

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики  
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ / В.В. Шайдуров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**Направление 02.03.01 Математика и компьютерные науки**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Научный руководитель  
кандидат физико-математических наук,  
доцент

\_\_\_\_\_ / И.В. Баранова

Выпускник

\_\_\_\_\_ / Д.Д. Герасимов

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Исследование методов распознавания объектов на изображениях» содержит 46 страниц текста, 20 использованных источников, 1 приложение.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ, РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ, ПРЕЦЕДЕНТ, ОБРАЗ, ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, SVM.

Цель работы — изучение и реализация основных алгоритмов решения задачи распознавания объектов на изображении, решение практической задачи распознавания объектов на изображении, проведение вычислительных экспериментов по сравнению методов по точности и скорости распознавания, а также по вычислительной сложности.

В результате исследования были изучены основные методы распознавания: метод опорных векторов (SVM), сверточные нейронные сети Mask-RCNN и YOLO. Решен практический пример задачи распознавания изображений — задача распознавания и классификации объектов на изображении. Разработаны программные модули, реализующие работу перечисленных методов распознавания объектов на изображении по решению поставленной задачи. Проведены вычислительные эксперименты по сравнению точности и скорости распознавания. Проведено сравнение результатов, полученных в результате работы каждого метода.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1 Задача распознавания изображений</b> .....	5
<b>1.1 Понятие распознавания образов</b> .....	5
<b>1.2 Постановка задачи</b> .....	6
<b>1.3 Задача распознавания изображений</b> .....	7
<b>1.4 Методы распознавания графических образов</b> .....	9
<b>1.5 Этапы решения задачи распознавания объектов на изображении</b> .....	10
<b>2 Метод опорных векторов (SVM)</b> .....	12
<b>2.1 Линейно разделимая выборка</b> .....	12
<b>2.2 Линейно неразделимая выборка</b> .....	15
<b>2.3 Метод гистограмм направленных градиентов (HOG)</b> .....	16
<b>3 Решение задачи распознавания с использованием нейронных сетей</b> .....	20
<b>3.1 Искусственная многослойная нейронная сеть</b> .....	20
<b>3.2 Сверточные нейронные сети</b> .....	22
<b>3.3 Метод обратного распространения ошибки</b> .....	24
<b>3.4 Архитектура нейронной сети Mask-RCNN</b> .....	27
<b>3.5 Архитектура нейронной сети YOLO</b> .....	29
<b>3.6 Оценка качества классификации при обучении нейронных сетей Mask-RCNN и YOLO</b> .....	31
<b>4 Решение практической задачи распознавания изображений</b> .....	34
<b>4.1 Практическая задача</b> .....	34
<b>4.2 Вычислительный эксперимент</b> .....	35
<b>5 Описание программных модулей</b> .....	38
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	43
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	44
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....	46

## ВВЕДЕНИЕ

В данный момент разработка технических систем обнаружения и распознавания объектов на изображении является одним из самых актуальных и востребованных направлений в области искусственного интеллекта, машинного обучения и компьютерных науках. Задачи такого типа относятся к классу задач распознавания образов.

Распознавание образов – научное направление в теоретической информатике, прикладной математике, анализе данных и смежных дисциплинах, развивающее принципы и методы классификации объектов различной природы. Методы распознавания образов имеют широкий спектр применений практически во всех сферах деятельности, связанных с изучением объектов и процессов: экономике, биологии, медицине, химии, социологии, менеджменте, инженерии и других.

Существует множество частных случаев задачи распознавания образов: оптическое распознавание символов, детекция и распознавание лиц, распознавание речи, распознавание отпечатков пальцев и многие другие. В данной работе решается задача распознавания изображений.

Целью работы является исследование и реализация трех алгоритмов решения задачи распознавания изображений.

В первой главе бакалаврской работы приводятся основные понятия и постановка задачи распознавания изображений. В работе изучаются три наиболее востребованных метода распознавания: метод опорных векторов с использованием гистограмм направленных градиентов, а также две искусственные многослойные сверточные нейронные сети с архитектурами YOLO и Mask-RCNN. Во второй и третьей главах рассматриваются выбранные методы к решению поставленной задачи. Дается подробное описание структуры каждого из перечисленных методов, и указываются особенности их работы. Четвертая глава посвящена практическому решению задачи распознавания

образов и сравнению полученных результатов. В пятой главе рассматриваются реализованные программные модули.

В данной работе решается практический пример задачи распознавания изображений — задачи распознавания объектов на изображении и их классификация.

Разработаны программные модули, реализующие работу предложенных алгоритмов. Данный программный комплекс решает поставленную практическую задачу.

Основная часть работы посвящена исследованию вышеперечисленных методов распознавания образов. Проводятся вычислительные эксперименты, позволяющие оценить работу каждого из методов и сравнить их по точности, скорости распознавания и вычислительной сложности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аксенов С. В. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии). – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с.
2. Воронцов К. В. Лекции по методу опорных векторов. – Москва: МГУ, 2007. – 18 с.
3. Вьюгин В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – Москва: Наука, 2013. – 387 с.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. Горбань А. Н, Россиев Д. А. Нейронные сети на персональном компьютере. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 1996. – 276 с.
6. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1984. – 208 с.
7. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. – 270 с.
8. Лепский А. Е., Броневиц А. Г. Математические методы распознавания образов. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
9. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов. – Москва: МГУ, 2004. – 85 с.
10. Патрик, Э. А. Основы теории распознавания образов: пер. с англ. В. М. Баронкина, Б. А. Смиренина, Ю. С. Шинакова; под ред. Б. Р. Левина. – Москва: Советское радио, 1980. – 403 с.
11. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика: пер. с англ. Ю. А. Зуева, В. А. Точенова; под ред. А. И. Галушкина. – Москва: Мир, 1992. – 236 с.
12. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс: 2-е изд., пер. с англ. Н. Н. Куссуль, А. Ю. Шелестов; под ред. Н. Н. Куссуль. – Москва: Изд-во Вильямс, 2016. – 1104 с.

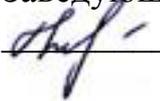
13. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
14. CIFAR-10 Dataset [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.cs.toronto.edu/%7Ekriz/cifar.html>
15. Dalal N., Triggs B. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection / International Conference on Computer Vision & Pattern Recognition (CVPR '05), Jun 2005, San Diego, United States. – pp. 886–893.
16. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1506.01497>
17. He K., Gkioxari G., Dollár P., Girshick R. Mask R-CNN. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1703.06870>
18. MS COCO Dataset [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://cocodataset.org/#home>
19. Redmon J., Divvala S., Girshick R, Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
20. YOLO9000: Better, Faster, Stronger Joseph Redmon, Ali Farhadi [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1612.08242v1>

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики и фундаментальной информатики  
Базовая кафедра вычислительных и информационных технологий

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

 / В.В. Шайдуров

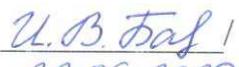
«24» июня 2020 г.

## **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Направление 02.03.01 Математика и компьютерные науки

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Научный руководитель  
кандидат физико-математических наук,  
доцент

 / И.В. Баранова  
22.06.2020

Выпускник

 / Д.Д. Герасимов  
22.06.2020

Красноярск 2020