

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ МОЛОЧНЫХ ПИТЬЕВЫХ ПРОДУКТОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ RASPBERRY PI

*Бруй Н.М., Чернышенко М.С.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Ролич О.Ч. – канд. техн. наук*

**Аннотация.** С использованием каскада Хаара и одноплатного компьютера Raspberry Pi была создана программа по распознаванию образа молочного питьевого продукта в видеопотоке. Был проведён эксперимент, показавший целесообразность использования метода обучения модели, а также сделан вывод о резонности применения Raspberry Pi для достижения поставленной задачи.

**Ключевые слова:** Машинное обучение, компьютерное зрение, Каскад Хаара, Raspberry Pi

**Введение.** Компьютерное зрение – это область компьютерных наук, которая позволяет машинам не только фиксировать, но и обрабатывать и анализировать цифровые изображения и видео. Обработка изображений – это форма обработки сигнала входного изображения и преобразования его в другое изображение в качестве выходного с помощью определённых приёмов. Обширной областью применения компьютерного зрения является обнаружение и распознавание объектов на изображениях. Из большого набора данных на фото и видео компьютеры могут научиться извлекать нужную информацию с большой точностью. В данном исследовании для распознавания объектов в видеопотоке используется алгоритм каскадного классификатора Хаара, который является одним из первых инструментов для работы в области компьютерного зрения и является достаточно точной технологией, что послужило причиной её применения в проекте.

Для реализации распознавания объектов в исследовании используется Raspberry Pi 3B, - одноплатный компьютер, что означает, что микропроцессор, память, беспроводные радиоприёмники и порты находятся на одной печатной плате. Это многофункциональный и удобный в использовании компьютер, который в то же время может быть недостаточно быстрым для серьёзных проектов. Обнаружение объектов в реальном времени требует больших вычислительных мощностей, и в системе с ограниченной производительностью достижение скорости, которую можно рассматривать как реальное время, может быть проблемой, поэтому одной из задач работы является исследование возможности Raspberry Pi быстро распознавать объект в реальном времени при сохранении высокой точности [1].

Реализованный детектор объектов считается подходящим, если он достигает достаточно высокой скорости загрузки и точности обнаружения, чтобы быть полезным в практическом применении. Эти моменты являются ключевыми при оценке выполнения нескольких тестов, в качестве объекта для которых выбран образ молочного питьевого продукта отечественного производителя.

На основе вышеописанного можно выделить две основные задачи работы:

- 1 Создание каскада Хаара для обнаружения изображения пакетов молока «Молочный гостинец».
- 2 Использование одноплатного компьютера Raspberry Pi 3B для реализации механизма обнаружения.

Цель работы – создание программного средства распознавания образов молочных питьевого продукта отечественных производителей в видеопотоке с помощью Raspberry Pi.

**Основная часть.** *Обучение модели обнаружения.* Принцип работы каскада Хаара заключается в поиске характерных особенностей внутри изображения на разных его слоях. На верхних слоях осуществляется поиск объектов, охватывающих почти полное окно с изображением, а на нижних слоях ищутся очень мелкие детали. Такой алгоритм позволяет конечной обученной модели достаточно быстро обнаруживать объекты в реальном времени вследствие фильтрации областей изображения в верхних слоях. В то же время, модель тратит больше времени на анализ областей нижних слоёв с мелкими деталями.

Прежде чем использовать каскадный классификатор Хаара, нужно подготовить все необходимые данные для создания хорошо обученной модели. Образцы включают два типа изображений: положительные изображения, содержащие реальные объекты, которые нужно обнаружить, и отрицательные изображения, содержащие любой фон без целевых объектов.

Для создания положительной выборки было снято видео, которое позже приводилось к разрешению 640 x 320 пикселей без изменения пропорций и делилось на 300 кадров. С помощью утилиты `opencv_annotations.exe` было реализовано прохождение по каждому изображению и отрисовка прямоугольников вокруг каждого целевого объекта, чтобы затем записать данные, содержащие информацию о местоположении фотографий и о координатах прямоугольников в текстовый документ «`pos.txt`».

Отрицательная выборка была собрана из 600 кадров со всеми вариантами заднего плана, на которых располагался пакет с молоком при создании положительной выборки, после этого был сформирован файл «`neg.txt`», в который записывались полные пути до фотографий.

Файл «`pos.vec`» основывался на двух текстовых документах и создавался утилитой `opencv_createsamples`, для чего через команду в терминале устанавливались параметры размеров окна обнаружения целевого объекта, означающие, что изображение с меньшими размерами обнаруживаться не будет.

Утилита `opencv_traincascade` использовала векторный файл для обучения модели, в процессе которого ей демонстрировалось случайное положительное либо отрицательное изображение. Модель делала предварительное предсказание его типа (положительное или отрицательное), после чего получала ответ правильности предсказания: верное или ошибочное. Основываясь на результатах предсказаний, алгоритм корректировал свою работу. Такой цикл повторялся несколько сотен раз – на каждой итерации обучения, называемой шагом, модель анализировала изображение, пыталась его классифицировать, получала ответ, проводила корректировку, и с каждым разом результат предсказания становился точнее. Модель молочного питьевого продукта «Молочный гостинец» обучалась в среднем за 9 шагов, или по времени за 31 секунду. На выходе был получен файл `cascade.xml`.

*Внедрение модели на Raspberry Pi.* Для работы с каскадом был использован Raspberry Pi Model 3B, с 64-битным четырёхъядерным процессором ARMv8 с тактовой частотой 1,2 ГГц и 1 ГБ SDRAM LPDDR2, а так же модуль камеры Raspberry Pi 5MP с максимальным разрешением видео 1080p. С помощью VNC сервера через локальную домашнюю сеть была установлена связь между одноплатным компьютером и ноутбуком, которая компенсировала отсутствие дисплея.

Программное обеспечение в этом проекте состояло из кода, написанного на языке программирования Python, который является одним из самых популярных языков в области машинного обучения. Для работы с каскадом Хаара была использована библиотека компьютерного зрения OpenCV, которая работает с каскадом через класс `CascadeClassifier`. Его метод `detectMultiScale` запускал процесс распознавания объекта в видеопотоке и, используя натренированную модель, возвращал список прямоугольников, указывающих на все объекты, которые модель обучена находить. С помощью другого метода все обнаруженные объекты выделялись прямоугольниками в режиме реального времени.

В плане точности обученный каскад достоверно, на уровне 87% распознавал пищевой продукт «Молочный гостинец», что говорит о том, что технология является подходящей для обнаружения объектов. В то же время загрузка обнаружения объектов происходила очень

медленно, что говорит о том, что низкоуровневые процессорные устройства не всегда могут заменить мощные вычислительные аппараты. Для достижения нужной скорости обнаружения объектов можно провести повторные эксперименты с увеличением скорости за счёт потери в точности, так же можно протестировать использование других технологий, например, обучение нейронных сетей [2].

**Заключение.** Результаты эксперимента показали, что только в приложениях, которые не требуют высокой скорости, было бы целесообразно использовать Raspberry Pi в качестве аппаратного обеспечения, так как этот одноплатный компьютер является оптимальным решением для работы с небольшими проектами. В свою очередь, технология каскада Хаара является достаточно точной для внедрения её в работу с распознаванием объектов. В целом, применение компьютерного зрения совместно с машинным обучением перспективно в таких областях науки, техники и экономики, как банковская система с целью выявления фальшивых купюр и предотвращения мошенничества, биометрия зрения для идентификации без вести пропавших людей по узорам радужной оболочки глаза, медицина с целью выявления проблемных областей в печени и мозге у больных раком, «умные автомобили» для идентификации объектов и людей.

### **Список литературы**

1. Adam Gunnarsson. *Real time object detection on a Raspberry Pi.*
2. H Pranamurti, A Murti and C Setianingsih. *Fire Detection Use CCTV with Image Processing Based Raspberry Pi.*

UDC 004.93'14

## **SOFTWARE FOR IMAGE RECOGNITION OF DOMESTIC MANUFACTURERS DAIRY DRINKING PRODUCTS USING RASPBERRY PI**

*Bruil N.M., Tchernyshenko M.S.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus (style T-institution)*

*Rolich O.C. – PhD in Technology*

**Annotation.** Using the Haar cascade and single-board computer Raspberry Pi, was created a program to recognize the image of a dairy drinking product in a video stream. An experiment that showed the feasibility of using the model training method was conducted, and a conclusion about the reasonableness of using Raspberry Pi to achieve the task was made.

**Keywords.** Machine Learning, Computer Vision, Haar Cascade, Raspberry Pi