

УДК 621.705.08

А.Н. Горитов, С.И. Яковченко

Выделение на изображении низкого разрешения параметрически задаваемых объектов

В настоящее время задача распознавания объектов является одной из самых актуальных. В статье рассмотрены проблемы обработки информации на видеоизображении, полученные с видеокамер низкого разрешения. Рассмотрена последовательность обработки изображений. Проведен анализ алгоритмов устранения шумов и выделения границ. Предложена последовательность обработки изображений, позволяющая устойчиво выделять на изображении параметрически заданные фигуры.

Ключевые слова: робот, распознавание образов, методы выделения границ.

doi: 10.21293/1818-0442-2017-20-2-88-90

Одна из распространенных операций, которая встречается во многих приложениях, – это отбор или сортировка объектов, находящихся в рабочем пространстве и имеющих заданные геометрические характеристики. Например, в машиностроении, в пищевой и медицинской отрасли часто встречается задача поиска и переноса в заданную область рабочего пространства всех объектов, имеющих вид окружности с заданным радиусом. Это говорит об актуальности задачи и необходимости ее автоматизации.

Учитывая произвольное размещение объектов в рабочем пространстве, то одним из подходов к автоматизации этой операции является использование системы технического зрения (СТЗ). Применение СТЗ позволит определить положение и ориентацию заданных объектов. Далее эта информация может использоваться системой управления теми устройствами, которые будут выполнять перемещение необходимых объектов. В основе такой СТЗ лежит задача выделения объектов на изображении.

В настоящее время выпускается большой ассортимент видеокамер. Особое место среди них занимают веб-камеры, которые характеризуются простотой подключения к компьютеру, невысокой ценой и широким распространением. В связи с этим возникает вопрос о возможности использования веб-камер в качестве датчика для получения изображения рабочего пространства.

Таким образом, сформулируем цель работы – разработать метод, эффективный по ресурсоемкости, обеспечивающий поиск параметрически задаваемых объектов с низким коэффициентом отказов.

Разработка метода

Задача распознавания образов заключается в отнесении исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных.

Таким образом, при распознавании образов выполняется поиск на изображении признаков, по которым можно сделать заключение о наличии на изображении исходного объекта.

На задачу поиска большое влияние оказывает качество обрабатываемого изображения. Низкий

контраст изображения, наличие шумов, а также наличие теней на изображении могут значительно затруднить поиск существенных признаков, необходимых для распознавания объектов, находящихся на изображении.

Один из подходов к поиску объектов заключается в предварительном выделении контуров всех объектов, находящихся на изображении, с последующим анализом найденных объектов. Алгоритмы выделения контуров чувствительны к шуму и размытости изображения. Эти недостатки изображения могут привести к ошибкам в обнаружении контуров. Поэтому прежде чем приступить к выделению контуров, нужно провести обработку изображения с целью повышения его качества.

В соответствии с отмеченными недостатками, общая схема метода обработки изображения приведена на рис. 1.

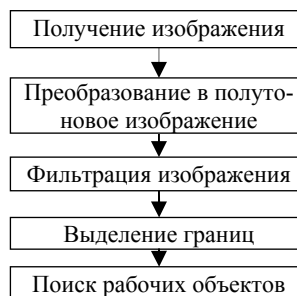


Рис. 1. Этапы обработки изображения

Рассмотрим этапы обработки более подробно.

Получение изображения

Для получения изображения рабочего пространства используются веб-камеры. Достоинством является формирование видеоизображения в реальном времени в цифровом формате. К недостаткам веб-камер относятся низкое качество изображения, большое количество шумов и проективные искажения.

Преобразование в полутоновое изображение

Веб-камеры, используемые для формирования изображения рабочего пространства, выдают цветное трехканальное изображение.

Обработка цветного трехканального изображения выполняется алгоритмами, которые обрабаты-

вают каждый канал изображения поочередно или обрабатывают все три канала одновременно, используя векторное представление цветного пикселя. Такие алгоритмы требуют больше ресурсов, чем при обработке одноканального изображения.

Использование полутонового изображения достаточно для получения таких геометрических характеристик объектов, как площадь, положение и ориентация объектов в рабочем пространстве. Также алгоритмы выделения контуров эффективно работают на полутоновом изображении. Таким образом, методы обработки полутонового изображения позволяют решить задачу выделения контуров рабочих образцов с минимальными ресурсными требованиями.

Преобразование цветного изображения, получаемого с веб-камеры, выполняется по формуле [1]:

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,114 \cdot B,$$

где R , G , B – цветовые компоненты исходного изображения, а Y – выходное значение для пикселя изображения в оттенках серого.

Фильтрация изображения

Одним из недостатков цифровых камер является наличие шума на изображении. Многие алгоритмы распознавания объектов чувствительны к качеству изображения, которое они обрабатывают. Кроме того, на качество изображения влияет неравномерность освещенности рабочего пространства.

Одной из характеристик изображения, которая используется при выделении объектов, является его контур. На точность определения границ большое влияние оказывает наличие «шума» на изображении.

При выборе алгоритма фильтрации очень важно, чтобы фильтр при сглаживании фона не размывал границы, которые присутствуют на изображении. Так, низкочастотным фильтром Гаусса [1], который широко используется для сглаживания фона, одновременно размывается и контур изображения, в то время как применение медианного фильтра позволяет выполнить сглаживание фона при сохранении контуров изображения [1].

Перед следующим этапом обработки изображения выполним сглаживание шума на изображении.

Одна из проблем, с которой приходится сталкиваться при обработке изображений трехмерных объектов, – это наличие теней. Эффективным методом удаления теней на полутоновом изображении является пороговое разделение. Используя гистограмму интенсивности, можно разделить пиксели на группы, т.е. пиксели, которые принадлежат фону, и пиксели, которые принадлежат объектам рабочего пространства. Основой для такого разделения является пороговое значение, получаемое на основе анализа гистограммы интенсивности. Для автоматического выбора порога бинаризации используется метод Оцу [1].

Следующим этапом обработки изображений является выделение границ.

Выделение границ

Границы объектов на изображении в значительной степени уменьшают количество данных, кото-

рые необходимо обработать, и в то же время сохраняют важную информацию об объектах на изображении, их форму, размер, количество.

Для выделения границ на изображении применяются операторы Превитта [2], Кирша [3], Робинсона [4], Собеля [5], Робертса [6] и метод Кэнни [7].

Из перечисленных наименьшую вычислительную сложность имеет оператор Робертса. Для оценки принадлежности точки изображения контуру используются две маски, размером 2×2 . Благодаря малому размеру масок обработка изображения этим оператором выполняется быстрее, чем операторами, использующими маски большего размера. К недостаткам этого оператора относится высокая чувствительность к шуму.

В операторе Кирша используются маски размером 3×3 . Значения, полученные при разных углах поворота маски, позволяют определить величину и направление градиента.

Оператор Робинсона, также как и оператор Кирша, использует одну маску размером 3×3 . Применение каждой из восьми масок к пикселю позволяет определить величину градиента, как максимальное значение, полученное при использовании одной из масок. Отличие оператора Робинсона от оператора Кирша заключается в том, что маска в операторе Робинсона использует коэффициенты 0, 1 и 2.

Для сокращения объема вычислений оператор Превитта использует набор из восьми масок, с помощью которых для каждого пикселя определяется локальная ориентация границы. Для вычисления величины и ориентации границы для каждого пикселя нужно провести вычисления, используя все восемь масок. Ориентация и значение градиента определяются по маске, которая дает максимальное значение.

Оператор Собеля позволяет выделять границы на изображении, используя две маски размером 3×3 . От масок оператора Превитта маски Собеля отличаются тем, что оценка контраста по центральной строке и столбцу берется с удвоенным весом по сравнению с оценками, получаемыми по разные стороны от центральной точки.

Метод Кэнни разработан как метод выделения границ. В этом методе выполняется многошаговая обработка изображения, которая включает сглаживание обрабатываемого изображения, поиск границ на основе градиентного метода, удаление ложных максимумов и формирование контуров. Недостатком являются более высокие ресурсные требования по сравнению с другими операторами выделения границ.

Для выбора оператора выделения границ использовалась серия экспериментальных снимков. При сравнительном анализе результатов работы детекторов границ учитывались такие характеристики, как способность выделять границы всех объектов, находящихся на изображении, минимизировать число ложных границ, которые могут появляться за счет шума или теней на изображении, и исключить дублирование границ. Построенные границы объектов

должны располагаться как можно ближе к искомому объекту.

На основании проведенного анализа для детектирования границ был выбран алгоритм Кэнни.

Изображение, полученное после детектирования границ, передается на этап поиска интересующих объектов.

Поиск рабочих объектов. Для эксперимента ограничим множество распознаваемых объектов двумя типами фигур – круг и параллелепипед. Поиск будем выполнять методом сравнения с эталоном. Кроме типа искомого объекта, задаются его геометрические характеристики – радиус для круга и размер по каждой стороне для прямоугольника.

После поиска объектов, заданных оператором, иногда возникают ложные выделения объектов. Для того чтобы избавиться от выделений, которые не являются объектами, применяется алгоритм отсеивания результатов. Просматривается список всех выделенных объектов и сравниваются их геометрические характеристики, положение в рабочем пространстве, площадь, входящая в выделенный объект. За счет погрешностей, которые возникают в процессе получения и обработки изображения, возможно отклонение полученных характеристик объектов от эталонных значений. В связи с этим по каждому контролируемому параметру вводится пороговое значение, определяющее величину максимального отклонения от эталонного значения. Величина порогового значения определяется эмпирически. Если характеристики найденного объекта находятся в пределах заданных пороговых значений, то объект принимается и остается в списке. Иначе объект удаляется из списка.

Оценка качества метода

Для проведения экспериментов и отладки алгоритмов была использована камера Ritmix USB 2.0, 5.0 Мегapixel с разрешением 640×480.

С веб-камеры были получены изображения рабочего пространства. Требуется найти все окружности. После обработки изображения в соответствии с предложенной последовательностью, все окружности, находящиеся на рабочем пространстве, были найдены. На рис. 2 приведены результаты обработки изображения. Найденные объекты выделены.

Также предложенный метод оценивался при поиске прямоугольных объектов. На рис. 3 приведены результаты поиска всех прямоугольных объектов на рабочем пространстве. Найденный объект выделен.

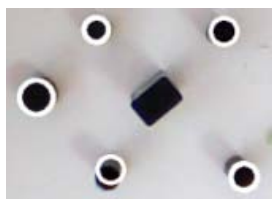


Рис. 2. Поиск окружностей

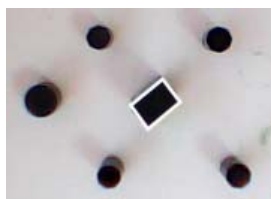


Рис. 3. Поиск прямоугольников

Результаты выделения объектов являются основой для дальнейшей обработки объектов рабочего

пространства. Для окружностей и прямоугольников извлекается информация о геометрических параметрах объектов, а также расположении их на рабочем пространстве.

Заключение

Предложенная последовательность обработки изображения позволяет устойчиво выделять рабочие объекты на изображениях, имеющих различные уровни освещенности.

Несмотря на невысокие оптические характеристики веб-камер, их применение позволяет получить изображение приемлемого качества.

Литература

1. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
2. Prewitt J.M.S. Object Enhancement and Extraction // Picture processing and Psychopictorics / B. Lipkin, A. Rosenfeld, Eds. – New York: Academic Press, 1970. – P. 75–149.
3. Kirsch R. Computer determination of the constituent structure of biological images. // Computers and Biomedical Research. – 1971. – Vol. 4. – P. 315–328.
4. Robinson G. Edge detection by compass gradient masks // Computer graphics and image processing. – 1977. – Vol. 6, № 5. – P. 492–501.
5. Фисенко В.Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие / В.Т. Фисенко, Ф.Ю. Фисенко. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
7. Canny J. A computational approach to edge detection // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – Vol. 8, № 6. – P. 679–714.

Горитов Александр Николаевич

Д-р техн. наук, профессор каф. автоматизированных систем управления (АСУ) ТУСУРа
Тел.: +7 (382-2) 70-15-36
Эл. почта: ang@asu.tusur.ru

Яковченко Сергей Иванович

Магистрант каф. АСУ
Тел.: +7-999-178-09-47
Эл. почта: pogimplyer@gmail.com

Goritov A.N., Yakovchenko S.I.

Highlighting of parametrically specified objects on the low resolution image

Currently, the task of object recognition is one of the most urgent ones. In the article are considered problems of information processing on video image received from video cameras with low resolution. The sequence of image processing is investigated. The analysis of the algorithms for noise reduction and highlight borders is carried out. A sequence of image processing is proposed, that makes possible to identify and to highlight parametrically defined figures on the image.

Keywords: robot, pattern recognition, edge detection methods.