УДК

П. И. Левшин

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ КООРДИНАТ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ OPENCV НА ПРИМЕРЕ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ВЕНДИНГОВЫХ АВТОМАТОВ**

*В статье рассматриваются вопросы поиска и классификации объектов на изображении. Обоснован выбор обработки изображений с помощью контурного анализа для задачи поиска, на основе рассмотрения характеристик исходных данных. Выделены признаки, отличающие объекты друг от друга. Сформулирован алгоритм классификации объектов, на основе анализа отличающих их признаков.*

**Поиск по изображению, классификация объектов, EAN, Вендинговые автоматы**

В настоящее время активно происходит автоматизация различных производств с помощью передачи работы различным приборам и автоматическим устройствам с целью сокращения доли рабочих, занятых на разных его этапах, а также для значительного повышения производительности труда.

Одним из пример такого производства является расфасовка продукции для вендинговых автоматов. Продукцией в данном случае являются различные снеки и батончики.

Фирма, которая занимается обслуживанием вендинговых автоматов, планирует провести автоматизацию процесса расфасовки продукции, который на данный момент выполняется рабочими вручную.

Для автоматизации будет использован робот-манипулятор с фотокамерой. Изображения с фотокамеры должны быть проанализированы для поиска и классификации объектов на нем.

Под поиском объектов подразумевается выделение на изображении прямоугольных областей минимальной площади, на которых расположен тот или иной объекта, а также определение реальных координат объекта относительно расположения объекта на изображении.

Под классификацией объектов подразумевается присвоение объекту того или иного класса. Классом является конкретное наименование продукции, например: “KitKat Trio”, “Mars Max”, “Twix”.

Таким образом, объектом изучения в данной статье является распознавание и классификация объектов на изображении на примере продуктов вендингового автомата, а предметом – алгоритм распознавания объектов и определения их координат по изображению.

Создание алгоритма распознавания объектов и определения их координат по изображению следует начать с анализа продуктов подлежащих поиску и классификации.

В качестве продуктов выступают снеки. Основное свойство, объединяющее их от других объектов – это их прямоугольная форма, которая удобна для упаковки данной продукции в коробки для транспортировки.

Так как робот-манипулятор фотографирует продукцию на конвейере, то фон изображению будет однотонным и прямоугольные объекты на таком фоне будут хорошо различимы, что позволит их легче отделить от основного изображения.

Также важно понимать, что в данном случае ось фотокамеры всегда перпендикулярна плоскости конвейера, что не влечет за собой искажение формы объектов..

Исходя из того, что задача сводится к поиску объектов определенной формы, то целесообразно использовать методы контурного анализа. Форма полностью определяется контуром объекта на изображения. В контуре содержится вся информация, необходимая для распознавания объектов на изображении по их форме. [1]

В данной задаче классификации классами выступают конкретные наименования продуктов. Необходимо выделить признаки, которые отличают друг от друга.

Основной признак каждого продукта это штрихкод, который представлен в формате EAN13 [2], представляющем собой тринадцатиразрядную цифровую последовательность. Штрихкод можно назвать идентификатором того или иного продукта и четко сопоставляется с тем или иным классом (наименованием).

Следующие два признака, отличающие продукты друг относительно друга имеют визуальных характер – это цвет и размер (ширина, длина).

Каждый класс, которым может быть отмечен объект, должен иметь в себе эталонную информацию о штрихкоде, цвете, размерах. В свою очередь, для каждого объекта, который должен быть классифицирован, необходимо вычислить значения признаков.

Таким образом, задача классификации сводится к сравнению вычисленных признаков объекта с эталонными признаками каждого класса.

Алгоритм поиска прямоугольных объектов на изображении основан на использовании функции findContours, входящей в библиотеку OpenCV;

Для подготовки алгоритма был проведен эксперимент по выявлению необходимых значений параметров функции findContours и выборе необходимых преобразований для подготовки изображений.

Шаги алгоритма:

1. Сжать изображение для уменьшения количества обрабатываемой информации.
2. Преобразовать исходное изображение из трехканальной цветовой модели RGB в одноканальную цветовую модель.
3. Применение оператора Кэнни, для получения границ перепада яркости объектов на изображении. [3]
4. Применение функции findContours с параметрами CV\_RETR\_EXTERNAL и CV\_CHAIN\_APPROX\_SIMPLE.
5. Применение функции minAreaRect для нахождения прямоугольников минимальной площади, вмещающих в себя найденные контуры.
6. Вырезать из исходного изображения области, определенные найденными прямоугольниками. Так как объекты на изображении могут быть расположены не параллельно сторонам изображения, то необходимо применить к исходному изображению аффинные преобразования. Необходимые нам аффинные преобразования: параллельный перенос и поворот вокруг точки. Сначала необходимо сделать параллельный перенос, чтобы перенести цент прямоугольника в начала координат. Затем произвести поворот изображения на угол поворота прямоугольника, относительно горизонтальной оси. И наконец сделать параллельный перенос в центр изображения.
7. Вычисление реальных размеров и центра объекта умножением размеров вырезанных областей на коэффициент масштаба.

Коэффициент масштаба - это изначально известное значение, являющееся отношением реального размера объектов в метрах к размеру объектов на изображении в пикселях.

В соответствии с выявленными признаками объектов был сформирован алгоритм классификации.

Данные признаки не равносильны, так как штрихкод является признаком, четко определяющим тот или иной класс продукта, но из-за человеческого фактора объект может быть расположен на конвейере штрихкодом вниз, что не позволит его распознать.

Для таких случаев необходимо провести сравнения цвета и размеров объекта, которые в совокупности являются хорошими признаки, отличающими класс от другого, но следует учитывать, что цвет является более важным, чем размер.

Чтобы продемонстрировать, что признаки цвета и размера не равносильны, был проведен эксперимент. Были взяты объекты, являющиеся представителями самых популярных марок, и проведены вычисления их размера и цвета. Затем были вычислены коэффициенты вариации для обоих признаков.

По результатам эксперимента было выявлено, что коэффициент вариации цвета выше, чем коэффициент вариации размера. Это показывает, что разброс цвета исследуемых продуктов выше, чем разброс размера объектов.

Алгоритм сводится к последовательному вычислению признаков и сравнению их с эталонными значениями.

Так как штрихкод является идентификатором продукта, то при его успешном распознавании вычисление остальных признаков нецелесообразно. Если штрихкод распознать не удалось, то следует учитывать цвет и размер.

После выполнения алгоритма поиска признак размера каждого объекта уже известен. Необходимо сформулировать алгоритмы распознавания штрихкода и вычисления цветового признака.

Алгоритм распознавания штрихкода основан на форме штрихкода. Все продукты маркируются штрихкодов стандарта EAN13, который кодируется 13 цифрами.

Данный штрих код является линейным, состоящим из параллельных линий разной толщины с разными промежутками между ними.

Преобразование самого штрихкода в цифровую последовательность будет производиться с помощью библиотеки pyzbar, одной из самых популярных библиотек по распознаванию штрихкодов различных типов для python.

Для уменьшения времени распознавания штрихкода библиотекой pyzbar, его необходимо выделить с изображения. Данное решение принято на основе эксперимента, сравнения производительности распознавания по исходному изображению и по выделенному изображению.

Шаги алгоритма выделения штрихкода:

1. Преобразовать исходное изображение из трехканальной цветовой модели RGB в одноканальную цветовую модель.
2. Применение оператора Собеля для получения градиента по изображению.
3. Выполнение морфологических преобразований закрытия, эрозии, дилатации.
4. Последним шагом необходимо выполнить поиск контуров и прямоугольников минимальной площади. И выбрать из всех прямоугольников прямоугольник с максимальной площадью.

Прямоугольник с максимальной площадью будет соответствовать штрихкоду на исходном изображении.

Вычисление цветового признака производится на основе вычисления среднего значения цветов точек, взятых с изображения случайным образом с равномерным распределением.

Для получения количества точек, которых необходимо подсчитать для достижения достаточной точности и производительности вычислений был поставлен эксперимент.

В эксперименте были проведены расчеты времени вычисления и дисперсии получаемых цветов для количества точек от 10 до 10000.

Эксперимент показал, что время вычислений растет линейно, а дисперсия падет по гиперболе, что означает, что нет смысла в количестве большем 1000.

На основе признаков цвета и размера можно получить коэффициенты сходства, показывающие степень соответствия тому или иному классу. Для этого необходимо представить признак в виде точки в декартовой системе координат (двумерной для размера, трехмерной для цвета). Получив расстояния между точкой, вычисленной по изображению и эталонными значениями признаков классов можно получить коэффициенты сходства.

Алгоритм классификации начинается с проверки распознавания штрихкоды. В случае если штрихкод распознан, то проверяется определение класса по штрихкоду. Если класс определен, то алгоритм завершает действие. В случае, если штрихкод не распознан или не найден класс с таким штрихкодом, то начинается проверка цветового признака.

Вычислив коэффициенты сходства цветового параметра, производится сравнение значения отношения двух самых наибольших коэффициентов с пороговым значением. Если отношение больше или равно порогового значения, то алгоритм возвращает класс, имеющий наибольшее значение коэффициента сходства. Если отношение меньше порогового значения, то производится сравнение признака размера.

Рассчитав коэффициенты сходства по признаку размера, вычисляются средние значения коэффициентов сходства между признаками цвета и размера. Результатом является класс с наибольшим коэффициентом сходства.

Имя алгоритмы поиска и классификации можно сформулировать общий алгоритм:

1. Поиск прямоугольных объектов на исходном изображении с помощью алгоритма поиска.
2. Для каждого найденного объекта на изображении вычисляются значения штрихкода и цветового признака.
3. Производится классификация по вышеописанному алгоритму.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сакович И.О., Белов Ю.С. Обзор основных методов контурного анализа для выделения контуров движущихся объектов. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 12
2. ГОСТ ISO/IEC 15420-2010. Межгосударственный стандарт. Автоматическая идентификация. Кодирование штриховое. Спецификация символики штрихового кода EAN/UPC – Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 56 с.
3. J. Canny. A Computational Approach to Edge Detection // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 1989. – Vol. PAMI-8, No. 6 – стр. 679.