

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

М. Е. Антипин

**Системы технического зрения**

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Томск  
2022

УДК 004.02  
ББК 3стд2-02  
А 72

**Рецензент:**

**Лобода Ю.О.**, доцент каф. управления инновациями ТУСУР,  
канд. пед. наук

**Антипин, Михаил Евгеньевич**

А 72 Системы технического зрения: Методические указания по выполнению лабораторных работ/ М.Е. Антипин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектронники, 2022. – 12 с.

Методические указания содержат рекомендации и материалы, необходимые для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Системы технического зрения» и «Цифровая обработка изображений».

Для студентов высших учебных заведений.

Одобрено на заседании кафедры УИ, протокол № 1 от 31.08.2022.

УДК 004.02  
ББК 3стд2-02

© Антипин М.Е., 2022  
© Томск. гос. ун-т систем упр. и  
радиоэлектронники, 2022

## Оглавление

1. Общие положения .....	4
2 Общие требования к проведению практических занятий .....	5
3 Техническое обеспечение практических занятий .....	7
4 Прием результатов выполнения лабораторных работ .....	8
5 Терминология дисциплины .....	9
6 План выполнения лабораторных работ .....	10
1. Архитектура программно-аппаратной реализации системы технического зрения для определения геометрических размеров .....	10
2. Конверсия растрового изображения из цветового пространства RGB в YUV .....	10
3. Изучение основных этапов обработки изображения детектором границ "Canny" .....	10
4. Подбор параметров сглаживания фильтра Гаусса и нижнего порога .....	10
5. Определение радиуса окружностей и их положения относительно детали .....	11
6. Поиск элемента на изображении .....	11
Список рекомендуемой литературы .....	12

## 1. Общие положения

Данные методические указания разработаны для студентов, обучающихся в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (далее - Университет).

Структура дисциплин «Системы технического зрения» и «Цифровая обработка изображений» предполагает проведение лабораторных работ. Лабораторные работы предназначены для закрепления материала, полученного в лекционном курсе, самостоятельного изучения материалов дисциплины, предусмотренных рабочей программой. Полученные навыки и знания могут быть полезны при проектировании, разработке и внедрении систем технического зрения. Рекомендации по выполнению самостоятельной работе студентов приведены в соответствующих методических указаниях.

В ходе выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки поиска информации, работы с учебно-методической документацией, умения увязывать теоретические знания с практикой, четко излагать свои мысли, отвечать на вопросы, оформлять и представлять результаты работы.

Рекомендации подготовлены с целью помочь студентам в успешном освоении дисциплины и подготовке и прохождении промежуточных этапов аттестации.

## 2 Общие требования к проведению практических занятий

Практические занятия по дисциплине «Системы технического зрения» проводятся согласно учебному расписанию. В ходе выполнения лабораторных работ студент выполняет задания, предусмотренные настоящими методическими указаниями. Набор входных данных определяется преподавателем с учетом текущих навыков и прогресса студента в изучении дисциплины. Это обеспечивает необходимую индивидуализацию выполняемых работ. Лабораторные работы выполняются студентами очной формы обучения индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем.

Лабораторные работы выполняются студентами очной формы обучения индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем. Число студентов, одновременно присутствующих на занятии не должно превышать 12 человек. Если в списочном составе группы студентов больше 12, то группа должна быть разделена на подгруппы численностью от 6 до 12 человек в каждой.

Для выполнения лабораторных работ целесообразно в учебном расписании выделять 4 академических часа подряд, без больших перерывов. Расписание также должно предусматривать раздельное проведение занятий у подгрупп, если группа была разделена.

Перед началом занятий студенты должны изучить инструкцию по охране труда, действующую в лаборатории. Преподаватель должен убедиться в знании инструкции, задавая студенту вопросы по ее содержанию, после чего сделать соответствующую запись в журнале охраны труда.

Во время выполнения лабораторных работ студентам в аудитории запрещается:

- Разговаривать между собой на любые темы без разрешения преподавателя.
- Консультировать друг друга.
- Передавать друг другу материалы, являющиеся результатом выполнения заданий.
- Производить шум, мешающий остальным сосредоточиться на выполнении задания.
- Пользоваться наушниками, берушами и другими приспособлениями, не позволяющими отчетливо слышать указания преподавателя.
- Читать литературу, конспекты и другие записи, не относящиеся к изучаемому предмету.
- Находиться в помещении аудитории в верхней одежде, если температура выше 18°C.
- Приносить верхнюю одежду с собой и размещать ее на стуле/столе, если в учебном корпусе работает гардероб.

В случае однократного нарушения преподаватель должен предупредить студента. При повторном нарушении в течении одного занятия студент из аудитории удаляется.

Студент имеет право:

- Уточнять полученные задания у преподавателя.
- Пользоваться любыми доступными методическими материалами по данной дисциплине.
- Просить консультации у преподавателя, если он в текущий момент не распределяет задания, не принимает выполненные работы и не консультирует другого студента.
- Пользоваться для выполнения практических заданий собственным ноутбуком или планшетным компьютером.

Преподаватель, давая консультацию студенту, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос студента. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель

должен дать устные пояснения или продемонстрировать практические действия, приводящие к требуемому результату для повторения студентом.

Самостоятельная работа студентов над лабораторными работами осуществляется в той же аудитории (лаборатории), где проводятся практические занятия. Преподаватель должен согласовать со студентами расписание самостоятельной работы - не менее 2 астрономических часов в неделю. В указанное время по учебному расписанию студентов и в аудитории (лаборатории) не должны проводиться другие занятия. Преподаватель должен обеспечить доступ студентов в аудиторию (лабораторию) в указанные часы. Необходимость самостоятельной работы определяет студент.

Консультации, выдача лабораторных заданий и прием результатов выполнения осуществляется только во время аудиторных занятий. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если студент корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию студент может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

### **3 Техническое обеспечение практических занятий**

Для выполнения лабораторных работ студенту предоставляется индивидуальное рабочее место, в состав которого входят:

- Персональный компьютер с предустановленной операционной системой Windows7 и выше;
- Программный пакет для разработки и исполнения алгоритмов численного моделирования (Matlab и/или Visual Studio);
- Образцы деталей с отверстиями для исследования;
- Пакет офисных приложений для разработки текста отчета.

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям СанПиН.

#### 4 Прием результатов выполнения лабораторных работ

Результаты выполнения практических работ представляются преподавателю в виде электронного файла отчета, содержащего результат соответствующего выполненного задания.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать у студента правильность заполнения всех полей элементов модели, в том числе и не визуализированных на итоговых диаграммах;
- Самостоятельно производить манипуляции с моделью без ее изменения;
- Требовать у студента пояснений, относящихся к отдельным элементам модели, исходной информации, способам ее получения и верификации.

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если модель логически непротиворечива, не имеет несвязанных входов и выходов, корректна с точки зрения выбранного языка (нотации), исходная информация учтена полностью. Если эти условия не выполняются, то результат выполнения подлежит доработке. Студент должен работать над моделью максимально самостоятельно, использовать средства проверки синтаксиса, предоставляемые программным пакетом.

За выполнение каждого задания преподаватель выставляет студенту оценку. Оценка выполнения задания складывается из трех равнозначных компонентов:

- Время выполнения задания. Фиксируется с момента получения задания до момента сдачи отчета. Измеряется в астрономических часах. Сравнивается с нормативным временем выполнения.
- Полнота и правильность выполнения задания. Экспертная оценка преподавателя.
- Аккуратность при выполнении текстовых и графических материалов.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе требовать у студента обоснования представленных материалов.

Преподаватель должен объявить студенту поставленную ему оценку за выполнение задания, а в случае возникновения непонимания, объяснить причины ее выставления. В случае, если оценка неудовлетворительно, студент имеет право повторно предъявить результат выполнения, но не более двух раз в течение одного занятия. При этом для вычисления оценки время, затраченное на исправление, прибавляется к общему времени выполнения задания.

Выставленная оценка влияет на оценку студента по контрольной точке и среднюю оценку за практические занятия.

До конца семестра студент должен получить оценку по всем лабораторным работам, предусмотренным настоящими указаниями. За работы, результаты выполнения которых не были предъявлены преподавателю для оценивания, выставляется оценка неудовлетворительно. Студенты, имеющие среднюю оценку за практические занятия ниже удовлетворительной, к итоговой аттестации по предмету не допускаются.

## 5 Терминология дисциплины

Чтобы свободно ориентироваться в материалах дисциплины студенту следует ознакомиться с применяемой терминологией:

- Система технического зрения - это система, обеспечивающая обнаружение, автоматический контроль и анализ объектов по их изображениям.
- Пиксель является базовым элементом изображения или устройства отображения. Он характеризуется цветом. Массив пикселей используется для формирования или описания изображений.
- Фокусное расстояние оптической системы является мерой того, насколько сильно система собирает или рассеивает лучи света. Фокусное расстояние собирающей линзы - это расстояние от изображения объекта до центра линзы, когда объект находится достаточно далеко от линзы (лучи света, приходящие от этого объекта, идут параллельно оси линзы).
- Поле зрения: (FOV) Область, которую может видеть устройство технического зрения. Поле зрения зависит от фокусного расстояния линзы и расстояния от объекта до датчика изображения.
- Рабочее расстояние (WD) Расстояние между линзой и объектом. FOV и WD связаны, и их отношение будет различным в зависимости от фокусного расстояния линзы.
- Глубина резкости: (DOF) Зона, в которой объект может находиться в фокусе и его можно видеть должным образом
- Диафрагма: Позволяет уменьшить размер светового пучка, достигающего линзы, поэтому она может уменьшить интенсивность света, достигающего датчика изображения. Меньший световой пучок меньше освещает датчик, но увеличивает глубину резкости.
- Линза: Позволяет управлять фокусным расстоянием системы и изменять значения рабочего расстояния и поля зрения. Линза с большим фокусным расстоянием создает меньшее поле зрения для большего рабочего расстояния.
- Затвор: Позволяет свету проходить в течение определенного периода времени и достигать датчика изображения. Длительно открытый затвор пропускает больше света на датчик и может создать эффект размытия при движении.
- Датчик изображения: (фотоэлектрический датчик) Позволяет преобразовывать фотоны света в электроны для получения аналогового, а затем цифрового сигнала. Могут использоваться 2 технологии: ПЗС (CCD) и КМОП (CMOS).

## 6 План выполнения лабораторных работ

### 1. Архитектура программно-аппаратной реализации системы технического зрения для определения геометрических размеров

Трудоемкость – 4 часа.

Исходные данные: Преподаватель предоставляет студенту две разных детали одинаковой толщины для измерений радиуса и положения отверстий на детали.

Задание:

- 1.1. Изучить архитектуру устройства;
- 1.2. Сделать снимок фотографии;
- 1.3. Запустить программное приложение для поиска отверстия и вычисления его размера;
- 1.4. Проверить полученные данные с чертежом и выявить несоответствие;
- 1.5. В офисном пакете оформить отчет по лабораторной работе;

### 2. Конверсия растрового изображения из цветового пространства RGB в YUV

Трудоемкость – 4 часа.

Исходные данные: Преподаватель предоставляет студенту растровое изображение в формате .bmp. Программу-шаблон для программирования. Программа для чтения .yuv файлов.

Задание:

- 2.1. Изучить структуру растрового изображения в формате .bmp;
- 2.2. Дописать необходимые команды для преобразования;
- 2.3. Записать обработанные данные в файл .yuv в формате 4:2:0;
- 2.4. Убедиться в правильности, открыв записанный .yuv файл.
- 2.5. Сохранить изображение в оттенках серого, убедиться в правильности.
- 2.6. В офисном пакете оформить отчет по лабораторной работе;

### 3. Изучение основных этапов обработки изображения детектором границ “Canny”

Трудоемкость – 8 часов.

Исходные данные: Комплект документов из лабораторной работы №2.

Список процессов, подпроцессов и операций из лабораторной работы №2.

Задание:

- 3.1. Изучить теоритические основы работы алгоритма “Canny”;
- 3.2. Получить из файла .bmp данные яркости всего изображения;
- 3.3. Вызвать функцию “Canny” с указанными параметрами и выполнить все этапы преобразования;
- 3.4. Записать обработанное изображение в файл формата .bmp;
- 3.5. В офисном пакете оформить отчет по лабораторной работе.

### 4. Подбор параметров сглаживания фильтра Гаусса и нижнего порога

Трудоемкость – 8 часов.

Исходные данные: Комплект документов из лабораторной работы №3.

Список процессов, подпроцессов и операций из лабораторной работы №3.

Задание:

- 4.1. Вызвать функцию “Canny” с разными параметрами сглаживания;
- 4.2. Добиться обнаружения указанного отверстия с помощью функции поиска окружности;
- 4.3. В офисном пакете оформить отчет по лабораторной работе.

## **5. Определение радиуса окружностей и их положения относительно детали**

Трудоемкость – 8 часов.

Исходные данные: Комплект документов из лабораторной работы №1. Список процессов, подпроцессов и операций из лабораторной работы №4. Образец для калибровки масштаба.

Задание:

- 5.1. Вызвать функцию поиска окружностей с разными диапазонами радиусов в пикселах;
- 5.2. Выполнить калибровку масштаба во всех частях изображения;
- 5.3. Произвести вычисления реальных значений диаметров с достаточной точностью;
- 5.4. Произвести расчет положения отверстий относительно детали;
- 5.5. В офисном пакете оформить отчет по лабораторной работе.

## **6. Поиск элемента на изображении**

Трудоемкость – 8 часов.

Исходные данные: Изображение футбольного матча.

Задание:

- 6.1. Определить основные признаки футбольного мяча и ворот.
- 6.2. Выбрать библиотечные функции для выделения элементов изображения.
- 6.3. Выделить изображение мяча и футбольных ворот.
- 6.4. Оконтурировать изображение с подсветкой выбранных элементов.

### Список рекомендуемой литературы

- 1 Клетте, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы : учебник / Р. Клетте ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 506 с.
2. Ян, Э. С. Программирование компьютерного зрения на языке Python / Э. С. Ян ; перевод с английского А. А. Слинкин. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 312 с.
3. Сенсоры технического зрения : учебное пособие / Е. Р. Муратов, С. А. Юкин, А. И. Ефимов, М. Б. Никифоров. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2019. — 74 с.
4. Кэлер, А. Изучаем OpenCV 3. Разработка программ компьютерного зрения на C++ с применением библиотеки OpenCV / А. Кэлер, Г. Брэдски ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 826 с.
5. Медведев, М. В. Цифровая обработка изображений : учебно-методическое пособие / М. В. Медведев. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2020. — 100 с.