

*Димитрова М.Д., Шимов И.В.*

## МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ОБРАЗОВ В КУРСЕ РОБОТОТЕХНИКИ

### **Аннотация**

Статья посвящена вопросам обучения учащихся старших классов решению задач по распознаванию образов в курсе робототехники. Рассматривается программное и аппаратное обеспечение для реализации учебного процесса. Даются методические рекомендации применения разработанной методики.

**Ключевые слова:** робототехника, информационные технологии, старшеклассники, методика информатики в школе, программирование, языки программирования, веб-камеры, распознавание образов.

*Dimitrova M.D., Shimov I.V.*

## THE TECHNIQUE OF TEACHING OF PUPILS OF HIGH SCHOOL TO SOLVE THE TASKS ON PATTERN RECOGNITION IN THE COURSE OF ROBOTICS

### **Abstract**

Article is devoted to issues of training of pupils of high school in a solution of tasks of image identification it is aware of robotics. Examines software and hardware for the implementation of the educational process. The methodical recommendations of application of the developed technique are made.

**Keywords:** robotics, information technology, high school students, computer science techniques at school, programming, programming languages, webcams, pattern recognition.

За последние годы достижения в области робототехники затронули все сферы человеческой жизни. Традиционно область применения роботов была сосредоточена в промышленном секторе, но за минувшее десятилетие робототехника стала охватывать все большее количество сфер жизнедеятельности человека, например, строительство, быт, медицина, системы безопасности и т. п. Под термином робототехника понимается прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем [1]. Развитие научных дисциплин и технологий, связанных с робототехникой, позволяет быстро и качественно реализовывать различные робототехнические идеи и проекты в профессиональной деятельности. Развитие автоматизированных технических систем – не исключение. Машинное зрение – один из самых актуальных методов автоматизации процессов с использованием компьютерных технологий и робототехники. Общую схему работы машинного зрения можно представить, как обработку данных, полученных с камеры, и реакция робототехнической системы на них.

На сегодняшний день наблюдается значительный рост интереса к распознаванию образов в области робототехники. Возможности машинного зрения позволяют роботам выполнять различные задачи, такие как распознавание объектов и целей, навигация, захват и манипулирование. Часто для решения

подобного рода заданий используются методы, основанные на анализе изображений. Обеспечить работа «зрением» можно, подключив к нему веб-камеру. В комплекте некоторых робототехнических комплексов камера уже входит в стандартный набор, например, такие конструкторы, как Fischertechnik и ТРИК. Но данные модели достаточно дорогостоящие и не обладают такой популярностью в образовательных учреждениях, как конструкторы LEGO.

Продукция компании LEGO занимает лидирующие позиции на рынке образовательной робототехники [4]. Для обучения школьников средних и старших классов используется серия конструкторов LEGO Mindstorms. Впервые робототехнический конструктор LEGO Mindstorms был представлен в 1998 году. В 2006 году вышла вторая версия конструктора – NXT, а в начале 2013 года – EV3 [5].

Таблица 1

Сравнение версий конструктора LEGO Mindstorms

	<b>EV3</b>	<b>NXT</b>
<i>Дисплей</i>	Монохромный LCD, 178x128	Монохромный LCD, 100x64
<i>Процессор</i>	300 МГц Texas Instruments Sitara AM1808 (ARM9)	48 МГц Atmel AT91SAM7S256 (ARM7TDMI)
<i>Память</i>	64 Мб RAM 16 Мб Flash Слот microSDHC (до 32 Гб)	64 Кб RAM 256 Кб Flash
<i>USB-хост</i>	+	–
<i>Wi-Fi</i>	+	–
<i>Bluetooth</i>	+	+

Из приведенной таблицы можно сделать вывод, что третья версия LEGO Mindstorms обладает наиболее лучшими характеристиками. Для дальнейшего исследования была выбрана именно эта модель.

Для конструкторов LEGO Mindstorms EV3 дополнительным комплектом является камера PIXY, которая предоставляет простую возможность реализации элементов машинного зрения. В отличие от большинства камер, PIXY выполняет обработку изображения прямо на своем борту, освобождая мощности микроконтроллера для решения других задач. Камера подключается напрямую к контроллеру с помощью прилагаемого кабеля и интегрируется в программную среду LEGO [8].

Работа с камерой в среде LEGO MINDSTORMS Education EV3 напоминает работу со стандартными датчиками и не требует дополнительного программирования. PIXY представляет собой программируемый встроенный датчик компьютерного зрения. Однако камера не представлена в стандартном наборе и приобретается отдельно, её стоимость достигает 60\$, также подключение данного устройства занимает входной порт, что уменьшает общее число подключаемых датчиков.

Реальным решением данной проблемы является приобретение камеры, являющейся более дешевым аналогом. Для работы с EV3 подходят многие простые и недорогие устройства захвата изображения, реже подходят те ка-

меры, которые имеют встроенный web-сервер.

В связи с отсутствием рекомендованного списка совместимых веб-камер с модулем EV3, перечень возможных сторонних камер был составлен в соответствии с характеристиками устройств захвата изображения, представленных в других робототехнических наборах (Таблица 2).

Таблица 2

*Характеристики веб-камер*

	<b>Logitech Carl Zeiss Tessar</b>	<b>Genius WideCam F100</b>	<b>A4Tech PK-750G</b>	<b>Logitech WebCam C170</b>
<i>Разрешение матрицы</i>	2 Мп	2 МП	0,3 Мп	0,3 Мп
<i>Разрешение матрицы (без интерполяции)</i>	1920 x 1080	1280 x 720	640 x 480	640 x 480
<i>Фоторазрешение в режиме интерполяции</i>	15 Мп	12 Мп	16 Мп	5 Мп
<i>Интерфейс</i>	USB2.0	USB 2.0	USB2.0	USB2.0
<i>Запись видео высокой четкости</i>	1080p	1080p	720p	720p
<i>Скорость записи видео</i>	30 кад/сек	30 кад/сек	30 кад/сек	30 кад/сек
<i>Цена</i>	5 500 рублей	2 855 рублей	1 150 рублей	1 030 рублей

Подключение сторонней камеры к модулю EV3 сопровождается следующей проблемой: среда разработки LEGO MINDSTORMS Education EV3 не поддерживает работу с внешними камерами. Решением данного вопроса является программирование робота на языках, позволяющих реализовать такую возможность. Среди сред программирования, отвечающих требованиям поддержки работы с камерой, совместимости с блоком EV3 и доступности лицензии использования, выбор был сделан в пользу LeJOS [2].

LeJOS – это замена прошивки для робототехнических комплексов LEGO, которая позволяет программировать роботов на языке Java [6]. Обучение старшеклассников современному объектно-ориентированному языку программирования в рамках курса робототехники не только является решением вышеизложенной проблемы, но и отвечает требованиям ФГОС к предметным результатам освоения информатики [3].

Программирование на Java значительно расширяет возможности робота: использование массивов и рекурсии, доступ к библиотеке классов, создание приложений для удаленного воздействия на робота со смартфона и, самое главное, подключение к модулю веб-камеры [7].

Веб-камера может использоваться не только для распознавания образов, но и стать альтернативой датчиков цвета и отражённого света, стабильная работа которых в свою очередь очень зависима от изменений условий окружающей среды, например, таких как смена освещения в помещении, в то время, как подобного рода обстоятельства никак не влияют на полученные показатели с камеры.

Распознавание образов стало актуальной исследовательской линией в области робототехники и компьютерного зрения, однако учебно-методическое обеспечение на эту тему отсутствует. По этой причине было

решено разработать лабораторный практикум для обучения старшеклассников решению задач по распознаванию образов в курсе робототехники. Данная разработка является продолжением лабораторного практикума по изучению не визуальной среды программирования LeJOS и состоит из 5 лабораторных работ (Таблица 3).

Таблица 3

*Содержание лабораторного практикума  
«Распознавание образов» в курсе робототехники*

<b>№</b>	<b>Название лабораторной работы</b>	<b>Цель лабораторной работы</b>	<b>Краткое содержание лабораторной работы</b>
1	Захват экрана	Ознакомиться с библиотекой машинного зрения OpenCV и изучить основные этапы работы с камерой	В ходе выполнения лабораторной работы, учащиеся знакомятся с основными пакетами библиотеки машинного зрения OpenCV. Результатом работы является простая демонстрационная программа, которая отображает на экране модуля EV3 видео, полученное с веб-камеры. Для самостоятельной работы ученикам предлагается реализовать ручное управление порогом яркости изображения путем нажатия кнопок на модуле EV3.
2	Распознавание цвета	Изучить технологию распознавания цвета	В процессе выполнения лабораторной работы, учащимся предстоит проанализировать функцию получения проб цвета с камеры и на ее основе реализовать программу, в результате выполнения которой на дисплее робота будет выводиться сообщение о цвете, полученном с веб-камеры. Обработка изображения производится в цветовой модели HSV (Hue, Saturation, Value – цветовой тон, насыщенность, яркость). Необходимо объяснить учащимся назначение каждой характеристики представленной модели. Ученики должны прийти к выводу, что чем больше значения насыщенности и яркости, тем точнее определяется цвет.
3	Распознавание геометрических фигур	Изучить технологию распознавания геометрических фигур	В результате выполнения лабораторной работы на дисплее робота должно выводиться сообщение о форме объекта. Следует обратить внимание учеников на то, что в первую очередь происходит определение цвета объекта, после полученное изображение переводится в черно-белую картинку, где белыми обозначаются точки, цвет которых попал в заданный интервал, а чёрными – все остальные. Учащимся необходимо реализовать процедуру нахождения контура белой фигуры и вычисления ее координат, в соответствии с которыми и будет определяться, какой геометрической фигурой является объект.

№	Название лабораторной работы	Цель лабораторной работы	Краткое содержание лабораторной работы
4	Слежение за объектом	Изучить технологию распознавания образа и реализовать слежение за объектом	Результатом выполнения лабораторной работы является реализация программы слежения за объектом. В качестве объекта будет рассматриваться пятно определенного цвета. Учащиеся самостоятельно описывают процедуру распознавания цвета и поиск контура на основании знаний, полученных из предыдущих лабораторных работ. Затем им необходимо реализовать процедуру поиска центра и размера найденного контура объекта. Движение робота осуществить, в соответствии с тем, где этот контур расположен на картинке.
5	Движение по линии	Реализовать метод движения робота по линии	Перед выполнением лабораторной работы учащимся необходимо закрепить камеру так, чтобы в область захвата изображения попадала черная линия. В процессе выполнения работы учащимся предстоит реализовать уже знакомые им методы захвата изображения и определения черных объектов в выделенной области. Затем перед учениками ставится задача осуществить процедуру определения краев линии. В зависимости от смещения крайних точек к центру будет зависеть изменение скорости вращения моторов.

Апробация материалов исследования проводилась в 2019 году в Частном Общеобразовательном Учреждении Средняя Общеобразовательная Школа «Творчество», в которой принимала участие группа учеников 10 класса.

Перед началом исследования, учащиеся прошли обучение по лабораторному практикуму «Программирование в невизуальной среде LeJOS на языке Java». Получив необходимое представление о программировании робота на объектно-ориентированном языке, ученики приступили к решению задач по распознаванию образов.

При работе с камерой требуется соблюдать определенные правила и последовательности действий. Данные особенности работы рассматриваются уже при выполнении первой лабораторной работы, которая посвящена теме «Захват экрана».

Работа с камерой заключается в выполнении следующих шагов:

1. Получение экземпляра объекта Video.
2. Подготовка камеры к работе (вызов функции open).
3. Создание массива байтов для хранения кадра (вызов функции createFrame).
4. Получение кадра (вызов функции grabFrame).

Первые три шага выполняются один раз, а четвертый шаг воспроизводится каждый раз, когда необходимо захватить изображение с камеры. При выполнении задания, учащиеся пришли к выводу, что для получения видео последний шаг должен повторяться в цикле. Для работы с изображением ис-

пользуется формат YUYV. Данный формат отделяет информацию полученного цвета от яркости, с которой рациональнее работать, используя пороговые значения.

При выводе изображения на экран микроконтроллера необходимо обратить внимание на то, что программа преобразует полученное изображение в чёрно-белое, поскольку дисплей EV3 монохромный. Преобразование происходит следующим образом: точки темнее установленного порога преобразуются в чёрные, остальные – в белые. Так же следует обратить внимание, что для хранения порога яркости заводится целочисленная переменная `threshold`.

При выполнении первой лабораторной работы, ученикам было предложено самостоятельно реализовать ручное управление яркостью изображения путем нажатия кнопок на модуле микроконтроллера EV3. Для выполнения поставленной задачи учащиеся использовали условный оператор `if`. В результате учащиеся пришли к написанию следующего кода (см. рис. 2). Некоторые ученики использовали логическую переменную, отвечающую за автоматическую настройку яркости, что увеличивало избыточность кода, но не нарушало общую логику программы. В основном все учащиеся работали в одном темпе, структура и содержание задания не вызывало у них затруднений. В конечном итоге все ученики успешно справились с первой лабораторной работой.

```
1 import lejos.hardware.video.Video;
2 import lejos.hardware.video.YUYVImage;
3 import java.io.IOException;
4 import lejos.hardware.BrickFinder;
5 import lejos.hardware.Button;
6 import lejos.hardware.lcd.GraphicsLCD;
7 public class CameraDemo {
8     public static void main(String[] args) throws IOException{
9         Video video = BrickFinder.getDefault().getVideo();
10        video.open(160,120);
11        byte[] frame = video.createFrame();
12        YUYVImage image = new YUYVImage(frame, video.getWidth(), video.getHeight());
13        GraphicsLCD graphics = BrickFinder.getDefault().getGraphicsLCD();
14        int threshold = 128;
15        while (!Button.ESCAPE.isDown()) {
16            video.grabFrame(frame);
17            image.display(graphics, 0, 0, threshold);
18            if (Button.UP.isDown())
19                if (threshold < 255)
20                    threshold++;
21            if (Button.DOWN.isDown())
22                if (threshold < 0)
23                    threshold--;
24            if (Button.ENTER.isDown())
25                threshold = image.getMeanY();
26    }}
```

*Рис. 1. Программа Захват экрана*

Результат апробации разработанного курса показал, что наибольшее затруднение у учащихся вызвала работа с новой библиотекой `OpenCV`, на изучение которой в ходе обучения было выделено большее количество времени.

В целом все ученики успешно справились с поставленными целями и задачами курса.

Для учащихся средней школы полученные знания, в результате изучения лабораторного практикума «Распознавание образов», имеют практиче-

ское применение при решении большого спектра задач в образовательной и соревновательной робототехнике, таких как: движение по линии, поиск объекта, чтение знаков и символов и т.п.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Димитрова М. Д., Шимов И. В. Организация самостоятельной работы школьников в процессе обучения основам курса робототехники // Педагогическое образование в России. 2018. № 3. С. 224-230.

2. Мордвинов Д. А., Литвинов Ю. В. Сравнение образовательных сред визуального программирования роботов. // Компьютерные инструменты в образовании. СПб.: Компьютер в учебном процессе, 2016.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 21.02.2019).

4. Шимов И. В. Применение робототехнических устройств в обучении программированию школьников // Педагогическое образование в России. 2013. № 1. С. 185-188.

5. LEGO Education. URL: [LEGOeducation.com/MINDSTORMS](http://LEGOeducation.com/MINDSTORMS) (дата обращения: 20.03.2019).

6. LeJOS, Java for Lego Mindstorms. URL: <http://www.lejos.org/> (дата обращения: 24.03.2019).

7. Maximum Lego Mindstorms EV3: Building Robots With Java Brains / под ред. Brian Bagnall. Variant Press, 2014. P. 102-105.

8. PIXYCAM. URL: <https://pixycam.com/> (дата обращения: 20.03.2019).