

# **ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В СИСТЕМЕ «ШАРИК НА БАЛАНСИРЕ»**

**Студент Н.Г. Макагонов**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В статье рассмотрены аспекты автоматизации поиска балансира на изображении. Поиск производится с помощью обученных LBP-каскадов открытой библиотеки OpenCV. В результате достигнут необходимый уровень качества и скорости распознавания.

**Ключевые слова:** OpenCV, шарик на балансирах, LBP-каскад.

## **DETECTION OF OBJECT MANAGEMENT WITH COMPUTER VISION IN «BALL AND BEAM» SYSTEM**

**Student N.G. Makagonov**

Perm National Research Polytechnic University

In this article the aspects of automation search beam in the image are considered. The search is performed using the trained LBP-cascades, open source library OpenCV. As a result the required level of quality and speed of recognition are achieved.

**Keywords:** OpenCV, ball and beam, LBP-cascade.

В настоящий момент робототехника является одной из наиболее динамично развивающихся областей науки и техники. Уже сейчас на производстве роботы обеспечивают полный цикл сборки, выполняют функции личного ассистента, самостоятельно очищают помещения, общаются с людьми в торговых центрах. Зрение является одним из основных источников получения информации об окружающем мире, поэтому визуальное управление играет большую роль в процессе функционирования робота. Входные сведения об объекте и процессе управления в таких системах представляются в качестве видеoinформации.

Одной из классических задач компьютерного зрения является задача детектирования и выделения определенного объекта в видеопотоке либо на отдельном изображении. Существуют различные методы решения этой задачи. Некоторые из них обладают малой ресурсоемкостью, что особенно актуально в области мобильных

роботов, к таким методам можно отнести, например, обнаружение объекта по цвету. Однако эти методы не всегда дают точный результат, и, прежде чем его дать, либо требуют долгой предварительной настройки детектируемого объекта, или параметров регулятора. Для получения требуемого качества часто используются более сложные вычисления, направленные на преобразования и анализ получаемой видеoinформации.

Данная статья посвящена модификации уже существующей системы автоматического управления типовым объектом: «шарик на балансира» [1]. В изначальном варианте данная система нуждалась в предварительной калибровке положения балансира в кадре. Такое требование накладывало жесткие ограничения на взаимное положение камеры и балансира. Определение местоположения шарика осуществлялось за счет детектирования, светлого цвета шарика на темном фоне внутренней части П-образной балки балансира. Таким образом, использование, например, шарика другого цвета может привести к невозможности определения его положения без изменения внутренних параметров детектирующего алгоритма. Однако простота алгоритмов является огромным преимуществом, во-первых, обеспечивая достаточно хорошую скорость реакции системы на изменение положения шарика, во-вторых, снижая требования к аппаратной части управляющей системы.

Альтернативный вариант, который может позволить справиться с ресурсоемкими задачами компьютерного зрения при условии ограниченных аппаратных ресурсов – это удаленная обработка видеoinформации [2, 3]. Также этот способ может пригодиться для организации гибридной обработки, когда только часть видеoinформации обрабатывается удаленным компьютером. Поэтому применение систем распознавания объектов на изображениях является вполне оправданным и эффективным способом реализации систем управления, особенно тех, которые имеют в качестве сигнала обратной связи в основном только видеoinформацию. При этом, конечно, надо учитывать возрастающие задержки, обусловленные временем, затрачиваемым на выполнение задач компьютерного зрения, с помощью соответствующих оценок [4], что позволит выполнять эффективное планирование задач реального времени [5].

Данное исследование решает задачу автоматизации поиска балансира в кадре. Таким образом исчезает потребность в предвари-

тельной калибровке взаимного положения камеры и балансира, а также возникает возможность перемещения камеры, не вызывая при этом остановки процесса регулирования. При этом также ставится задача не допускать значительного увеличения времени обработки видеoinформации.

Таким образом, решаемая задача сводится к поиску некоторого заранее определенного объекта на изображении. Наиболее перспективным и известным методом решения данной задачи (в условиях ограниченных аппаратных ресурсов) являются алгоритмы на основе каскадов признаков, наиболее известными из которых являются следующие два алгоритма:

- алгоритм Виолы и Джонса [6];
- алгоритм LBP (Local Binary Patterns) [7].

Данные алгоритмы изначально создавались для распознавания лиц, однако впоследствии показали свою применимость практически к любым видам объектов, таким как человеческая фигура, автомобили, цифры. Поскольку система должна обеспечивать достаточный уровень быстродействия, то авторами был выбран алгоритм LBP, так как он является более быстрым в сравнении с алгоритмом Виолы–Джонса, хотя и требует более тонких настроек для обеспечения сопоставимого уровня распознавания. Данные алгоритмы выполняют детектирование на основе предварительно обученных классификаторов. Классификатор – это аппроксимирующая функция, определяющая принадлежность либо непринадлежность некоторого объекта к определенному классу. Обучение классификаторов производится на основе обучающей выборки, состоящей из изображений объектов двух типов: принадлежащих детектируемому классу и не принадлежащих данному классу. Полученные классификаторы объединяются особым образом и образуют так называемый каскад, который впоследствии используется программой-распознавателем.

В данном исследовании использовалась свободно распространяемая библиотека компьютерного зрения OpenCV. Процесс обучения реализован достаточно удобно, для обучения, как было изложено ранее, требуются 2 набора изображений. Кроме того, требуется файл в формате «.dat» с перечислением всех путей к используемым отрицательным изображениям, а также специальный файл в формате «.vec», генерируемый на основе положительных изображений, и файла в формате «.dat» с описанием путей к данным файлам, местоположения классифицируемого

объекта на них. В процессе формирования данного файла производится приведение всех положительных изображений к единому формату, другими словами, сжатие до единого заранее задаваемого размера. Библиотека содержит исполняемые файлы как для создания самого каскада (`opencv_traincascade`), так и для приведения положительных изображений к единому формату (`opencv_createsamples`).

Обучаемые каскады являются объектами класса `CascadeClassifier`. Детектирование производится посредством метода данного класса `detectMultiScale()` который принимает в качестве входных данных следующие параметры: `Image` – исследуемое изображение, `Vec` – переменная типа `vector` (для сохранения координат и размеров найденных объектов), `scaleFactor` – коэффициент масштабирования (указывающий, во сколько раз будет сжато изображение перед процедурой детектирования), `minNeighbors` – пороговое значение интенсивности для детектирования (определяет минимальную интенсивность обнаружения лица в заданной позиции для принятия положительного решения), `minSize` – минимальный размер детектируемого объекта (все объекты, имеющие размеры меньше данного, игнорируются), `maxSize` – максимальный размер детектируемого объекта, (все объекты, имеющие размеры больше данного, игнорируются).

В ходе проводимых исследований был обучен каскад, детектируемым объектом для которого является весь балансир целиком. Для его обучения было использовано 350 изображений данного балансира при различных условиях. Изменялись такие условия, как ракурс, степень освещенности, а также наличие шарика в кадре.

В итоге был получен результат, характеризующийся следующими недостатками: наличие ложноположительных срабатываний на предметы со схожими текстурными переходами, такие как потолочные гардины и т.п., а также наличие неприемлемой задержки, пропорциональной размеру изображения.

На рис. 1 виден конечный результат работы программы – балансир детектирован, который и выделен прямоугольником.

Для устранения выявленных недостатков было принято решение об использовании дополнительного каскада, целью которого является детектирование ограничителей хода шарика, находящихся на противоположных краях балансира. Данный каскад является вспомогательным и служит для отсеивания ложноположительных срабатываний. Поскольку данный каскад предполагается использовать в каче-

стве фильтра для объектов, детектированных с помощью основного каскада, то поиск данных объектов по всему изображению представляется абсолютно нерациональным.



Рис. 1. Результат распознавания балансира

Поэтому после детектирования с помощью основного каскада из изображения вырезаются относительно небольшие области вокруг краев объекта, на которых уже и производится детектирование ограничителей хода шарика. Введение данного фильтра практически не повлияло на время обработки. Стоит отметить, что для распознавания обоих ограничителей используется один и тот же каскад, эта особенность реализуется с помощью зеркального отображения изображения, полученного для детектирования одного из ограничителей.

На рис. 2 виден конечный результат работы усовершенствованной программы: детектированы балансир и оба ограничителя хода, балансир выделен прямоугольником 1, ограничители – прямоугольниками 2.

Проблема недостаточной скорости обработки также имеет решение. Принципом, положенным в основу данного решения, является допущение невозможности резкого перемещения балансира из одного местоположения в другое, т.е. если балансир на предыдущем изображении в видеопотоке имел некоторые координаты, то на следующем

кадре имеет смысл искать его вблизи этих координат. Таким образом, при первом обнаружении балансира в кадре происходит запоминание его координат, после чего на следующем кадре поиск проводится только в окрестностях этих координат. После обнаружения балансира в данной окрестности координаты обновляются. Если балансир не обнаружен в предполагаемой области, то производится поиск по всему изображению.



Рис. 2. Результат распознавания балансира усовершенствованным методом

В результате достигается требуемый уровень качества и скорости распознавания. В дальнейшем планируется создание альтернативных алгоритмов, например, использующих каскады, распознающие ограничители хода как первичный фильтр. Также алгоритм предполагается дополнить каскадом, распознающим крепление балансира к оси.

### **Библиографический список**

1. Кавалеров М.В., Матушкин Н.Н. Мехатронная система «Шарик на балансира с веб-камерой» для исследований на стыке компьютерного зрения и планирования задач реального времени // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: материалы конф. / под ред. С.Н. Васильева, И.А. Каляева, Д.А. Новикова, Г.Г. Себрякова; 9–11 октября 2012, г. Санкт-Петербург. – СПб., 2012. – С. 744–747.

2. Кавалеров М.В., Набиюллин А.Р., Патокин А.А. Возможность применения технологии Wi-Fi для организации удаленной обработки видеoinформации в системе компьютерного зрения мобильного робота // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: материалы конф. / под ред. С.Н. Васильева, И.А. Каляева, Д.А. Новикова, Г.Г. Себрякова; 9–11 октября 2012, г. Санкт-Петербург. – СПб., 2012. – С. 748–751.

3. Кавалеров М.В., Набиюллин А.Р., Патокин А.А. Особенности реализации компьютерного зрения мобильного робота на основе удаленной обработки видеoinформации, передаваемой по каналу Wi-Fi // Прикладная фотоника. – 2012. – № 1–4. – С. 204–213.

4. Кавалеров М.В., Матушкин Н.Н. Получение оценок параметров выполнения запросов реального времени в условиях планирования с фиксированными приоритетами // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2014. – № 12. – С. 7–13.

5. Кавалеров М.В., Матушкин Н.Н. Повышение эффективности планирования с фиксированными приоритетами задач жесткого реального времени на основе применения R-алгоритма для формирования запросов этих задач // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2014. – № 12. – С. 14–19.

6. Viola P., Jones M. J. Robust real-time face detection // International journal of computer vision. – 2004. – Т. 57. – № 2. – С. 137–154.

7. Liao S., Law M. W. K., Chung A. Dominant local binary patterns for texture classification // Image Processing, IEEE Transactions on. – 2009. – Т. 18. – № 5. – С. 1107–1118.