

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

Аккуратов В.В., Пчелинцева Н.И., Черепков Е.А.

Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга (248000, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.), e-mail: artefuckt@fh-up.ru

К настоящему моменту было разработано очень много алгоритмов позволяющих обнаруживать и распознавать различные объекты на изображении, например таких как бинаризация по порогу, выбор области гистограммы, вейвлеты, корреляция, распознавание по особым точкам. В данной статье рассматривается модель распознавания образов с использованием сравнения моментов контуров. Помимо этого в статье рассматриваются некоторые из возможных алгоритмов предварительной обработки изображения предназначенных для получения более качественных границ объектов, например такие как выделение цвета, применение к изображению матричных фильтров с целью сглаживания изображения, поиск примитивных фигур на изображении с помощью выделения границ, для данной цели в работе был использован детектор Кенни, в основе которого лежит градиентный оператор Собеля, детектор Кенни реализован во множестве программных продуктов, в частности OpenCV, что позволяет легко использовать его в своих проектах. Помимо этого продемонстрирован поэтапный пример работы данной модели, начиная с алгоритмов предварительной обработки и заканчивая выделением контуров и процессом их распознавания. Также предложены способы её совершенствования с помощью признаков Хаара и метода Виолы Джонса.

Ключевые слова: дорожные знаки, HSV, бинаризация, выделение границ, метод Виолы-Джонса, сравнение моментов, оператор Собеля, детектор Кенни.

INVESTIGATION OF DETECTION AND RECOGNITION ALGORITHMS OF ROAD SIGNS

Akkuratov V.V., Pchelintseva N.I., Cherepkov E.A.

Kaluzhskij filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet imeni N.E. Baumana (nacional'nyj issledovatel'skij universitet)», Kaluga (248000, Kaluga, Bazhenova st, 2.), e-mail: artefuckt@fh-up.ru

To date, a lot of algorithms have been developed that allow you to detect and recognize various objects on the image, such as threshold binarization, histogram selection, wavelets, correlation, and recognition by special points. In this paper we consider the model of pattern recognition using the comparison of the moments of contours. In addition, the article discusses some of the possible image preprocessing algorithms designed to obtain better object boundaries, for example, such as color separation, applying matrix filters to the image to smooth the image, searching for primitive figures in the image by delineating borders, for this purpose in The Kenny detector, based on Sobel's gradient operator, was used, the Kenny detector was implemented in a variety of software products, in particular OpenCV, which makes it easy to use it in your projects. In addition, a step-by-step example of the work of this model is demonstrated, beginning with the algorithms of preliminary processing and ending with the selection of contours and the process of their recognition. Also, there are ways to improve it with the help of Haar's signs and the Viola Jones method. Key words: road signs, HSV, binarization, border allocation, Viola-Jones method, comparison of moments, operator Sobel, detector Kenny.

Введение

Большинство систем для поиска и идентификации объектов на изображении требуют огромных вычислительных мощностей, а в случае мобильных устройств постоянная работа камеры и высокая нагрузка на процессор создает проблему больших затрат энергии. Потребление больших вычислительных мощностей обусловлено необходимостью предварительной обработки получаемых на вход изображений. Для решения проблемы обнаружения и идентификации объектов создано множество алгоритмов, позволяющих проектировать более производительное программное обеспечение[3].

Исходя из описанного выше можно в общем виде построить алгоритм для

обнаружения и идентификации объектов:

1. Предварительная обработка изображения;
2. Поиск объекта (для нашей задачи это будет окружность, прямоугольник или треугольник);
3. Распознавание объекта.

Предварительная обработка изображения. Одним из главных препятствий в решении задачи распознавания является качество снимков, отсюда возникает необходимость предварительной обработки изображений [2,5]. Так как для дорожных знаков при изготовлении используется строго определенный набор цветов, для предварительной обработки изображений можно использовать выделение цветов геометрических примитивов [1].

Для задачи поиска цвета наиболее удобным решением является перевод изображения в цветовую модель HSV, которая предполагает более четкое разграничение цветов. Для перевода к данной цветовой модели из цветового пространства RGB необходимо воспользоваться (1):

$$H = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = MIN \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN}, \text{ если } MAX = R \text{ и } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360, \text{ если } MAX = R \text{ и } G < B \\ 60 \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, \text{ если } MAX = G \\ 60 \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240, \text{ если } MAX = B \end{cases} \quad (1)$$
$$S = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX} \text{ иначе} \end{cases}$$
$$V = MAX,$$

где $H \in [0, 360]$; $S, V, R, G, B \in [0, 1]$, а MAX – максимальное из значений R, G, B , MIN – минимальное.

Для данной цветовой модели важной компонентой в рамках поставленной задачи будет цветовой тон H , остальные компоненты следует выбирать максимальными так как они зависят от окружения [7].

После определения границ цвета требуется анализировать изображение попиксельно, а затем проводить бинаризацию. Под бинаризацией подразумевается, что цвет каждого пикселя имеющего значение цветового тона в пределах искомого цвета делаем белым, остальные пиксели делаем черными (Рис. 1).



а)

б)

Рис.1 Этапы предварительной обработки изображения:

- а) Изображение полученное с видеорегистратора
- б) Выделение красного цвета и бинаризация

Следующим этапом в предварительной обработке является сглаживание. В качестве фильтра выбран матричный фильтр размерности 3x3 (2):

$$\begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix} (2)$$

В процессе применения фильтра компоненты изображения перемножаются на коэффициенты матрицы, а затем складываются. Затем полученные компоненты делятся на размерность матрицы фильтра, после чего получаем компоненты RGB, которые присваиваются пикселям после применения к ним матричного фильтра.

Результат применения фильтра (2) к рис. 1 можно увидеть на рис. 2.

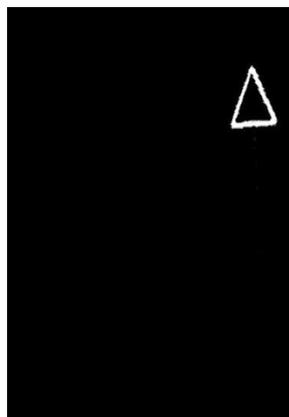


Рис.2 Применение фильтра сглаживания.

Поиск объекта

Для поиска объекта требуется выделить границы искомого объекта. Для этой цели хорошо подходит детектор Кенни [4]. Реализация данного детектора присутствует в библиотеке OpenCV. В основе его работы лежит градиентный оператор Собеля.

Различные программные реализации позволяют указать пороги минимума, максимума и размерность оператора Собеля при вызове метода. Маски, используемые оператором Собеля [8], представлены на рис.3.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Рис.3 Маски оператора Собеля

Эффект применения оператора Собеля к рис. 2 можно увидеть на рис. 4.

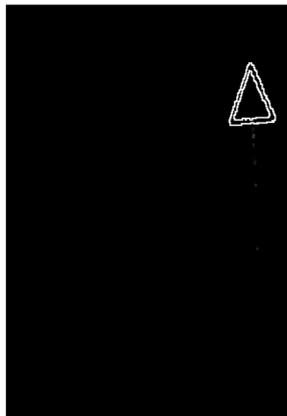


Рис.4 Выделение границ с помощью оператора Собеля

Распознавание объекта. Далее требуется распознать полученный контур. Для этого можно использовать сравнение моментов. Чтобы использовать данный подход необходимо иметь образец фигуры, в результате обработки которой будет найден нужный контур. Сравнение моментов контуров реализуется с помощью составления карты контуров и последующего сопоставления знака с помощью преобразования Фурье. Для данного метода возможно три варианта сравнения, использующие инвариантные моменты, являющиеся линейной комбинацией нормализованных центральных моментов[9]. Выражение вида (3) является двумерным моментом порядка (p+q) [6].

$$m_{pq} = \iint_D x^p y^q p(x,y) dx dy \quad p, q = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

где D-область изображения, для которой вычисляются моменты. Для описания изображения совместная вероятность $p(x, y)$ заменяется на функцию яркости изображения $f(x,y)$. Переход к центральным моментам обеспечивает инвариантность двумерных моментов к сдвигу [6]. После преобразований получим выражение (4)

$$\mu_{pq} = \iint_D (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad p, q = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

где $\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}$, $\bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$ – координаты центра области D.

Переход к нормализованным центральным моментам обеспечивает инвариантность относительно масштабирования.

В качестве меры сходства изображений возможен выбор между тремя функциями (5)

$$I_1(A, B) = \sum_{i=1..7} \left| \frac{1}{m_i^A} - \frac{1}{m_i^B} \right|, \quad I_2(A, B) = \sum_{i=1..7} |m_i^A - m_i^B|, \quad I_3 = \frac{\sum_{i=1..7} |m_i^A - m_i^B|}{|m_i^A|}, \quad (5)$$

где $m_i^A = \text{sign}(h_i^A) \cdot \lg(h_i^A)$, $m_i^B = \text{sign}(h_i^B) \cdot \lg(h_i^B)$, а h_i^A и h_i^B – моменты Ну изображений A и B соответственно.

Выводы. В данной статье была рассмотрена многоэтапная модель распознавания объектов, в основе которой метод сравнения моментов. Данная модель обеспечивает хорошую производительность для задачи нахождения однотипных объектов. В случае, если изображение подается затемненным или с бликами, тогда требуется его дальнейшее улучшение [9]. Так же для более гибкого распознавания можно использовать методы машинного обучения. Одним из таких методов является каскадный классификатор на основе признаков Хаара, который в свою очередь использует метод Виолы-Джонса [10].

Список литературы

1. Гришанов К.М., Белов Ю.С. Методы выделения признаков для распознавания символов. Электронный журнал: наука, техника и образование, 2016, вып. 1(5), стр. 110-119.
2. Нестеров А.Ю., Белов Ю.С. Распознавание образов по уникальным точкам на примере дорожных знаков. Электронный журнал: наука, техника и образование. 2016. № 4 (9). С. 113-119.
3. Нестеров А.Ю., Белов Ю.С. Сравнительный анализ функционирования алгоритма распознавания по контрольным точкам и результатов работы мобильного приложения goadar. Электронный журнал: наука, техника и образование. 2017. № СВ1 (11). С. 139-145
4. Сакович И.О., Белов Ю.С. Обзор основных методов контурного анализа для выделения контуров движущихся объектов. Инженерный журнал: наука и инновации. 2014. № 12 (36). С. 11.
5. Коваль Ю.А., Филиппов М.В. Метод предварительной фильтрации изображений для повышения точности распознавания образов. Инженерный журнал:

наука и инновации, 2014, вып. 12. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1307.html>
(дата обращения: 22.12.2017).

6. Borgefors G Hierarchical chamfer matching: A parametric edge matching algorithm. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 10(6):849-865, 2000.

7. Chan T.F., Vese L.A. Active contours without edges. IEEE Transactions on Image Processing, 10(2):266-277. февраль 2001.

8. Lin Weisi, Dacheng Tao Multimedia Analysis, Processing and Communications, 2011, pp. 200-205.

9. M.K.Hu. Visual Pattern Recognition by Moment Invariants. IRE Trans. Info. Theory. vol. IT-8:179-187, 2000.

10. Viola P., Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. Accepted Conference On Computer Vision And Pattern Recognition, 2001, vol. 1, pp. 511-518.