

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование кафедры)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Режимы работы электрических источников питания,
подстанций, сетей и систем
(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка интеллектуальной системы управления освещением»

Студент

И.С. Шибяев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Д.А. Кретов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ существующих коммерческих решений, их преимуществ и недостатков.....	6
1.1 Понятие умного дома.....	6
1.2 Компьютерное зрение и распознавание образов.....	8
1.3 Характеристика объекта автоматизации.....	10
1.4 Сравнение технологий беспроводной передачи данных.....	21
1.5 Сравнение устройств для управления освещением.....	23
1.6 Выводы по первому разделу.....	31
2 Разработка алгоритма управления интеллектуальной системы освещения на базе ИНС.....	33
2.1 Анализ методов управления освещением.....	33
2.2 Рассмотрение оптимальных стандартов освещенности помещений.....	36
2.3 Рассмотрение применения света различной цветовой температуры в зависимости от времени суток.....	37
2.4 Рассмотрение существующих подходов к анализу активности жильцов.....	41
2.5 Рассмотрение языка программирования для разработки алгоритма контекстно-ориентированного управления освещением.....	42
2.6 Рассмотрение архитектуры искусственных нейронных сетей в общем виде.....	45
2.7 Рассмотрение выбранной для внедрения ИНС.....	59
2.8 Создание алгоритма контекстно-осведомленной системы управления освещением.....	63
2.9 Выводы по второму разделу.....	65
3 Аппаратная реализация интеллектуальной системы управления освещением.....	67
3.1 Аппаратное комплектование интеллектуальной системы управления освещением.....	67

3.2 Беспроводное подключение датчиков и актуатора	77
3.3 Выводы по третьему разделу	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	85

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. «Умный дом» - важная область исследований, относящаяся к средам, адаптированным для помощи людям в их повседневной жизни. Это понятие используется для обозначения любой среды разработанной для помощи людям в их повседневной деятельности, в целях поддержания независимого образа жизни, и включает в себя датчики и исполнительные устройства для наблюдения за внутренней средой дома, а иногда и жильцами, а также поддержания или помощи жильцу в своей повседневной деятельности. Концепция «умного дома» специально рассматривается как перспективный путь для улучшения условий проживания для пожилых людей и людей с ограниченными возможностями. Важным аспектом автоматизации является управление освещением жилого пространства, с возможностью адаптации под деятельность пользователя. Актуальность выбранной темы обусловлена высокой стоимостью этих систем и их неспособностью автоматически подстраиваться под нужды человека. Изменение параметров системы управления освещением на основании сочетания факторов обстановки внутри помещения – и есть работа контекстно-зависимого алгоритма.

Цель работы – повышение эффективности системы освещения за счет внедрения контекстно-зависимого алгоритма управления. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Провести анализ существующих коммерческих решений в области управления параметрами системы умный дом;
- 2) Разработать алгоритм управления системы освещения на базе искусственной нейронной сети;
- 3) Выполнить аппаратную реализацию интеллектуальной системы управления освещением.

В настоящий момент в жилых помещениях широко применяются системы управления освещением, которые базируются на заранее

сконфигурированных сценариях, когда система получает информацию напрямую от пользователя, либо с помощью простейших датчиков. В работе рассматривается возможность применения в дополнение к датчикам искусственной нейронной сети для распознавания позы и количества людей сбора данных.

Практическая значимость работы заключается разработке алгоритма контекстно-зависимой системы управления освещением и его аппаратной адаптации.

Методы исследования. В данной работе проведен сравнительный анализ функций системы умный дом, использован метод обоснования комфортной цветовой температуры освещения, применен метод построения сценария для алгоритма работы системы управления освещением

Объектом исследования является интеллектуальная система управления освещением, контролирующая уровень освещенности путем анализа поступающей информации.

Предметом исследования является оптимизация алгоритма управления системой освещения.

1 Анализ существующих коммерческих решений, их преимуществ и недостатков

Концепция умного дома - это многообещающий и экономически эффективный способ улучшения доступа к домашнему уходу для пожилых людей и инвалидов. Многие исследования и разработки продолжаются, финансируются международными и правительственными организациями. В то же время, рынок доступный обычному потребителю предлагает широкий выбор отдельных умных устройств и комплектов устройств умного дома. Они различны по своей функциональности, но как правило, для своего функционирования они требуют прямого входящего сигнала от пользователя, что существенно снижает степень автономности систем умного дома.

1.1 Понятие умного дома

Концепция технологии благоустройства умного дома находится в стадии разработки уже несколько десятилетий. Умные дома, в этой ситуации, являются обнадеживающим и экономически эффективным путем улучшения доступа к уходу на дом для пожилых людей и инвалидов. Несколько университетов и исследовательских проектных групп разработали прототипы умного дома или отдельные устройства для адаптации в умном доме. Эти умные дома в основном разработаны для наблюдения за пожилыми людьми с любыми нарушениями, такими как: моторные, зрительные, слуховые или когнитивные.

Люди склонны следовать определенным паттернам в своем повседневном образе жизни. В контексте умного дома, ежедневные действия пользователя генерируют паттерны, которые играют важную роль в прогнозировании будущих событий в умном доме. Цель среды умного дома - помочь пользователю в повседневной жизни; таким образом, умный дом должен найти повторяющиеся паттерны в деятельности пользователя и предсказать поведение пользователя для получения оказания помощи [12].

Мониторинг активности пользователя используется для наблюдения и фиксации действий человека, с целью достижения «цели комфорта и эффективности», которые умный дом может предложить. Поведение пользователя относится к диапазону действий, действий и ответов, сделанных пользователем. Поэтому умный дом должен быть способен учиться и применять полученные знания для того, чтобы приспособить дом к поведению пользователя. Поскольку пользователь генерирует паттерн, ненормальное поведение пользователя может быть обнаружено путем построения нормального поведенческого паттерна пользователя.

Как правило, датчики и камеры в умном доме используются для отслеживания или идентификации действия пользователя и выполняют анализ человеческого поведения. Поведение пользователя может использоваться для прогнозирования и определения будущих действий пользователей. Таким образом, метод распознавания активности, реализованный умным домом, должен быть максимально точным для управления системой [14].

Алгоритмы искусственного интеллекта, алгоритмы машинного обучения и методы интеллектуального анализа данных используются для моделирования и прогнозирования поведения пользователя. Эти алгоритмы и методы включают, но не ограничиваются методом Байеса, Цепью Маркова, алгоритмами статистического вывода, нейронными сетями, нечеткой логикой и много-агентной системы (МАС) помимо прочих [1].

Контекстная осведомленность - важный шаг в концепции поведения пользователя и поведения. Система контекстной осведомленности в этой концепции - это та, которая «адаптируется в зависимости от места использования, скопления близлежащих людей и объектов, а также изменений в этих объектах с течением времени». Дей А.К. [27] определил контекст, как «любую информацию, которая может быть использована для характеристики положения субъекта», и контекстно-зависимой системой является та, которая «использует контекст для предоставления

соответствующей информации и / или услуг пользователю, где уместность зависит от задачи пользователя ".

1.2 Компьютерное зрение и распознавание образов

Компьютерное зрение «описывает мир который мы видим в одном или более изображений и воссоздает его свойства, такие как форма, освещение и распределение цвета». Использование компьютерного зрения в умных домах сочетается с всепроникающей компьютеризацией. Всепроникающая компьютеризация определяется как «вычисления везде», «вещи, которые могут думать» или интеграция компьютеров в повседневный физический мир. Важным аспектом всепроникающей компьютеризации является построение прогностических моделей деятельности и поведения человека по данным датчиков [1]. Эти прогностические модели позволяют среде быть «в курсе деятельности» осуществляемой в ней. Эта концепция может применяться для поддержки пожилых людей в умном доме. Некоторые из работ с компьютерным зрением и распознаванием образов включают распознавание и распознавание лиц, оптическое распознавание символов, медицинскую визуализацию, захват движения, распознавание отпечатков пальцев и биометрию, отслеживание части тела, понимание жестов, морфинг и отслеживание всего тела, среди прочих.

Компьютерное зрение может быть использовано для создания глубоких прогнозирующих моделей человеческого поведения [6]. Датчики, установленные в умном доме, позволяют окружающей среде осознавать действия пользователя. Например, биометрическая идентификация использует методы распознавания образов, чтобы идентифицировать людей по их физиологическим характеристикам. Кроме того, в умном доме могут быть установлены системы распознавания лиц или голоса. Разнообразие коммерческого программного обеспечения распознавания лица доступно и способно распознавать с высокой точностью. Эти методы распознавания ненавязчивы и пассивны для пользователя.

Захват жестов может быть реализован с использованием методов компьютерного зрения, где видео анализируется и жесты распознаются.

В Хельсинкском технологическом университете, нейронная сеть была использована для задач распознавания лица в умной среде [20].

В Норвегии, разработана система на базе компьютерного зрения в Университетском колледже Телемарка (УКТ) [25]. Система обнаруживала и определяла людей в комнате, записывала прошлую их активность в базе данных и уведомляла третью сторону, если обнаружено ненормальное поведение. Другие исследования в УКТ основаны на отслеживании активности в реальном времени. Система использовала камеру, в которой конфиденциальность гарантировалась, не сохраняя изображения, и для процесса и анализа использовалась довольно энергозависимая память.

Кроме того, проводятся исследования в Университетском колледже Юго - Восточной Норвегии (ЮВН) [12] фокусирующиеся на выявлении некоторых из компонентов, используемых для автоматического отслеживания деятельности людей, живущих в одиночестве. Исследование USN состоит из использования математических моделей, методов компьютерной науки, структуры, ориентированной на дискретные события и инструментов для анализа данных с датчиков, размещенных в доме человека, и использования информации, собранной для моделирования поведения или повседневной деятельности пользователя.

Обработка изображений относится к использованию изображений, снятых камерами, и затем обрабатываемых с использованием математических алгоритмов [3]. Некоторые из работ по обработке изображений включают в себя моделирование в градациях серого, анализ формы, классификацию цвета, обнаружение лица, удаление фона и многое другое. В умных домах обработка изображений позволяет отслеживать местоположение человека и идентифицировать людей в доме.

Была создана система с несколькими камерами, где камеры отслеживали или чувствовали пользователя. Например, когда человек

смотрит фильм, а затем покидает диван, фильм приостанавливается до тех пор, пока пользователь не вернется на диван. Система использует распределенные вычисления, геометрическое моделирование и зондирование.

Даррел Т. использовал отслеживание человека для интерактивных развлечений и виртуальных сред. Система, используемая «оценка глубины для устранения эффектов фона, определение цветов для быстрого отслеживания, и обнаружения шаблонов, чтобы выделять лицо от других частей тела» [8].

Умные дома оказались осуществимыми и экономически эффективными проектами, чтобы помочь пожилым людям оставаться дома в течение как можно большего времени, уменьшить счета, или просто улучшить комфорт пользователя. Тем не менее, умные дома имеют некоторые вызовы, которые необходимо преодолеть.

1.3 Характеристика объекта автоматизации

Среди всего объема жилого дома именно жилые комнаты представляют интерес для данного пути автоматизации. Автоматизация освещения помещений по типу: коридора, прихожей, уборной комнаты – не представляет интереса для более глубокого развития информационной или материальной базы в настоящее время. Внедрение компонентов умного дома позволяет активировать осветительные приборы при: обнаружении датчиками движения, достижении установленной яркости освещенности [5]. Таким образом автоматизация освещения подобного помещения может быть выполнена, в самом наименее затратном варианте, датчиком движения или присутствия. В жилой комнате человек может заниматься разного рода активностями: чтением книги, работой за письменным столом, просмотром ТВ, физической нагрузкой или активным перемещением в объеме комнаты. В подобной ситуации у жильца возникают различные потребности к

освещенности рабочей поверхности или помещения в целом. Жилое здание представлено потребителем 3 категории надежности электроснабжения.

В управлении освещением по степени автоматизации можно выделить ручное управление освещением и автоматическое управление освещением. В виду комбинации технологий, применяемых осветительных приборов, датчиков движения, датчиков присутствия, систем, объединяющих отдельные устройства в единую сеть, сложно отделить автоматизированное управление освещением от автоматического управления освещением. В системе управления освещением в ручном режиме могут использоваться различные клавишные выключатели, поворотные светорегуляторы, пульта дистанционного управления, в качестве последнего может выступать любой гаджет с установленным программным обеспечением при наличии канала беспроводной передачи данных [10]. В случае автоматического управления освещением существует множество технических решений. Системы автоматического управления освещением обладают возможностью записи сценариев, активируемых в случае получения сигнала от одного или нескольких датчиков. Далее согласно сценарию, происходит включение отдельных светильников. Выключение светильников также происходит согласно сценариям. Комбинации датчиков, участвующих в сценарии, позволяют точнее определить условие включения и выключения осветительных приборов, к примеру комбинация датчика освещенности и датчика присутствия не позволит включить осветительные приборы в помещении в случае яркого дневного освещения. Так же возможно автоматическое включение и выключение света по графику, согласно времени.

В таблице 1.3.1 представлена классификация систем умного дома по функциональности, используемому оборудованию и алгоритмами работы

Таблица 1.3.1 - Умные дома или системы с используемым оборудованием, ключевыми алгоритмами и функциями

Функция	Объект, оборудование, устройство
---------	----------------------------------

Поддержка	Пользователи с ограниченными возможностями: <ul style="list-style-type: none">• Реабилитационная робототехника• Робот помощник• Инвалидное кресло• Специализированный интерфейс
-----------	--

Продолжение таблицы 1.3.1

Функция	Объект, оборудование, устройство
Поддержка	<ul style="list-style-type: none"> • Генерация синтетического голоса для управления и голосовых команд <p>Пользователи с нарушением зрения:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тактильный экран • Осязаемый пульт дистанционного управления • Звуковой маяк
	<p>Пользователи с нарушением слуха:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Визуальная сигнализация • Телетайп • Электронный дисплей
Наблюдение	<p>Образ жизни:</p> <p>Фиксированные системы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Инфракрасные датчики <p>Носимые системы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Активный значок • Акселерометр
	<p>Физиологические признаки (внешние датчики или датчики в теле):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Электроэнцефалограмма (обмороки, эпилептические припадки, нарушения сна и т.д.) • Электромиограмма • Температура • Сердечный ритм • насыщение крови кислородом • Давление • Уровень глюкозы

Продолжение таблицы 1.3.1

Функция	Объект, оборудование, устройство
Оказание лечения, терапии	<p>Терапевтические приборы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Доставка тока для прерывания или предотвращения эпилептических припадков • Подавление тремора • Доставка наркотиков • Доставка гормонов (например, инсулина) • Активные ортопедические сапоги (подиатрия) • Роботизированные устройства для бимануальной физиотерапии
Комфорт	<p>Интеллектуальные бытовые приборы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Посудомоечная машина, стиральная машина, холодильник • Варочная панель
	<p>Умные объекты:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Почтовый ящик • Стенной шкаф • Зеркало
	<p>Интеллектуальное домашнее оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Датчики присутствия / движения • Видеокамера • Магнитные выключатели • Датчики влажности, газа и света • Смарт оборудование для отдыха • ТВ, программы домашнего кинотеатра • Интерактивные системы связи

Продолжение таблицы 1.3.1

Функция	Объект, оборудование, устройство
Комфорт	Интеллектуальное домашнее оборудование: <ul style="list-style-type: none"> • Общение с друзьями и семьей в случае крайней необходимости • Оборудование интеллектуального контроля окружающей среды • Окна и двери • Обогрев • Осветительные приборы • Кондиционер • Вентиляция
	Физическая активность: <ul style="list-style-type: none"> • Фитнес-устройства

В настоящее время на рынке коммерческих устройств «умного дома» представлено множество технологических решений таких как отдельные датчики движения, датчики протечки, умные голосовые ассистенты, объединяющие все устройства вашего дома по технологиям беспроводной передачи данных в единую сеть. Таким образом, появился еще один путь управления домашними системами – голосовое управление. Голосовые ассистенты обладают возможностью распознавания речи, обычно они являются неотъемлемой частью центра управления «умным домом», позволяя помимо голосового управления освещением, совершать вызовы, включать отдельные бытовые приборы, фильмы и ТВ-передачи, устанавливать будильник и т.п. [19] К тому же, вместе с обновлением программной части центров управления умным домом и периферийных устройств расширяются и возможности голосового ассистента. Ниже приведено сравнение устройств, выступающих в роли центра управления умным домом со встроенным

голосовым помощником от одной из корпораций Amazon, Google, Apple, Microsoft. Сравнение функционала по отношению к стоимости центров умного дома приведено в таблицах 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4

Таблица 1.3.2 - Центры управления умным домом с голосовым помощником до 50 долл. США

Устройство	Цена	Дата выпуска	Ассистент	Особенности
Amazon Echo Dot (2nd generation)	\$49.99	2016	Alexa	Звонки, аудиовыход, семь микрофонов дальнего поля
Google Home Mini	\$49	2017	Google ассистент	Chromecast streaming, индивидуальное распознавание голоса, Google переводчик

Таблица 1.3.3 - Центры управления умным домом с голосовым помощником от 50 до 200 долл. США

Устройство	Цена	Дата выпуска	Ассистент	Особенности
Amazon Echo (2nd generation)	\$99.99	2017	Alexa	Звонки, аудиовыход, семь микрофонов дальнего поля
Amazon Echo Plus	\$149.99	2017	Alexa	Возможность подключения к дому из коробки, улучшенный звук Dolby, звонки, семь микрофонов дальнего поля
Amazon Echo Spot	\$129.99	2017	Alexa	2,5-дюймовый дисплей, аудиовыход, звонки, многокомнатная музыка

Продолжение таблицы 1.3.3

Устройство	Цена	Дата выпуска	Ассистент	Особенности
Google Home	\$129	2016	Google ассистент	Chromecast streaming, индивидуальное распознавание голоса, Google переводчик
Harman Kardon Invoke	\$199	2017	Microsoft Cortana	360-градусный звук, интегрированный Skype, технология голоса дальнего поля
Sonos One	\$199	2017	Alexa	Многокомнатный звук, шесть микрофонов, усилители класса D, пользовательские драйверы, сопряжение
Sony LF-S50G	\$199	2017	Google ассистент	360-градусный звук, контроль жестов, NFC-соединение, брызгозащищенный, отображение часов

Таблица 1.3.4 - Центры управления умным домом с голосовым помощником от 200 до 400 долл. США

Устройство	Цена	Дата выпуска	Ассистент	Особенности
Amazon Echo Show	\$229.99	2017	Alexa	Семидюймовый экран, два стереодинамика, совместимость с камерой безопасности, видео звонки

Продолжение таблицы 1.3.4

Устройство	Цена	Дата выпуска	Ассистент	Особенности
Apple HomePod	\$349	2017	Siri	Автоматическая настройка музыки, 360-градусный звук, семь ВЧ динамиков, AirPlay 2 для многокомнатного прослушивания
Google Home Max	\$399	2017	Google ассистент	Двойные 4,5-дюймовые низкочастотные динамики, настраиваемые микрофоны, интеллектуальная оптимизация комнатного звука, дистанционное голосовое управление, многоканальное беспроводное соединение
JBL Link 300	\$249.95	2017	Google ассистент	Chromecast многокомнатное потоковое вещание, 10 часов автономной работы, мощность 50 Вт
Apple HomePod	\$349	2017	Siri	Автоматическая настройка музыки, 360-градусный звук, семь ВЧ динамиков, AirPlay 2 для многокомнатного прослушивания

Продолжение таблицы 1.3.4

Google Home Max	\$399	2017	Google ассистент	Двойные 4,5-дюймовые низкочастотные динамики, специальные ВЧ динамики, интеллектуальная оптимизация комнатного звука, дистанционное голосовое управление, многоканальное беспроводное соединение
JBL Link 300	\$249.95	2017	Google ассистент	Chromecast многокомнатное потоковое вещание, 10 часов автономной работы, мощность 50 Вт
Amazon Echo Show	\$229.99	2017	Alexa	Семидюймовый экран, два стереодинамика, совместимость с камерой безопасности, видео звонки

Умные голосовые помощники, обладая широким функционалом и возможностями, не обеспечивают возможность организации автономной системы управления освещением с контекстной осведомленностью.

Ниже приведена статистика использования умных колонок, выступающих в качестве центра управления умным домом, по типам запросов за май 2017 года, рисунок 1.3.1.

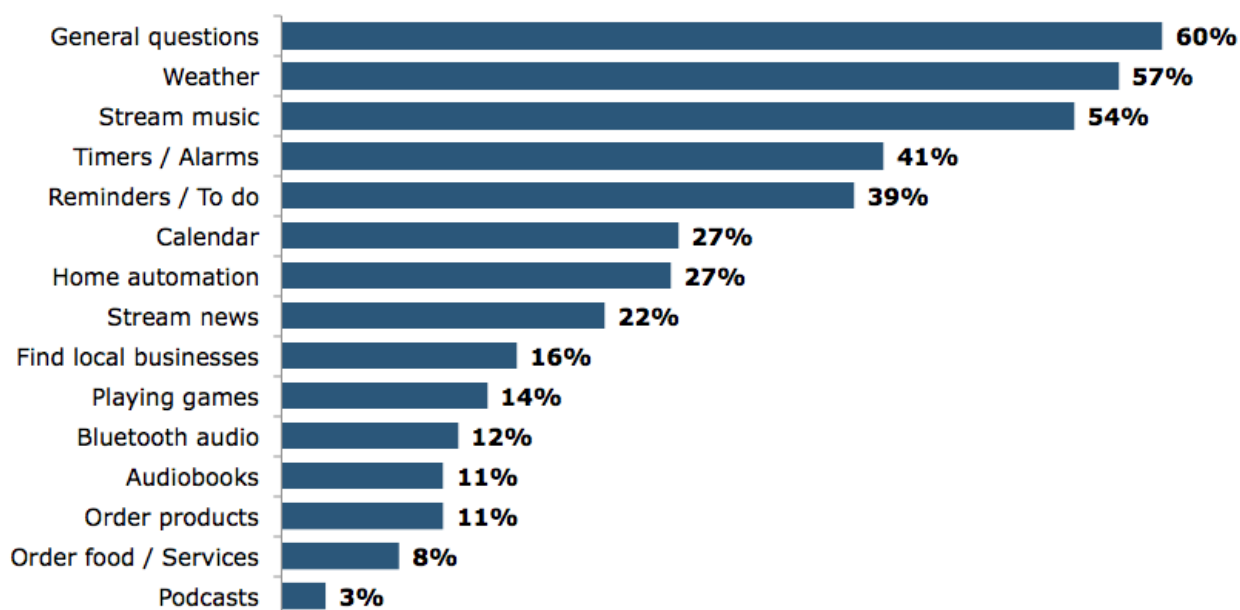


Рисунок 1.3.1 - Статистика использования умных колонок по типам запросов за май 2017 г.

Как можно видеть, с целями, связанными с домашней автоматизацией, к умным колонкам обращаются около трети пользователей. На лидирующих позициях находятся общие вопросы, запрос погоды, музыкальный сервис, запросы, относящиеся к тайм менеджменту и планированию дел.

Так же стоит отметить, что есть ряд центров управления без совмещения с голосовым помощником, таблица 1.3.5. Управление такими центрами совершается удаленно через приложения и веб-сайты или путем настройки непосредственно на дисплее устройства.

Таблица 1.3.5– Центры управления умным домом без голосового ассистента.

Устройство	Технология передачи данных	Цена
Samsung SmartThings Hub	ZigBee, Z-Wave, IP	85\$
Philips "Hue Bridge"	Zigbee Light link protocol IEEE 802.15.4	60\$

Продолжение таблицы 1.3.5

Устройство	Технология передачи данных	Цена
Vera Control VeraSecure	Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth BLE, and VeraLink	300\$
Wink Hub 2	Bluetooth LE, ZigBee, Z-Wave, Kidde, and Lutron Clear Connect	114\$
Xiaomi Gateway 2	Wi-Fi 2.4 GHz, ZigBee	29\$

Таким образом, управление устройствами в «умном доме» может осуществляться как за счет голосовых помощников, встроенных у умные колонки, так и с помощью сайтов и приложений, связанных с центром управления умным домом. К сожалению, на рынке «много дома» не существует единого стандарта для сопряжения устройств, в связи с чем, крупные производители техники формируют свою экосистему со списком устройств, которые возможно подключить. Для сопряжения множества устройств без привязки к фирме производителю центра управления умным домом существуют DIY решения с открытым кодом на базе одноплатного компьютера Raspberry, рассмотренного в следующих разделах. Однако, стоит понимать, что данный тип решения требует технических знаний от пользователя и временных затрат.

1.4 Сравнение технологий беспроводной передачи данных

Различные типы беспроводных технологий и сетей позволяют устройствам отправлять данные друг другу и сети (сети TCP / IP) без кабелей. Существует множество различных беспроводных технологий, которые могут быть реализованы в аппаратных продуктах для связи с устройствами интернета вещей или устройства к устройству (M2M) [8].

Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE) имеет семь целевых групп для технологий 802.15. Эти группы устанавливают стандарты

для общих типов беспроводных технологий, используемых для личных сетей. Эти целевые группы 802.15 включают в себя: WPAN / Bluetooth, Coexistence, высокоскоростную WPAN, низкоскоростную WPAN, ячеистую сеть, радиосети локального масштаба действия и оптическую связь.

Каждый протокол IEEE имеет свои собственные преимущества и ограничения.

Wi-Fi сеть (IEEE 802.11) является спецификацией беспроводной локальной сети (WLAN). В своем низкочастотном режиме IEEE 802.11 (b, g, n) передает данные со скоростью 11 Мбит/с и до 54 Мбит/с и простирается на дистанцию до 32 метров в помещении и 95 метров вне помещения. Стандарт IEEE 802.11n использует двойной радиочастотный спектр по сравнению с 802.11a или 802.11g. Однако данные IEEE 802.11a, с передаются со скоростью до Гбит/с и могут превышать диапазон технологий b и g более чем в два раза. Низкочастотный Wi-Fi передает в диапазоне ISM 2,4 ГГц, а высокочастотная передача - в диапазоне 5 ГГц. Технология цифровой модуляции BPSK и QPSK используется для передачи данных со скоростью до 54 Мбит / с, и каждый канал в диапазоне ISM имеет ширину 22 МГц. Усиленная изотропная излучаемая мощность Wi-Fi (EIRP) ограничена 20 дБ/мВт (100 мВт) [11].

Спецификация Bluetooth () - является запатентованным стандартом открытой беспроводной технологии для обмена данными на небольшом расстоянии. Он использует короткие волны радио диапазона ISM в 2400-2480 МГц. Находит наилучшее применение для беспроводной персональной сети WPAN принятой исключительно с целью замены кабельных технологий. Он занимает всю полосу ISM (Industrial, Scientific, Medical), используя 79 каналов с каждым каналом на частоте 1 МГц. Расстояние передачи этой технологии зависит от мощности передачи. Устройство 1 класса с выходной мощностью 100 мВт передает сигнал на дистанцию до 100 метров, а устройство с пропускной способностью 25 мВт - до 10 метров.

Спецификация ZigBee (IEEE 802.15.4) была принята для недорогих, маломощных цифровых радиостанций и нашла применение в таких областях,

как домашняя автоматизация, телекоммуникационные услуги, здравоохранение и дистанционное управление, и это лишь некоторые из них. Подобно Wi-Fi и технологиям Bluetooth, ZigBee также работает в радиодиапазоне ISM. Скорость передачи данных составляет 250 Кбит/с. Технология ZigBee (IEEE 802.15.4) определяет уровни управления физическим и средним доступом для низкоскоростных персональных сетей PAN и передает на дистанцию до 10 метров. Шестнадцать каналов определены для этой спецификации в полосе 2,4 ГГц, но с более узкой неперекрывающейся полосой частот 2 МГц. Таким образом, до 16 сетей ZigBee могут сосуществовать в одной и той же области и в то же время. Последняя версия ZigBee поддерживает скачкообразную перестройку частоты в стандарте ZigBee Pro. Это позволяет ZigBee PAN перемещаться от одного канала к другому, если перегрузка происходит в предыдущем канале. Модель связи требует, чтобы она распространяла работу среди множества различных устройств, которые находятся внутри отдельных узлов ZigBee, которые, в свою очередь, образуют сеть.

Стандарт WiMax (IEEE 802.16) соответствует технологии широкополосного доступа в микроволновом диапазоне. Эта беспроводная технология позволяет передавать данные со скоростью 30-40 Мбит/с. Термин конкретно относится к функционально совместимым реализациям беспроводного семейства IEEE 802.16.

1.5 Сравнение устройств для управления освещением

Для реализации дистанционного управления освещением необходимы аппаратно-программные средства, которые будут обрабатывать сигнал, приходящий с датчиков или камеры, а затем подавать сигнал на исполнительные устройства. В качестве таких аппаратно-программных средств рассмотрим продукты разработчиков Arduino Software и Raspberry Pi Foundation.

Платы Arduino стали одними из самых популярных микроконтроллеров на рынке с огромным разнообразием плат. Некоторые платы Arduino лучше подходят для определенных применений. Сравним некоторые из наиболее популярных плат, созданных Arduino. Uno, Micro и Mega 2560, рисунки 1.5.1 и 1.5.2.

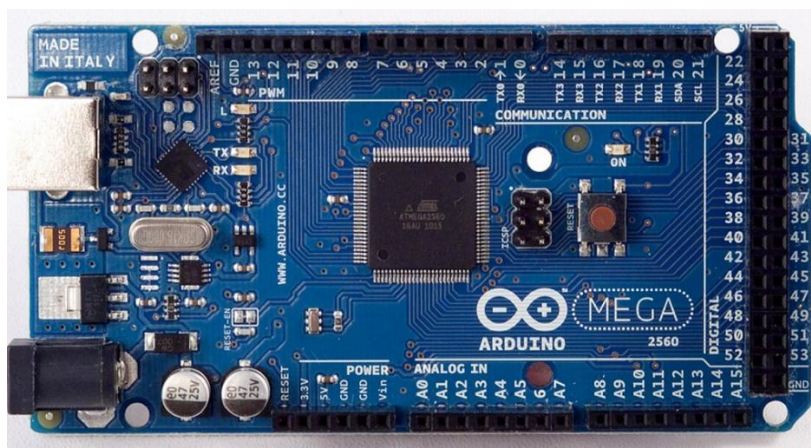


Рисунок 1.5.1 – Плата Arduino Mega 2560

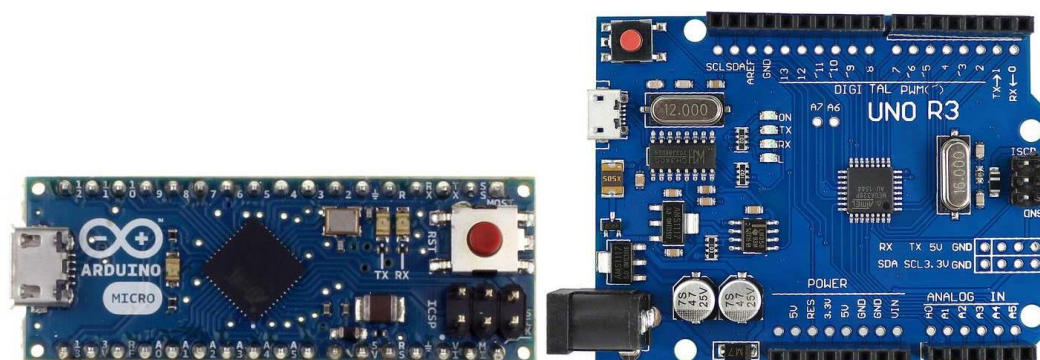


Рисунок 1.5.2 – Платы Arduino Micro и Arduino Uno R3

Размер Arduino Micro входит в число его достоинств 1.8 x 4.8 см, что делает его одной из самых маленьких плат микроконтроллеров. На противоположной стороне спектра Mega 2560 составляет около 10 x 5 см. Где-то посередине Uno, имеющих размеры 5 x 2.5 см. Цена для Micro обычно составляет около 19-25 долларов, а Uno - около 20-23 долларов, а Mega 2560 - 36 долларов.

Для подключения к компьютеру и начала написания кода, Uno и Mega 2560 могут быть легко подключены с помощью стандартного кабеля USB A / B, в то время как Micro потребуется кабель Micro-USB.

Каждый из этих Arduino имеет различное количество контактов ввода/вывода. Плата с наибольшим количеством контактов - Mega 2560, которая поставляется с колоссальными 54 цифровыми контактами ввода/вывода (из них 15 из них имеют PWM) и имеет 16 входных аналоговых контактов. Удивительно, но Micro вторая плата среди трех по количеству контактов, имеет 20 цифровых входов/выходов (с 7 из них с PWM) и 12 входных аналоговых контактов. Uno имеет 14 цифровых входов/выходов (с 6 из них с PWM) и 6 входных аналоговых контактов.

Все три платы Arduino имеют собственный уровень вычислительной мощности, поэтому рассмотрим подробнее их частоту/тактовую частоту. Частота/тактовая частота на этих платах просто означает, насколько быстро он может выполнять команды. Приятно удивляет, что все они имеют одинаковую тактовую частоту на частоте 16 МГц, таблица 1.5.1.

Флэш-память на Uno и Micro одинакова - 32 КБ, а Mega 2560 имеет 256 КБ, что дает ей в 8 раз большее пространство памяти. Флэш-память просто означает, насколько большой скетч/код можно загрузить в Arduino, поэтому, если код имеет большой размер, тогда выбор за Mega 2560.

Платы Arduino используют статическое оперативное запоминающее устройство (SRAM (Static Random-Access Memory)). Mega 2560 имеет самое большое пространство СОЗУ 8 КБ, что в 4 раза больше, чем у Uno, и в 3,2 раза больше, чем у Micro. С большим количеством пространства СОЗУ у Arduino больше пространства для создания и управления переменными при запуске.

В таблице ниже показано сравнение спецификаций Arduino Uno, Mega 2560 и Micro.

Таблица 1.5.1 - Сравнение микроконтроллеров Arduino Uno, Micro и Mega 2560

Название	Uno	Micro	Mega 2560
Процессор	ATmega328P	ATmega32U4	ATmega2560
Рабочее/Входящее напряжение	5 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V
Тактовая частота	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Аналоговые In/Out	6/0	12/0	16/0
Цифровые IO/PWM	2	43301	54/15
EEPROM [кБ]	1	1	4
SRAM [кБ]	2	43222	8
Flash [кБ]	32	32	256
USB	Regular	Micro	Regular
УАПП	1	1	4
WIFI	Нет (Shield)	Нет	Нет (Shield)
Bluetooth LE			
Ethernet			

Отсюда можно сделать вывод, что случае необходимости компактности проекта, в отсутствии необходимости большого количества контактов ввода-вывода, наличия бюджета на микроконтроллер ценовой категории выше средней, и отсутствия целей добавления каких-либо расширительных плат, выбор за Arduino Micro.

Если есть большой объем код, нужно много контактов ввода-вывода для проекта и необходимо, чтобы у него была установлена расширительная плата, тогда выбор за Arduino Mega 2560.

Если необходимо разрабатывать маленький проект, есть цели добавления расширительной платы, небольшой бюджет, то выбор за Arduino Uno.

Для управления реле освещения нескольких ламп в условиях ограниченности бюджета выбор падает на Arduino Uno

Теперь необходимо определить выбор в сравнении продуктов разработчиков Arduino Software и Raspberry Pi Foundation.

Arduino Uno и Raspberry Pi 3 являются популярным выбором, когда речь идет о DIY, IoT или просто интересных инженерных проектах. Они могут использоваться для прототипирования и реальных инженерных решений. Рассмотрим, что каждую плату.

Обе платы выглядят одинаково, но каждая из них имеет свою собственную категорию. Raspberry Pi 3 это одноплатный компьютер (SBC). Это означает, что плата представляет собой полностью функциональный компьютер с собственным выделенным процессором, памятью и может запускать операционную систему (работает на Linux). Raspberry Pi 3 включает в себя собственные USB-порты, аудиовыход и графический драйвер для выхода HDMI, показывающий, как он может запускать несколько программ. Вы даже можете установить другие операционные системы, включая Android, Windows 10 или Firefox.

Arduino Uno Rev 3 это микроконтроллер. Микроконтроллеры не так сильны, как SBC, но они могут быть хороши для быстрой установки. Микроконтроллеры превосходны при управлении небольшими устройствами (такими как светодиоды, двигатели, несколько различных типов датчиков), но не могут работать с полной операционной системой. Arduino Uno запускает одну программу за раз.

Raspberry Pi 3 может подключаться к устройствам Bluetooth и интернету прямо из коробки с помощью Ethernet или путем подключения к Wi-Fi. Arduino Uno не может сделать это без платы расширения (Shield),

которая добавляет подключение к Интернету или Bluetooth. Платы расширения (HAT (Hardware Attached on Top)) и Shields помогают в этом.

HAT и Shields имеют по существу одну и ту же цель, добавляя дополнительную или упрощающую функциональность. HAT можно использовать на Raspberry Pi 3, где некоторые HAT включают Pi для управления матрицей RGB, добавляя сенсорный экран.

Shields, которые могут использоваться на Arduino Uno, включают в себя релейную плату, плату сенсорного экрана или Bluetooth-плату. Существуют сотни Shields и HAT, которые обеспечат функциональность, которую вы регулярно используете.

Raspberry Pi 3 также имеет порт HDMI, аудио порт, 4 порта USB, порт камеры и порт LCD, что делает его идеальным для мультимедийных приложений. У Arduino Uno нет ни одного из этих портов на плате (хотя некоторые из них могут быть добавлены через Shields).

Для начала, рассмотрим сильные стороны Raspberry Pi 3. Поскольку это мини-компьютер, он может работать в многозадачном режиме с несколькими программами с однокристальной системой Broadcom BCM2837, а это означает, что создание сложного проекта, для которого необходимо несколько действий в одно время, возможно обработать без высокой нагрузки на процессор.

Raspberry Pi 3 также намного быстрее, чем Arduino (1,2 ГГц по сравнению с 16 МГц), что дает ему возможность выполнять каждодневные задачи, которые делают компьютеры - воспроизведение видео, просмотр в интернете, прослушивание музыки и т.д. Это делает Raspberry Pi 3 - простым выбором, если необходимо использовать его для медиа центров.

Более упрощенный подход Arduino Uno может быть более привлекательным, когда речь заходит о создании проекта. Arduino Uno упрощает взаимодействие с аналоговыми датчиками, двигателем или другими компонентами, в то время как у Raspberry Pi 3 более сложный путь

для получения показаний датчика (например, установка библиотек, программного обеспечения и подключение к монитору/клавиатуре/мышь).

Arduino также можно просто подключить, и он сразу же начнет выполнять свой код, поэтому нет необходимости в установке. Это делает Arduino Uno отличным выбором, если необходимо начать разработку опытного образца сразу и только нужно прочитать набор данных и сделать одно действие на основе этих данных. Ниже приведена таблица 1.5.2 для сравнения характеристик семейства одноплатных компьютеров Raspberry Pi.

Таблица 1.5.2 – Сравнение характеристик семейства Raspberry Pi

Наименование	Модель A	Модель A+	Модель B+	RPi2	RPi3
Память для ОС	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD
ОЗУ	256 MB SDRAM / 400 MHz	256 MB SDRAM / 400 MHz	512 MB SDRAM / 400 MHz	1GB SDRAM / 400 MHz	1GB SDRAM / 400 MHz
Наименование	Модель A	Модель A+	Модель B+	RPi2	RPi3
Процессор	Broadcom BCM2835 32 bit ARMv6 SoC full HD, одно ядро.	Broadcom BCM2835 32 bit ARMv6 SoC full HD, одно ядро.	Broadcom BCM2835 32 bit ARMv6 SoC full HD, одно ядро.	Broadcom BCM2836 32 bit ARMv7, четыре ядра.	Broadcom BCM2837 64 bit ARMv8, четыре ядра.
Скорость процессора	700 МГц	700 МГц	700 МГц	900 МГц	1.25 ГГц
Питание	1.2 А / 5 V	1.8 А / 5 V	1.8 А / 5 V	1.8 А / 5 V	2.5 А / 5 V

USB 2.0	1 x USB Port	1 x USB Port	4 x USB Ports	4 x USB Ports	4 x USB Ports
GPU	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV
GPIO	26 pin	40 pin	40 pin	40 pin	40 pin
WIFI	Нет	Нет	Нет	Нет	Встроенный

Продолжение таблицы 1.5.2

Наименование	Модель А	Модель А+	Модель В+	RPi2	RPi3
Bluetooth LE	Нет	Нет	Нет	Нет	Встроенный
Ethernet	Нет	Нет	Да	Да	Да

Если проект, включает в себя несколько функциональных возможностей одновременно, нужен легкий доступ к Интернету и нужны возможности для доступа к мультимедиа, то выбор за Raspberry Pi 3.

Если проект, требует легкого считывания с датчиков, который должен выполнять только несколько выходных сигналов на основе данных датчика, легко обмениваться данными с другими частями машины и быстро запускаться практически без какой-либо другой предустановки, тогда выбор за Arduino Uno.

На основе вышеизложенной информации Arduino Uno и Raspberry Pi 3 являются оптимальным выбором к применению в проектируемой системе управления освещением.

1.6 Выводы по первому разделу

Определено, что существующие коммерческие системы управления умным домом, имеют функционал, требующий от пользователя прямых команд голосом, жестом или через устройство удаленного доступа. Это указывает на то, что область домашней автоматизации и помощи жильцу требует дальнейшей разработки в областях контекстной осведомленности и полной автоматизации.

Выделены приоритетные для использования в беспроводной сети умного дома спецификация IEEE 802.15.1 - Bluetooth с низким потреблением и спецификация IEEE 802.15.4 - Zigbee, на основании устойчивости передачи сигналы и наименьшего энергопотребления.

Определено системообразующее устройство - Raspberry Pi 3 для последующей настройки функций умного дома путем подключения периферийных устройств и развертывания серверного приложения.

2 Разработка алгоритма управления интеллектуальной системы освещения на базе ИНС

Для повышения автономности работы системы освещения, с точки зрения выполнения функций включения освещения, выключения, изменения яркости и изменения цветовой температуры освещения, необходимо предопределить ключевые факторы характеризующие внутрикомнатное освещение. К такому фактору следует отнести формы освещенности характерные выполняемой деятельности, комфортная цветовая температура освещения, которая будет способствовать повышению эффективности пользователя, и в то же время способствовать поддержанию его биологических процессов.

2.1 Анализ методов управления освещением

Методы освещения для помещений могут быть классифицированы на метод общего освещения и метод местного освещения. Метод общего освещения может улучшить освещенность внутри помещения путем минимизации дисбаланса освещенности в различных его частях, устанавливая единую освещенность во всем пространстве помещения. С другой стороны, метод локального освещения позволяет установить желаемую освещенность на рабочей поверхности, тем самым улучшая эффективность освещения по сравнению с методом общего освещения. Однако этот метод может снизить комфорт от нахождения в таком пространстве из-за неравномерной освещенности. В связи с этим в работе рассматривается управление яркостью общего освещения с применением технологии определения количества людей в помещении, статуса их поз, освещенности в помещении и времени суток, тем самым экономя энергию освещения и улучшая общую световую среду.

Методы управления искусственным освещением в помещении можно разделить на управление включением-выключением освещения, управление

освещением на основе датчиков, управление освещением с диммированием и смешанное управление освещением, как показано в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Методы управления искусственным освещением

Классификация управления освещением	Формат управления	Характеристика
Включено-выключено	Ручной	Управление освещением с наименьшими затратами, простота установки и переключения
Сенсоры	Автоматический	Управление освещением основано на движении жильца
Диммирование	Ручной / Автоматический	Управление освещением путем установки оптимальной освещенности и тем самым потребления электроэнергии
Смешанный	Ручной / Автоматический	Управление освещением с использованием датчиков и диммирования и т.п.

Управление освещением методом включено-выключено является недорогим и простым в установке, управляемым с помощью простого переключателя, тогда как управление освещением на основе датчиков обеспечивает автоматическое управление, обнаруживая движение жильца, а также освещенность внутри и снаружи помещения. Управление освещением на основе диммирования обеспечивает поэтапное регулирование освещением, которое улучшает визуальный комфорт жильцов и обеспечивает эффективное энергосбережение.

Наконец, смешанное управление освещением - это метод повышения эффективности освещения путем объединения трех предыдущих методов. Метод управления освещением, который предлагается в данной работе, представляет собой смешанный метод управления освещением, поскольку он

представляет собой комбинацию управления освещением на основе датчиков и управления освещением на основе диммирования.

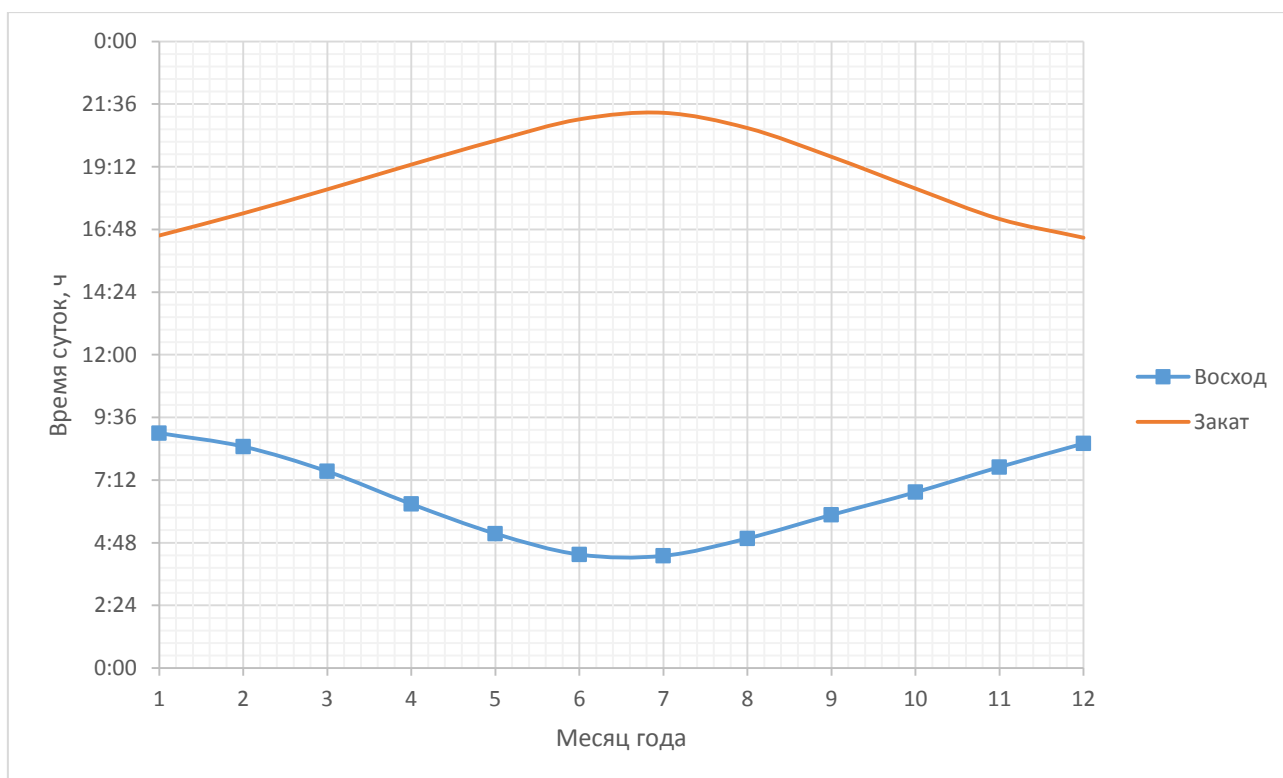


Рисунок 2.1.1 – Диаграмма восхода и заката солнца в г. Тольятти в 2019 году

В случае выбора архитектуры интеллектуальной системы освещения без использования датчика освещенности необходимо, что бы система учитывала время восхода и заката солнца, рисунок 2.1.1.

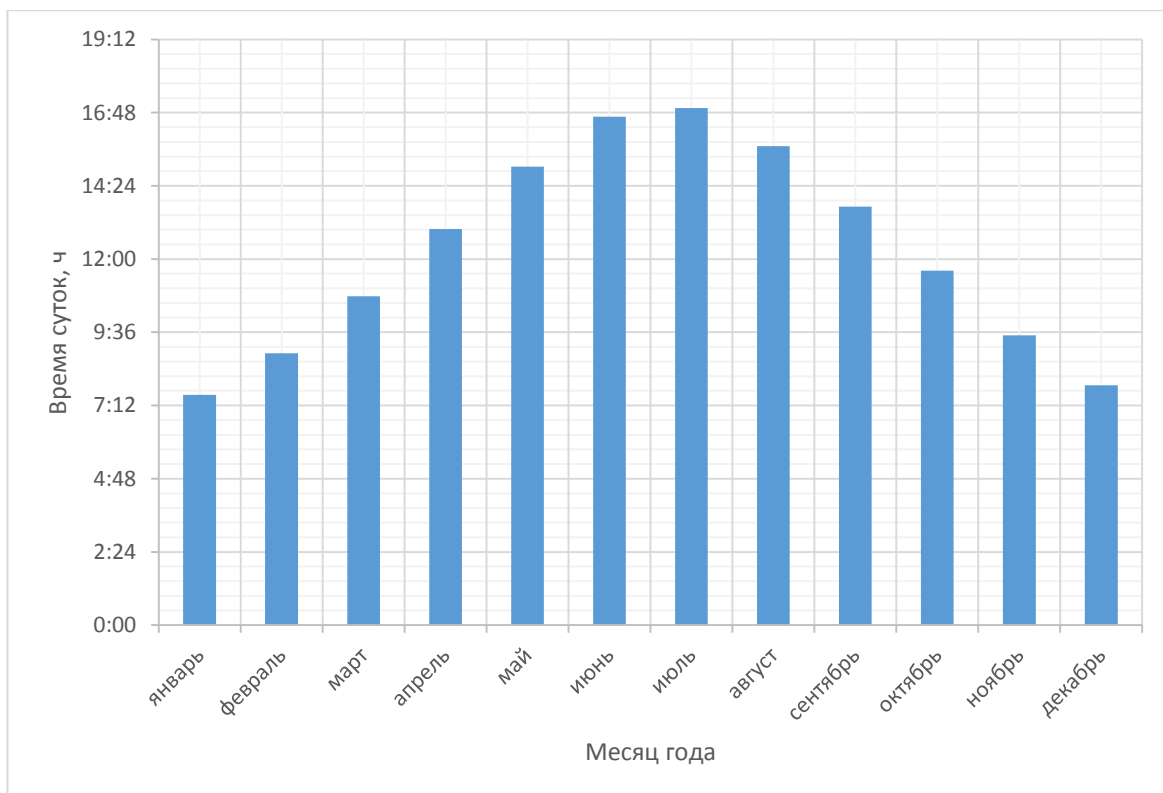


Рисунок 2.1.2 – Длительность светового дня в г. Тольятти в 2019 г.

Так, сопоставляя информацию с датчика присутствия и данных о положении солнца, т.е. времени восхода, заката или продолжительности светового дня, рисунок 2.1.2, система не будет включать свет до наступления заката, а после него – основываясь на данных датчика присутствия.

2.2 Рассмотрение оптимальных стандартов освещенности помещений

Поддержание рекомендуемого уровня освещенности помещений важно не только для создания комфортной световой среды, но и для снижения энергозатрат зданием за счет устранения ненужного освещения. В данной рассмотрены рекомендуемые уровни освещенности помещений в России как показано в таблице 2.2.1. Для России необходимо руководствоваться СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных

зданий" (с изменениями на 15 марта 2010 года), поэтому выбраны 150 лк и 300 лк в качестве эталонных значений для управления общим освещением.

Таблица 2.2.1 – Нормы освещенности для различного типа помещений

Помещение/тип активности	Освещенность, лк
Кабинет, библиотека	300
Квартирные коридоры холлы	50
Детские	200
Кухни	150
Жилые комнаты	150

Для рассматриваемого в работе помещения площадью $10,8 \text{ м}^2$, с высотой потолка до 2,7 м рассчитанный световой поток имеет значение 1620 Лм для уровня освещенности помещения 150 лк и 3240 Лм для значения освещенности 300 лк. Для достижения необходимого наибольшего светового потока необходимо использовать 4 светодиодных лампы мощностью 6 Вт и световым потоком 806 Лм.

Для соответствия освещенности требуемым нормам в систему управления освещением необходимо применение датчика освещенности. Таким образом, помимо информации о присутствии жильца, времени суток, будет учитываться освещенность внутри помещения.

2.3 Рассмотрение применения света различной цветовой температуры в зависимости от времени суток

По данным Инженерного общества освещения, «дневное освещение относится к искусству и практике приема лучей солнечного света, рассеянного светового потока и отраженного света снаружи в здание, чтобы внести свой вклад в требования к освещению и энергосбережение за счет использования элементов управления электрическим освещением» [30]. По сравнению с естественным светом искусственный свет обеспечивает

постоянное количество света, которое можно просто включить или выключить. Спектральное качество - это сложный термин, который используется, чтобы показать, насколько теплым или холодным является свет, и он измеряется двумя понятиями, а именно: коррелированная цветовая температура света (Correlated Color Temperature, CCT) и индекс цветопередачи (Color Rendering Index, CRI). Как правило, высокий CRI источника света соответствует цвету объекта, который кажется близким к естественному цвету, наблюдаемому при дневном освещении, или к источникам неиссякаемого света той же цветовой температуры. Солнце генерирует широкий спектр света, чтобы обеспечить достаточную длину волны, чтобы все люди могли распознавать большинство цветов. Следовательно, считается, что свет от Солнца имеет CRI 100, который является максимальное значение, которое может достичь свет.

Различные исследования продемонстрировали множество преимуществ, которые дневной свет имеет с точки зрения его спектральных качеств, таких как выработка витамина D через нашу кожу. Фактически, именно природа светового спектра в солнечном свете делает его уникальным в улучшении здоровья человека, и её нельзя найти при электрическом освещении [31].

Следует учитывать, что разные спектры солнечного света оказывают различное воздействие на организм человека и особенно на глаза. Фактически, визуальные и невизуальные эффекты света на функции и реакции мозга зависят от конкретной длины волны света, получаемого через глаз. В результате утренний солнечный свет с коротковолновым спектром воздействует на организм человека по-разному по сравнению с длинноволновым солнечным светом. Было отмечено, что 6,5 часов воздействия синего света (монохроматический свет 460 нм) во время биологической ночи снижает субъективную сонливость и повышает слуховую производительность и бдительность по сравнению с воздействием равной плотности фотонов зеленого света (монохромный свет 555 нм). Эти

результаты показывают, что предупреждающие воздействия света на глаза зависят от длины волны, и в видимом спектре наблюдается более высокая чувствительность к коротким длинам волн. Было также отмечено, что даже несколько десятков секунд воздействия света вызывают немедленные и значительные изменения в мозге, зависящие от длины волны [32]. По словам Вандевалле, 50-секундное воздействие синего света увеличивает активность в левом гиппокампе, левом таламусе и правой миндалине по сравнению с зеленым светом [31].

Утренний свет играет важную роль в синхронизации метаболических ритмов с 24-часовым циклом вращения Земли. Без регулярного дневного освещения человеческие циркадные часы будут работать в среднем по циклу 24 часа и 15-30 минут, что в конечном итоге приведет к смене циркадного кардиостимулятора и десинхронизации наших биологических часов. Влияние раннего утреннего солнечного света на циркадную систему студентов было изучено Фигейро и Реа [23, 32] вне лабораторных условий. Это исследование показало, что отсутствие коротковолнового света утром приводит к задержке циркадной фазы примерно на 30 минут для учеников 8-го класса. Другие исследования показали аналогичные результаты в контролируемых лабораторных условиях. Результаты контролируемых лабораторных результатов подтверждают результаты, полученные в реальных условиях школьной среды. Циркадный ритм в значительной степени ответственен за многочисленные когнитивные процессы, такие как внимание, бдительность, качество сна, настроение, а также память. Это ключевые компоненты в процессе обучения. Воздействие естественного света в классах, по-видимому, имеет важное значение для улучшения обучения учащихся.

Согласно результатам исследования [31] коротковолновый свет видимого спектра может пагубно на увеличении массы тела через различные механизмы и подавлении выработки мелатонина в том числе.

Так, например, из-за быстрого распространения сотовых телефонов и интернет-технологий люди во всем мире в настоящее время подвергаются

воздействию искусственного освещения ночью. Хотя планшеты, сотовые телефоны, ПК, игровые устройства не излучают много света, они очень эффективны для подавления мелатонина не только потому, что они находятся близко к глазам, но и благодаря «синему» коротковолновому свету, который они излучают. Кроме того, сотовые телефоны и Интернет, которые широко распространены даже в наименее развитых странах и часто используются после естественных сумерек и ночью.

Эта информация служит основанием для применения освещения в жилом помещении с регулированием цветовой температуры освещения. Для достижения эффекта наилучшей работоспособности и ощущения бодрости в утреннее и дневное время включаются лампы с холодной цветовой температурой 4000 К, по мере наступления вечернего времени с 17:00 до 19:00 происходит постепенное изменение доли освещения, поступающего от ламп с холодной и теплой (2700 К) цветовыми температурами. В ночное время нежелательно использование световых источников, особенно с холодной цветовой температурой, из-за этого на рисунке 2.3.1, можно видеть резкое изменение использования типа ламп после 6 часов утра.

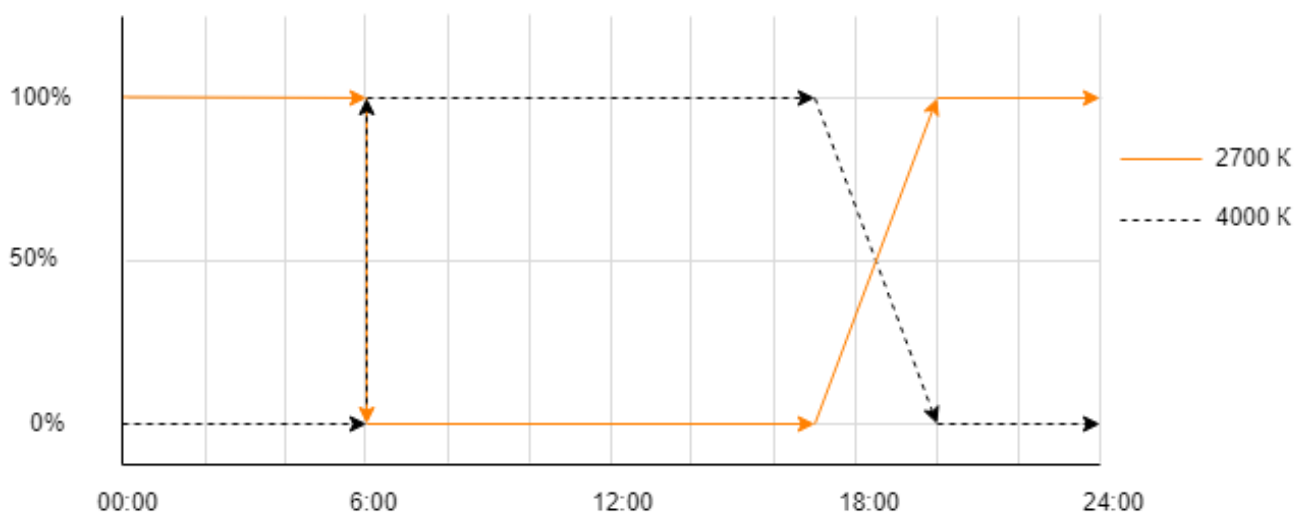


Рисунок 2.3.1 – Процент использования ламп с различной цветовой температурой в течении суток

2.4 Рассмотрение существующих подходов к анализу активности жильцов

Поведение жильцов в зданиях оказывает большое влияние на потребности в отоплении, охлаждении и вентиляции помещений, потребление энергии осветительными [4]. Информация о занятости в режиме реального времени уже давно используется для управления различными устройствами, такими как искусственный свет, климатическими приборами и т. д. Прошлые исследования показали, что использование информации о занятости в реальном времени для управления освещением может сэкономить значительную электрическую энергию [32]. В последнее время, индивидуальные предпочтения жильцов получили растущее внимание не только как возможность для экономии энергии, но и для удовлетворения комфорта пользователя в отношении системы освещения. Что еще более важно, прогнозируемые модели занятости (и сна) играют значительную роль в работе интеллектуального термостата, поскольку кондиционирование комнаты не является мгновенным процессом и требует времени для достижения желаемых условий.

В исследовательских работах [24] и [30] мультиагентная система стремится подстроиться под предпочтения жильца только тогда, когда он присутствует в здании. Система пытается экономить энергию за счет автоматического снижения температуры в помещении, когда жильца нет в здании. В США авторы в [22] предлагают использовать сеть глубоких убеждений для повышения точности обнаружения типа активности внутри помещения.

Одной только информации о местоположении в реальном времени недостаточно для эффективного управления энергией и комфортом здания. Эта проблема особенно актуальна для систем освещения, поскольку они влияют на визуальный комфорт пользователя. Причина в том, что большинство коммерчески доступных датчиков присутствия используют время ожидания для выключения света после обнаружения датчиком

последнего движения. Широко применяется 30-минутное время ожидания, а также оно регулируется в диапазоне 5-30 минут. Однако, если временной промежуток ожидания слишком мал, свет может выключиться, пока жильцы все еще находятся в помещении, что может вызвать дискомфорт. В ином случае, если время ожидания больше, чем необходимо, свет продолжает быть включенным, когда комнате никого нет, что может привести к трате электроэнергии. При этом следует учитывать индивидуальные предпочтения людей в освещении. В работе [19] было предложено использовать интеллектуальную систему управления зданием, которая способна отслеживать местоположение работников в режиме реального времени в офисе и применять их личные предпочтения освещения, охлаждения и отопления.

Система АИМ [29] создает профили поведения жителей дома и с помощью алгоритма прогнозирования АИМ может автоматически управлять бытовой техникой (в основном устройствами, используемыми для отопления/охлаждения помещений, освещения) в соответствии с привычками пользователей. Когда пользователи меняют свои привычки из-за непредсказуемых событий, система АИМ обнаруживает неправильные прогнозы, анализируя в реальном времени информацию от датчиков, и соответствующим образом изменяет поведение системы.

2.5 Рассмотрение языка программирования для разработки алгоритма контекстно-ориентированного управления освещением

Python занимает первое место в списке языков разработки искусственного интеллекта благодаря своей простой и цельной структуре. Простой синтаксис и инструмент обработки расширенного текста позволили ему стать идеальным решением проблем НЛП. Разработчики могут создавать нейронные сети на Python, и машинное обучение с Python с намного меньшими усилиями.

Особенности:

- короткое время разработки (по сравнению с Lisp, Java или C ++);
- большое разнообразие библиотек;
- высокий уровень синтаксиса;
- поддерживает объектно-ориентированный, функциональный и процедурный стили программирования;
- хорошо подходит для тестирования алгоритмов без их реализации.

Основное преимущество C ++ для AI его скорость, и C ++ можно найти среди самых быстрых языков программирования в мире. Поскольку разработка ИИ требует большого количества вычислений, быстродействующие программы имеют огромное значение. C ++ настоятельно рекомендуется для машинного обучения и построения нейронных сетей.

Особенности:

- высокий уровень абстракции;
- хорош для высокой производительности;
- организовать данные в соответствии с объектно-ориентированными принципами;
- коллекция STL.

Lisp, являясь вторым старейшим языком программирования в мире (после Fortran), по-прежнему занимает лидирующие позиции в искусственном интеллекте благодаря своим уникальным возможностям. Например, в Лиспе есть специальная система макросов, которая позволяет разрабатывать предметный уровень абстракции и строить на нем следующий уровень. Lisp в области разработки искусственного интеллекта известен своей уникальной гибкостью, поскольку он адаптируется к проблеме, которую нужно решать, в отличие от других языков, которые выбраны, потому что они могут выполнять ту или иную задачу. Разработчики выбирают Lisp в проектах машинного обучения и индуктивной логики.

Особенности:

- возможности быстрого прототипирования;
- поддержка символьных выражений;
- автоматическая сборка мусора, которая фактически была изобретена для языка Lisp;
- библиотека типов соединений, включающая динамические списки и таблицы значений;
- эффективное кодирование благодаря компиляторам;
- интерактивная оценка компонентов и перекомпиляция файлов во время работы программы.

Имя Prolog говорит само за себя; это один из старейших языков логического программирования. Если мы сравним это с другими языками, мы увидим, что он декларативен. Это означает, что логика любой программы будет представлена правилами и фактами. Программированием искусственного интеллекта на Prolog позволяет создавать экспертные системы и решать логические задачи. Некоторые ученые утверждают, что среднестатистический разработчик ИИ двуязычен - они пишут код и на Lisp, и на Prolog.

Особенности:

- сопоставление с образцом;
- древовидное структурирование данных;
- хорош для быстрого прототипирования;
- автоматический возврат.

Java - это объектно-ориентированный язык программирования, который следует принципу WORA («пиши один раз, читай везде»). Он работает на всех платформах без дополнительной перекомпиляции благодаря технологии виртуальной машины. Еще одним преимуществом Java является то, что этот язык прост в использовании и отладке. Однако, с точки зрения скорости, он проигрывает против C ++. AI программирование на Java хорошее решение для нейронных сетей, НЛП и поисковых алгоритмов.

Особенности:

- строенная сборка мусора;
- портативный;
- легко писать алгоритм;
- масштабируемость.

Haskell - это чисто функциональный язык программирования, который может похвастаться своей ленивой оценкой и возможностями интерфейса типов. Монады LogicT облегчают выражение недетерминированных алгоритмов, а алгоритмы могут быть выражены композиционным способом.

Особенности :

- основные алгоритмы доступны через Cabal;
- привязка CUDA;
- скомпилирован в байт-код;
- может быть выполнен на множестве CPU в облаке.

AIML (язык разметки искусственного интеллекта) - это диалект XML, используемый для создания чат-ботов. Благодаря AIML можно создавать собеседников, говорящих на естественном языке. В языке есть категории, показывающие единицу знаний; шаблоны возможного высказывания, адресованные чат-боту, и шаблоны возможных ответов.

Исходя из представленной информации для создания искусственной нейронной сети без глубоких знаний области программирования приоритет получает язык Python, как простой и мощный инструмент, в то время как C++, Prolog и Lisp занимают второе место.

2.6 Рассмотрение архитектуры искусственных нейронных сетей в общем виде

Для различных задач в машинном обучении применяются различные архитектуры искусственных нейронных сетей, позволяющих достичь необходимой точности в поставленной задаче. В общем случае архитектура искусственной нейронной сети обусловлена типом входных данных,

ожидаемыми выходными данными и целью обработки информации. Для этого рассмотрим ниже основные архитектуры ИНС, получившие широкое применение в машинном обучении.

1 - Перцептроны

Рассматривая первое поколение нейронных сетей, перцептроны - это просто вычислительные модели одного нейрона. Перцептрон был первоначально изобретен Фрэнком Розенблаттом [34]. Также называемая нейронная сеть прямой связи, перцептрон передает информацию от входного слоя к выходному. Тренировка перцептронов обычно требует обратного распространения, дающего сети парные наборы данных входов и выходов. На рисунке 2.6.1 приведен пример перцептрон с несколькими слоями и количеством входных элементов X_n .

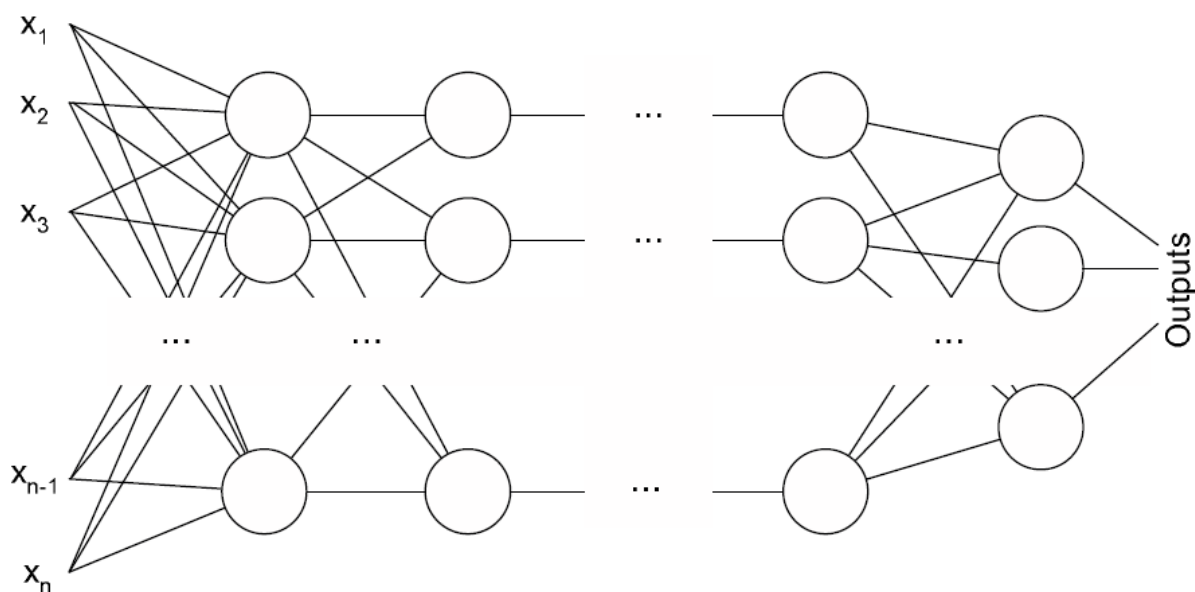


Рисунок 2.6.1 - Архитектура многослойного перцептрона

Входные данные отправляются в нейрон, обрабатываются и выдаются на последнем слое. Возвращаемая ошибка часто является некоторым изменением разницы между входом и выходом. Учитывая, что в сети достаточно скрытых нейронов, теоретически она всегда может моделировать отношения между входом и выходом. Практически их использование сильно

ограничено, но они обычно объединяются с другими сетями, образуя новые сети.

Однако у перцептронов есть ограничения: если вы выбираете функцию вручную и у вас достаточно функций, вы можете реализовать многое. Для двоичных входных векторов у нас может быть отдельная функциональная единица для каждого из экспоненциально многих двоичных векторов, и поэтому мы можем сделать любую возможную дискриминацию двоичных входных векторов. Но после того, как функции, закодированные вручную, определены, существуют очень сильные ограничения на то, чему может обучиться перцептрон.

2 - Сверточные нейронные сети (CNN)

В 1998 году Ян Лекан и его сотрудники разработали действительно хороший распознаватель рукописных цифр, который называется LeNet. Он использовал обратное распространение в сети с прямой связью с большим количеством скрытых слоев, множеством карт реплицированных юнитов в каждом слое, объединением выходов соседних реплицированных юнитов, широкой сетью, которая может справиться с несколькими символами одновременно, даже если они перекрываются, и искусственным способом обучения всей системы, а не просто распознавателя. Позже это получило название сверточной нейронной сети (CNN).

Сверточные нейронные сети сильно отличаются от большинства других сетей. Они в основном используются для обработки изображений, но могут также использоваться для других типов входной информации, такой как аудио. Типичный случай использования для CNN - это когда происходит ввод изображение, а сеть классифицирует его. CNN, как правило, начинают со входного «сканера», который не предназначен для одновременного анализа всех данных обучения. Например, чтобы ввести изображение размером 100 x 100 пикселей, нет необходимости в слое с 10 000 узлов. Вместо этого создается входной слой сканирования, скажем, 10 x 10, который обрабатывает первые 10 x 10 пикселей изображения. После того, как

эта обработка была выполнена, подается следующие 10 x 10 пикселей, перемещая сканер на один пиксель вправо.

Эти входные данные затем передаются через сверточные слои вместо обычных слоев, где не все узлы связаны со всеми узлами. Каждый узел касается только близких соседних ячеек. Эти сверточные слои также имеют тенденцию к усадке по мере того, как они становятся глубже, в основном из-за легко делимых факторов ввода. Помимо этих сверточных слоев, они также часто имеют объединяющие в пул слои. Объединение в пул - это процесс дискретизации на основе выборки. Цель состоит в том, чтобы уменьшить выборку входного представления (изображения, выходной матрицы скрытого слоя и т. д.), уменьшив его размерность и сделав допущения относительно предположений о свойствах, содержащихся в выбранных суб-областях.

3 - Рекуррентные нейронные сети (RNN)

Чтобы понять RNN, необходимо краткое рассмотрение моделирования последовательности. Применяя машинное обучение к последовательностям, часто необходимо превратить входную последовательность в выходную последовательность, которая находится в другой области; например, превратить последовательность изменения давления звуковых волн в последовательность тождественных слов. Когда нет отдельной целевой последовательности, можно получить обучающий сигнал, пытаясь предсказать следующий элемент во входной последовательности. Целевая выходная последовательность - это входная последовательность, идущая на 1 шаг вперед. Это кажется гораздо более естественным, чем попытка предсказать один пиксель в изображении из других пикселей или один фрагмент изображения из остальной части изображения. Предсказание следующего элемента в последовательности стирает различие между обучением под наблюдением и без него. Здесь используются методы, разработанные для контролируемого обучения, но нет необходимости в отдельном обучающем сигнале.

Модели без памяти являются стандартным подходом к этой задаче. В частности, авторегрессионные модели могут предсказать следующий элемент в последовательности из фиксированного числа предыдущих членов, используя «отводы задержки»; и нейронные сети прямой связи - это обобщенные модели авторегрессии, которые используют один или несколько слоев нелинейных скрытых единиц. Однако, если мы дадим нашей порождающей модели какое-то скрытое состояние, и, если дать этому скрытому состоянию его собственную внутреннюю динамику, можно получить гораздо более интересную модель: она может хранить информацию в своем скрытом состоянии в течение длительного времени. Если динамика шумная и способ, которым она генерирует выходные данные из своего скрытого состояния, является шумным, мы никогда не сможем узнать ее точное скрытое состояние. Лучшее, что мы можем сделать, это вывести распределение вероятностей по пространству векторов скрытого состояния. Этот вывод доступен только для 2 типов скрытых состояний.

Первоначально представленные в «Нахождении структуры во времени» (1990) Джеффри Элмана, рекуррентные нейронные сети (RNN) в основном перцептроны; однако, в отличие от перцептронов, которые не имеют состояния, они имеют связи между переходами, связи во времени. RNN очень мощные, потому что они объединяют 2 свойства: 1) распределенное скрытое состояние, которое позволяет им эффективно хранить много информации о прошлом; и 2) нелинейная динамика, которая позволяет им сложным образом обновлять свое скрытое состояние. Имея достаточно нейронов и времени, RNN могут вычислять все, что может быть вычислено компьютером.

Одна большая проблема с RNN - это исчезающая (или взрывная) проблема градиента, когда в зависимости от используемых функций активации информация быстро теряется со временем. Интуитивно понятно, что это не будет большой проблемой, потому что это просто веса, а не состояния нейронов, но веса во времени на самом деле хранят информацию

из прошлого; если вес достигает значения 0 или 1 000 000, предыдущее состояние не будет очень информативным. RNN могут в принципе использоваться во многих областях, поскольку большинство форм данных, которые на самом деле не имеют временной шкалы (то есть, в отличие от звука или видео), могут быть представлены в виде последовательности. Картинка или строка текста могут передаваться по одному пикселю или символу за раз, поэтому весовые коэффициенты, зависящие от времени, используются для того, что было в последовательности раньше, а не на самом деле из того, что произошло x секунд назад. В целом, RNN являются хорошим выбором для опережения или дополнения информации, такой как автозаполнение.

4 - Сеть долгой краткосрочной памяти

Хохрейтер и Шмидхубер (1997) решил проблему получения RNN, чтобы помнить вещи в течение долгого времени, создав то, что известно, как сети с долгой краткосрочной памятью (long short-term memory - LSTM). Сети LSTM пытаются бороться с исчезающей / взрывной проблемой градиента, вводя «вентили» и четко определенную ячейку памяти. Ячейка памяти хранит предыдущие значения и удерживает их, если только «вентиль забывания» не скажет ячейке забыть эти значения. LSTM также имеет «входной вентиль», который добавляет новый материал в клетку и «выходной вентиль», который решает, когда пройти вдоль векторов из клетки к следующему скрытому состоянию.

Напомним, что со всеми RNN значения, поступающие из $X_{\text{тренировочн.}}$ и $H_{\text{пред.}}$ используются для определения того, что происходит в текущем скрытом состоянии. А результаты текущего скрытого состояния ($H_{\text{текущее}}$) используются для определения того, что происходит в следующем скрытом состоянии. LSTM просто добавляют слой ячеек, чтобы убедиться, что передача скрытой информации о состоянии от одной итерации к следующей является достаточно высокой. Иными словами, это необходимо

для того, чтобы запоминать материала из предыдущих итераций столько, сколько нужно, и ячейки в LSTM позволяют это осуществить.

5 - Управляемый рекуррентный блок

Управляемый рекуррентный блок (gated recurrent units - GRU) это LSTM с небольшими изменениями. Они принимают $X_{\text{тренировочн.}}$ и $H_{\text{пред.}}$ в качестве входных данных. Они выполняют некоторые вычисления и затем передают $H_{\text{текущее}}$. В следующей итерации $X_{\text{тренировочн.след.}}$ и $H_{\text{текущее}}$ используются для дополнительных вычислений и так далее. Что отличает их от LSTM, так это то, что GRU не нужен слой ячеек для передачи значений. Расчеты в рамках каждой итерации гарантируют, что значения $H_{\text{текущ.}}$ передаются вместе либо с сохранением большого количества старой информации, либо запускаются с большим количеством новой информации.

В большинстве случаев GRU работают очень похоже на LSTM, при этом самое большое отличие состоит в том, что GRU немного быстрее и проще в работе (но также немного менее выразительны). На практике они, как правило, компенсируют друг друга, так как вам нужна большая сеть, чтобы восстановить некоторые выразительные возможности, которые, в свою очередь, сводят на нет преимущества в производительности. В некоторых случаях, когда дополнительные выразительные возможности не требуются, GRU могут превосходить LSTM.

6 - Нейронная сеть Хопфилда

Периодические сети нелинейных единиц, как правило, очень трудно анализировать. Они могут вести себя по-разному: переходить в устойчивое состояние, колебаться или следовать хаотическим траекториям, которые невозможно предсказать в будущем. Чтобы решить эту проблему, Джон Хопфилд представил «Нейронную сеть Хопфилда» в своей статье 1982 года «Нейронные сети и физические системы с возникающими коллективными вычислительными возможностями». Нейронная сеть Хопфилда (Hopfield network - HN) является сетью, в которой каждый нейрон связан с любым

другим нейроном; это полностью запутанная тарелка спагетти, поскольку даже все узлы функционируют как все. Каждый узел вводится перед тренировкой, затем скрывается во время тренировки и выводится впоследствии. Сети обучаются путем установки значения нейронов под желаемый шаблон, после чего можно вычислить весовые коэффициенты. Веса не меняются после этого. После обучения одному или нескольким шаблонам сеть всегда будет сходиться к одному из изученных шаблонов, поскольку сеть стабильна только в этих состояниях.

Есть еще одна вычислительная роль для сетей Хопфилда. Вместо того чтобы использовать сеть для хранения воспоминаний, она используется для построения интерпретаций сенсорного ввода. Вход представлен видимыми блоками, интерпретация представлена состояниями скрытых блоков, а плохость интерпретации представлена энергией.

К сожалению, люди показали, что сеть Хопфилда очень ограничена в своих возможностях. Сеть Хопфилда из N единиц могут запомнить только $0.15N$ шаблонов из-за так называемого ложного минимума в его энергетической функции. Идея состоит в том, что, поскольку функция энергии непрерывна в пространстве своих весов, если два локальных минимума слишком близки, они могут «упасть» друг на друга, чтобы создать один локальный минимум, который не соответствует какой-либо обучающей выборке, в то время как забыв о двух шаблонах, которые он должен запомнить. Это явление значительно ограничивает число выборок, которые может изучить сеть Хопфилда.

7 - Машина Больцмана

Машина Больцмана является типом случайной рекуррентной нейронной сети. Это можно рассматривать как случайный, генеративный аналог сетей Хопфилда. Она была одной из первых нейронных сетей, способных обучаться внутренним представлениям, способным представлять и решать сложные комбинаторные задачи. Впервые представленная Джеффри Хинтоном и Терренсом Сейновски в «Обучение и переучивание в

машинах Больцмана» (1986), Машины Больцмана во многом похожи на сети Хопфилда, но некоторые нейроны помечены как входные нейроны, а другие остаются «скрытыми». Входные нейроны становятся выходными нейронами в конце полного обновления сети. Это начинается со случайных весов и обучается благодаря обратному распространению. По сравнению с сетью Хопфилда нейроны в основном имеют бинарные паттерны активации.

Цель обучения алгоритму машинного обучения Больцмана - максимизировать произведение вероятностей, которые машина Больцмана присваивает двоичным векторам в обучающем наборе. Это эквивалентно максимизации суммы логарифмических вероятностей, которые машина Больцмана присваивает обучающим векторам. Это также эквивалентно максимизации вероятности того, что мы получим ровно N обучающих случаев, если мы сделаем следующее: 1) пусть сеть установит свое стационарное распределение N количества раз без внешнего ввода 2) Отбирать образцы видимого вектора один раз каждый раз.

В общем случае машины Больцмана стохастические обновления единиц должны быть последовательными. Существует специальная архитектура, которая позволяет чередовать параллельные обновления, которые намного более эффективны (нет соединений внутри слоя, нет соединений с пропуском слоя). Эта мини-пакетная процедура делает обновления машины Больцмана более параллельными. Это называется Deep Boltzmann Machine (DBM), общий случай машины Больцмана с множеством недостающих соединений.

8 - Глубокая сеть доверия (Deep Belief Networks, DBN)

Обратное распространение считается стандартным методом в искусственных нейронных сетях для расчета вклада ошибок каждого нейрона после обработки пакета данных. Однако существуют некоторые серьезные проблемы с использованием обратного распространения. Во-первых, он требует помеченных данных обучения; в то время как почти все данные не помечены. Во-вторых, время обучения плохо масштабируется, что означает,

что оно очень медленное в сетях с несколькими скрытыми слоями. Из-за чего этот метод далек от оптимального для глубоких сетей.

Чтобы преодолеть ограничения обратного распространения, исследователи решили использовать неконтролируемые подходы к обучению. Это помогает сохранить эффективность и простоту использования градиентного метода для корректировки весов, а также использовать его для моделирования структуры сенсорного ввода. В частности, они корректируют веса, чтобы максимизировать вероятность того, что генеративная модель сгенерировала бы сенсорный вклад. Вопрос в том, какую генеративную модель необходимо обучить? Может ли это быть модель, основанная на энергии, как машина Больцмана? Или причинно-следственная модель из идеализированных нейронов? Или гибрид двух?

Йошуа Бенгио придумал Глубокие сети доверия в своей статье 2007 года «Жадное послонное обучение глубоких сетей», которые, как было показано, являются эффективно обучаемыми стек за стек. Этот метод также известен как жадное обучение, где жадность означает принятие локально оптимальных решений, чтобы найти достойный, но, возможно, не оптимальный ответ. сеть доверия - это ориентированный ациклический граф, составленный из стохастических переменных. Используя сеть доверия, можно наблюдать некоторые переменные, и хотелось бы решить 2 проблемы: 1) проблема вывода: ввести состояния ненаблюдаемых переменных 2) проблема обучения: настроить взаимодействия между переменными, чтобы сеть с большей вероятностью генерировала обучающие данные.

Глубокие сети доверия можно обучить с помощью контрастной дивергенции или обратного распространения и научиться представлять данные в качестве вероятностной модели. После обучения или достижения стабильного состояния посредством обучения без присмотра модель может использоваться для генерации новых данных. Если она обучена с контрастивной дивергенцией, она может даже классифицировать

существующие данные, потому что нейроны научены искать различные функции.

9 - Автокодировщик

Автокодировщики являются нейронными сетями, предназначенными для обучения без контроля, т.е. когда данные не помечены. В качестве модели сжатия данных их можно использовать для кодирования заданного ввода в представление меньшего размера. Затем можно использовать декодер для восстановления входных данных из кодированной версии.

Работа, которую они делают, очень похожа на метод главных компонент (principal component analysis, PCA), который обычно используется для представления заданного ввода с использованием меньшего количества измерений, чем изначально. Так, например, если вы представляете слово как вектор из 100 чисел, вы можете использовать PCA, чтобы представить его в 10 числах. Конечно, это может привести к потере некоторой информации, но это хороший способ представить входную информацию, если вы можете работать только с ограниченным числом измерений.

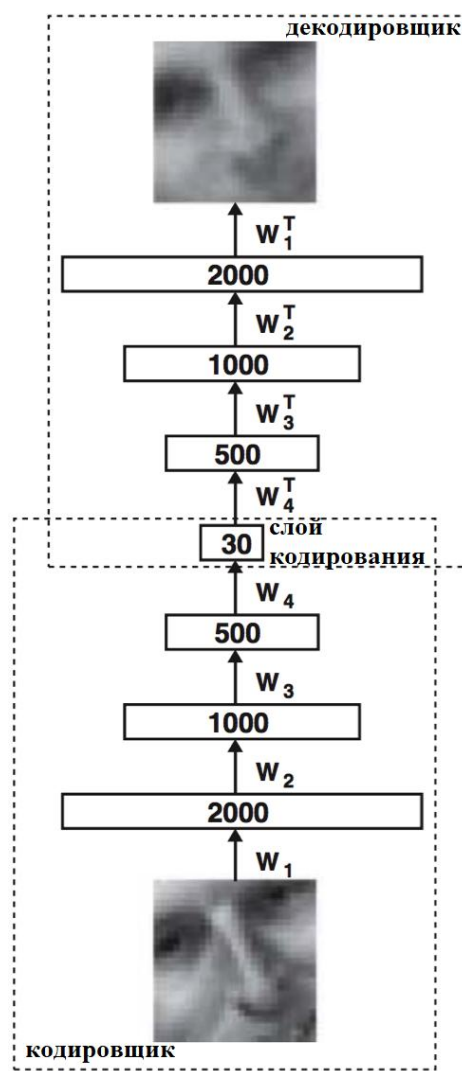


Рисунок 2.6.2 – Пример работы автокодировщика

На рисунке 2.6.2 изображен пример работы автокодировщика, где W -вес, примененный к входу. Кроме того, это хороший способ визуализации данных, поскольку вы можете легко построить уменьшенные размеры на двухмерном графике, а не на 100-мерном векторе. Автокодировщики выполняют аналогичную работу - разница в том, что они могут использовать нелинейные преобразования для кодирования данного вектора в меньшие измерения (по сравнению с PCA, который является линейным преобразованием). Таким образом, он может генерировать более сложные кодировки.

Автокодировщики могут быть использованы для уменьшения размеров, предварительной подготовки других нейронных сетей, для

генерации данных и т.д. Для этого несколько причин: 1) они обеспечивают гибкие сопоставления в обоих направлениях 2) время обучения линейно (или лучше) количеству обучающих случаев 3) окончательная модель кодирования является достаточно компактной и быстрой. Однако оказалось, что очень трудно оптимизировать глубокие автокодировщики с использованием обратного распространения. При малых начальных весах обратный градиент умирает. В настоящее время они редко используются в практических приложениях, главным образом потому, что в ключевых областях, для которых они когда-то считались прорывом (таких как послойное предварительное обучение), оказалось, что обучение с «ванильным» контролем работает лучше.

10 - Генеративно-сопоставительная сеть (Generative adversarial network, GAN)

В «Генеративных сопоставительных сетях» (2014) Ян Гудфеллоу представил новое поколение нейронных сетей, в которых 2 сети работают вместе. Генеративно-сопоставительные сети состоят из любых двух сетей (хотя часто это комбинация нейронной сети прямого распространения и сверточной нейронной сети), одна из которых должна создавать образцы (генеративный), а другая должна оценивать образцы (дискриминационный). Задача дискриминационной модели состоит в том, чтобы определить, выглядит ли данное изображение естественным (изображение из набора данных) или оно выглядит искусственно созданным. Задача генератора - создавать естественно выглядящие изображения, похожие на исходное распределение данных. Это можно рассматривать как игру с нулевой суммой или минимакс для двух игроков. Используемая в статье аналогия заключается в том, что порождающая модель похожа на «команду фальшивомонетчиков, пытающихся производить и использовать поддельную валюту», а дискриминационная модель похожа на «полицию, пытающуюся обнаружить контрафактную валюту». Генератор пытается обмануть дискриминатор в то время как дискриминатор пытается не быть обманутым

генератором. Поскольку модели обучаются попеременной оптимизации, оба метода улучшаются до такой степени, что «подделки становятся неотличимы от подлинных изделий».

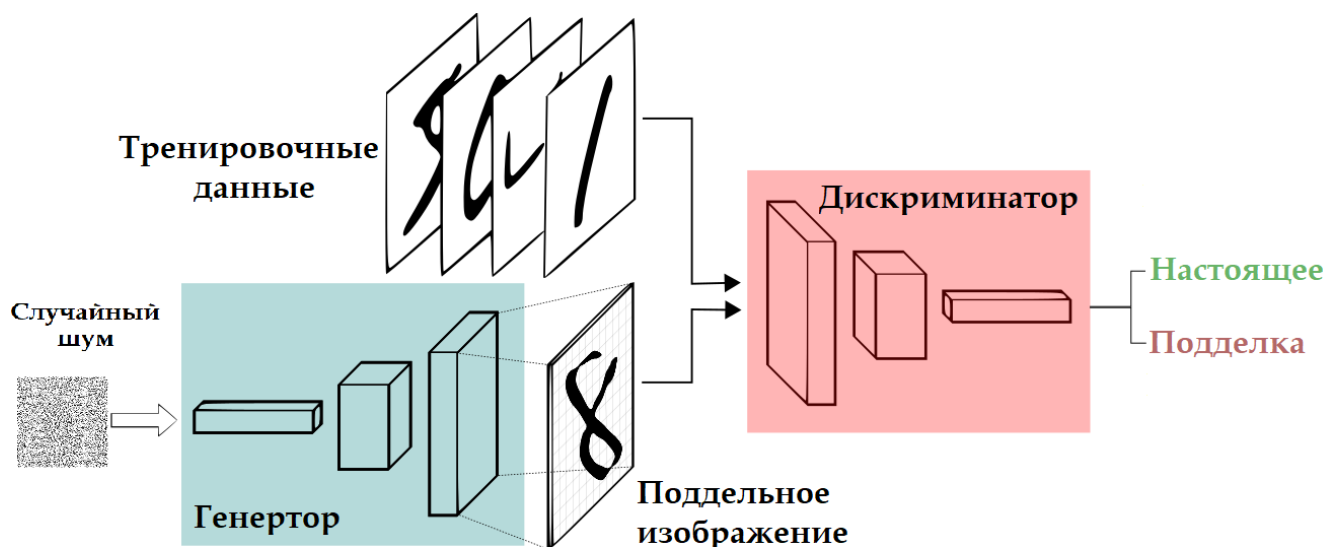


Рисунок 2.6.3 – Пример работы генеративно-состязательной сети

Упрощенный пример работы генеративно-состязательной сети приведен на рисунке 2.6.3. По словам Янна ЛеКуна, эти сети могут стать следующим крупным развитием. Они являются одним из немногих успешных методов в машинном обучении, которые без притока и быстро революционизируют нашу способность выполнять генеративные задачи. За последние несколько лет были получены очень впечатляющие результаты. В этой области ведется активная исследовательская работа по применению GAN для языковых задач, для повышения их стабильности и удобства обучения и так далее. Они уже применяются в промышленности для самых разных применений, начиная от интерактивного редактирования изображений, оценки 3D-форм, обнаружения лекарств, обучения под наблюдением до робототехники.

Для получения исходной информации о количестве человек в ограниченном пространстве и статуса их позы будет использован видеопоток с камеры, с последующим извлечением статичных изображений. Для этих

условий оптимальным выбором будет являться архитектура сверточной нейронной сети.

2.7 Рассмотрение выбранной для внедрения ИНС

Распознавание позы человека приобретает все большее внимание в области компьютерного зрения благодаря его многообещающим применениям в областях персональной заботы о здоровье, охраны окружающей среды, взаимодействия человека с компьютером и систем наблюдения. Распознавание позы человека в видеопоследовательности является сложной задачей, которая является частью более общей проблемы интерпретации видеопоследовательности. Далее рассматривается новая интеллектуальная система распознавания позы человека для видеонаблюдения с использованием одной статической камеры.

Существующие подходы в анализе изображений с людьми с помощью искусственных нейронных сетей встречаются на своем пути следующие ключевые проблемы.

Во-первых, каждое изображение может содержать неизвестное количество людей, которые могут встречаться в любом положении или масштабе;

Во-вторых, взаимодействия между людьми вызывают сложные пространственные помехи из-за контакта, окклюзии суставов и конечностей, что затрудняет распознавание частей;

В-третьих, сложность во время выполнения, как правило, увеличивается с увеличением количества людей в изображении, что снижает производительность в реальном времени.

Однако, описанные проблемы были решены Же Цао, Томасом Симоном и их исследовательская командой в работе «Двухмерная оценка позы в реальном времени с использованием полей родства частей» 2016. Поле родства частей (part affinity fields, PAF) -это векторное поле, которое содержит информацию об одной конкретной конечности для всех людей на

изображении, а весь набор PAF кодирует все конечности для каждого человека на изображении.

Одна из основных идей архитектуры исследованной сети состоит в том, чтобы одновременно предсказать карту достоверности обнаружения и поля родства. Метод использует специальную нейронную сеть прямого распространения в качестве экстрактора функций. На рисунке 2.7.1 приведено изображение архитектуры сети.

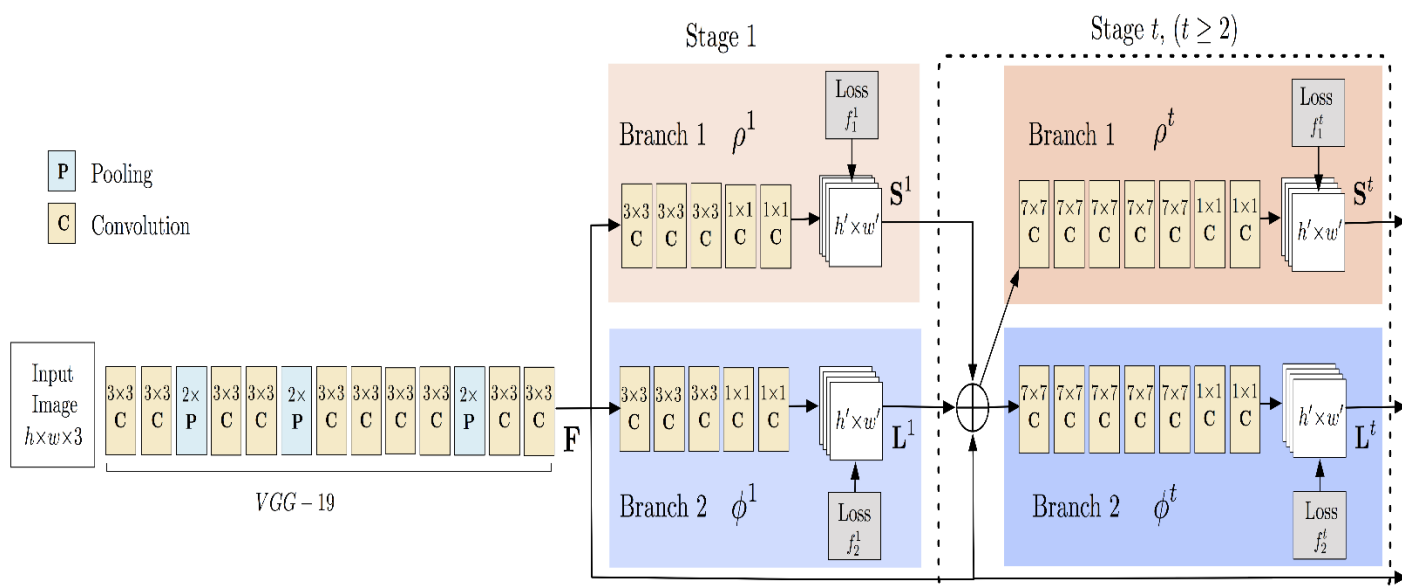


Рисунок 2.7.1 - Архитектура многоступенчатой CNN с двумя ветвями.

Каждая стадия в верхней ветви (бежевая) предсказывает карту достоверности S , а каждая стадия в нижней ветви (синяя) предсказывает PAF L . После каждой стадии прогнозы из обеих ветвей объединяются с элементами изображения F (которые поступают из VGG) на основе архитектуры) и используется в качестве входных данных для следующего этапа. Каждая ветвь выполняет несколько выводов, по одному на каждую часть тела.

Архитектура сети VGG была представлена Симоньяном и Циссерманом в их статье 2014 года «Очень глубокие сверточные сети для распознавания крупномасштабных изображений». Эта сеть отличается своей простотой, используя только 3×3 сверточных слоя, уложенных друг на друга с

увеличением глубины. Уменьшение размера тома выполняется с помощью максимального пула.

Как видите, архитектура CNN разделена на две ветви: верхняя ветвь предсказывает карты достоверности обнаружения, а нижняя ветвь предназначена для полей родства. Обе ветви организованы как архитектура итеративного прогнозирования, которая уточняет прогнозы на последовательных этапах. Повышение точности прогнозов контролируется промежуточным наблюдением на каждом этапе. На рисунке 2.7.2 можно видеть пример работы с реальным изображением.

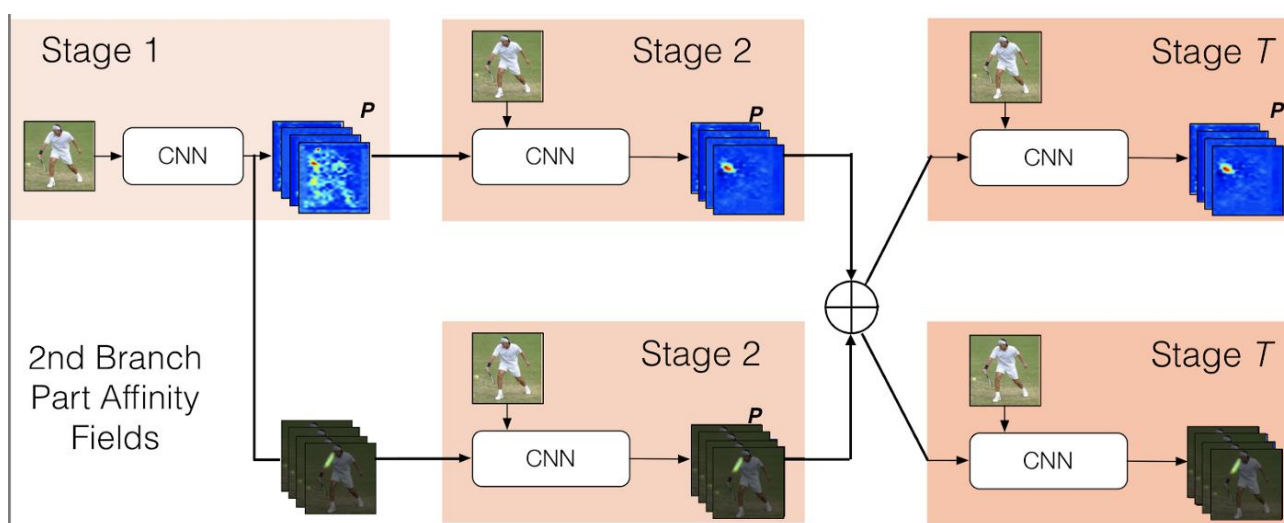


Рисунок 2.7.2 - Демонстрация вывода реального изображения нейронной сетью с двумя ветвями.

Перед передачей ввода в эту сеть с двумя ветвями метод использует вспомогательный CNN (первые 10 уровней VGG-19) для извлечения входной карты объектов F . Это предсказание обрабатывается обеими ветвями, и их предсказания, объединенные с начальным F , используются в качестве входных данных для следующего этапа (как функции). Этот процесс повторяется на каждом этапе, и вы можете увидеть процесс уточнения между этапами выше на рисунке 2.7.2.

Для анализа производительности данного метода применялся набор тестовых видео с различным количеством людей. Оригинальный размер кадра 1080×1920 , размер которого уменьшался до 368×654 во время

тестирования, чтобы уложиться в объем памяти графического процессора. Анализ времени выполнения проводился на ноутбуке с одной NVIDIA GeForce GTX-1080 GPU.

При использовании обнаружении человека и СРМ для одного человека в качестве нисходящего сравнения, время выполнения примерно пропорционально количеству людей в изображении. Напротив, время выполнения восходящего подхода увеличивается относительно медленно с увеличением числа людей. Среда выполнения состоит из двух основных частей: 1) Время обработки CNN, сложность времени выполнения которого связано с переменным количеством людей; 2) Время синтаксического анализа для нескольких человек, сложность выполнения которого (n^2) , где n представляет количество людей. Однако время разбора не оказывает существенного влияния на общее время выполнения, потому что это на два порядка меньше, чем время обработки CNN, например, для 9 человек, анализ занимает 0,58 мс, а CNN занимает 99,6 мс. Этот метод достиг скорости 8,8 кадров в секунду для видео с 19 людьми.

На основе описанной выше архитектуры была создана и применении многопоточной библиотеки Open CV обнаружения ключевых точек в режиме реального времени стало возможным обучить ИНС распознаванию позы человека «положение стоя» и «положение сидя». Комбинация этих методов позволила добиться 98% точности при тестировании на около 400 тестовых изображения. Ниже на рисунке 2.7.3 и 2.7.4 приведены примеры обработанных изображений



Рисунок 2.7.3 - Пример распознавания положения «стоя»

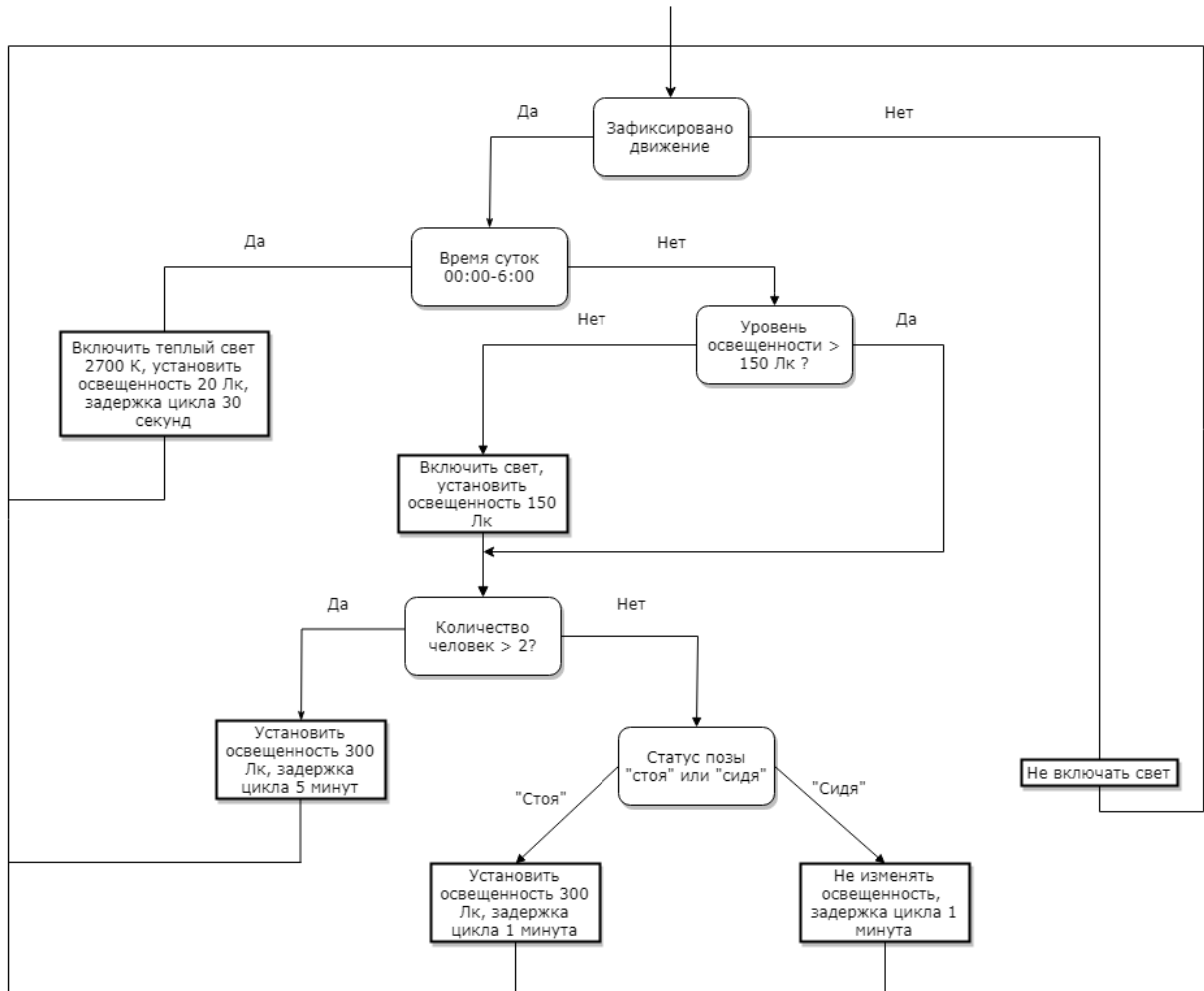


Рисунок 2.7.4 –Пример распознавания положения «сидя»

2.8 Создание алгоритма контекстно-осведомленной системы управления освещением

Для создания оптимального алгоритма управления освещением необходимо использовать прежде рассмотренные подходы к сбору информации о активности жильца, количества человек, освещенности,

времени суток, параметров использования ламп с различной цветовой температурой в течении суток, рисунок 2.8.1.



Цветовая температура света следует заранее заданному графику переключения и не отображена в алгоритме

Рисунок 2.8.1 – Алгоритм работы контекстно-осведомленной системы управления освещением

Данный алгоритм работы системы позволяет оптимизировать освещенность внутри помещения с помощью светодиодных ламп освещения. Для определения наличия движения используется пирозлектрический инфракрасный датчик движения. Его применение обусловлено необходимостью поддержания работоспособности системы в темное время суток. Однако, как альтернативное решение может быть рассмотрено применение ИК-RGB камеры, т.е. камеры способной дополнительно

фиксировать излучение в инфракрасном диапазоне, для выполнения функции пироэлектрического инфракрасного датчика движения.

В темное время суток система при активации системы освещения уровень освещённости установлен 20 Лк, что соответствует норме освещенности поэтажного коридора, лестницы, лестничной площадки общедомового помещения. В случае необходимости уровня освещенности 20 Лк будет достаточно для безопасного перемещения жильца по помещению, так же это спровоцирует наименьший дискомфорт жильца из-за световой адаптации глаза.

Для исключения частого изменения освещенности в помещении после установления значения освещенности введены временные задержки 0.5, 1 и 2 минуты. Перемещение жильца о времени с 00:00 до 06:00 рассматриваются как вынужденные и кратковременные, в этом случае продолжительность человеческой деятельности считается минимальной, поэтому уставлен таймер в 30 секунд на последующее обнаружение движения и изменения состояния системы освещения.

2.9 Выводы по второму разделу

Определен оптимальный метод управления освещением, включающий в себя метод автоматического включения, на основе датчиков, диммирование освещения, что улучшает визуальное восприятие пользователей и обеспечивает эффективный расход электроэнергии.

Получено теоретическое обоснование для оптимального использования холодного и тёплого цветовых освещений в жилом помещении в соответствии с целями стимулирования или снижения человеческой активности в течении суток.

Определена и внедрена оптимальная, в соответствии с задачей, архитектура сверточной нейронной сети. Для определения количества людей в помещении и их позы была выбрана ИНС с архитектурой многоступенчатой сверточной нейронной сети с двумя ветвями, обладающая

высокими производительностью при наличии в кадре нескольких людей и точностью расставления ключевых анатомических точек.

Определена структура контекстно-зависимого алгоритма для полностью автоматического метода управления освещением.

3 Аппаратная реализация интеллектуальной системы управления освещением

Аппаратное исполнение интеллектуальной системы управления освещением во многом зависит от требуемых результатов эффективности управления освещением, датчиков, через которые может быть получена исходная информация. Выбор оборудования основывается на ценовых показателях отдельного устройства, а также, что без сомнения важно, программной и электронной совместимости, в частности, платы расширения для Arduino или системы прототипирования коннекторов [33].

3.1 Аппаратное комплектование интеллектуальной системы управления освещением

Для внедрения системы управления освещением следует рассмотреть состав оборудования, который включает устройство видеонаблюдения, инфракрасный датчик движения, устройство хранения и сбора информации, устройство обработки информации, датчик освещенности, устройство беспроводной передачи данных. Основой данной системы является одноплатный компьютер.

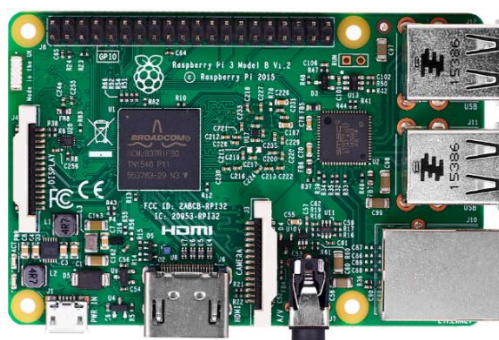


Рисунок 3.1.1 - Raspberry Pi 3 Model B

Raspberry Pi 3 Model B это полностью функциональный компьютер с собственным выделенным процессором, памятью и может запускать операционную систему (работает на Linux) и встроенным Wi-Fi, рисунок

3.1.1. Исходя из рассмотренных ранее характеристик, этот одноплатный компьютер является наилучшим устройством для сбора, обработки и хранения информации. Цена устройства - 2890 рублей.

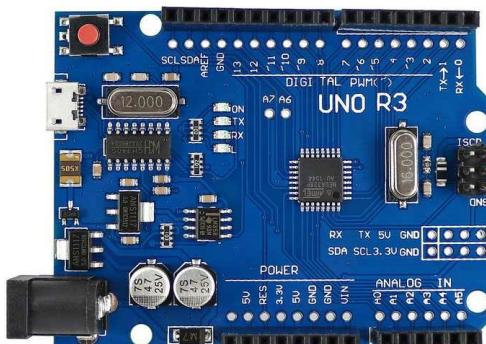


Рисунок 3.1.2 – Arduino Uno Rev 3

В данной системе Arduino Uno Rev 3 применяется в качестве устройства, входящего в состав актуатора для управления освещением, рисунок 3.1.2. Характеристики устройства рассмотрены ранее, в главе 1. Цена устройства - 450 рублей.

Существует широкий выбор различных камер системы обеспечения безопасности в быту. Наиболее важным атрибутом качественной камеры является ее функциональность, разнообразие размещения, а также её способность общаться с другими системами. Требуемые атрибуты уличной камеры будут отличаться от тех, которые размещаются внутри помещения.

В качестве камеры предполагается использование Raspberry Pi V2. Её интеграция в систему проста, а производительность в прикладных проектах превосходна. Модуль камеры Raspberry Pi V2 способен снимать фото и видео в формате Full HD 1080p и может управляться программно, рисунок 3.1.3.

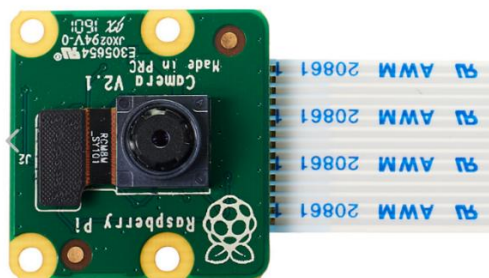


Рисунок 3.1.3 – Камера Raspberry Pi Camera Board v2.1

Ниже приведены технические характеристики устройства в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1– Характеристики камеры Raspberry Pi Camera Board v2.1

Параметр	Значение
Тип сенсора	Sony IMX 219 PQ CMOS, ¼ дюйма
Максимальное разрешение	8 Мп (3280×2464)
Поддерживаемые видеоформаты	1080p (30fps), 720p (60fps), 640×480p (90fps)
Эквивалентное фокусное расстояние	33 мм
Светосила объектива	f/2
Цена, р	1510



Рисунок 3.1.4 - Пирозлектрический инфракрасный датчик движения Grove - PIR Motion Sensor

В качестве датчика движения применяется пирозлектрический датчик движения инфракрасный датчик движения Grove - PIR Motion Sensor, рисунок 3.1.4. Grove - это модульная стандартизированная система прототипирования разъемов, использующая блочный подход к сборке электроники, именно поэтому Grove совместимость датчика является его преимуществом. Ниже приведены технические характеристики устройства в таблице 3.1.2.

Таблица 3.1.2 – Характеристики пирозлектрического инфракрасного датчика движения Grove - PIR Motion Sensor

Параметр	Значение
Рабочее напряжение, В	3-5
Рабочий ток при $V_{cc}=3$ В, мкА	100
Рабочий ток при $V_{cc}=5$ В, мкА	150
Диапазон обнаружения, м	0,1-6
Расстояние обнаружения по умолчанию, м	3
Время срабатывания, с	1-25
Рабочая длина волны, мкм	7-14
Угол обнаружения, о	120
Цена, р	710

Качестве источников освещения применяется два комплекта светодиодных ламп по 4 штуки с холодной и теплой цветовыми температурами, и возможностью диммирования. Ниже приведены технические характеристики устройства в таблицах 3.1.3 и 3.1.4 соответственно.

Таблица 3.1.3 – Характеристики светодиодных лампы холодного белого цвета

Параметр	Значение
Потребляемая мощность, Вт	6
Световой поток, Лм	806
Напряжение, В	230
Технология	LED
Цвет освещения	Нейтральный
Цветовая температура, К	4000
Цена, р	210

Таблица 3.1.4 – Характеристики светодиодной лампы теплого белого цвета

Параметр	Значение
Потребляемая мощность, Вт	6
Световой поток, Лм	806
Напряжение, В	220
Технология	LED
Цвет освещения	Теплый белый (желтый)
Цветовая температура, К	2700
Цена, р	210



Рисунок 3.1.5 - Датчик освещенности K2111

В качестве датчика освещенности используется модель K2111, рисунок 3.1.5. Его особенностью является возможность поддержания заданного уровня освещенности в помещении, учитывая поступающее освещение от естественных источников, а также работа только с диммируемыми ЭПРА стандарта от 1 до 10 В светодиодных или люминесцентных ламп. Ниже приведены технические характеристики устройства в таблице 3.1.5.

Таблица 3.1.5 - Технические характеристики датчика освещенности K2111

Параметр	Значение
Степень защиты корпуса	IP20
Напряжение питания K2111-12	12В постоянного тока, 0,6 Вт

Продолжение таблицы 3.1.5

Параметр	Значение
Напряжение питания K2110, В	Внешнее питание не требуется, питается от управляемых балластов (ЭПРА, ЛЭД-драйверов)
Интерфейс управления Балластами	двухпроводный аналоговый постоянного тока 1-10В
Возможность автоматического отключения нагрузки	Встроенное реле 10А, 250В
Диапазон регулирования Освещенности, Лк	200-700
Количество балластов, подключаемых к одному датчику по линии 1-10В, шт	До 50
Высота установки,	2-5, чувствительным элементом вниз
Цена, р	1540

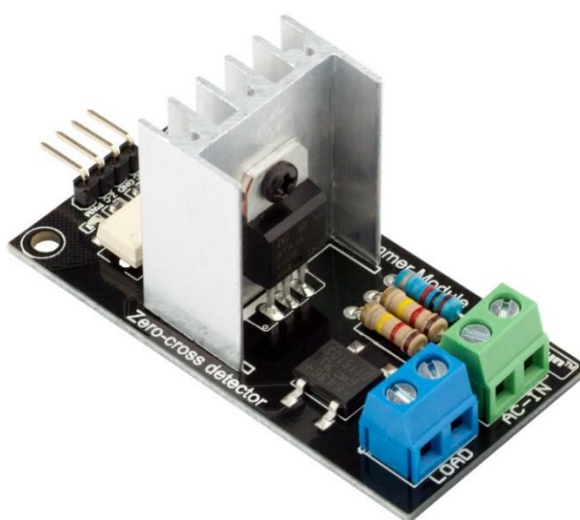


Рисунок 3.1.6 – Модуль диммера переменного тока

Для плавного управления освещением необходимо использовать диммер переменного тока, рисунок 3.1.6. Несменным достоинством данного

устройства является совместимость с платой микроконтроллера Arduino Uno Rev 3, остальные технические характеристики приведены в таблице 3.1.6.

Таблица 3.1.6 – Характеристики модуля реле SRD-05VDC

Параметр	Значение
Частота переменного тока, Гц	50/60
Коммутируемое напряжение, В	110/220
Максимальное действующее значение тока, А	16
Логический уровень, В	3.3В/5
Количество каналов, шт	1
Цена, р	254



Рисунок 3.1.7 – Модуль NodeMCU-32S

NodeMCU-32S - это набор микропрограмм и средств разработки с открытым исходным кодом, который играет важную роль в разработке проектов умного дома с использованием нескольких строк сценариев Lua, рисунок 3.1.7. Несколько выводов GPIO на плате позволяют подключать плату к другим периферийным устройствам и позволяет устанавливать соединения по портам PWM, I2C, SPI и UART.

Интерфейс модуля в основном разделен на две части, включая и прошивку, и аппаратную часть, где первая работает на ESP-32S Wi-Fi SoC. Прошивка основана на Lua - языке сценариев, представляющий собой простую среду программирования быстрым скриптовым языком. На плате

имеется светодиодный индикатор состояния, который мигает и сразу выключается, показывая текущее состояние модуля, если он работает правильно при подключении к компьютеру. Способность модуля устанавливать безупречное соединение WiFi между двумя каналами делает его идеальным выбором для подключения его к другим встроенным устройствам, таким как Raspberry Pi.

К ключевым особенностям NodeMCU стоит отнести: открытый исходный код, порт MicroUSB, низкую стоимость, ESP-32S со встроенным Wi-Fi и поддержкой Bluetooth v4.2 и Bluetooth low energy (BLE), конвертер USB в UART, интерфейс ввода/вывода общего назначения (general-purpose input/output, GPIO) [36]. Для установки необходимо два модуля, для установки в актуатор и датчик движения. Ниже приведены технические характеристики устройства в таблице 3.1.7.

Таблица 3.1.7 – Характеристики платы на базе wi-fi модуля ESP8266 и USB-UART на CH340.

Параметр	Значение
Беспроводной интерфейс Wi-Fi	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 ГГц
Беспроводной интерфейс Bluetooth	Bluetooth v4.2, Bluetooth (BR / EDR) и Bluetooth Low Energy (BLE)
Режимы	P2P (клиент), soft-AP (точка доступа)
Максимальная выходная мощность	19,5 дБ·мВт (89 мВт)
Номинальное напряжение, В	3,3
Входное напряжение, В	3,7–20
Максимальный потребляемый ток, мА	220
Портов ввода-вывода свободного назначения	11
Частота процессора, МГц	80
Объём памяти для кода, КБ	64
Объём оперативной памяти, КБ	96

Цена, р	345
---------	-----

Итоговая стоимость аппаратной части проекта составляет 9724. Ближайшая по функциональности система представлена лампами Philips Hue BR30 стоимостью 2925 рублей за комплект из двух ламп изменяющих цветовую температуру в диапазоне 2200-4000 К, максимальная величина светового потока 680 лм. В дополнение к умным лампам компании Philips необходимо наличие устройства Philips Hue Bridge для беспроводного подключения к нему ламп, стоимостью 6000 рублей. Hue Bridge может управлять освещением на основании распознанных голосовых команд пользователя или через команды приложения на смартфоне пользователя. Итоговая стоимость установки управления освещением от компании Philips составляет 17706 рублей. Таким образом начальные затраты на приобретение аппаратной части разработанной интеллектуальной системы управления освещением на 46 % меньше ближайшего по полноте функциональности коммерческого конкурента.

Далее предлагается к рассмотрению вариантное исполнение интеллектуальной системы освещения. Беспроводной подход можно рассматривать как наименее инвазивную форму автоматизации дома.

Многие интеллектуальные системы основаны на применении ПЛК, для чего требуется специальная проводка из-за того, что большинство устройств и элементов соединено с кабелем и реле или с другими используемыми технологиями.

Внедрение таких систем оптимально на этапе отделки нового здания или в случае ремонта, когда происходит укладка новой проводки

Однако, если планируется внедрить технологию умного дома в существующее домашнее хозяйство, это будет дорогостоящим решением. Использование продуктов и приложений, разработанных как проекты с открытым исходным кодом, позволит так же сэкономить деньги. Большим преимуществом этих проектов является многочисленная пользовательская

база, в которой идет постоянное обсуждение улучшений или представление успешного решения в комплекте с подробными инструкциями.

Используя проекты с открытым исходным кодом и собственные модульные для автоматизации, можно не только модифицировать систему в точном соответствии с требуемыми параметрами и особенностями, но и сэкономить средства по сравнению с использованием коммерческих продуктов [37].

Возможность управлять умным домом не только из него самого или из его окрестностей, но также из любого места в мире, существует везде, где можно установить связь с нашей системой. Удаленный доступ к системе управления возможен с помощью технологий мобильных телефонов, таких как GSM или через интернет. Обобщенная структура связи отдельных модулей приведена на рисунке 3.1.8

Система удаленного управления подразумевает:

- Возможность обратиться к системе с любого компьютера или мобильного устройства в пределах дома;
- Обращаться к системе за пределами этого домохозяйства разрешается исключительно со знанием безопасного доступа к данным;
- Возможность настройки и контроля всех подключенных устройств.

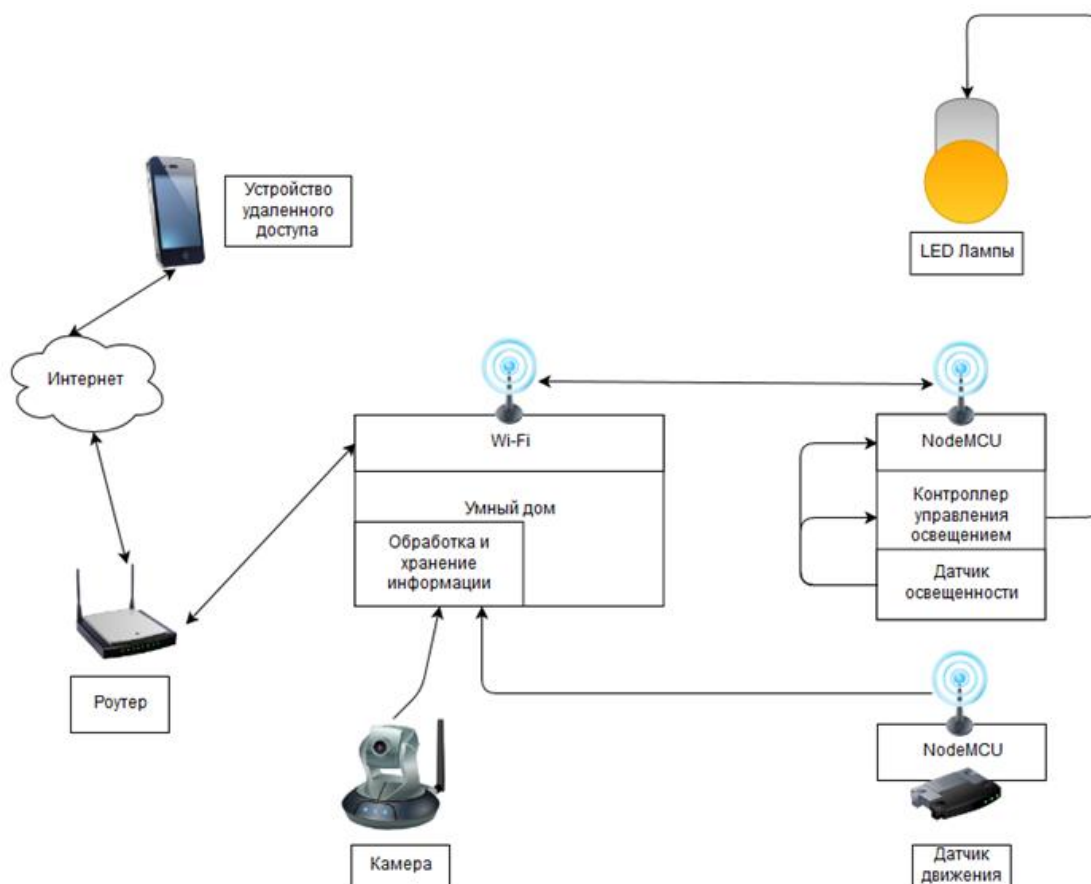


Рисунок 3.1.8 – Обобщенная схема передачи информации в системе умного дома

В соответствии с вышеуказанными требованиями была разработана интеллектуальная система управления освещением. Умный дом и база данных хранятся на сервере. К системе подключены отдельные модули с датчиками присутствия, освещения, присутствия и контроллер управления освещением.

Беспроводная связь центра умного дома с контроллером управления освещением осуществляется за счет установки платы NodeMCU совместно с контроллером Arduino Uno, для датчика движения предусматривается установка только платы NodeMCU.

3.2 Беспроводное подключение датчиков и актуатора

NodeMCU поддерживает запись скриптов

Существует повторяющийся набор шагов при создании и программировании отдельных модулей:

1. Активации из сна Режим.
2. Подключение модуля к Wi-Fi.
3. Выполнение модулем конкретной задачи
4. Обмен информации с центральным узел.
5. Перевод модуля в спящий режим на заданный период времени.

Для реализации конкретной функции необходимо реализовать обслуживающий скрипт LUA.

Инициализация модуля начинается с запуска загруженной прошивки (используется базовая прошивка с языком LUA) и поиска скрипта инициализации «init.lua». При условии, что скрипт доступен, он запускается автоматически.

Модуль повторно пытается подключиться к сети Wi-Fi, указанной в файле «wifi.config», в которой также указаны SSID и пароль. Если подключение к WiFi не установлено или DHCP-сервер не назначил IP-адрес, модуль повторяет эту попытку с интервалом в 10 секунд. В случае сбоя соединения даже после этого набора попыток модуль устанавливается в

Режим сна на 10 минут. После активации модуля

Сценарий «init.lua» запускается снова.

Простой HTTPrest API служит для связи между модулем уведомлений и центральным узлом. Мы указываем идентификатор модуля и данные для передачи, а данные отправляются на центральный сервер с помощью утилиты POST. Центральный сервер обрабатывает данные и отправляет ответ HTTP 200 этому модулю, а сервер сохраняет данные в базе данных или запускает другое предопределенное действие в соответствии с реализованной процедурой. Если центральное приложение не может принять это сообщение, оно отправляет код ошибки HTTP 400 и сохраняет информацию о неудачной транзакции в журналах.

Возможно погружение модуля в спящий режим на определенное время период, для достижения этой цели необходимо рассмотреть концепцию энергопитания отдельных модулей и способы минимизации энергопотребления. Есть две группы модулей. Первая группа характеризуется бесперебойной работой. В эту группу входят датчики и модули, все время ожидающие запуска события, такие как датчик движения, управление жалюзи, система камер и т. Д. Вторая группа включает в себя так называемые датчики уведомлений, которые измеряют физические величины через регулярные интервалы. Между тем эти датчики могут переходить в режим ожидания, в котором они потребляют минимальное количество энергии, пока они не активируются для выполнения своих задач.

Одним из наиболее часто используемых датчиков являются датчики движения, установленные в зданиях и в домашних хозяйствах. Эти датчики чаще всего используются для автоматического освещения входов, унитазов и в других помещениях без окон.

Модуль обнаружения движения был реализован с использованием NodeMCU и Grove - PIR Motion Sensor. Модуль может определять движение под углом 120° и расстоянием 6 метров.

Данные датчика считываются через цифровой вывод D4, который установлен в режим «gpio.INT», и с помощью функции «gpio.trig ()» необходимо перевести вывод D4 в режим автоматического обнаружения. В этом режиме вывод D4 ожидает события (обратного вызова), а в случае приема логической 1 модуль вызывает предварительно установленную функцию. Происходит уведомление центрального узла об обнаружении движения с помощью скрипта «data send.lua» и тип данных «Движение» в нашем случае.

Управление бытовым освещением требует не только создания модуля с возможностью обмена данных по беспроводной связи с мобильным устройством, но и беспроводного управления освещением. Все вышеперечисленные модули исключительно собирают данные о физических

величинах, но они не взаимодействуют со своей средой. При условии, что нам нужно контролировать дистанционно, нам нужно решить проблему, как управлять освещением. Общий свет дома подключен к сетевому напряжению 230 вольт, и управляется с помощью ручного переключателя, расположенного на стене, или он может быть расположен на кабеле источника питания.

Дальнейшее требование касается контроля интенсивности света, так называемой возможности диммирования.

Без сомнения, одним из главных охранных элементов для безопасности домашних хозяйств является система видеонаблюдения. Она защищает домохозяйство как от вторжения извне, так и контролирует различные части домохозяйства, такие как детские комнаты и животных, без необходимости личного присутствия. Большинство систем камер также обнаруживают движение, и в случае такого события система камер может уведомить пользователя, отправить изображение, документирующее событие, или может начать запись события.

Существует большое количество различных камерных систем для обеспечения безопасности домашних хозяйств. Самыми важными атрибутами качественной камеры являются ее функциональность, разнообразие размещения, а также способность общаться с другими системами. В проекте используется камера Raspberry Pi. Ее интеграция в систему проста, а ее производительность в бытовых проектах превосходна.

OpenHAB (Open Home Automation Bus) - это серверное Java-приложение, предназначенное для домашней автоматизации [40]. Оно предлагает, как серверную часть, работающую под всеми стандартными версиями операционных систем (Windows, Linux, OS X), так и внешний интерфейс в виде веб-среды, а также мобильные приложения для Android и iOS. Это проект с открытым кодом, что означает, что приложение бесплатно по лицензии EPL. Именно поэтому OpenHab становится отличным

кандидатом для запуска проектов автоматизации дома и создания умного дома.

Система является модульной, и ее можно дополнить дополнительными устройствами, которые служат интерфейсом для периферийных устройств.

Другая часть представляет собой хранилище данных, в котором хранятся состояния всех подключенных элементов. Он заботится о синхронизации между всеми подключенными пакетами. Все полученные данные могут храниться в базе данных, на жестком диске или в облачных системах для обеспечения долговечности даже после завершения работы системы. запустить снова.

OpenHab Log служит для хранения данных в файлах журналов или в базах данных. RRD4J (Round Robin Database for Java) является базой данных по умолчанию, служащей в основном для генерации диаграмм в пользовательской среде.

Другая возможность - это ссылка на базу данных SQL или на другую. Если данные сохраняются в файле, их можно найти в каталоге `openhab home / logs`.

OpenHab позволяет отвечать на отдельные запросы, направленные к базам данных, и представлять ответ в предварительно определенных графических окнах. Эти окна должны отображаться на экране компьютера, мобильного телефона или планшета с любой операционной системой.

В результате внедрения данного проекта была создана комплексная система управления домом на базе Raspberry Pi и ряда дополнительных модулей. Система является функциональной, и к ее замечательным преимуществам относится неинвазивная реализация с возможностью дальнейшего расширения.

Разработанная система повышает комфортность проживания и оптимизирует энергопотребление освещением.

При необходимости расширения функций системы, также повышает уровень безопасности домашнего хозяйства в случае квартиры или

семейного дома. Модульное решение не препятствует модификации и расширению ради оптимизации управления домохозяйством.

3.3 Выводы по третьему разделу

Определена структура связей компонентов интеллектуальной системы управления освещением с применением стандарта IEEE 802.15.1 - Bluetooth с низким потреблением для сбора данных с автономных датчиков сбора информации, согласно концепции неинвазивности внедрения системы, и спецификации беспроводной локальной сети IEEE 802.11 Wi-Fi для получения доступа к серверному приложению системы.

Определено комплектование аппаратной части системы управления освещением на основании программной и аппаратной совместимости компонентов, а также их стоимости.

Рассчитано экономическая выгода путем реализации интеллектуальной системы освещения в сравнении с коммерческим решением, обладающим предельной схожестью по функциональности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен сравнительный анализ концепций управления умным домом в реализованных коммерческих решениях и научно-исследовательских проектах, описана классификация функций поддержки и содействия пользователю:

- Поддержка;
- Наблюдение;
- Оказание лечения, терапии;
- Комфорт.

Определены ключевые используемые спецификации беспроводных сетей в системах умного дома IEEE 802.11 и IEEE 802.15.1.

Разработан оптимальный контекстно-зависимый алгоритм работы системы управления освещением, базирующегося на поступающих данных от датчиков движения, освещенности, с учетом требований СанПиН для жилых помещений, и выходной информации многоступенчатой сверточной нейронной сети с двумя ветвями. Использование холодного и тёплого цветовых освещений в жилом помещении теоретически обоснованно воздействием коротковолнового света на сетчатку глаза человека.

Выполнено аппаратное комплектование интеллектуальной системы управления освещением на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 3 вместе серверным Java-приложением OpenHAB. Применяемая аппаратная часть системы обеспечивает её модульность с возможностью последующего расширения, а использование двух спецификаций беспроводных сетей IEEE 802.11 Wi-Fi и IEEE 802.15.1 BLE с низким потреблением отвечает требованиям высокой скорости передачи данных при удаленном подключении к системе и высокой степени автономности датчиков.

Расчитанная итоговая стоимость аппаратной части интеллектуальной системы управления освещением на 46% меньше стоимости ближайшего по полноте функциональности коммерческого продукта.

Перспективным развитием системы интеллектуального управления освещением как части умного дома является расширение функциональности помощи и содействию пользователя, путем выделения паттернов его поведения или распознавания случаев необходимости неотложной помощи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Иванов В.Н. Применение компьютерных технологий при проектировании электрических схем. М. : Солон-Пресс, 2017. 347 с.
- 2 Шаров Ю.В., Хорольский В.Я. Электроэнергетика: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2016. 384 с.
- 3 Ревинская О. Г. Основы программирования в MatLab: учеб. Пособие. СПб.: БВХ-Петербург, 2016. 209 с.
- 4 Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ-Петербург, 2016. 336 с.
- 5 Кашкаров А. Умный дом своими руками. М.: ДМК-Пресс, 2015. 256 с.
- 6 Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2018. 928 с.
- 7 Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Изд-во Энергоиздат, 2016. 288 с.
- 8 Mihalache A. Wireless Home Automation System using IoT / A. Mihalache // Informatica Economică. – 2017. – Volume 21. – No. 2. – PP. 17-32. – URL: <https://doaj.org/article/0301957e7d2b45cba83993a93865faa7>
- 9 Суворова И.А. Электротехнологические промышленные установки и освещение: учеб. пособие для вузов. Вятский гос. ун-т. – ВУЗ: Изд-во - Киров: ВятГУ, 2016. 97 с.
- 10 Константинов В.И., Вставская Е.В., Барбасова Т.А., Костарев Е.В. Построение систем передачи информации по проводам питающей сети // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2015. №23. С. 60–65;
- 11 Казаринов Л.С., Шнайдер Д.А., Барбасова Т.А., Вставская Е.В. Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением: монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, издатель Т. Лурье, 2015. 208 с.

- 12 Adim A.O. Big Sensed Data Meets Deep Learning for Smarter Health Care in Smart Cities / A. O. Adim, B. Kantarci // Journal of Sensor and Actuator Networks. – 2017. – Volume 6. – Issue 4. - PP. 1-22. – URL: <https://doaj.org/article/1067f3eaf1d94db38796b306f62c692f>
- 13 Шаро Ю.В., Хорольский В.Я. Электроэнергетика. Учебное пособие. М.: Инфра-М, 2016. 384 с.
- 14 Fowler R.J. Electricity; Principles and Applications / R.J. Fowler - New-York: Delmar Cengage Learning. 2017. 247 p.
- 15 Naidu M.S. High voltage engineering. Second Edition/ M.S. Naidu, V. Kamaraju. – New-York: McGraw-Hill. 2016. 384 p.
- 16 McDonald J.D. Electric Power Substation Engineering / J.D. McDonald -CRC Press Taylor and Francis Group. 2019. 326 p.
- 17 Bayliss C. Transmission and Distribution Electrical Engineering / C. Bayliss, B. Hardly. – Newnes. 2016. 139 p.
- 18 Cardoso A. A virtual reality system for real time control of electric substations. IEEE Virtual Reality. 2017. 307 p.
- 19 Hooi L. S. Human pose modeling and body tracking from monocular video sequences // IEEE International Conference on Intelligent and Advanced Systems. 2017. pp. 571-576.
- 20 Capo A. J. Automatic human body modelling for vision-based motion capture // Proc. WSCG Communication Proceedings. 2016. pp. 259-268.
- 21 Miranda A.C. Smart frost control in greenhouses by neural networks models // Computers and Electronics in Agriculture.137. 2015. pp. 102–114.
- 22 Labeodan L. On the Application of Wireless Sensor and Actuators Network in Existing Buildings for Occupancy Detection Occupancy-driven Lighting Control // Energy and Building 127. 2016. pp 75-83.
- 23 Wang Z., Tan Y.K., Illumination control of LED systems based on neural network model and energy optimization algorithm // Energy and Buildings 62. 2016. pp. 514–521.

- 24 Bellia L. Lighting indoor environment: visual and non-visual light sources with different spectral power // *Newness*. 2017. 254 p.
- 25 Baker L., *A History of School Design and Its Indoor Environmental Standards, 1900 to Today*. Washington, DC: National Clearinghouse for Educational Facilities. 2015. pp. 39-45.
- 26 Ramanan D. Tracking people by learning their appearance // *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2017. vol. 29. pp. 65-81.
- 27 Haritaoglu I., Ghost: A human body part labeling system using silhouettes / Haritaoglu I., Harwood D., Davis L. S. // *Proc. 14th International Conference on Pattern Recognition, Australia*. 2015. pp. 16-20.
- 28 Goldmann L. Human body posture recognition using mpeg-7 descriptors // *Proc. Visual Communications and Image Processing*. – 2019. - pp. 18-22.
- 29 Juang C. Human body posture classification by a neural fuzzy network and home care system application // *IEEE Trans. On Systems, Man, And Cybernetics—Part A: Systems And Humans*. 2017. vol. 37. pp. 984-994.
- 30 Van Bommel, W.J.M. Lighting for work: a review of visual and biological effects // *Lighting Research and Technology*. 2015. vol. 36. pp. 255-269.
- 31 Friberg O. Sleep timing, phenotype, mood, and behavior at an arctic latitude (69°N) // *Sleep Medicine*. 2014. vol. 15. pp. 798–807.
- 32 J. Yin Abnormal behavior recognition using self-adaptive hidden markov models // *Proc. Springer ICIAR, LNCS 5627*. 2015, pp. 337–346.
- 33 Cohen I. Human body posture interface for immersive interaction // *Proc. International Workshop on Immersive Telepresence (ITP) in conjunction ACM Multimedia*. 2016. pp. 640-644.
- 34 Werghi N. Recognition of human body posture from a cloud of 3d points using wavelet transform coefficients // *Proc. Of the fifth IEEE International Conference on Automatic face and gesture recognition*. 2017, pp. 70-75.

35 Авдеев А. С. Разработка систем автоматизации жилых и офисных помещений «Умный Дом»: сб. науч. тр. / «Катановские чтения» - 2017». 2017. С. 142-143.

36 Авдеев А.С., Герасимова А.И. Основные проблемы программирования систем «Умного Дома»: сб. науч. тр. / Перспективы науки. - 2018. 62-65 С.

37 Кадырова Л. Ш. Умный дом: идеология или технология. [Электронный ресурс]: Международный научно-исследовательский журнал. URL: <http://research-journal.org/featured/arch/umnyj-dom-ideologiya-ili-technologieya/> (дата обращения: 10.12.2018 г.).

38 Zou C. Behavior Classification method based on skeleton model from video images,” // Proc. IEEE international Conference on Computer Science and Information Technology. 2015. pp. 309-312.

39 AIM Project. 2016. URL: <http://www.ict-aim.eu/home.html/> (дата обращения 01.04.2018 г.)

40 Girondel V. Belief theory-based classifiers comparison for static human body postures recognition in video // Proc. WEC. 2015, pp. 237-240.