

УДК 681.3.07

НАХОЖДЕНИЕ И НОРМАЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ИСКАЖЕННЫХ ПРОЕКТИВНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ НА ПРИМЕРЕ НОМЕРНОГО ЗНАКА

В. А. Любченко¹, Е. О. Передрий²¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, lubchenko_v@mail.ru²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, elena_peredriy@ukr.net

В задаче автоматической идентификации автомобиля наиболее сложным считается этап выделения на изображении области, содержащей номерной знак при различных яркостных и геометрических искажениях. В данной статье описан подход к выделению номерного знака автомобиля на растровых изображениях и приведены результаты работы компьютерной модели, разработанной для тестирования предложенного метода. Он включает такие этапы, как контрастирование и эквализация гистограммы, фильтры для подавления шумов, бинаризация изображений, выделение контуров областей, аппроксимация выделенных областей четырехугольниками. Для коррекции геометрических искажений номерной пластины на заключительном этапе применяется нормализация проективных преобразований по четырем точкам.

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ, НАХОЖДЕНИЕ НОМЕРНОГО ЗНАКА, ПРОЕКТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, НОРМАЛИЗАЦИЯ, КОНТУР, АППРОКСИМАЦИЯ.

Введение

В последнее время в связи со стремительным развитием вычислительной техники все больший интерес стал проявляться к задачам обработки и распознавания изображений. При решении данных задач часто появляется необходимость разбить исходное изображение на некоторое множество связанных областей, пиксели которых близки по некоторым признакам (однородности цветов, соседства, морфологическим и т. д.), с последующим выделением областей, отвечающих заданному набору признаков. Например, в задаче идентификации транспортного средства при выделении номерного знака необходимо на изображении выделить все подозрительные четырехугольные области с геометрическими характеристиками, подобными номерному знаку автомобиля. Но при решении реальных задач на изображениях часто присутствуют геометрические искажения [1], что усложняет поиск необходимой области или объекта. Поскольку проективная модель наиболее полно описывает восприятие зрительных образов человеком, то целесообразно разрабатывать метод, инвариантный к проективным преобразованиям.

Задача идентификации автомобиля стала интересна с началом автоматизации систем технического зрения. Ее практическое решение имеет широкое применение, например, для решения задач контроля движения транспортных средств на пропускных пунктах предприятий, охраняемых территориях, стоянках, паркингах и т. п. Несмотря на широкое использование и эксплуатацию подобных систем в других странах, они остаются несовершенными, постоянно дорабатываются и изменяются, поэтому данная задача остается актуальной на сегодняшний день как в Украине, так и за рубежом.

В области выделения и распознавания номерного знака автомобилей на сегодняшний день проведено много исследований. Например, для выделения областей символов могут использоваться такие методы, как нейронные сети и сравнение по шаблону для распознавания [3], нечеткая логика и нейронные сети [5], преобразование Хафа [6], сегментация цветных изображений [4] и т. п.

Разработанный метод выделения области номерного знака автомобиля на изображениях, искаженных проективными преобразованиями, может использоваться в других задачах для обнаружения на изображении объектов заданной геометрической формы (например, деталей на конвейере, контроля качества печатных плат и др.).

1. Описание разработанного метода

Изображение, полученное с цифровой камеры высокого разрешения, преобразуется в 8-битное (в оттенках серого) и передается системе выделения номерного знака.

Разработанный алгоритм выделения номерной пластины можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 1.

Рассмотрим подробнее каждый из этапов алгоритма.

2. Предобработка

На данном этапе входное изображение преобразовывается для устранения возможных шумов, связанных с выделением и передачей изображения (например, используя медианную фильтрацию или низкочастотные фильтры), влияний, связанных с плохими погодными условиями и освещенностью, улучшения визуального восприятия (эквализация гистограммы) и повышения контраста между сим-



Рис. 1. Схема алгоритма

волами и фоном номерной пластины (используя высокочастотные фильтры).

3. Бинаризация

Поскольку изображения содержат большой объем информации, важную роль начинают играть вопросы ее представления. Черно-белые (бинарные) изображения легче получать, хранить и обрабатывать, чем изображения, в которых имеется много уровней яркости. Пороговую бинаризацию удобно использовать, это достаточно простой и быстрый алгоритм, к тому же для бинарных изображений разработан целый ряд методов их анализа и обработки.

Изображение, получаемое в результате порогового преобразования, определяется следующим образом [7]:

$$B_2(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } B_1(x, y) \geq T_0; \\ 0, & \text{если } B_1(x, y) < T_0, \end{cases}$$

где B_1 — исходное полутоновое изображение; B_2 — бинарное изображение.

Таким образом, пиксели, которым присвоено значение 1, соответствуют объекту, а пиксели со значением 0 соответствуют фону (или наоборот) (рис. 2б). При выполнении пороговой обработки основная проблема состоит в выборе порога T_0 . В нашем случае порог подбирается экспериментально, основываясь на том факте, что цвет фона номерного знака известен.

После бинаризации изображения на данном этапе проводится «фильтрация» областей, т. е. исключение тех областей, которые не отвечают установленным геометрическим характеристикам (на данном этапе — это площадь областей). Области, имеющие слишком малую или слишком большую



a



б

Рис. 2. Бинаризация изображения: а — входное изображение; б — преобразованное изображение

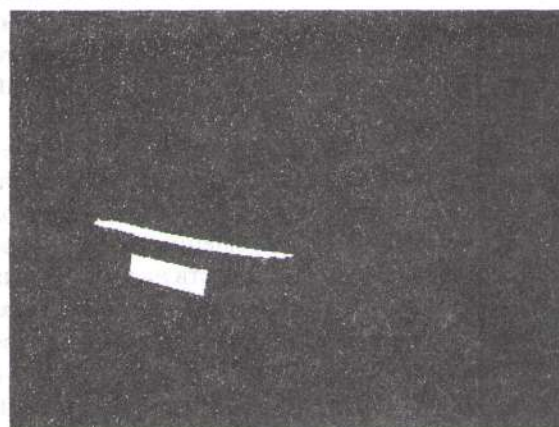


Рис. 3. «Фильтрация» областей

площадь для номерной пластины, при проверке отбрасываются, а также заливаются все области, находящиеся на границе изображения, т.к. номер не может находиться частично в поле зрения (рис. 3).

При бинаризации на изображении объекты могут соприкасаться.

Для разделения объектов можно использовать морфологические операции. Сначала изображение подвергают эрозии до тех пор, пока не исчезнет «слипание» объектов. При этом объекты не должны в результате эрозии совсем исчезнуть. Затем производится наращивание объектов.

4. Выделение границ областей и аппроксимация их прямыми

Алгоритмы выделения контуров можно условно разбить на две группы: отслеживающие и сканирующие.

Отслеживающие алгоритмы основаны на том, что на изображении отыскивается объект (первая встретившаяся точка объекта) и контур объекта отслеживается и векторизуется. Достоинством данных алгоритмов является их простота, к недостаткам можно отнести их последовательную реализацию и некоторую сложность при поиске и обработке внутренних контуров. Пример отслеживающего алгоритма — «алгоритм жука». «Жук» начинает движение с белой области по направлению к черной. Как только он попадает на черный элемент, он поворачивает налево и переходит к следующему элементу. Если этот элемент белый, то «жук» поворачивается направо, иначе — налево. Процедура повторяется до тех пор, пока «жук» не вернется в исходную точку. Координаты точек перехода с черного на белое и с белого на черное и описывают границу объекта.

Сканирующие алгоритмы основаны на просмотре (сканировании) всего изображения и выделении контурных точек без отслеживания контура объекта.

В данном проекте был реализован отслеживающий алгоритм для получения упорядоченных множеств граничных пикселей каждой области (рис. 5а).

Далее полученный контур области мы аппроксимируем заданной фигурой. Под аппроксимацией будем понимать максимально точное описание объекта прямыми. Критерием качества аппроксимации служит среднеквадратичное отклонение. На каждом шаге проверяется выполнение неравенства

$$\sum (x_i - x_i')^2 < N$$
, где N задается программно на основе экспериментальных исследований и желаемой точности (рис. 4).

На следующем этапе выделяются области, аппроксимированные четырехугольником (рис. 5б). Далее проверяется изменение яркости. Выполняется сканирование вдоль горизонтальной линии и строится яркостная проекция, т.е. отбрасываются все области однородной яркости.

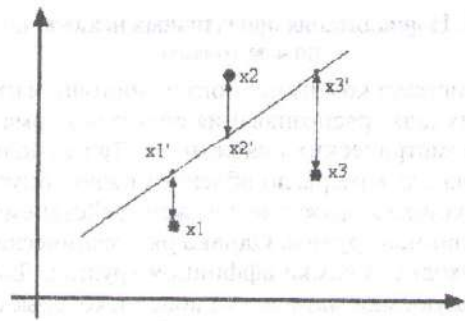
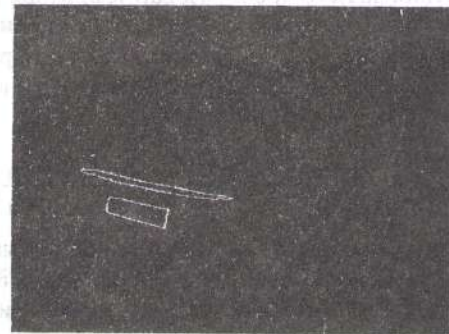
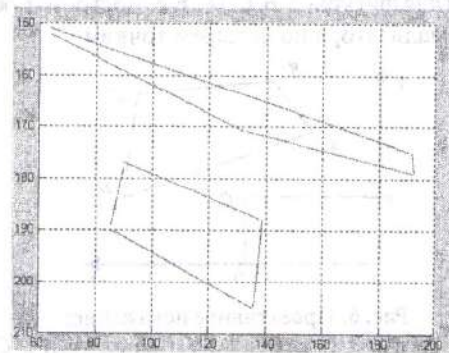


Рис. 4. Расчет расстояния до прямой в методе наименьших квадратов



а



б



в

Рис. 5. Оконтуривание объектов: а — выделение контура; б — аппроксимация четырехугольником; в — выделенная область

5. Нормализация проективных искажений по 4-м точкам

В системах компьютерного зрения одной из важнейших задач распознавания является нормализация геометрических искажений. При небольших расстояниях камеры до объекта можно допустить, что входное изображение искажено действием только аффинной группы. Однако ряд технических задач выходит за рамки аффинной группы. Для них используют математические модели, которые основываются на проективных преобразованиях.

Допустим, что у нас есть два изображения: эталонное и входное, полученное из эталонного путем воздействия на него преобразованием, входящим в проективную группу. Обозначим изображения, соответственно, $B_0(x, y)$ и $B(x, y)$. Таким образом, изображения связаны между собой математической моделью, представленной в виде:

$$B_0(x, y) = B \left(\frac{b_{11}x + b_{12}y + b_{13}}{b_{31}x + b_{32}y + b_{33}}, \frac{b_{21}x + b_{22}y + b_{23}}{b_{31}x + b_{32}y + b_{33}} \right)$$

Предположим, что мы имеем стандартные размеры изображения объекта $ABCD$, фигура $A'B'C'D'$ получена в результате проективного искажения фигуры $ABCD$ (рис. 6). Пусть координаты расположения фигур известны. Необходимо получить нормализатор для фигуры $A'B'C'D'$, т. е. построить общий вид нормализатора по четырем точкам.

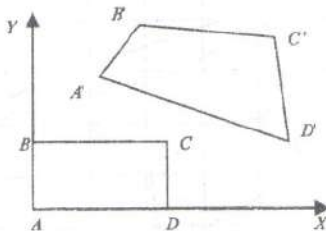


Рис. 6. Проективное искажение: исходная фигура — $ABCD$, искаженная — $A'B'C'D'$

Параметры проективного преобразования в этом случае для фигур $ABCD$ и $A'B'C'D'$ определяются по формулам, описанным в [2].

По определенным параметрам проективного преобразования для фигуры $A'B'C'D'$ с помощью следующих формул можно построить обратное преобразование g^{-1} , с помощью которого привести ее к фигуре $ABCD$:

$$\begin{cases} x = \frac{(b_{13} - x')(y'b_{32} - b_{22}) - (b_{23} - y')(x'b_{32} - b_{12})}{(x'b_{31} - b_{11})(y'b_{32} - b_{22}) - (y'b_{31} - b_{21})(x'b_{32} - b_{12})} \\ y = \frac{(b_{13} - x')(y'b_{31} - b_{21}) - (b_{23} - y')(x'b_{31} - b_{11})}{(x'b_{32} - b_{12})(y'b_{31} - b_{21}) - (y'b_{32} - b_{22})(x'b_{31} - b_{11})} \end{cases}, (1)$$

где x, y — координаты эталона; x', y' — координаты искаженного изображения [2].

Область, описываемая четырьмя точками и предположительно содержащая номерной знак,

может быть представлена фигурой $A'B'C'D'$ и по формуле (1) приведена к стандартному виду — шаблону $ABCD$ (рис. 7), начальные координаты и размеры которого задаются программно. Т. е. область нормализована и максимально подготовлена к этапу выделения и распознавания символов.

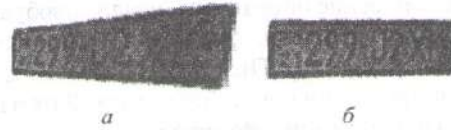


Рис. 7. Нормализация проективных искажений: a — исходная область; b — область, приведенная к стандартному виду

Заключение

Разработан метод нахождения контуров областей, которые потенциально могут содержать номерной знак. Для тестирования разработанного метода построен алгоритм, который был реализован в виде компьютерной модели. Компьютерная модель позволяет осуществлять бинаризацию изображений, выделять контуры областей, осуществлять аппроксимацию выделенных четырехугольниками областей, а также проводить нормализацию проективных искажений по четырем точкам. Эти методы являются составной частью предлагаемого метода.

Тестирование предлагаемого метода выделения номерного знака проводилось на реальных изображениях автомобилей, которые искажены различными проективными преобразованиями.

Научная новизна данной работы состоит в том, что предложенный алгоритм учитывает возможность наличия на изображениях проективных преобразований, в то время как большинство существующих алгоритмов не учитывают такой возможности и для успешной работы системы требуют отсутствия ярко выраженных геометрических искажений номерного знака автомобиля.

Список литературы: 1. Пулятин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. — М.: Машиностроение, 1990. — 320 с. 2. Генкин В.Л., Ерош И.Л., Москалев Э.С. Системы распознавания автоматизированных производств. — Л.: Машиностроение, 1988. — 246 с. 3. E.R. Lee, P.K. Kim, H.J. Kim Automatic Recognition of a Car License Plate Using Color Image Processing // Proceedings of the International Conference on Image Processing, 1994. 4. H.J. Kim, D.W. Kim, S.K. Kim, J.V. Lee, J.K. Lee Automatic Recognition of Car License Plates Using Color Image Processing // Engineering Design & Automation, 3(2), pp. 215–225, 1997. 5. J.A.G. Nijhuis, M.H. Ter Brugge, K.A. Helmholt, J.P.W. Pluim, L. Spaanenburg, R.S. Venema, M.A. Westenberg Car License Plate Recognition with Neural Networks and Fuzzy Logic // IEEE International Conference on Neural Networks, 1995. 6. H.S. Kim, et al. Recognition of a Car Number Plate by a Neural Network // Proceedings of the Korea Information Science Society Fall Conference, Vol. 18, pp. 259–262, 1991. 7. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2005. — 1070 с.

Поступила в редколлегию 16.05.07