

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Институт компьютерных наук и технологий

Факультет интеллектуальных систем и программирования

Кафедра «Программная инженерия» им. Л.П. Фельдмана

Программная инженерия:

**методы и технологии разработки информационно-
вычислительных систем**

(ПИИВС-2022)

**Сборник материалов IV Международной научно-практической
конференции**

г. Донецк

29-30 ноября 2022 года

Донецк – 2022

Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2022): сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции, Том 1. 29-30 ноября 2022 г. – Донецк, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2022. – 251 с.

Цель научно-практической конференции: создание условий для обмена новыми идеями, технологиями и результатами между профессионалами программной инженерии, принимающими непосредственное участие в деятельности по анализу, спецификации, проектированию, разработке, сертификации, сопровождению и тестированию программного обеспечения компьютерных систем различного назначения, а также для расширения сотрудничества специалистов в области индустриального программирования с коммерческими структурами.

Основные направления работы конференции:

- современные языки и технологии программирования;
- информационные системы, базы данных, безопасность и защита данных;
- интеллектуальные системы, анализ данных и распознавание образов;
- компьютерное моделирование, системы виртуальной реальности, компьютерной графики и обработки изображений;
- проектирование программных и компьютерных систем, средства автоматизированного проектирования по и систем.

Конференция организована Донецким национальным техническим университетом Министерства образования и науки ДНР. В организации конференции приняли участие: Министерство образования и науки ДНР, ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск), ФГАОУ ВО «НИУ Московский институт электронной техники» (МИЭТ, г. Москва).

В первом томе сборника научных трудов представлено 47 докладов сотрудников академических институтов и высших учебных заведений, а также специалистов других научных организаций из из Донецкой Народной Республики, Российской Федерации, Республики Беларусь, Израиля.

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», 2022

Проектирование компьютерной системы распознавания лиц

В. Г. Шапалин^{*1}, Д. В. Николаенко^{*2}, И. А. Янковский^{*3}

^{*1} магистрант, Донецкий национальный технический университет,
shapalinv@gmail.com

^{*2} к.т.н, доцент, Донецкий национальный технический университет,
dv.nikolaenko@yandex.ru, SPIN-код: 9819-4763

^{*3} к.э.н, доцент, Полесский государственный университет.

Шапалин В. Г., Николаенко Д. В., Янковский И. А. Проектирование компьютерной системы распознавания лиц. В статье представлен краткий обзор современных методов распознавания лиц, включая отдельные алгоритмы для нахождения, нормализации и непосредственно распознавания человека в нормализованном изображении. Также рассмотрены способы распознавания с помощью машинного обучения и виды нейронных сетей, наиболее подходящие для решения данной задачи. Описано проектирование детектора, нормализатора и экстрактора сети.

Ключевые слова: распознавание лиц, матрица Габона, перспетрон, свёрточные нейронные сети, гистограмма направленных градиентов, антропометрические точки.

Введение

Процесс обнаружения и распознавания человеческих лиц в настоящее время имеет важное значение. Её актуальность растет также в связи с ростом потребности реализации данных процедур в различных сферах жизни и деятельности общества. В задачу биометрических методов распознавания лиц входит автоматическое нахождение лица на изображении, а также, при необходимости, идентификация человека. Интерес к сфере обнаружения распознавания лиц также становится значителен благодаря разнообразию их практического применения в таких областях, как охранные системы, криминалистическая экспертиза, верификация, телеконференции, в фототехнике для автоматической фокусировки на лице человека и прочие.

Технология идентификации личности на основе изображения лица, в отличие от использования других биометрических методов, не требует физического контакта с устройством, а также с учетом стремительного развития цифровой техники является наиболее приемлемой для массового применения.

При проектировании системы распознавания лиц необходимо, прежде всего, определиться с методом. Рассмотрим некоторые из них.

Метод гибкого сравнения на графах для распознавания лиц

Суть метода сводится к эластичному сопоставлению графов, описывающих изображения лиц. Лица представлены в виде графов со взвешенными вершинами и ребрами. На этапе распознавания один из графов – эталонный – остается неизменным, в то время как другой деформируется с целью наилучшей подгонки к первому. В подобных системах распознавания графы могут представлять собой как прямоугольную решетку, так и структуру, образованную характерными (антропометрическими) точками лица.

В вершинах графа вычисляются значения признаков, чаще всего используют комплексные значения фильтров Габора или их упорядоченных наборов – Габоровских вейвлет (строи Габора), которые вычисляются в некоторой локальной области вершины графа локально путем свертки значений яркости пикселей с фильтрами Габора.

Ребра графа взвешиваются расстояниями между смежными вершинами. Различие между двумя графами вычисляется при помощи некоторой ценовой функции деформации, учитывающей как различие между значениями признаков, вычисленными в вершинах, так и степень деформации ребер графа.

Деформация графа происходит путем смещения каждой из его вершин на некоторое расстояние в определенных направлениях относительно ее исходного местоположения и выбора такой ее позиции, при которой разница между значениями признаков (откликов фильтров Габора) в вершине деформируемого графа и соответствующей ей вершине эталонного графа будет минимальной. Данная операция выполняется поочередно для всех вершин графа до тех пор, пока не будет достигнуто наименьшее суммарное различие между признаками деформируемого и эталонного графов. Значение ценовой функции деформации при таком положении деформируемого графа и будет являться мерой различия между входным изображением лица и эталонным графом. Данная «релаксационная» процедура деформации должна выполняться для всех эталонных лиц,

заложенных в базу данных системы. Результат распознавания системы – эталон с наилучшим значением ценовой функции деформации.

Эффективность распознавания при наличии различных эмоциональных выражений и изменении ракурса лица до 15 градусов составляет от 90 до 95 %.

Достоинствами метода гибкого сравнения на графах являются:

- высокая точность распознавания;
- устойчивость к смене ракурса, мимике.

Однако, есть и недостатки:

- высокая вычислительная сложность процедуры распознавания;
- низкая технологичность при запоминании новых эталонов;
- линейная зависимость времени работы от размера базы данных [1, 2].

Распознавание лиц с помощью машинного обучения

Нейронная сеть представляет собой математическую абстракцию, содержащую нейроны, соединенные друг с другом синапсами. Структура нейронной сети была вдохновлена подобной структурой работы нашего мозга. Благодаря такой структуре, машина может самостоятельно подбирать подходящие признаки, анализировать их, и выдавать результат, а в некоторых случаях, даже запоминать информацию.

Нейронные сети используются для решения сложных задач, к которым невозможно подобрать универсальный алгоритм. Смысл нейронной сети заключается в самостоятельном подборе подходящих признаков или параметров, которые выбирает сам компьютер в процессе обучения. Наиболее часто нейронные сети применяют в задачах: классификации; предсказания и распознавания.

Общий принцип работы нейрона сводится к передаче данных с выхода одних нейронов на вход других нейронов, умножая значение выхода на коэффициент, который называется весом связи. Все входные значения суммируются, нормализуются с помощью функции активации, и идут на выходной сигнал.

Функция активации — это способ нормализации входных данных. Если на входе большое число, то пропустив его через функцию активации, получим выход в нужном вам диапазоне. Самые часто встречающиеся функции активации – линейная, сигмоид (логистическая) и гиперболический тангенс.

В настоящее время существует около десятка разновидностей нейронных сетей (НС). Одним из самых широко используемых вариантов является сеть, построенная на многослойном перцептроне (рис. 1), в котором нейроны каждого слоя связаны с выходами предыдущего слоя. Такая сеть может гибко подстраиваться под нужный алгоритм, меняя значения весов. Обычно, для корректировки весов используют метод обратного распространения ошибки [3, 4].

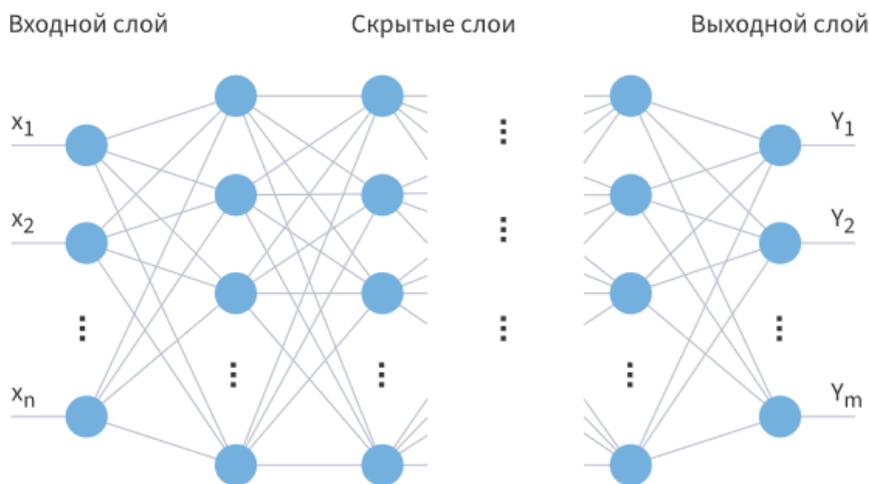


Рисунок 1 – Схематическое изображение многослойного перцептрона

Свёрточные нейронные сети.

Для распознавания лиц и общего анализа изображений лучше всего подходит Convolutional Neural Network или сверточная нейронная сеть (далее – СНС). Успех обусловлен возможностью учета двумерной топологии изображения, в отличие от многослойного перцептрона. Сверточные нейронные сети более устойчивы к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям.

В СНС имеется несколько видов слоёв: сверточные (convolutional) слои, субдискретизирующие (subsampling, подвыборка) слои и слои «обычной» нейронной сети – перцептрона.

Первые два типа слоев (convolutional, subsampling), чередуясь между собой, который далее подаётся на полносвязный слой, фактически являющийся многослойным персептроном.

Свёрточной сеть называется по названию операции свёртки, суть которой будет объяснена далее.

Топология нейронной сети берется исходя из условий задачи, топологии похожих нейронных сетей и личного опыта, пример возможной архитектуры с тремя входными матрицами, представляющими цвета, представлен на рис. 2.

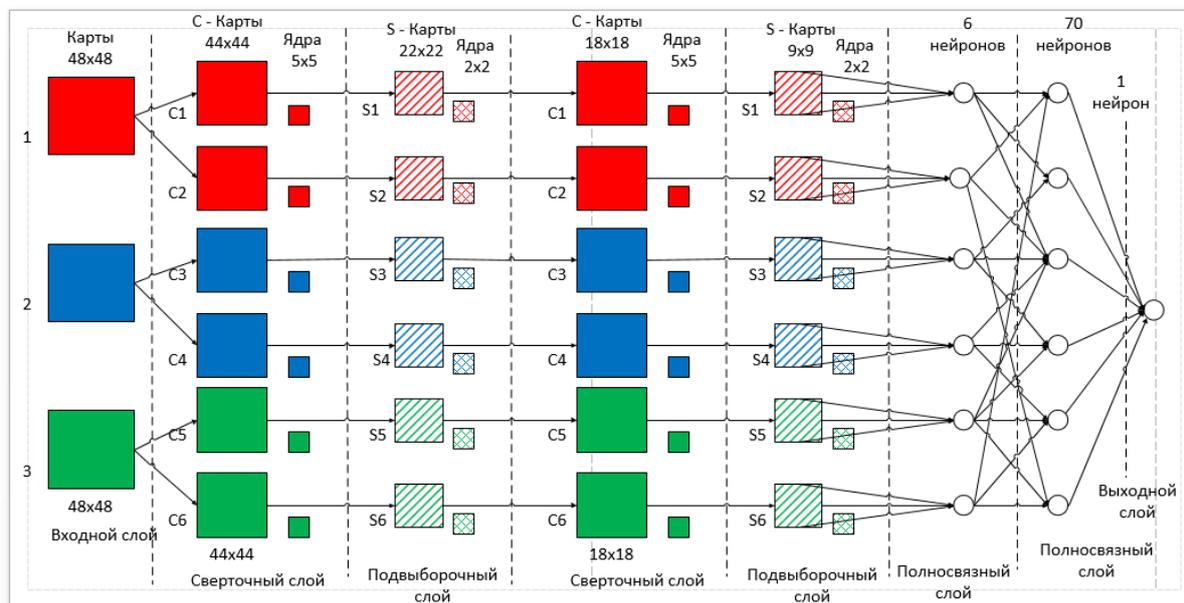


Рисунок 2 – Топология сверточной нейронной сети

Входные данные представляют собой двумерную матрицу определённого размера. Сверточный слой представляет из себя набор карт (другое название – карты признаков, по своей сути являющиеся матрицами), у каждой карты есть синаптическое ядро (в разных источниках он называется по-разному: сканирующее ядро или фильтр). Количество карт определяется требованиями к задаче, если взять большое количество карт, то повысится качество распознавания, но увеличится вычислительная сложность. Исходя из других работ по данной теме и данных из похожих статей, в большинстве случаев рекомендуется брать соотношение один к двум.

Ядро представляет из себя фильтр или окно, которое скользит по всей области предыдущей карты и находит определенные признаки объектов. Изначально значения каждой карты сверточного слоя равны 0. Значения весов ядер задаются случайным образом в области от -0.5 до 0.5. Ядро скользит по предыдущей карте и производит операцию свертки, которая часто используется для обработки изображений, формула для операции свёртки представлена ниже:

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - l] * g[k, l], \quad (1)$$

где f – исходная матрица изображения; g – ядро свёртки.

Подвыборочный слой также, как и сверточный имеет карты, но их количество совпадает с предыдущим (сверточным) слоем. Цель слоя – уменьшение размерности карт предыдущего слоя. Уменьшение изображения используется для уменьшения деталей в изображении, в результате, нейронная сеть работает с более общими признаками.

В процессе сканирования ядром подвыборочного слоя (фильтром) карты предыдущего слоя, сканирующее ядро не пересекается в отличие от сверточного слоя. Обычно, каждая карта имеет ядро размером 2x2, что позволяет уменьшить предыдущие карты сверточного слоя в 2 раза. Вся карта признаков разделяется на ячейки 2x2 элемента, из которых максимальное, минимальное, или среднее значения, в зависимости от решаемой задачи.

Последний из типов слоев это слой обычного многослойного персептрона. Цель слоя – классификация, моделирует сложную нелинейную функцию, оптимизируя которую, улучшается качество распознавания [5].

Проектирование системы распознавания лиц

При грубом рассмотрении, создание системы распознавания лиц сводится к созданию трёх отдельных элементов системы, каждая со своей функцией: детектор, нормализатор и экстрактор. Система принимает на вход изображение, а на выходе возвращает некоторый набор вещественных чисел, который «кодирует» лицо. Этот набор часто ещё называют «вектором признаков» или «биометрическим шаблоном».

Детектор.

Детектор – система для обнаружения лиц. Разные алгоритмы обнаружения начали набирать популярность с 2000-х годов. В качестве готового алгоритма часто используется гистограмма направленных градиентов, или HOG. Для работы метода, используется черно-белое изображение. Каждый пиксель изображения мы сравниваем с окружающими его, и проводим вектор по направлению затемнения изображения.

Сохранение градиента для каждого отдельного пикселя даёт нам способ, несущий слишком много подробностей, которые могут быть неправильно рассмотрены, поэтому необходимо разбить изображения на блоки 16x16. В каждом квадрате следует подсчитать, сколько градиентных стрелок показывает в каждом главном направлении. Затем рассматриваемый квадрат на изображении заменяют стрелкой с преобладающим направлением в этом квадрате.

Чтобы обнаружить лица на обработанном HOG-изображении, всё, что требуется, это найти такой участок изображения, который наиболее похож на известную HOG-структуру, полученную из группы лиц, использованной для обучения.

Тем не менее, нейронные сети вытеснили все классические алгоритмы распознавания лиц практически полностью. Они менее чувствительны к ракурсу съёмки (наклонам, поворотам) и куда более стабильны в предсказаниях, чем классические методы. Даже скорость работы сегодня перестала быть проблемой для нейросетей: с тем огромным объёмом доступных данных для обучения и развитием вычислительных ресурсов можно без проблем подобрать такой размер нейросети, который удовлетворит нашим запросам.

Нормализатор.

Теперь мы имеем выделенное лицо из нашего изображения. Но теперь появляется проблема: одни и те же лица с разных ракурсов для компьютера выглядят по-разному. Чтобы учесть это, попробуем преобразовывать каждое изображение так, чтобы глаза и губы всегда находились примерно на одном и том же месте изображения.

Для этого используем алгоритм, называемый «**оценка антропометрических точек**». Основная идея заключается в выделении 68 специфических точек (меток), имеющих на каждом лице. Затем происходит настройка алгоритма на поиск этих 68 специфических точек на каждом лице:

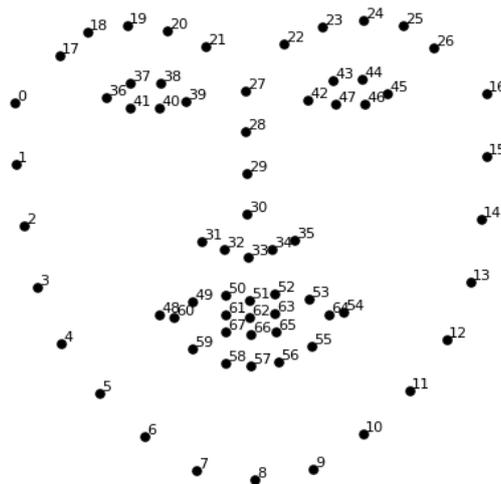


Рисунок 3– Антропометрические точки, располагающиеся на каждом лице

После того, как определено, где находятся глаза и рот, необходимо изменить размер изображения для его отцентрования с помощью аффинных преобразований.

Способ довольно простой, однако он сильно зависит от качества детектирования ключевых точек.

Альтернативой является нейросеть. С её помощью мы можем предсказать итоговую матрицу преобразования напрямую, не отыскивая ключевые точки и не делая каких-либо предположений о расположении носа и глаз.

Экстрактор.

Теперь, когда получено нормализованное лицо, необходимо построить вектор признаков — этим занимается экстрактор. На вход подаётся изображение фиксированного разрешения — обычно 90–130 пикселей, такой размер позволяет соблюсти баланс между точностью работы алгоритма и его скоростью.

Какие же характеристики лица необходимо учитывать? Характеристики, представляющиеся очевидными для человека (размеры уха, длина носа, цвет глаз и т.д.), не имеют смысла для компьютера, анализирующего отдельные пиксели на изображении. Наиболее адекватным подходом является дать возможность компьютеру самому определить характеристики, которые надо собрать. Сверточные нейронные сети позволяют лучше, чем это могут сделать люди, определить части лица, важные для его распознавания. Задача состоит в том, чтобы обучить глубокую свёрточную нейронную сеть и научить её получать собственные характеристики для каждого

лица. Например, при распознавании двух разных людей, можно научить нейросеть на выборке из трёх лиц. Обучение сводится к следующим шагам:

- загрузка обучающего изображения лица известного человека;
- загрузка другое изображения лица того же человека;
- загрузка изображения лица какого-то другого человека.

Затем алгоритм рассматривает характеристики, которые он в данный момент создаёт для каждого из указанных трёх изображений. Он слегка корректирует нейронную сеть так, чтобы характеристики, созданные ею для изображений 1 и 2, оказались немного ближе друг к другу, а для изображений 2 и 3 — немного дальше.

При повторении шагов миллионы раз для тысячи разных людей, нейросеть оказывается в состоянии надёжно создавать 128 характеристик для каждого человека. Любые десять различных изображений одного и того же человека дадут примерно одинаковые характеристики.

Чем большее количество людей будет использовано в обучении, тем лучше и точнее будет работать алгоритм. На каждого человека достаточно пятидесяти фотографий для достаточно точного его распознавания.

При формировании обучающей выборки следует учесть, что экстрактор всегда будет лучше работать на данных, похожих на те, на которых он учился. Если в датасете будут только представители европеоидной расы, то распознавание лиц азиатской внешности, либо черных людей может работать некорректно, поэтому нужно постараться сделать обучающую выборку как можно более разнообразной.

Нахождение изображения. На последнем шаге остается найти человека в базе данных известных лиц, который имеет характеристики, наиболее близкие к характеристикам тестового изображения. Это можно сделать с помощью любого базового алгоритма классификации обучения машин.

Вывод

В результате проделанной работы были исследованы принципы работы как классических алгоритмов для распознавания лиц, так и методов машинного обучения, а также были рассмотрены виды нейронных сетей, а именно, многослойные перцептроны и сверточные нейронные сети. Описано проектирование детектора, нормализатора и экстрактора сети.

Литература

1. Исследование характеристик алгоритмов распознавания лиц [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://icmng.nsc.ru/sites/default/files/pubs/levchuk_yakimenko_vestnik_ngtu2018.pdf. – Загл. с экрана.
2. О некоторых аспектах технологии распознавания лиц [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://humancapital.su/wp-content/uploads/2020/04/202004-5_p142-152.pdf. - Загл. с экрана.
3. Многослойных перцептрон [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://wiki.loginom.ru/articles/multilayered-perceptron.html>. - Загл. с экрана.
4. Введение в нейросети на примере распознавания цифр [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://proglib.io/p/neural-network-course>. - Загл. с экрана.
5. Сверточная нейронная сеть [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/348000>. - Загл. с экрана.

Шабалин В. Г., Николаенко Д. В., Янковский И. А. Проектирование компьютерной системы распознавания лиц. В статье представлен краткий обзор современных методов распознавания лиц, включая отдельные алгоритмы для нахождения, нормализации и непосредственно распознавания человека в нормализованном изображении. Также рассмотрены способы распознавания с помощью машинного обучения и виды нейронных сетей, наиболее подходящие под данную задачу. Описано проектирование детектора, нормализатора и экстрактора сети.

Ключевые слова: распознавание лиц, матрица Габона, перспетрон, свёрточные нейронные сети, гистограмма направленных градиентов, антропометрические точки.

Shabalin V. G., Nikolaenko D. V., Yankovsky I. A. Designing a computer facial recognition system. The article provides a brief overview of modern methods of face recognition, including separate algorithms for finding, normalizing and directly recognizing a person in a normalized image. The methods of recognition using machine learning and the types of neural networks that are most suitable for this task are also considered. The design of the detector, normalizer and network extractor is described.

Keywords: face recognition, Gabon matrix, perceptron, convolutional neural networks, histogram of directional gradients, anthropometric points.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	8
А.Я. Аноприенко (Донецк, ДонНТУ) СИСТЕМОДИНАМИКА КОМПЬЮТЕРНОЙ И ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	8
Б.А. Кулик (Санкт-Петербург, Институт Проблем Машиноведения РАН) РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗА СЧЕТ УТОЧНЕНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИСЧИСЛЕНИЯ ПРЕДИКАТОВ	9
А.Я. Фридман (Институт информатики и математического моделирования ФИЦ КНЦ РАН) СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР	10
В.Н. Штепа (Республика Беларусь, УО «Полесский государственный университет») СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЙ РЕШЕНИЙ В ВОДООТВЕДЕНИИ	16
Григорьев А.В. (Донецк, ДонНТУ) СЕМИОТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАК ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И СЕМАНТИКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ САПР	17
СЕКЦИЯ 1. «ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ, ЯЗЫКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, ТЕСТИРОВАНИЕ И КАЧЕСТВО ПО»	18
М.Ю. Копачев (Рыбинск, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева) ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СОРТИРОВОК JAVA STANDARD LIBRARY	18
А.О. Истягин, И.А. Коломойцева (Донецк, ДонНТУ) АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ WEB-API СРЕДСТВАМИ ПЛАТФОРМЫ .NET	25
С.В. Щедрин (Донецк, ДонНТУ), Д.Г. Кривошея (Академия Министерства внутренних дел Донецкой Народной Республики имени Ф.Э. Дзержинского), Д.В. Харламов (Донецк, ДонНТУ) РАЗРАБОТКА ШАБЛОНА МОБИЛЬНОГО ЛЕНДИНГ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ANDROID ...	31
В.В. Данилевич, О.В. Рычка (Донецк, ДонНТУ) МОДЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КОДА В СРЕДЕ CLR	39
А.Д. Суров, Д.Г. Раннев, А.В. Чернышова (Донецк, ДонНТУ) ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА	46
В.Ю. Олейник, А.В. Чернышова (Донецк, ДонНТУ) РАЗРАБОТКА И РАЗВЕРТЫВАНИЕ TELEGRAM БОТА ДЛЯ ОПОВЕЩЕНИЯ О НОВОСТЯХ ДОННТУ	53

О.В. Морозова (Донецк, ДонНТУ) РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЧЛЕНОВ ГРУППЫ С ДОВЕРИТЕЛЬНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ.....	59
СЕКЦИЯ 2. «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, БАЗЫ ДАННЫХ, БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ДАННЫХ»	66
В.В. Бондаренко, А.В. Чернышова (Донецк, ДонНТУ) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ КРИПТОГРАФИЧЕСКУЮ ЗАЩИТУ	66
А.В. Чернышова, А.А. Афанасьева (Донецк, ДонНТУ) МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ.....	74
О.Г. Артеменко (Донецк, ДонНТУ) ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БАЗ ДАННЫХ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ SQL-ЗАПРОСОВ	81
А.В. Боднар, В.А. Коломойцев (Донецк, ДонНТУ) ОБЪЕКТНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	88
СЕКЦИЯ 3. «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, АНАЛИЗ ДАННЫХ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ»	89
О.С. Леонова, И.А. Коломойцева (Донецк, ДонНТУ) РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КОНТЕНТНО- ОРИЕНТИРОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ КНИЖНОГО ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА.....	89
И.В. Савицкая, Р.В. Лазарский (Донецк, ДонНТУ) ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ НЕДВИЖИМОСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ	94
И.А. Коломойцева (Донецк, ДонНТУ) АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЗАУРУСА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ЗАПРОСА ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ «ПРОГРАММИРОВАНИЕ».....	99
Д.В. Дручевский, О.И. Федяев (Донецк, ДонНТУ) РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ ЧЕЛОВЕКА СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ИЗ ПАКЕТА MATLAB	105
Т.Г. Дмитрюк (Донецк, ДонНТУ) АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СППР ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ	110
А.А. Суханов, Н.М. Ткачѳв, О.И. Федяев (Донецк, ДонНТУ) ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИСУТСТВИЯ СТУДЕНТОВ В АУДИТОРИИ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	111

О.А. Криводубский, Е.Н. Павлюк (Донецк, ДонНТУ) ИНФОРМАЦИОННО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ ПО ЗАПРОСАМ И РЕАЛИЗАЦИИ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	116
СЕКЦИЯ 4. «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ, КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ И ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ».	
С.В. Иваница, В.А. Мишустин (Донецк, ДонНТУ) СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ	117
О.А. Серёженко, С.А. Зори (Донецк, ДонНТУ) ПРОБЛЕМАТИКА ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ИХ СОДЕРЖИМОМУ И ПОДХОДЫ К ЕЁ РАЗРЕШЕНИЮ	125
Н.А. Бездетный, С.А. Зори (Донецк, ДонНТУ) РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И СИМУЛЯЦИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИИ ВИРУСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИГРОВОГО ДВИЖКА UNITY	133
И.Н. Паламарь, А.И. Гагарина (Рыбинск, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева) МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ E2E СИСТЕМ СИНТЕЗА СИГНАЛА	134
Б.Ю. Кныш И.Ю. Анохина (Донецк, ДонНТУ) КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО.....	140
Н.А. Задорина, В.В. Непомилуев (Рыбинск, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева) ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОДБОРА ДЕТАЛЕЙ ПРИ СБОРКЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	146
Н.А. Задорина, А.А. Малышева (Рыбинск, Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева) РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ....	155
Д.В. Бельков, В.И. Зензоров, В.Н. Лавренюк (Донецк, ДонНТУ) САМООРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ПОТОКА В КРИТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ	161
Д.В. Бельков, Д.Д. Лосев (Донецк, ДонНТУ) АНАЛИЗ ТРАФИКА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ	169
Д.В. Бельков, Д.Г. Рубанов (Донецк, ДонНТУ) МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА.....	177
Д.В. Бельков, М.И. Трушкин (Донецк, ДонНТУ) ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДЕО ТРАФИКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ.....	184

В.Н. Беловодский, С.Л. Букин (Донецк, ДонНТУ) ОДИН ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ВИБРАЦИОННЫХ МАШИНАХ С ИНЕРЦИОННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ.....	191
З.Е. Филер (г. Нетания, Израиль) НЕРАВЕНСТВА В КОМПЛЕКСНОЙ ОБЛАСТИ И ГИПОТЕЗА РИМАНА	198
СЕКЦИЯ 5. «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ, СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО И СИСТЕМ».....	
А.В. Григорьев, Е.С. Бондаренко (Донецк, ДонНТУ) КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ САПР С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	199
А.Д. Стальнов, А.В. Григорьев (Донецк, ДонНТУ) ПРОБЛЕМАТИКА АДАПТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	205
Д.А. Савельева, А.В. Григорьев (Донецк, ДонНТУ) О ЗАДАЧЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ЭКСПОРТА И ИМПОРТА МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАТОВ	214
Н.А. Горбунов, А.В. Григорьев (Донецк, ДонНТУ) ДИНАМИЧНЫЙ РАСЧЕТ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ДЕТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	221
А.В. Гончаров, А.В. Григорьев (Донецк, ДонНТУ) АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОГИСТИКИ В РАЗРЕЗЕ МОДИФИКАЦИИ И СИНТЕЗА ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ОПТИМИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА.....	230
В.Г. Шапалин, Д.В. Николаенко (Донецк, ДонНТУ), И.А. Янковский (Республика Беларусь, УО «Полесский государственный университет») ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ	236
Р.В. Мальчева, А.И. Кобыляцкий (Донецк, ДонНТУ), Л.П. Володько (Республика Беларусь, УО «Полесский государственный университет») ВЫБОР СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»	241
С.И. Изосимова, В.Н. Пигуз (Донецк, ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта») КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ДУХОВНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ И БЕЗМЕДИКАМЕНТОЗНОЙ ТЕРАПИИ	246
О.В. Рычка (Донецк, ДонНТУ) ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОИСКА И КОРРЕКТИРОВКИ АНОМАЛИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ	252
Л.О. Воробьёв, А.В. Григорьев (Донецк, ДонНТУ)	

