмента.



**Рис. 4.** Перемещение шаблона



**Рис. 5.** Обнаружение наиболее вероятного местоположения объекта

Данный алгоритм является наиболее простым для понимания, однако среди недостатков можно отметить высокую ресурсоёмкость. К тому же, изображение шаблона не является динамически масштабируемым – то есть, если объект в кадре несколько меньше или больше шаблонного – он, скорее всего не будет выделен [4].

### Заключение

Алгоритмы распознавания изображений являются основой для проектирования новых и модернизации имеющихся систем распознавания. В зависимости от сложности поставленной задачи и требуемой точности выполнения, могут быть выбраны различные алгоритмы и их комбинации. Немаловажен, в частности, ответственный подход к выбору алгоритмов получения признаков. При этом стоит внимательно относиться к преимуществам и недостаткам того или иного алгоритма в конкретной ситуации. В данной статье были рассмотрены наиболее хорошо изученные алгоритмы распознавания изображений, которые уже могут быть использованы в процессе проектирования приложений, выполняющих задачу распознавания.

### Список литературы

1. Цветков, А. А. Алгоритмы распознавания объектов / А. А. Цветков, Д. К. Шорох, М. Г. Зубарева, С. В. Юрсков, А. В. Шуклин, А. Л. Хамуш, И. Б. Ануфриев // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, июль 2016 г./редкол.: И. Г. Ахметов (гл. ред.) [и др.]. – СПб.: Свое издательство, 2016. – Т.38. – С. 20–27.
2. Серебряная, Л. В. Методы и алгоритмы принятия решений: учеб.пособие / Л. В. Серебряная, Ф. И. Третьяков. – Минск БГУИР, 2016. – 64 с.
3. Кудрина, М. А. Использование преобразования Хафа для обнаружения прямых линий на изображении / М. А. Кудрина // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16, №4(2) – С. 476–478.
4. Национальная библиотека им. Н.Э. Баумана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.bmstu.wiki>. – Дата доступа: 25.10.2022.