
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

УДК: 004.93'11

DOI: 10.30987/article_5d8d113d478348.62159890

Е.А. Леонов, Ю.А. Леонов, А.В. Аверченков, Ю.М. Казаков, А.С.Зуева

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ФОРМ

В статье кратко описана методика и предложен метод для распознавания на изображениях любых объектов, которые должны иметь эллиптическую форму. Данный метод универсален и может быть применен в любых интеллектуальных системах распознавания, например, дорожных знаков с изображений видеокамер. Преимуществом предложенного метода является высокая скорость работы и стойкость к ошибкам за счет значительного уменьшения размерности исходных данных подаваемых на нейронную сеть.

Ключевые слова: *методы анализа данных; системы распознавания изображений; поиск геометрических примитивов; искусственные нейронные сети.*

E.A. Leonov, Y.A. Leonov, A.V. Averchenkov, Y.M. Kazakov, A.S. Zueva

RECOGNITION METHOD OF ELLIPTIC FORMS OBJECTS ON THE IMAGES

The article briefly describes the methodology and suggests the method for recognizing any elliptic forms objects on the images. This method is universal and can be applied in any intelligent recognition systems, for example, recognition system of the road signs from video camera images. The advantages of the proposed method are high speed and resistance to errors due to a significant reduction in the dimension of the source data supplied to the neural network.

Keywords: *data analysis methods, image recognition systems, search for geometric primitives, artificial neural networks.*

Введение

Поиск геометрических примитивов на изображениях широко используются в интеллектуальных системах распознавания изображения как промежуточная стадия получения исходных данных для последующего анализа, либо для уточнения области дальнейшего распознавания [1]. Так, например, для распознавания дорожных знаков в видео потоке более оптимальным является распознавать только изображения, находящиеся внутри объектов, имеющих геометрические формы: круга, треугольника, квадрата и пр. Также следует отметить, что на реальных изображениях данные фигуры могут быть значительно искажены в связи с углом их съемки и проекцией. Так круг будет чрезвычайно редко представлен в данном виде и почти всегда представляется в виде эллипса, границы которого достаточно сильно размыты и имеют неправильную форму.

Применение классических методик распознавания изображений, использующих сверточные и рекуррентные нейронные сети [2], а также другие сети для классификации в задачах распознавания простых геометрических примитивов крайне неэффективны и требуют значительных вычислительных ресурсов, особенно при больших размерах

изображений или поточного видео. Более правильным подходом является обработка изображения и поиск замкнутых контуров, удовлетворяющих необходимым условиям.

Поиск примитивов в изображении предлагаемым методом можно разбить на четыре основных этапа: обработка изображения и приведение его к бинарной карте, поиск контуров по бинарной карте, поиск примитивов в массиве контуров, фильтрация набора найденных примитивов.

1. Определение контуров

Так как анализ цветов изображений не производится, для ускорения работы и упрощения алгоритмов изображение переводится в оттенки серого. Далее используется уже ставший классическим алгоритм Джона Кенни (John Canny) [3]. Данный алгоритм сначала сглаживает изображение, чтобы устранить шум и находит градиент изображения, чтобы подсветить области с высокими пространственными производными. После чего алгоритм проходит по этим областям и подавляет все пиксели, которые не в максимуме (не максимальное подавление). После чего градиентный массив уменьшается гистерезисом, который используется, чтобы отследить оставшиеся пиксели, которые не были подавлены. Гистерезис использует два порога и если величина ниже первого порога, то она устанавливается в ноль (делается не краевой). Если величина выше высокого порога, она делается краевой. В том случае если нет пути от текущего пикселя к пикселю с градиентом выше второго порога, и если величина яркости пикселя находится между двумя порогами, то она устанавливается в ноль. В результате преобразований получаем бинарную карты изображений.

Далее осуществляется поиск контуров границ и при этом используется алгоритм Судзуки (Suzuki, S.) [4]. При анализе используется небольшая модификация оригинального алгоритма, использующая аппроксимацию линий для замыкания контуров. Далее выбирались только замкнутые контуры, имеющие более семи линий с заданной пропорцией общей площади контура по отношению ко всему изображению.

2. Определение эллиптических объектов

Основным этапом обработки изображения является непосредственно определение является ли замкнутый контур относительно правильным эллипсом. Для этого создается массив уникальных точек $P = \langle X, Y \rangle$, образующих контур. В данном массиве находятся минимальные и максимальные координаты точек по обеим осям:

$$\begin{aligned} X_{\min} \leq \forall x \in X, \quad X_{\max} \geq \forall x \in X, \\ Y_{\min} \leq \forall y \in Y, \quad Y_{\max} \geq \forall y \in Y. \end{aligned}$$

Таким образом, находится прямоугольник, описывающий предполагаемый эллипс (рис. 1). Стороны прямоугольника, разделенные пополам $a = (X_{\max} - X_{\min}) / 2$ и $b = (Y_{\max} - Y_{\min}) / 2$, являются также полуосями искомого эллипса. Данное утверждение правомерно, так как началом координат всегда является верхний левый угол изображения, следовательно, все координаты положительны. Центр данного прямоугольника, при этом является центром предполагаемого эллипса.

Далее, используя стандартную формулу эллипса в декартовых координатах, и выражая большую и малую полуось через имеющиеся координаты, получаем следующую зависимость для определения любой точки эллипса:

$$\left(\frac{X_{\min} + a - x}{a} \right)^2 + \left(\frac{Y_{\min} + b - y}{b} \right)^2 = 1, \quad \forall x \in X, \quad \forall y \in Y.$$

Однако данная зависимость является уравнением, что требует жесткого выполнения условия равенства. Так как на практике контур практически никогда не может быть

рассчитан по битовой карте точно, то необходимо расширить зависимость. Предлагается сделать это двумя различными способами в зависимости от требуемой скорости алгоритма и его точности. Если требуется обеспечить наивысшую скорость работы, пожертвовав точностью (как показывает практика не значительной), то наиболее простым является создание системы неравенств, при удовлетворении которой точка, могла бы быть признана принадлежащей эллипсу.

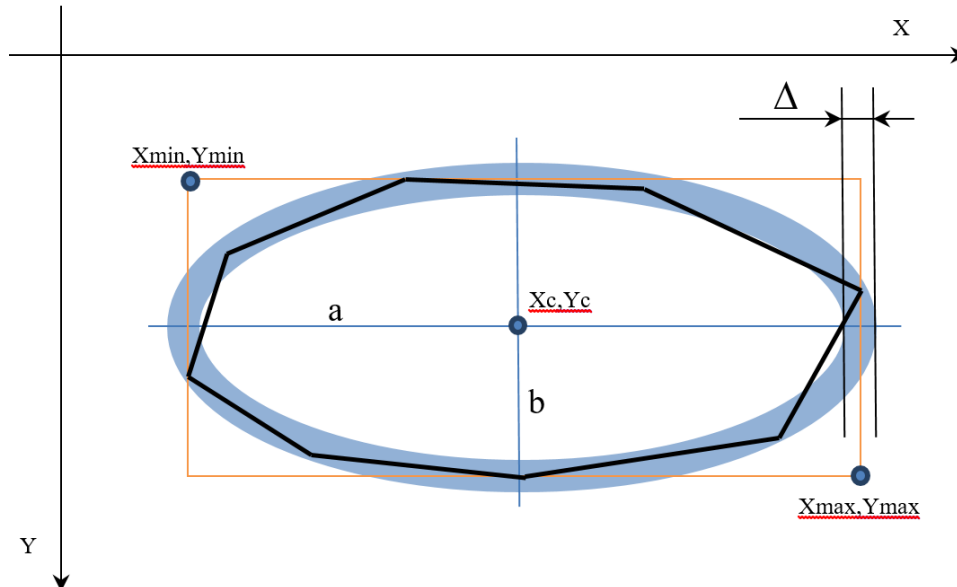


Рис. 1. Схема с основными параметрами эллипса

Введем допуск на искажение формы эллипса $\Delta = \max(a, b) / 12$, характеризующий расстояние до математической границы

$$\begin{cases} \left(\frac{X_{min} + a - x}{a + \Delta/2} \right)^2 + \left(\frac{Y_{min} + b - y}{b + \Delta/2} \right)^2 < 1 \\ \left(\frac{X_{min} + a - x}{a - \Delta/2} \right)^2 + \left(\frac{Y_{min} + b - y}{b - \Delta/2} \right)^2 > 1 \end{cases}$$

Описанная система неравенств определяет принадлежит ли точка $p = \{x, y\}$ массива P эллипсу с границами в крайних точках и толщиной контура Δ в 12 раз меньшей, чем наибольшая ось эллипса.

Проверяем все точки исследуемого контура на выполнение системы неравенств. В случае если каждая точка, образующая контур удовлетворяет системе неравенств, считаем контур эллипсом с полуосями a и b и центром в точке $\{X_{min} + a, Y_{min} + b\}$. В случае, если $a = b \pm \Delta/2$, эллипс считаем окружностью с радиусом $r = (a + b) / 2$ и с центром в той же точке.

Определение условий съемки и реконструкция возможной окружности по эллипсу являются отдельной задачей и данной статье не рассматриваются, но для ее решения исходными данными могут быть как изменение найденного эллипса в последовательности кадров (съемка в движении), так и по статическим изображениям ориентируясь на других искажениях и артефактах изображения.

В случае если необходимо обеспечить большую точность определения, то для этого можно использовать обыкновенный полносвязный многослойный перцептрон всего с тремя входами и двумя выходами. На вход можно подавать количество вершин в анализируемом контуре, средневзвешенное отклонение от центра между эллипсами минимума и максимума

$$\delta = \left(\frac{X_{\min} + a - x}{a - \Delta/2} \right)^2 + \left(\frac{Y_{\min} + b - y}{b - \Delta/2} \right)^2$$

и дельту между размерами полуосей $|a - b|$, так как практика показывает, что размер вылета за норму найденных точек контура зависит от пропорций эллипса.

Заключение

Предлагаемый метод хорошо себя зарекомендовал при решении различных практических задач, таких как поиск знаков на фотографиях [5], обнаружение окружностей на диаграммах и схемах [6], поиск границ овалов лиц и др. Основным достоинством метода является его чрезвычайная простота реализации, а также высокая скорость работы, что позволяет применять его не только на современных стационарных компьютерах, но и мобильных устройствах с низкой вычислительной мощностью. При корректном использовании для изображений имеющих четкие контрастные границы эллиптических объектов и имеющие незначительный угол наклона к границам изображения, метод имеет приемлемо низкое количество ошибок и может эффективно применяться на предварительных стадиях распознавания изображений.

Список литературы:

1. Prasad, D.K. Geometric primitive feature extraction – concepts, algorithms, and applications [Ph.D. thesis] / D.K. Prasad. – Singapore: School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, 2012. – pp. 333.
2. Liang, M. Recurrent convolutional neural network for object recognition / X. Hu, M. Liang // 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – Boston, MA, USA: IEEE, 2015. – pp. 3367-3375.
3. Canny, J.F. A computational approach to edge detection / J.F. Canny // Readings in computer vision: issues, problems, principles, and paradigms. – San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1987. – pp. 184-203.
4. Suzuki, S. Topological structural analysis of digitized binary images by border following / S. Suzuki, K. Be // Computer Vision, Graphics and Image Processing. – Amsterdam: Elsevier, 1985. – № 30 (1). – pp. 32-46.
5. Dataset [Электронный ресурс]: German Traffic Sign Benchmarks. Режим доступа: <http://benchmark.ini.rub.de/?section=gtsrb&subsection=dataset#Downloads>
6. Леонов, Е.А. Формализация процесса мониторинга информации в сети Интернет при создании предметно-ориентированных хранилищ данных: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01: защищена 28.12.11 [Место защиты: Волгоградский государственный технический университет, Волгоград] / Леонов Евгений Алексеевич. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. – 198 с.

References:

1. Prasad, D.K. Geometric primitive feature extraction – concepts, algorithms, and applications [Ph.D. thesis] / D.K. Prasad. – Singapore: School of Computer Engineering, Nanyang Technological University, 2012. – pp. 333.
2. Liang, M. Recurrent convolutional neural network for object recognition / X. Hu, M. Liang // 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – Boston, MA, USA: IEEE, 2015. – pp. 3367-3375.
3. Canny, J.F. A computational approach to edge detection / J.F. Canny // Readings in computer vision: issues, problems, principles, and paradigms. – San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 1987. – pp. 184-203.
4. Suzuki, S. Topological structural analysis of digitized binary images by border following / S. Suzuki, K. Be // Computer Vision, Graphics and Image Processing. – Amsterdam: Elsevier, 1985. – № 30 (1). – pp. 32-46.
5. Dataset [Electronic resource]: German Traffic Sign Benchmarks. Access mode: <http://benchmark.ini.rub.de/?section=gtsrb&subsection=dataset#Downloads>.
6. Leonov, E.A. Formalization of the information monitoring on the Internet process in creating domain-specific data warehouses: PhD in Engineering Sciences thesis: 05.13.01: defended 28.12.11 [Volograd State Technical University, Volgograd] / Leonov Evgeny Alekseevich. – Bryansk: Bryansk State Technical University, 2012. – 198 p.

Статья поступила в редколлегию 10.06.19.

*Рецензент: д.т.н., доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 28.06.19.

Сведения об авторах

Леонов Евгений Алексеевич

Кандидат технических наук,
Доцент каф. «Компьютерные технологии и системы»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
тел.: 8-952-960-60-01
E-mail: johnleonov@gmail.com

Леонов Юрий Алексеевич

Кандидат технических наук, доцент,
Доцент каф. «Компьютерные технологии и системы»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
тел.: 8-952-960-60-03
E-mail: yorleon@yandex.ru

Аверченков Андрей Владимирович

Доктор технических наук, доцент,
Профессор каф. «Компьютерные технологии и системы»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
тел.: 8-903-868-58-55
E-mail: mahar@mail.ru

Кзаков Юрий Михайлович

Кандидат технических наук, доцент,
Доцент каф. «Компьютерные технологии и системы»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
тел.: 8-953-283-92-42
E-mail: kym2000@yandex.ru

Зуева Анастасия Сергеевна

Студент специальности «Информационно-аналитические системы безопасности»
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»
тел.: 8-980-309-50-60
E-mail: nastermaster@yandex.ru

Information about authors:

Leonov Evgeny Alekseevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the department «Computer technologies and systems»
FSBEI HE «Bryansk State Technical University»
tel.: 8-952-960-60-01
E-mail: johnleonov@gmail.com

Leonov Yuri Alekseevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the department «Computer technologies and systems»
FSBEI HE «Bryansk State Technical University»
tel.: 8-952-960-60-03
E-mail: yorleon@yandex.ru

Averchenkov Andrey Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the department «Computer technologies and systems»
FSBEI HE «Bryansk State Technical University»
tel.: 8-903-868-58-55
E-mail: mahar@mail.ru

Kazakov Yuri Mikhailovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the department «Computer technologies and systems»
FSBEI HE «Bryansk State Technical University»
tel.: 8-953-283-92-42
E-mail: kym2000@yandex.ru

Zueva Anastasia Sergeevna

Student of specialty «Information and analytical systems of security»
FSBEI HE «Bryansk State Technical University»
tel.: 8-980-309-50-60
E-mail: nastermaster@yandex.ru